

00366



Posgrado en
Ciencias del Mar
y Limnología

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



**ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON EN DOS
TRANSECTOS, UNO FRENTE AL RÍO COATZACOALCOS Y OTRO
FRENTE AL SISTEMA GRIJALVA-USUMACINTA (MARZO 2000)**

T E S I S

que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias
(Biología Marina)

p r e s e n t a

Oceanólogo Alejandro Estradas Romero

Director de Tesis: Dr. Luis Arturo Soto González

Comité Tutorial: Dr. Sergio Licea Durán

Dra. Gloria Vilaclara Fatjó

Dr. David Alberto Salas de León

Dr. Javier Carmona Jiménez

México, D. F.

Enero 2004



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

A mis padres José Ricardo y Ma. Del Socorro, por todos sus sacrificios y apoyo que siempre me han dado. A mis hermanos J. Ricardo, Mario Alberto y Ma. de los Ángeles. A mi cuñado, cuñadas y sobrinos. Con todo mi amor y cariño.

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

NOMBRE: Alyandio Estrada Romero

FECHA: 20-1-04

FIRMA: 

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero agradecimiento al Dr. Sergio Licea Durán, responsable del laboratorio de Fitoplancton y Productividad Primaria, por facilitarme las muestras para la elaboración de la tesis, por sus valiosos comentarios, su constante apoyo y amistad durante la realización de esta investigación, y por darme excelentes facilidades y un espacio físico en el laboratorio para efectuar el trabajo.

Al Dr. Luis Arturo Soto Gonzáles quien fungió como director de este trabajo y que desde un principio me brindó su amistad, confianza y apoyo incondicional así como un gran interés porque se llevara a cabo.

A los miembros del jurado por sus atinadas recomendaciones, que mejoraron en gran medida el manuscrito (Dr. Luis Arturo Soto González, Dr. Sergio Licea Durán, Dra. Gloria Vilaclara Fatjó, Dr. David Alberto Salas de León y Dr. Javier Carmona Jiménez).

El desarrollo del presente trabajo no hubiera sido posible sin la valiosa asesoría la M. en C. Ma. Eugenia Zamudio Recendiz, por su amistad y cariño, y sobre todo por su gran paciencia y sabios consejos. ¡¡GRACIAS!! Maru.

Al Dr. Eduardo Santamaría del Ángel por sus valiosos consejos y orientación para la realización de la parte estadística de la tesis y sobre todo por su gran amistad.

Al Laboratorio de Oceanografía Física del ICMYL, principalmente al Ing. Eric Márquez García por la realización de las imágenes de satélite AVHRR de temperatura superficial y su interpretación.

Al programa de Becas de Intercambio Nacional de la Dirección General de Estudios de Posgrado (UNAM) y al departamento de Becas de la Universidad Autónoma de Baja California por haberme otorgado la beca durante el período estudios.

A mis amigos: Margarita Hermoso, Jesús Soto, Diana Hernández, Ivón Rodríguez, Pilar Blanco, Carlos Niño, y Ruth Luna, quienes de diversas maneras siempre me han demostrado su amistad, afecto y apoyo.

Al Biol. Carlos Illescas Monterroso, técnico del laboratorio de Ecología del Bentos por su amistad y su gran disponibilidad para brindarme su ayuda.

A Ignacio Palomar y Rocío Tafoya, miembros del departamento de Informática de este Instituto, por su amistad y gran disposición a ofrecerme su ayuda y la realización del escrito impreso.

Al personal administrativo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por todas sus atenciones, principalmente a la Sra. Ma. Elena Polín, a Norma, a Lupita, a Diana y a Gaby, que siempre me recibieron con una sonrisa en sus labios.

Y sobre todo a mis compañeros: Antonio Salas, Manuel González, Claudia Alba, Andrea Raz, Alma Pérez, Carmen Hernández, Iván Penié, Alejandro Sánchez, Mayra Grano, Sofía Montalvo, con quienes he compartido gratos momentos. Y a todas aquellas personas que a pesar de no nombrarlas en forma individual, de alguna forma me dieron su apoyo para lograr ésta meta. Quiero expresarles mi sincero aprecio.

Este estudio forma parte de un proyecto denominado PROBMEX (Procesos Oceanográficos que Regulan la Producción Bentónica en el Golfo de México - Ambientes de Plataforma Continental y Mar Profundo), que dio inicio en el año de 1998 con la participación de diferentes investigadores del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	6
ÁREA DE ESTUDIO.....	8
MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
Análisis estadístico.....	14
RESULTADOS	
Análisis de salinidad.....	17
Análisis de temperatura.....	21
Análisis de clorofila- <i>a</i>	26
Análisis de fitoplancton	
Composición y abundancia.....	30
Distribución vertical y horizontal.....	31
Análisis comparativo de transectos.	
Composición y abundancia	32
Distribución vertical y horizontal.....	37
Clorofila- <i>a</i>	44
Relación ambiente-fitoplancton.....	46
DISCUSIÓN.....	54
CONCLUSIONES.....	60
LITERATURA CITADA.....	62

LISTADO DE ILUSTRACIONES:

	Página
Fig. 1.- Localización de los transectos Coatzacoalcos (TC) y Grijalva-Usumacinta (TGU) y sus respectivas estaciones, en el área de estudio.....	12
Fig. 2. Distribución horizontal de la salinidad (ups) en marzo del 2000, a las profundidades entre 5 y 200 m. Los sitios observados están marcados con círculos negros.....	19
Fig. 3. Perfiles de temperatura y salinidad por estación en el transecto Coatzacoalcos (a-e). Perfil de salinidad para ambos transectos hasta una profanidad de 200 m observados en marzo del 2000.....	20
Fig. 4. Localización de los frentes térmicos (encerrados en un círculo) encontrados en el área de estudio (Imagen satelital AVHRR de temperatura superficial proporcionada por el laboratorio de Oceanografía Física del ICMYL, UNAM).....	22
Fig. 5. Distribución horizontal de la temperatura (°C) en el mes de marzo del 2000, a las profundidades entre 5 y 200 m. Los sitios observados están marcados en círculos negros.....	23
Fig. 6. Perfiles de salinidad y temperatura por estación en el transecto Grijalva-Usumacinta (a-g). Perfil de temperatura para ambos transectos hasta una profundidad de 200 m observados en el mes de marzo del 2000.....	24
Fig. 7. Diagrama TS (Transecto Coatzacoalcos).....	25
Fig. 8. Diagrama TS (Transecto Grijalva-Usumacinta).....	26
Fig. 9. Distribución vertical del promedio de la clorofila-a en los dos transectos en el mes de marzo del 2000.....	27
Fig. 10 Distribución horizontal de la clorofila-a en los diferentes niveles de profundidad (a, i), promedio de la clorofila-a (j), imagen satelital obtenida mediante el SeaWiFS del promedio mensual febrero-marzo del 2000 (k).....	29
Fig. 11. Distribución de la abundancia total para todas las estaciones de ambos transectos (Coatzacoalcos TC y Grijalva-Usumacinta TGU) en el mes de marzo del 2000.....	31
Fig. 12. Distribución vertical de la abundancia total en el transecto Coatzacoalcos para el mes de marzo del 2000.....	37
Fig. 13. Distribución vertical de las abundancia por grupos para el transecto Coatzacoalcos para el mes de marzo del 2000.....	38
Fig. 14. Distribución vertical de la abundancia total en el transecto Grijalva-Usumacinta para el mes de marzo del 2000.....	39
Fig. 15. Distribución vertical de la abundancia por grupos para el transecto Grijalva-Usumacinta para el mes de marzo del 2000.....	40
Fig. 16. Distribución de la abundancia. Transecto Coatzacoalcos. a) Abundancia total b-e), Grupos dominantes.....	41

Fig. 17. Distribución de la abundancia. Transecto Grijalva-Usumacinta. Abundancia total b-e), Grupos dominantes.....	43
Fig. 18. Distribución vertical de la abundancia por grupos y clorofila-a en el Transecto Coatzacoalcos para el mes de marzo del 2000. a) con Cianofitas, b) sin Cianofitas.....	45
Fig. 19. Distribución vertical de la abundancia por grupos y clorofila-a en el Transecto Grijalva-Usumacinta para el mes de marzo del 2000.....	45
Fig. 20. Modelo de orientación de los ejes principales (ACP) de los parámetros ambientales y abundancia total y por grupos del fitoplancton a) Transecto Coatzacoalcos, b) Transecto Grijalva-Usumacinta.....	47
Fig. 21. Análisis de conglomerados de muestras basados la salinidad, la temperatura, la clorofila-a y la abundancia total en las estaciones ubicadas en el transecto Coatzacoalcos.....	50
Fig. 22. . Análisis de conglomerados de muestras basados la salinidad, la temperatura, la clorofila-a y la abundancia total en las estaciones ubicadas en el transecto Grijalva-Usumacinta.....	51
Fig. 23. Análisis cluster de muestras basadas en la abundancia relativa de las especies de fitoplancton en el transecto Coatzacoalcos.....	52
Fig. 24. Análisis cluster de muestras basadas en la abundancia relativa de las especies de fitoplancton en el transecto Grijalva-Usumacinta.....	52

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Posición geográfica, profundidad y distancia a la costa de las estaciones (PROB-MEX III).....	11
Tabla 2. Resultados obtenidos de utilizando los límites de acotación referidos por Fedorov (1986) para la salinidad. Se marca en negro el sitio donde se registra un frente halino.....	18
Tabla 3. Resultados obtenidos de utilizando los límites de acotación referidos por Fedorov (1986) para la temperatura. Se marca en negro el sitio donde se registra un frente térmico.....	22
Tabla 4. Relación de especies determinadas en el transecto Coatzacoalcos con su abundancia total, frecuencia, abundancia relativa, frecuencia relativa e importancia relativa. (Especies más abundantes marcadas en negro. Especies con valor de importancia relativa superior al 25 % subrayado doble. Especies con valor de frecuencia relativa mayor o igual al 50 % subrayado simple).....	35
Tabla 5. Relación de especies determinadas en el transecto Grijalva-Usumacinta con su abundancia total, frecuencia, abundancia relativa, frecuencia relativa e importancia relativa. (Especies más abundantes marcadas en negro. Especies con valor de importancia relativa superior al 25 % subrayado doble. Especies con valor de frecuencia relativa mayor o igual al 50 % subrayado simple).....	36
Tabla 6. Distribución vertical de la abundancia por grupos y clorofila-a en el Transecto Grijalva-Usumacinta para el mes de marzo del 2000.....	48
Tabla 7. Valores obtenidos de la matriz de decodificación de las transformaciones Z para los valores bajos, medios y altos de salinidad, temperatura, abundancia y clorofila-a.....	48

RESUMEN

Se estudió la variabilidad, abundancia y distribución de la comunidad fitoplanctónica en el Suroeste del Golfo de México en dos transectos perpendiculares a la costa situados sobre la plataforma y talud continental frente al río Coatzacoalcos y el sistema de ríos Grijalva-Usumacinta. Cada transecto incluyó cinco y siete estaciones respectivamente, a partir de las cuales se obtuvieron 92 muestras en nueve niveles; ambos transectos fueron muestreados durante época de estío (marzo del 2000). El valor promedio de salinidad en el transecto Coatzacoalcos fue de 35.76 ups, ligeramente menor que el transecto Grijalva-Usumacinta (35.98 ups). El intervalo de temperatura en el transecto Coatzacoalcos varió de 13.9 °C a 27.3 °C, mientras que en el transecto Grijalva-Usumacinta osciló entre 15.76 °C y 26.45 °C, presentando condiciones de estratificación bien definidas. La estructura termohalina varió entre 5 y 40 m de profundidad. Se detectó un ligero frente térmico en el transecto Coatzacoalcos hasta una profundidad de 20 m, coincidiendo con la mayor concentración de cianofitas (860,581 células L⁻¹). Los dinoflagelados constituyeron el grupo dominante en el transecto Grijalva-Usumacinta (122,849 células L⁻¹), mientras que las diatomeas fueron abundantes en las estaciones cercanas a la costa, disminuyendo hacia la región oceánica asociadas con cianofitas, dinoflagelados y fitoflagelados desnudos en ambos transectos. La determinación de la clorofila-a se realizó por el método de fluorescencia, con un intervalo para el transecto Coatzacoalcos de 0.01 a 0.47 mg m⁻³ y de 0.01 a 0.81 mg m⁻³ para el transecto Grijalva-Usumacinta. Los valores más altos de clorofila-a se localizaron cerca de la costa, disminuyendo gradualmente hacia aguas más profundas, presentando condiciones oligotróficas. La mayor concentración de clorofila-a en la columna de agua se localizó a 10 y 75 m. La diversidad específica ($H' = 3.3$ bits individuo⁻¹) entre los dos transectos no mostró diferencias significativas.

Con base en los resultados obtenidos se concluye que la zona estudiada es oligotrófica y que presenta al parecer de una misma comunidad en toda el área de estudio. Sin embargo, las diferencias registradas en la abundancia, composición y concentración de clorofila-a, probablemente se deben a que la comunidad fitoplanctónica responde a diferentes factores como la temperatura y la salinidad, entre otros.

ABSTRACT

The variability, abundance and distribution of the phytoplankton community was studied in two perpendicular transects off the Coatzacoalcos river and Grijalva-Usumacinta river systems in southwestern Gulf of Mexico. Each transect comprises seven stations, respectively from which 92 water samples from nine depth levels were obtained during the summer (March 2000). The average salinity in the Coatzacoalcos transect was 35.76 ups slightly diluted than that of Grijalva-Usumacinta transect (35.98 ups). The temperature in the Coatzacoalcos transect ranged from 13.9 °C to 27.3 °C, while in the Grijalva-Usumacinta temperatures oscillated between 15.76 °C and 26.45 °C, showing well defined stratified conditions. The thermohaline structure varied between 5 m to 40 m in depth. A slight thermic front was detected in the Coatzacoalcos transect down to a depth of 20 m, which coincided with the greater concentration of cyanophyceans (860,581 cells L⁻¹). Dinoflagellates were a dominant group in the Grijalva-Usumacinta transects (122,849 cells L⁻¹), while diatoms were more abundant in the stations near to the coast. Diatoms diminished towards oceanic waters and were associated with cyanophyceans, dinoflagellates and naked phytoflagellates in both transects. Chlorophyll-*a* concentration of was determined using the fluorescence method. Chlorophyll-*a* concentration ranged from 0.01 to 0.47 mg m⁻³ in the Coatzacoalcos transect compared to 0.01 to 0.81 mg m⁻³ ranged at the Grijalva-Usumacinta transect. Significant concentrations of chlorophyll-*a* were recorder near the coast which gradually diminished towards deeper waters attaining oligotrophic conditions. The highest concentration of chlorophyll-*a* in the water column was found at 10 m and 75 m. No significant differences were detected in specific composition between the two transects studied ($H' = 3.3$ bits individual⁻¹).

It is concluded that the phytoplankton community exposed to the river run-off of the main rivers in the SW Gulf of Mexico includes the some specific components. Differences observed in the abundance, and chlorophyll composition and concentration are attributed to temperature and salinity variables.

INTRODUCCIÓN

El fitoplancton representa un elemento muy importante en el entendimiento del ecosistema marino, no sólo como productor primario que lo ubica en la base de la trama alimenticia, sino también por el hecho de ser el responsable del 95 % de la producción primaria anual, pues se estima que produce alrededor de 43.5×10^{15} gr C año⁻¹ (De Vooy, 1979). Para su desarrollo se requieren condiciones ambientales particulares que inciden directamente en el proceso fotosintético y el crecimiento de las microalgas (Jumars, 1993; Barreiro-Güemes y Signoret-Pillon, 1999). Una comunidad fitopláctica es pues, susceptible a los cambios ambientales, surgiendo numerosas fluctuaciones cuyo resultado es la respuesta integral a las variaciones del medio.

La mayoría de los autores coinciden en que el fitoplancton marino está representado por organismos pertenecientes de 15 a 19 clases taxonómicas de microalgas y protistas, dependiendo de la clasificación que siguen los autores (Jeffrey y Vesk, 1997). Hernández Becerril (2003) señala que en los mares mexicanos se han reconocido 13 grupos, que son: Cianofitas, Criptofitas, Dinofitas, Bacilariofitas, Crisofitas, Dictiochofitas, Eustigmatofitas, Rafidofitas, Primnesiofitas, Euglenofitas, Clorofitas, Micromonadofitas y Prasinofitas.

En los ecosistemas dulceacuícolas, el fitoplancton está conformado fundamentalmente por cianofitas, crisofitas, clorofitas y diatomeas pennales, con una menor incidencia de criptofitas, euglenofitas y dinoflagelados; mientras que en el ambiente marino son las diatomeas centrales, los dinoflagelados y los coccolitofóridos los grupos más abundantes (Round, 1981). En los sistemas estuarinos y lagunas costeras alternan, según el nivel de salinidad, las cianofitas, clorofitas diatomeas y dinoflagelados (Margalef, 1969). Finalmente, en los ecosistemas costeros dominan las diatomeas, los dinoflagelados y las cianofitas (Parsons *et al.*, 1990; Barreiro-Güemes y Signoret-Pillon, 1999).

Las unidades básicas de una comunidad están representadas por las especies, cuyas interrelaciones le otorgan una estructura, que se ve afectada por diversos factores ambientales tales como la temperatura, la salinidad, el contenido de nutrientes, la materia orgánica y la luz, los cuales alteran las relaciones cualitativas y cuantitativas del conjunto (Parsons *et al.*, 1990), por lo cual deben compensar o soportar los cambios en cualquiera de estos factores para sobrevivir. Estos parámetros ambientales juegan

un papel importante sobre la abundancia, la distribución, la riqueza específica y la diversidad de las comunidades, cada uno en diferentes grados de equilibrio dinámico con el medio, por lo que es importante considerar que la suma de estos factores puede tener un efecto particular sobre cada una de las poblaciones que componen a la comunidad (Vernberg y Vernberg, 1978).

Uno de los sistemas acuáticos donde se considera que la comunidad carece de equilibrio dinámico con el ambiente y las características comunitarias son alteradas frecuentemente, es la región donde los ríos confluyen al mar. En estas regiones hay diversos procesos hidrológicos que afectan las características del agua; por un lado, la mezcla de aguas litorales y marinas tiene como consecuencia la formación de un frente de pluma de río (Bowman e Iverson, 1977) y por otro, los cambios en la hidrología costera tienen su origen en gran medida a la influencia de diversos factores, como son el límite continental, la geomorfología de la plataforma y talud continental, el clima, el grado de estratificación, la circulación y las descargas epicontinentales. Dichos cambios afectan a la comunidad fitoplánctica a través de su presencia, ausencia o persistencia en el tiempo y por tanto, en la estructura espacio-temporal del fitoplancton (Carreto *et al.*, 1995). El fitoplancton responde rápidamente a la variabilidad ambiental, por lo cual las modificaciones en su densidad, biomasa y composición específica indican las condiciones de la masa de agua donde se encuentra (González-Macías y Shapiro, 1993).

El estudio ecológico del fitoplancton en el Golfo de México es importante para entender la estructura y funcionamiento de la gran variedad de microambientes producidos por la presencia de las aguas costeras, las descarga de ríos y los patrones de circulación. Es por lo tanto esencial conocer su composición específica, así como la distribución de los organismos en el tiempo y el espacio. Esta variación espacio-temporal forma parte del ecosistema marino y como tal, cualquier cambio o diferencia cualitativa en la estructura poblacional, puede tener efectos en otros niveles de la cadena trófica y éstos también pueden ser de importancia económica (Sournia, 1978).

La Bahía de Campeche es un ecosistema dinámico con variaciones importantes en el tiempo y el espacio que está influenciado por diversos factores físicos como vientos, corrientes y circulación. Esta situación crea características únicas que lo ubican como una región importante desde el punto de vista ecológico, económico y social, en virtud de su reconocido valor como zona pesquera; de las más importantes de México (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986; Soto y Escobar-Briones, 1995). La bahía se caracteriza por presentar altos índices de productividad ($250 - 500 \text{ mg C m}^2 \text{ d}^{-1}$, Toledo, 1997), esto es, la

cantidad de materia orgánica sintetizada por organismos marinos en determinado tiempo y espacio es elevada. También está influenciada a lo largo de la costa por aportes de agua dulce provenientes de la descarga de varios ríos y lagunas costeras teniendo cada uno de los ríos que desembocan en la bahía, descargas diferentes que dan lugar a la formación de frentes (Pica y Pineda, 1991; Shirasago-Germán, 1991). Particularmente, el sistema Grijalva-Usumacinta (Czitrom *et al.*, 1986), que junto con el río Coatzacoalcos, representan aproximadamente un tercio de toda la descarga fluvial en el Golfo de México (Tamayo, 1990), genera variaciones espacio-temporales que dan a esta región una condición ecológica única en los mares mexicanos. Es por ello que puede reconocerse la existencia de una estrecha relación entre la estructura espacio-temporal del fitoplancton y los procesos que afectan la columna de agua (Harris, 1986). El estudio de las relaciones de estos parámetros con los organismos fitoplácticos se puede considerar como primordial para conocer su dinámica, así como para identificar zonas de alto contenido nutritivo.

Las descargas de los ríos producen cambios hidrológicos significativos en la dinámica costera que influyen en la composición, la diversidad, la abundancia y la distribución de la comunidad fitopláctica nerítica. Como consecuencia se espera que haya cambios en la estructura de las taxocenosis del fitoplancton, tanto en tiempo como en espacio. En esta investigación se pretende demostrar la ocurrencia de dichos cambios en la época de secas (marzo) a través del estudio de las estructuras termohalina y comunitaria del fitoplancton, en dos transectos perpendiculares ubicados frente al río Coatzacoalcos y el sistema Grijalva-Usumacinta, respectivamente en el Suroeste del Golfo de México. Para ello se determinó la estructura termohalina, así como la abundancia del fitoplancton con base en la concentración de clorofila-*a* y la densidad de organismos, y su distribución asociada a las variaciones de temperatura y salinidad.

ANTECEDENTES

El inicio del estudio del fitoplancton en el Sur del Golfo de México comienza en la época de los 60's con investigaciones regionales, destacando en primera instancia las investigaciones ruso-cubanas (Orozco-Colunga, 1989). Al respecto, Okolodkov (2003) hace una revisión de dichas investigaciones con especial énfasis en el fitoplancton estudiado entre los años 1960 y 1984. Dentro de estos trabajos cabe mencionar a Zernova (1969), Khromov (1965), Bessonov *et al.* (1971) y Krylov (1974), quienes describen algunas tendencias en los patrones de producción primaria y biomasa fitopláctica en esta región, en la que registran sitios con abundancia de fitoplancton.

Santoyo y Signoret (1973) realizaron un estudio del fitoplancton e hidrología en un área de la Bahía de Campeche en el que describen la densidad de fitoplancton y su relación con la temperatura y salinidad observando tres zonas hidrológicas. Avendaño-Sánchez y Sotomayor (1980, 1982) hicieron una revisión de la distribución del fitoplancton con base en la similitud de la composición específica, además de la densidad de organismos y el comportamiento de algunas especies. Licea (1977, 1992), Licea y Santoyo (1991) y Santoyo y Signoret (1973, 1975, 1977) realizaron estudios cualitativos y cuantitativos del fitoplancton en diferentes épocas del año, refiriendo listados de la composición de las especies. Balderas-Palacios (1994) analizó el fitoplancton de la capa superficial de la región norte, central y Banco de Campeche con énfasis en la relación con parámetros ambientales. Este autor registró un predominio de diatomeas sobre los dinoflagelados, y concluyó que la costa norte de Veracruz es la región más productiva. Licea y Luna (1999) investigaron la variación espacio-temporal del fitoplancton de la región suroeste del Golfo de México y su relación con las condiciones de temperatura y salinidad, así como la abundancia del fitoplancton a través de la densidad de organismos y la concentración de clorofila-*a* y observan que la mayor producción está asociada a las plumas de los ríos.

Mendoza-Alvarado (2003) estudió la distribución de la clorofila-*a* y su relación con la hidrología del sur del Golfo de México, en que registra valores de 0.01 a 4.53 mg m⁻³ y el patrón de distribución de los organismos, con valores altos en la zona costera enfrente de las Lagunas del Carmen y Machona, así como en la desembocadura de los ríos Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta. Recientemente la Sociedad Mexicana de Planctología publicó un libro sobre la planctología mexicana en la que destacan los trabajos

de Barreiro-Güemez *et al.* (2003), quienes hicieron la caracterización de los patrones de distribución y producción primaria del fitoplancton con base en la información generada durante los últimos 30 años. Así mismo, Hernández-Becerril (2003) hizo una compilación de referencias bibliográficas sobre la diversidad del fitoplancton marino.

Por lo que respecta a trabajos relacionados con la productividad primaria, son de mencionarse las investigaciones de Jordan (1972), quien realizó un estudio comparativo con registros de producción primaria con C^{14} y con cambios de concentración de O_2 en la zona costera frente al litoral mexicano, en la que cita valores entre 10 a 18 mg C/h/m³ en la Sonda de Campeche. El-Sayed *et al.* (1972) hicieron una recopilación de los antecedentes sobre la química y productividad de datos colectados en el golfo entre 1964 y 1971. El-Sayed y Trees (1980) y Segura-González *et al.* (1982) hicieron estudios ecológicos sobre la relación fotosíntesis-respiración; esta última considera que la región sur está relacionada con la intensidad de la corriente de Yucatán hacia el Banco de Campeche. Müller-Karger *et al.* (1991) hicieron observaciones de clorofila-*a* en el Golfo de México por varios años, a través de percepción remota por satélites, observando una variación estacional en la concentración de los pigmentos con valores más altos para los meses de diciembre a febrero (>0.18 mg m⁻³) y cifras muy bajas en los meses de mayo a julio (~0.06 mg m⁻³).

ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de Campeche está situada en la región suroeste del Golfo de México, entre los 18° 6' y 21° 30' N y los 90° 26' y 97° 20' W, teniendo profundidades que rebasan los 2,500 m. Comprende la plataforma y talud continental de los estados de Veracruz, Campeche y Tabasco. Se caracteriza por presentar una pendiente débil de 1° a 5° (Antoine y Gilmore, 1970). Debido a las descargas de los ríos Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta y la Laguna de Términos, presenta sedimentos terrígenos (más de 2,500 m³ s⁻¹), además de una fuerte influencia de aguas estuarinas y sedimentos limo-arcillosos con un alto contenido de materia orgánica (> de 10 %). Las concentraciones de O₂ disuelto son altas (≥ 5.7 ml L⁻¹). El intervalo de temperatura fluctúa entre los 25° y 28 °C y la salinidad varía de 35 a 37 ups (Meave *et al.*, 2001).

La Bahía de Campeche está influenciada por la Corriente de Lazo, ya que parte del flujo que penetra en el Golfo de México a través de Canal de Yucatán se desvía hacia el Oeste y entra a la bahía. Esta región presenta una circulación predominantemente ciclónica (Monreal-Gómez y Salas-de-León, 1990; Padilla-Pilotze *et al.*, 1990) y es una posible respuesta al movimiento y conservación de la vorticidad anticiclónica de los giros originados por la Corriente de Lazo. La circulación ciclónica es de mayor intensidad pero de menor tamaño y constituye una característica cuasi-permanente durante la existencia de los anticiclones; su posición y extensión suele ser muy variable, regulándose por las condiciones locales y los vientos, cuyo rotacional sobre la superficie de las aguas contribuye a mantener un área de circulación ciclónica al final del invierno y a principio de la primavera. Se observa que en el mes de febrero existe el giro ciclónico que se extiende en toda la bahía. En el mes de marzo este giro persiste, pero su centro sufre un pequeño desplazamiento hacia el Oeste y la magnitud de la corriente se incrementa (Monreal-Gómez y Salas-de-León, 1990).

En general, el clima es caluroso y húmedo a excepción de la temporada de "nortes", en la cual los vientos reducen la temperatura. La precipitación media anual es de 1,100 a 2,000 mm, presentándose el máximo durante el mes de septiembre (Gutiérrez-Estrada, 1977); además, se pueden reconocer tres periodos climáticos: secas (marzo a junio), lluvias (julio a octubre) y "nortes" (noviembre a febrero). Los

vientos son dominantes del Este durante los meses de febrero a septiembre con una velocidad media de 4.1 m s^{-1} ; el resto del año cuando los vientos son frecuentes provienen del Noreste durante los meses de octubre a abril, principalmente en noviembre-diciembre. Los "nortes", que son frentes atmosféricos inducidos por las masas de aire polar continental que se desplazan hacia el sur, provenientes de Canadá y Estados Unidos, originan severos vientos cuya intensidad puede ser fuerte, violenta o huracanada, alcanzando velocidades de hasta 6.4 m s^{-1} . Los de carácter severo ocurren de diciembre a febrero, con velocidades de 25.8 a 36.9 m s^{-1} (Ponce *et al.*, 1991); generalmente están acompañados de intensas precipitaciones pluviales.

La capa superficial del Golfo de México o capa de mezcla ocupa los primeros 100 ó 150 m de profundidad, por lo que se ve afectada en sus propiedades biológicas, físicas y de circulación por fenómenos climáticos y atmosféricos (principalmente por vientos), y por el flujo de aguas cálidas y salinas que constituyen la Corriente de Yucatán que penetra por el Canal de Yucatán (Pineda y Pica, 1991). La fluctuación estacional de estos fenómenos climáticos, conduce a cambios en las características físicas de la capa. Los meses de junio a agosto y de diciembre a marzo son los más intensos en el patrón de circulación superficial. Durante diciembre a marzo se presentan las temperaturas más bajas del ciclo anual ($23 \text{ }^\circ\text{C}$), que resultan de los frentes polares y vientos fríos o "nortes"; en el verano, el calentamiento de las aguas superficiales del golfo alcanzan sus niveles máximos ($29 \text{ }^\circ\text{C}$) (Nowlin y McLellan, 1967). El patrón de salinidad guarda un comportamiento similar al de la temperatura. En la misma época (invierno y verano) presenta oscilaciones entre un mínimo de 31.07 ups en la parte norte del golfo hasta un máximo de 36.68 ups en el Banco de Campeche, superiores a las del resto del Golfo (Toledo, 1996). Estas aguas de alta salinidad se encuentran inicialmente del lado oriental del Banco de Campeche, siguen una trayectoria dirigida a la parte central y enseguida suben, desplazándose al mismo tiempo hacia el Oeste, por lo que adquieren así dicha salinidad (Monreal-Gómez y Salas-de-León, 1997).

El Golfo de México recibe prácticamente el 62 % de la descarga fluvial a nivel nacional. De este porcentaje, la Bahía de Campeche recibe más del 80 % de este suministro, debido a la descarga de los ríos (Toledo, 1996). Esto determina en gran medida sus características fisicoquímicas, condicionando zonas de alta productividad debido al aporte de nutrientes y materia orgánica, con las variaciones propias de la temporada y condiciones meteorológicas imperantes (González-Macías y Shapiro, 1993). Uno de los fenómenos importantes de esta región es la formación de frentes costeros, los cuales son originados principalmente por las descargas fluviales. Los frentes se presentan como la frontera entre masas de agua con diferentes propiedades, registrándose intensos gradientes horizontales de

parámetros, ya sean físicos, químicos o biológicos (Shirasago-Germán, 1991). Existen dos tipos de frentes estudiados en el Golfo de México, uno de ellos presente entre el límite de un giro ciclónico y/o anticiclónico (Salas-de-León y Monreal-Gómez, 1986) y el otro producido por las descargas de los ríos, en el sistema Grijalva-Usumacinta durante diferentes épocas del año (Czitrom *et al.*, 1986). Los frentes de pluma del río se encuentran en la frontera de las masas de agua dulce producto de las descargas de los ríos sobre las aguas marinas de la costa.

El río Coatzacoalcos y el sistema Grijalva-Usumacinta son los ríos más importantes en la región, cuyo volumen de descarga es variable. El río Coatzacoalcos drena una cuenca de 4,801 km² (Toledo, 1996). Su descarga fluctúa entre 79 y 1,375 m³/s, con valores medios anuales de 169 m³/s de aportes adicionales de la refinera de Minatitlán, 1 m³/s del complejo industrial Pajaritos y 780 m³/s de Puertos Libres Mexicanos (Cruz-Abrego, 1991). Para el sistema Grijalva-Usumacinta su descarga promedio mensual es entre 10×10^6 y 114×10^6 m³/s (Shirasago-Germán, 1991), y su máxima descarga se registra entre julio y octubre. Las descargas menores se presentan de noviembre a mayo. El volumen de acarreo de material en suspensión es mayor en junio y noviembre, y menor en diciembre y mayo (Czitrom *et al.*, 1986).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 92 muestras de agua obtenidas en 12 estaciones distribuidas en dos transectos perpendiculares a la costa, el primero frente al río Coatzacoalcos y el otro frente a la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta, de las campañas oceanográficas PROBMEEX realizadas a bordo del B/O "Justo Sierra" en el mes de marzo del 2000 (Tabla 1, Fig. 1). Adicionalmente se obtuvieron datos de temperatura, salinidad y clorofila-a de seis estaciones (15 a 21) localizadas en un tercer transecto ubicado frente a las lagunas Carmen y Machona con el fin de mejorar la interpolación en los planos horizontales y así realizar una mejor interpretación de los datos obtenidos.

Tabla 1.- Posición geográfica, profundidad y distancia a la costa de las estaciones (PROB-MEX III).

Transecto	Estación	Fecha	Prof. (m)	Dist. a la costa (Km)	Lat. N	Long. W
Coatzacoalcos (TC)	8	25/03/2000	60	35	18° 27' 51.6"	94° 29' 45.6"
	9	24/03/2000	143	55	18° 40' 08.4"	94° 29' 56.1"
	12	24/03/2000	300	66	18° 45' 30.0"	94° 30' 01.1"
	13	24/03/2000	554	72	18° 49' 00.4"	94° 29' 50.8"
	14	24/03/2000	1000	147	19° 30' 00.0"	94° 30' 00.0"
Tercer Transecto	15	23/03/2000	91		18° 30' 21.0"	93° 34' 49.0"
	16	23/03/2000	100		18° 44' 42.0"	93° 35' 17.0"
	17	23/03/2000	206		18° 52' 19.0"	93° 51' 07.0"
	19	23/03/2000	386		18° 56' 24.0"	93° 34' 48.0"
	20	20/03/2000	435		19° 06' 32.0"	93° 35' 06.0"
	21	22/03/2000	750		19° 36' 01.0"	93° 34' 44.0"
Grijalva-Usumacinta (TGU)	22	21/03/2000	22	18	18° 47' 02.4"	92° 39' 39.6"
	23	21/03/2000	124	61	19° 10' 12.0"	92° 45' 00.0"
	24	21/03/2000	236	79	19° 18' 21.6"	92° 50' 24.0"
	25	21/03/2000	297	86	19° 19' 03.7"	92° 54' 00.0"
	26	22/03/2000	447	92	19° 20' 45.6"	92° 56' 42.0"
	27	22/03/2000	525	98	19° 22' 36.0"	92° 57' 28.8"
	28	22/03/2000	770	125	19° 36' 34.5"	93° 09' 12.8"

Para facilitar el análisis de la información, ésta se organizó por transectos, a los cuales se les denominó:

TC = Transecto Coatzacoalcos, estaciones 8 -14.

TGU = Transecto Grijalva-Usumacinta, estaciones 22 - 28

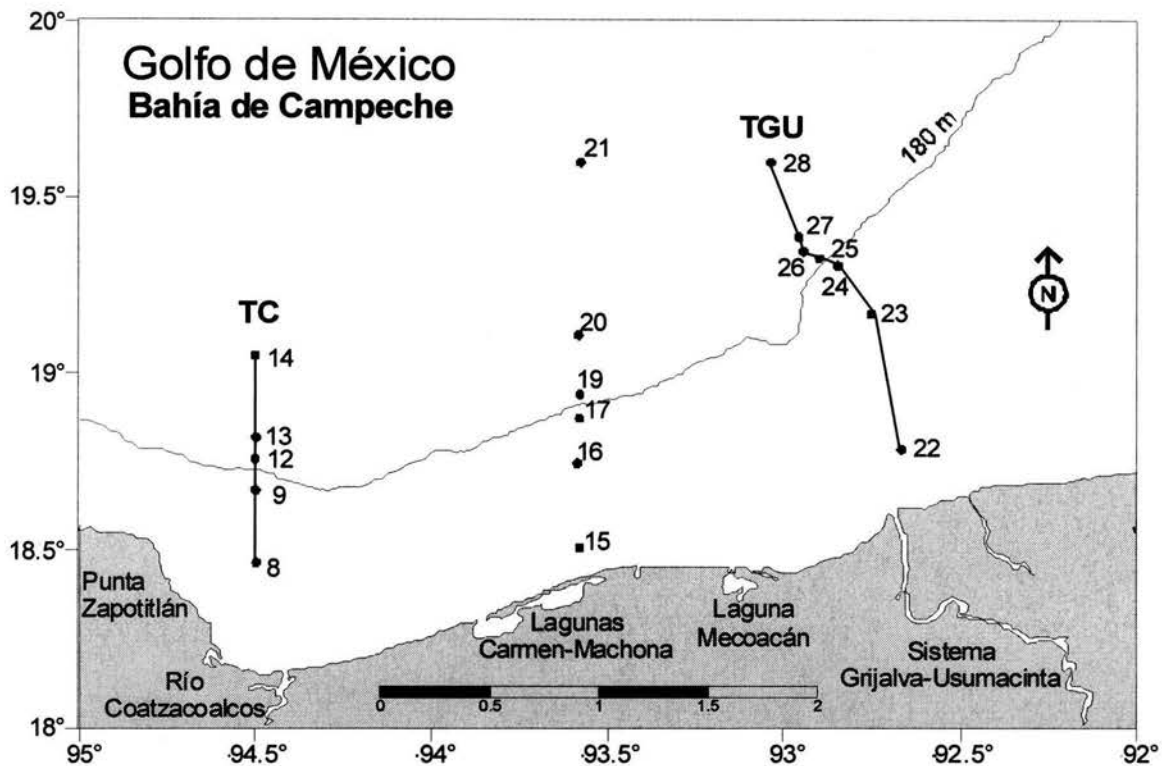


Fig. 1.- Localización de los transectos Coatzacoalcos (TC) y Grijalva-Usumacinta (TGU) y sus respectivas estaciones, en el área de estudio.

Los datos físicos de la columna de agua se obtuvieron mediante un perfilador CTD (Medidor de conductividad, temperatura y presión) Neil Brown Mark-III B, acoplado a un muestreador Rosette General Oceanics con botellas de tipo Niskin de 2 y 5 L. Con estos datos, se generaron los perfiles verticales y los planos horizontales de salinidad y temperatura, hasta una profundidad de 60 m a fin de detallar las variaciones de estos parámetros y conocer las condiciones hidrográficas de la región. A través del laboratorio de Oceanografía Física del ICMYL se elaboró una imagen de satélite AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer, por sus siglas en inglés) de temperatura superficial, con el fin de observar las plumas de los ríos

Para el análisis cuantitativo y cualitativo del fitoplancton se recolectaron muestras de agua mediante botellas a las profundidades de 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150 y 200 m, cuando la profundidad en la estación lo permitió. De cada botella se obtuvieron dos submuestras, una de 500 ml para el conteo

de células de fitoplancton que fueron preservadas con una solución de Lugol a saturación con acetato de sodio (Lovegrove, 1960), la otra muestra de 250 ml se destinó para medir la concentración de clorofila-a filtrando a través de un filtro Millipore de nitrocelulosa de 0.45 μ m. La extracción de ese pigmento se realizó con acetona al 90 % según el método de Yentsch y Menzel (1963), cuya concentración se determinó mediante un fluorómetro Turner modelo 110 a bordo del buque. Para conocer el comportamiento de estos datos se representaron gráficamente en planos horizontales y perfiles verticales. Se obtuvo una imagen de satélite del SeaWiFS (Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor, por sus siglas en inglés) del promedio de la concentración de clorofila-a para comparar con los datos obtenidos en este estudio.

Para los análisis cualitativos y cuantitativos de células se siguió el método de Utermöhl referido en Hasle (1978). En el laboratorio se procedió a la concentración de las muestras (500 ml originales) dejando sedimentar durante 52 h, con el fin de reducir el total de la muestra a 25 ml para posteriormente observarla al microscopio invertido (Zeiss ICM 405) mediante el barrido de transectos diametrales en 1 cm² a 400 aumentos. Se contaron las primeras 400 células por muestra siguiendo las recomendaciones de Ludwig y Reynolds, (1988). Se trató de determinar los especímenes a nivel de especie o taxón más cercano. La lectura de la muestra se hizo con base en las descripciones existentes en la literatura especializada para cada grupo: Cianofitas (Hum y Wicks 1980, Dawes 1986); Cocolitofóridos (Schiller 1930, Heimdal 1997); Diatomeas (Peragallo y Peragallo 1908, Cupp 1943, Cleve-Euler 1951, 1953, Hendey 1964, Simonsen 1974, Round *et al.*, 1990, Moreno *et al.*, 1996, Hasle y Syversten 1997); Clorofitas y Euglenofitas (Witford y Schumacher 1969); Dinoflagelados (Shiler 1930, Wood 1965, Taylor 1976, Balech 1988, Licea *et al.*, 1995, Thronsen 1997, Steindinger y Tangen 1997); Silicoflagelados (Thronsen 1997). No fue posible identificar nanoplancton a nivel especie (células menores a 20 μ m) debido a las limitaciones del método, por lo cual se agrupó como fitoflageladas desnudas, asignándoles un número consecutivo para diferenciar una especie de otra.

Con los resultados cualitativos y cuantitativos se elaboró un listado de especies (Tablas 4 y 5) en el cual se incluye la abundancia relativa, así como la frecuencia e importancia relativas para cada taxón de acuerdo a los siguientes criterios:

- Abundancia relativa: Es la relación que guarda el número de individuos de una especie, dividido entre el total de individuos de todas las especies, referido en porcentaje (Odum, 1972).
- Frecuencia relativa: Es la relación entre el número de estaciones en que se presenta una especie, dividido entre el número total de estaciones, expresado en por ciento (Dawes, 1986).

- Importancia relativa: Proviene de la suma de la abundancia y la frecuencia relativa, dividido entre dos (Franco *et al.*, 1985).

A partir de estos criterios fue posible jerarquizar a la comunidad en: especies dominantes, importantes o dominantes, especies raras por su baja frecuencia y especies únicas aquellas que sólo se encontraron en un transecto.

Con el fin de detectar la presencia de posibles frentes termo-halinos, se calculó el gradiente de salinidad y temperatura para cada transecto (Tablas 2 y 3), utilizando los límites de acotación referidos por Fedorov (1986), cuya clasificación de frentes se basa en las escalas a la que éstos se presentan. Esta clasificación considera que en los frentes los valores típicos del gradiente horizontal se encuentran, para la temperatura, en el intervalo de 0.1 a 30 °C Km⁻¹ y para la salinidad de 0.1 a 10 ups Km⁻¹.

Análisis Estadístico

Para determinar la relación entre la densidad de organismos y la concentración de la clorofila-a, se aplicó un análisis de componentes principales (ACP). Este proceso sintetiza un conjunto de datos que genera estructuras de interdependencia entre variables cuantitativas para crear nuevas variables que son función lineal de las variables originales y de las que se puede hacer una representación gráfica. El objetivo del ACP es reducir la dimensión de un conjunto de variables a un número menor para facilitar la interpretación de los datos; así, las nuevas variables representan una combinación lineal de las mismas determinando lo esencial de las originales. Si hay relaciones estocásticas entre ellas, entonces se puede condensar esa información en otras variables que expliquen la variación del sistema (Stockburger, 1997).

El primer paso en este proceso consiste en transformar los datos con base en una matriz de correlación para las variables temperatura, salinidad, clorofila-a y abundancia total, por grupo y por especie en Z (variable adimensional recomendada para construir la matriz de correlación) para adimensionar las variables y poder compararlas, ésta se calcula como el dato menos el promedio y esta diferencia entre la desviación estándar $Z = (x_1 - \bar{X}) / S$. El segundo paso consiste en elaborar una matriz binaria de codificación de las transformaciones Z para las cuatro variables. En dicho proceso, se consideraron valores bajos aquellos con $Z < 0$, valores medios con Z entre 0 y 1 y valores altos con $Z > 1$, con la finalidad de

conocer si existe alguna relación entre los parámetros con estas codificaciones (Santamaría-del-Ángel, *et al.*, 1992).

Para agrupar las variables, se realizó un análisis de conglomerados (“cluster” en terminología inglesa). Este proceso permite agrupar las observaciones de forma tal que los datos sean homogéneos dentro de los grupos (mínima varianza) y que estos grupos sean lo más heterogéneos posible entre ellos (máxima varianza). De este modo se obtiene una clasificación de los datos multivariantes con la que se comprende mejor la población de la que proceden. Para realizar el análisis de agrupamiento, se tomaron en cuenta los resultados del análisis de componentes principales para evitar introducir variables no relevantes.

Con el fin de establecer la igualdad o la diferencia en la diversidad entre los dos transectos, se calculó el índice de diversidad ($H'n$) propuesto por Shannon-Wiener (Pielou, 1974) en transecto y por localidad. Este índice considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población “indefinidamente grande”, como también asume que todas las especies están representadas en la muestra.

El índice de Shannon y Wiener se expresa en bits por individuo. Para calcularlo se utilizó la siguiente fórmula (Pielou, 1974):

$$H'n = \sum_{i=1}^s p_i \times \ln p_i$$

Donde:

- $H'n$ = Índice de diversidad de especies
- S = Número de especies en el transecto
- p_i = Proporción de la muestra total que pertenece a la i -ésima especie

Una vez calculado el índice de diversidad, se calculó la varianza, y utilizando el método de Hutcheson (1970, *vide* Magurran, 1989), se obtuvo la “t-student” modificada a fin de comprobar las diferencias significativas entre los dos transectos estudiados.

$$t = \frac{H'n_1 - H'n_2}{S_{H'n_1 - H'n_2}}$$

Donde:

- $H'n_1$ = la diversidad del premier transecto.

- $H'n_2$ = la diversidad del segundo transecto.
- $S_{H'n_1-H'n_2}$ = el error estándar de las diferencias de las dos diversidades, que se obtiene de la siguiente manera:

$$S_{H'n_1-H'n_2} = \sqrt{S_{H'n_1}^2 + S_{H'n_2}^2}$$

Donde

- $S_{H'n_1}^2$ = Varianza de la diversidad del primer transecto. La varianza para cada diversidad se obtiene de:

$$S_{H'n}^2 = \frac{\sum f_i \times \log^2 f_i - \frac{(\sum f_i \times \log f_i)^2}{n}}{n^2}$$

Donde

- f_i = es el número de observaciones en la categoría i (o sea el número de individuos de la especie 1).

Los grados de libertad se obtuvieron de la siguiente manera:

$$gl = \frac{(S_{H'n_1}^2 + S_{H'n_2}^2)^2}{\frac{(S_{H'n_1}^2)^2}{n_1} + \frac{(S_{H'n_2}^2)^2}{n_2}}$$

y por último, el dato que se obtuvo se comparó con las tablas para la t-student y definir si hubo o no igualdad entre los dos transectos.

RESULTADOS

Análisis de salinidad

Los resultados indican que los valores altos de salinidad (> 36.2 ups) se ubican hacia la región oriental en todos los niveles de la columna de agua; en contraste la salinidad menor se registró en la parte occidental de área de estudio (Fig. 2).

La salinidad superficial del transecto Coatzacoalcos (TC) muestra que ésta varió entre 35.51 ups en la estación más cercana a la desembocadura del río Coatzacoalcos (Est. 8) y 35.87 ups en la estación 14 localizada en el punto más distante del transecto. La salinidad en el fondo fue ligeramente mayor que en la superficie, con variaciones entre 35.62 y 36.29 ups en las estaciones 14 y 9, respectivamente (Figs. 2, 3) con mayor oscilación en la estación 8, debido a la descarga fluvial. La profundidad de la haloclina se mantuvo entre 5 y 30 m (Fig. 3).

La salinidad superficial del transecto Grijalva-Usumacinta (TGU) indica que ésta varió entre 35.58 y 36.57 ups en las estaciones 26 y 22, respectivamente, ésta última localizada en el punto más cercano a la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta. La salinidad en el fondo, a diferencia de TC, fue ligeramente menor que en la superficie, oscilando entre 35.89 ups en la estación 28 (la más alejada a la costa) y 36.30 ups en la estación 24 ubicada en la parte media del transecto (Figs. 2, 6). La mayor variación se registró particularmente en la estación 22. La profundidad de la haloclina se mantuvo entre 10 y 40 m (Fig. 6). A partir de los 60 m de profundidad la salinidad se mantiene en 36.2 ups hasta 100 m para disminuir con la profundidad a valores de 35.6 ups a los 200 m (Fig. 3 f). En este transecto se detectó un frente halino a 10 m de profundidad entre las estaciones 27 y 28 situadas en la zona oceánica (Tabla 2).

Tabla 2.- Resultados obtenidos utilizando los límites de acotación referidos por Fedorov (1986) para la salinidad. Se marca en negro el sitio donde se registra un frente halino.

Prof.	Transecto Coatzacoalcos				Transecto Grijalva-Usumacinta					
	8-9	9-12	12-13	13-14	22-23	23-24	24-25	25-26	26-27	27-28
5	-0.006	-0.015	0.059	-0.006	0.009			0.027	-0.027	-0.136
10	0.003	-0.031	0.011	0.001	0.008			0.029	-0.032	-0.129
20	-0.008	-0.004	0.006	0.002		0.020	-0.037	0.040	-0.043	0.073
30	-0.002	-0.005	-0.023	0.002		-0.006	0.005	-0.003	0.002	-0.011
50	-0.004	0.009	-0.009	0.000		0.001	-0.012	0.007	-0.003	0.024
75		-0.008	-0.006	0.000		0.000	0.000	0.006	-0.011	0.002
100		-0.003	0.012	0.000		-0.004	0.009	-0.003	-0.001	0.013
150			0.028	0.001			0.003	-0.003	-0.008	0.060
200			-0.008	0.003			-0.002	-0.009	0.000	0.025

Nota: El valor obtenido resulta de la diferencia de la salinidad de dos estaciones dividida entre su distancia.

$$\nabla S = \frac{S_1 - S_2}{Dist.} . \text{ Se considera el valor absoluto.}$$

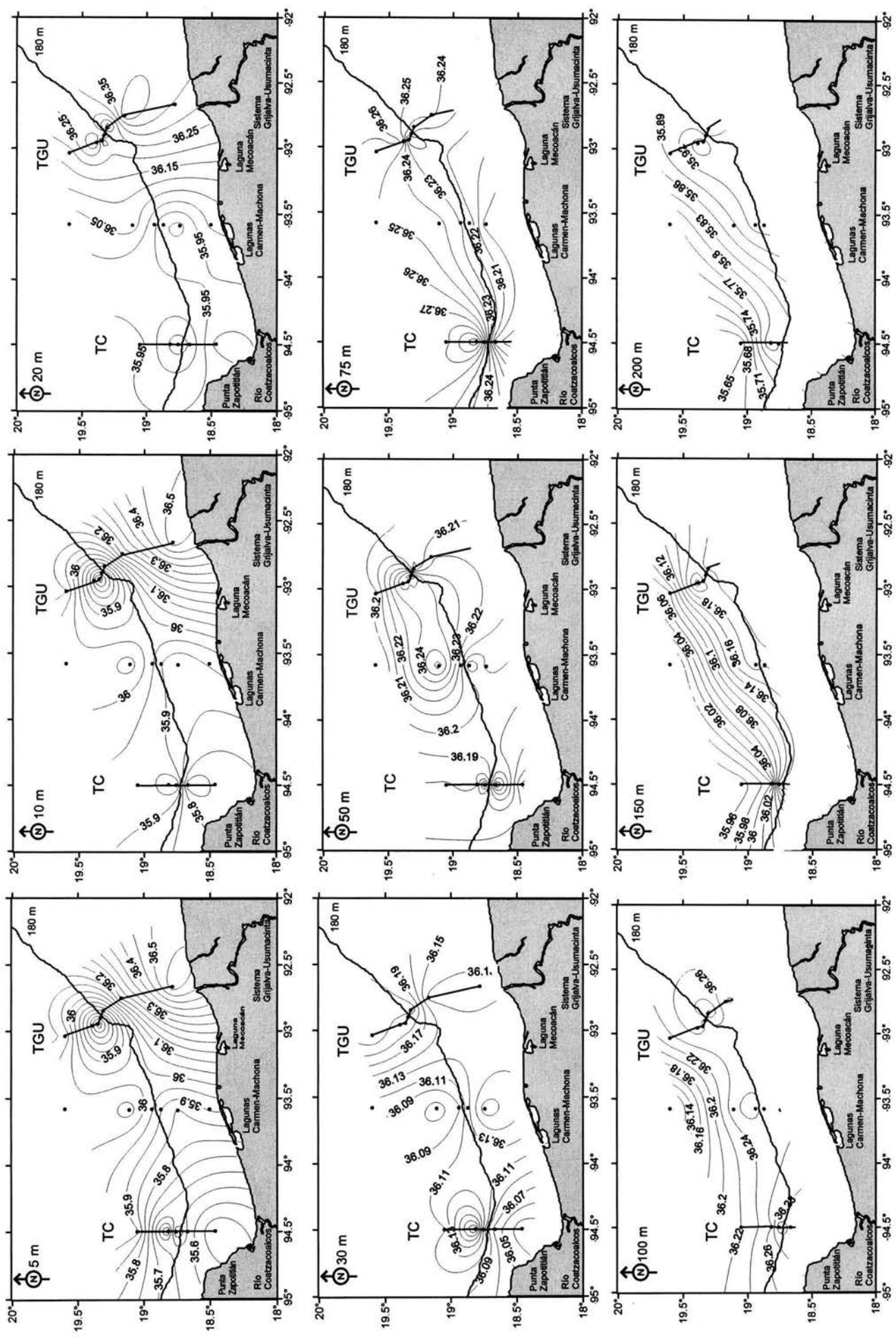


Fig. 2.- Distribución horizontal de la salinidad (ups) en marzo del 2000, a las profundidades entre 5 y 200 m. Los sitios observados están marcados con círculos negros.

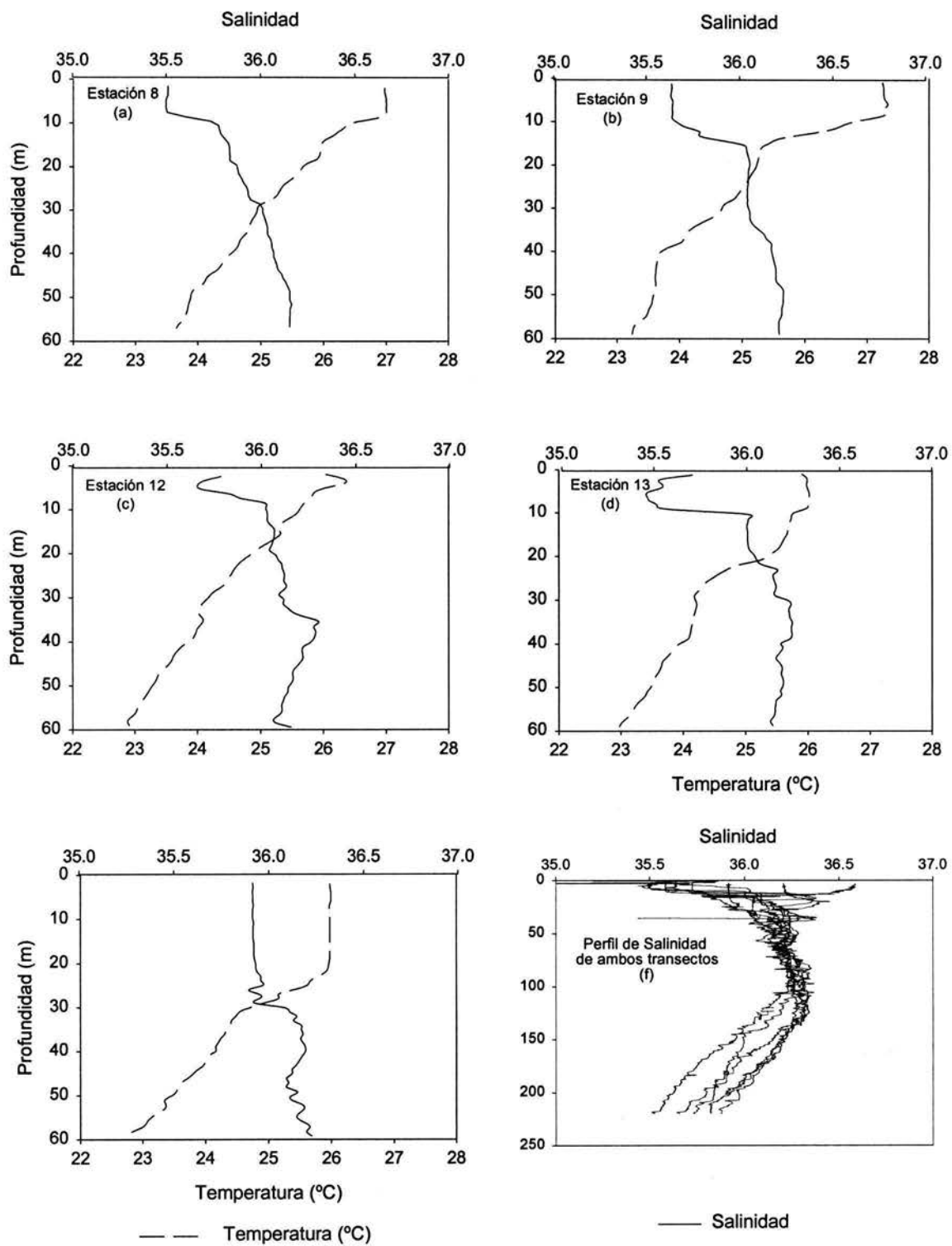


Fig. 3.- Perfiles de temperatura y salinidad por estación en el transecto Coatzacoalcos (a-e). Perfil de salinidad para ambos transectos hasta una profandidad de 200 m observados en marzo del 2000

Análisis de temperatura

Los resultados de la temperatura, indican que los valores más bajos en la capa superficial se localizan al centro del área de estudio frente a las lagunas Carmen y Machona con un valor entre 25.2 y 25.7 °C registrándose el valor más alto hacia el Oeste (27.3 °C) y hacia el Este (26.4 °C) fue ligeramente menor (Fig. 5). A 20 m se observa que la mayor temperatura se ubica en el borde de la plataforma continental en la región noreste (Fig. 5 c). A partir de 75 m por debajo de la termoclina, se observa un gradiente que va de la costa hacia mar abierto, con las mayores temperaturas en los sitios cercanos a la costa; mientras que los valores más bajos se ubican hacia la zona oceánica.

La temperatura superficial de TC muestra una oscilación entre 23.0 °C (estación 12) y 23.8 °C en la estación 14; ésta última localizada en el punto más alejado de la desembocadura del río Coatzacoalcos. La temperatura en el fondo fue menor que en la superficie y varió entre 13.9 °C en la estación 14 y 15.3 °C en la estación 12 en la parte media del transecto (Fig. 5), registrando ésta la mayor oscilación. La profundidad de la termoclina varió entre 5 y 20 m (Fig. 3). Entre la estación 9 y 12, se registró un frente por arriba de 20 m de profundidad (Tabla 3). En la figura 4 se muestra una imagen de satélite en infrarrojo AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer, por sus siglas en inglés) de temperatura donde se observa que la pluma del río Coatzacoalcos aparece concentrada en un abanico en la porción occidental de la desembocadura, en tanto que la perteneciente al sistema Grijalva-Usumacinta presenta una mayor extensión sobre la plataforma. Las plumas de las descargas de los ríos presentan una inclinación hacia el Oeste por el efecto de la corriente predominante y la dirección de los vientos predominantes del Noreste. El resto del área de estudio presenta una distribución homogénea en la temperatura superficial, coincidiendo con los datos obtenidos en este estudio.

La temperatura superficial de TGU indica que ésta fluctuó entre 25.5 °C en la estación 28 que es la más alejada a la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta y 26.0 °C en la estación 26 que se ubica en zona oceánica. La temperatura en el fondo, al igual que en el otro transecto, fue mucho menor que en la superficie (Fig. 5), oscilando entre 15.8 °C en la estación 28 y 16.3 °C en la estación 27; con la mayor variación particularmente en la parte media del transecto en la estación 25. La profundidad de la termoclina se ubicó entre 10 y 35 m (Fig. 6). La temperatura en la columna de agua para ambos transectos se encuentra estratificada (Fig. 6 h). En este transecto se encontraron dos frentes en la estación 28 por debajo de los 50 m y el otro entre las estaciones 24 y 27 a 20 m de profundidad (Tabla 3, Fig. 4).

Tabla 3.- Resultados obtenidos utilizando los límites de acotación referidos por Fedorov (1986) para la temperatura. Se marca en negro el sitio donde se registra un frente térmico.

	Transecto Coatzacoalcos				Transecto Grijalva-Usumacinta					
	8-9	9-12	12-13	13-14	22-23	23-24	24-25	25-26	26-27	27-28
5	-0.016	0.130	-0.018	0.000	0.000			0.055	0.041	0.077
10	-0.016	0.130	-0.018	0.000	-0.004			0.055	0.041	0.094
20	-0.017	0.103	0.000	-0.005		-0.040	0.204	0.117	-0.156	-0.011
30	0.021	0.035	-0.075	-0.010		-0.103	0.320	0.019	-0.023	0.024
50	0.007	0.058	-0.017	-0.004		-0.007	0.029	0.025	0.003	0.660
75	0.013	0.032	-0.027	0.000		-0.098	0.146	0.009	0.114	0.429
100		0.034	-0.053	0.022		-0.030	0.029	0.000	0.120	0.410
150			0.002	0.018			0.029	-0.018	-0.051	0.488
200			0.195	0.004			-0.015	-0.059	0.001	0.188

Nota: El valor obtenido resulta de la diferencia de la temperatura de dos estaciones dividida entre su distancia.

$$\nabla T = \frac{T_1 - T_2}{Dist.}$$

Se considera el valor absoluto.

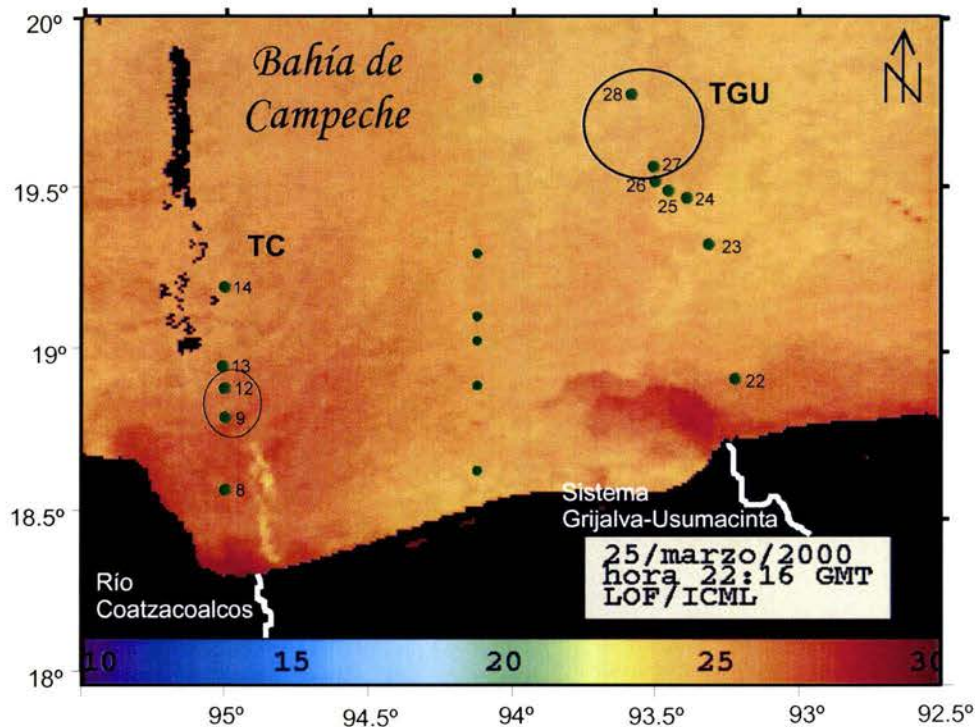


Fig. 4.- Localización de los frentes térmicos (encerrados en un círculo) encontrados en el área de estudio (Imagen satelital AVHRR de temperatura superficial proporcionada por el laboratorio de Oceanografía Física del ICMyL, UNAM).

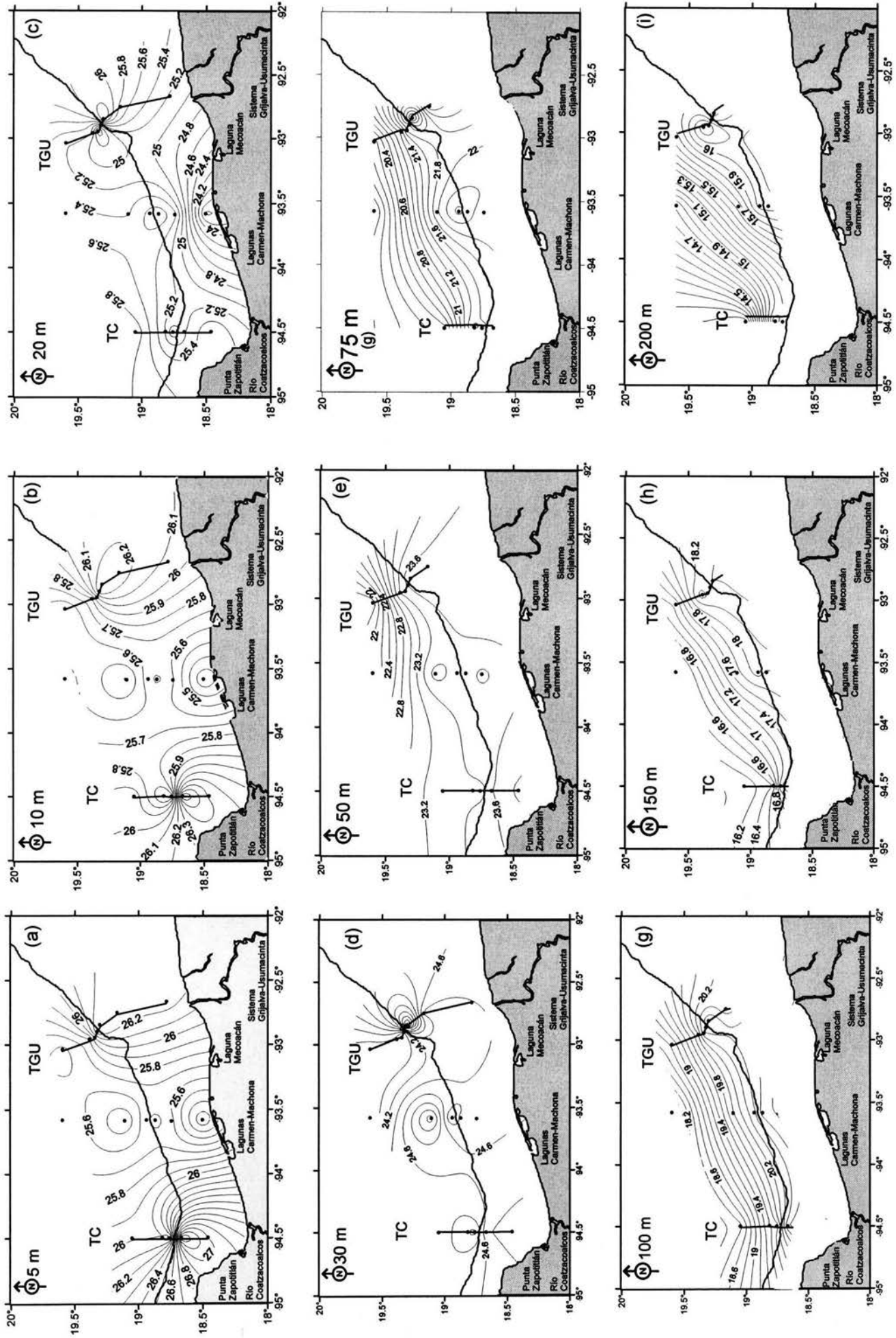


Fig 5.- Distribución horizontal de la temperatura (°C) en el mes de marzo del 2000, a las profundidades entre 5 y 200 m. Los sitios de observación están marcados en círculos negros.

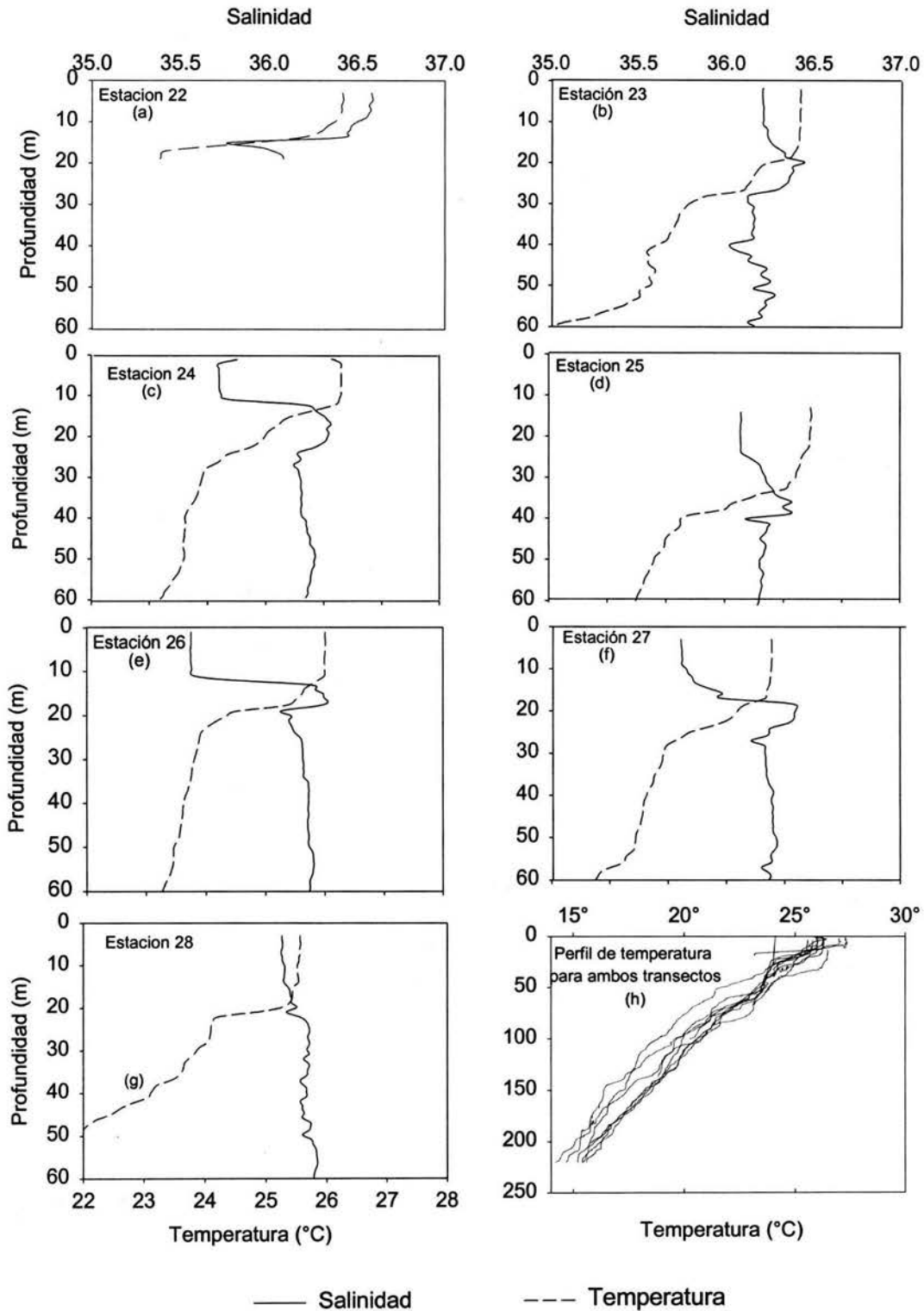


Fig 6.- Perfiles de salinidad y temperatura observados en el mes de marzo del 2000 en el transecto Grijalva-Usumacinta.

La elaboración de un diagrama T-S debe de excluir los datos registrados de temperatura arriba de los 100 m de profundidad, donde ocurren cambios estacionales (Knauss, 1978), sin embargo para fines comparativos en este estudio se realizaron éstos diagramas para cada transecto hasta una profundidad de 200 m, por lo que deben de tomarse con reserva. Los diagramas T-S (Figs. 7 y 8), muestran que ambos transectos (TS y TGU) comparten el mismo cuerpo de agua, pero se altera en la capa superficial por la descarga de los ríos. En ambas figuras se puede observar sobre los 30 m de profundidad la influencia de esta descarga fluvial, principalmente en el sistema Grijalva-Usumacinta. Por debajo de los 100 m se advierte la estabilidad de la columna de agua. Por en medio de estas dos profundidades se encuentra una capa de mezcla.

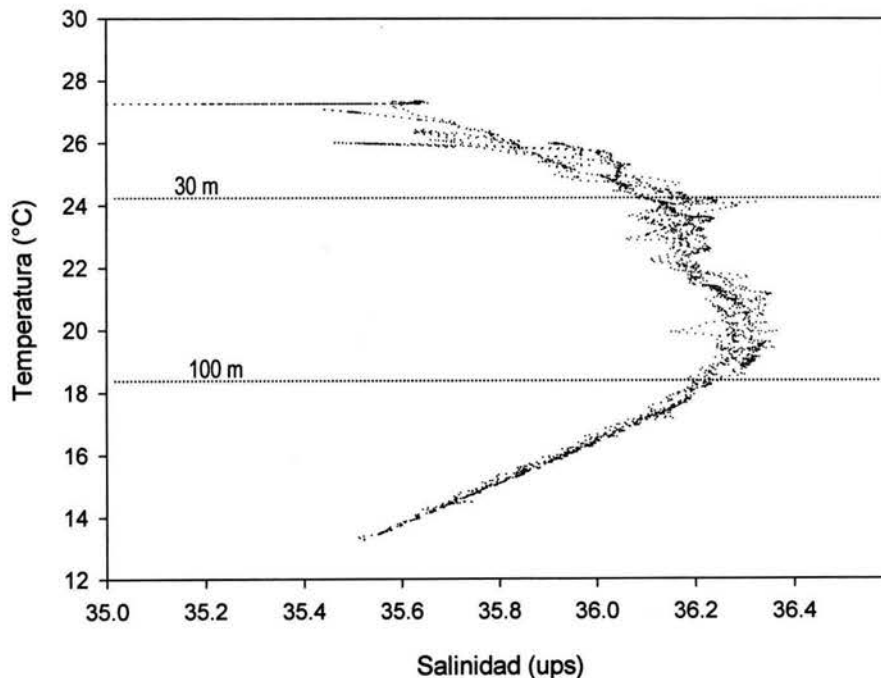


Fig. 7.- Diagrama TS (Transecto Coatzacoalcos).

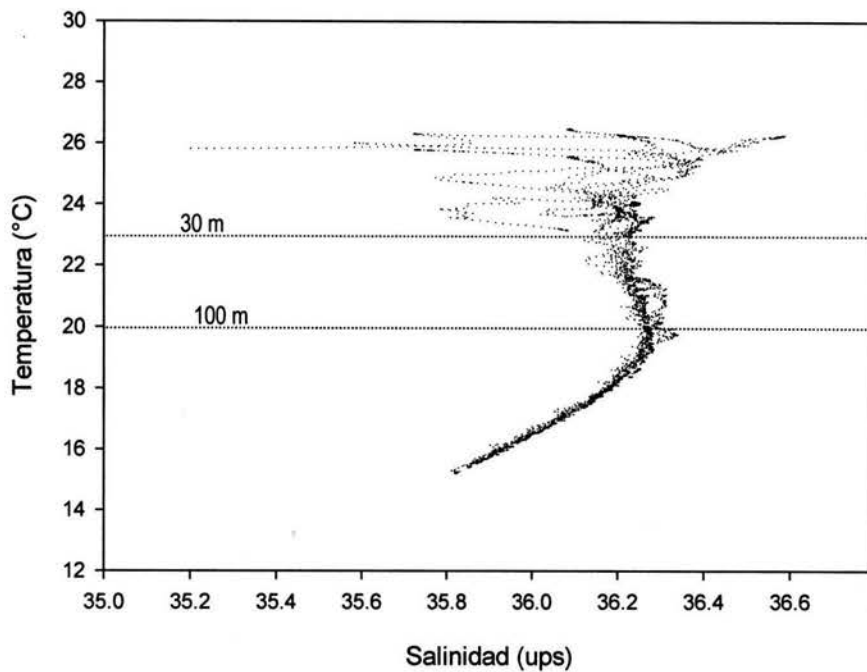


Fig. 8.- Diagrama TS (Transecto Grijalva-Usumacinta).

Análisis de clorofila-a

En la distribución vertical promedio de la concentración de clorofila-a en TC, se observa la existencia de un valor máximo (por debajo de la termoclina) a 75 m, con una concentración de 0.34 mg m^{-3} (Fig. 9). Este transecto presenta la mayor concentración de clorofila-a. En TGU se observan dos valores máximos: el primero se ubica a 10 m de profundidad con 0.22 mg m^{-3} (en la termoclina) y el segundo a 75 m con 0.23 mg m^{-3} (muy por debajo de la termoclina); posteriormente la concentración disminuye a niveles inferiores a 0.05 mg m^{-3} . Los dos máximos observados a 75 m coinciden con el borde de la plataforma continental (Fig. 10 f).

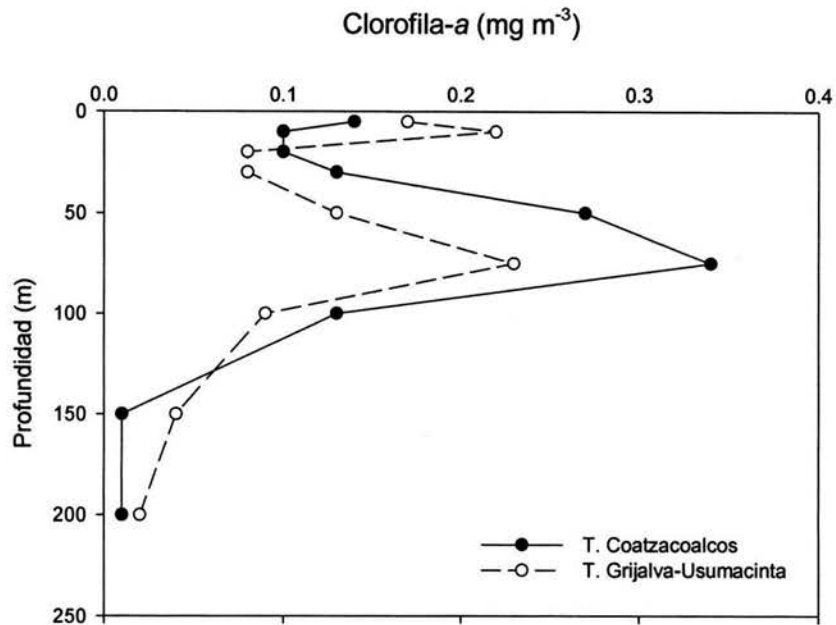


Fig. 9.- Distribución vertical del promedio de la clorofila-a en los dos transectos estudiados en el mes de marzo del 2000.

Los valores más altos de la clorofila-a en superficie se registran en la región oriental, principalmente en la estación 22, que es la más cercana a la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta, con un valor máximo de 0.81 mg m^{-3} ; por el contrario, los valores bajos se localizan en la parte occidental con valores menores de 0.2 mg m^{-3} en la estación 14, que es la más alejada al afluente del río Coatzacoalcos (Fig. 10). La imagen de satélite obtenida del SeaWiFS (Sea viewing Wide Field of view Sensor, por sus siglas en inglés) ilustra el promedio de la concentración de la clorofila-a superficial en la misma época, en ella se observan las concentraciones altas en la parte oriental de la zona de estudio pegada a la costa frente al sistema Grijalva-Usumacinta, disminuyendo conforme se aleja de ésta y hacia el Oeste, donde se encuentran las concentraciones más bajas de clorofila-a. En la desembocadura del río Coatzacoalcos no se observan los datos debido a la nubosidad (Fig. 10 k). Con esta imagen se corrobora que los datos obtenidos en este estudio son similares. A partir de 20 m la concentración de clorofila-a es ligeramente más alta en los sitios cercanos a la costa y la parte occidental, disminuyendo hacia el ambiente oceánico (Fig10 c-i).

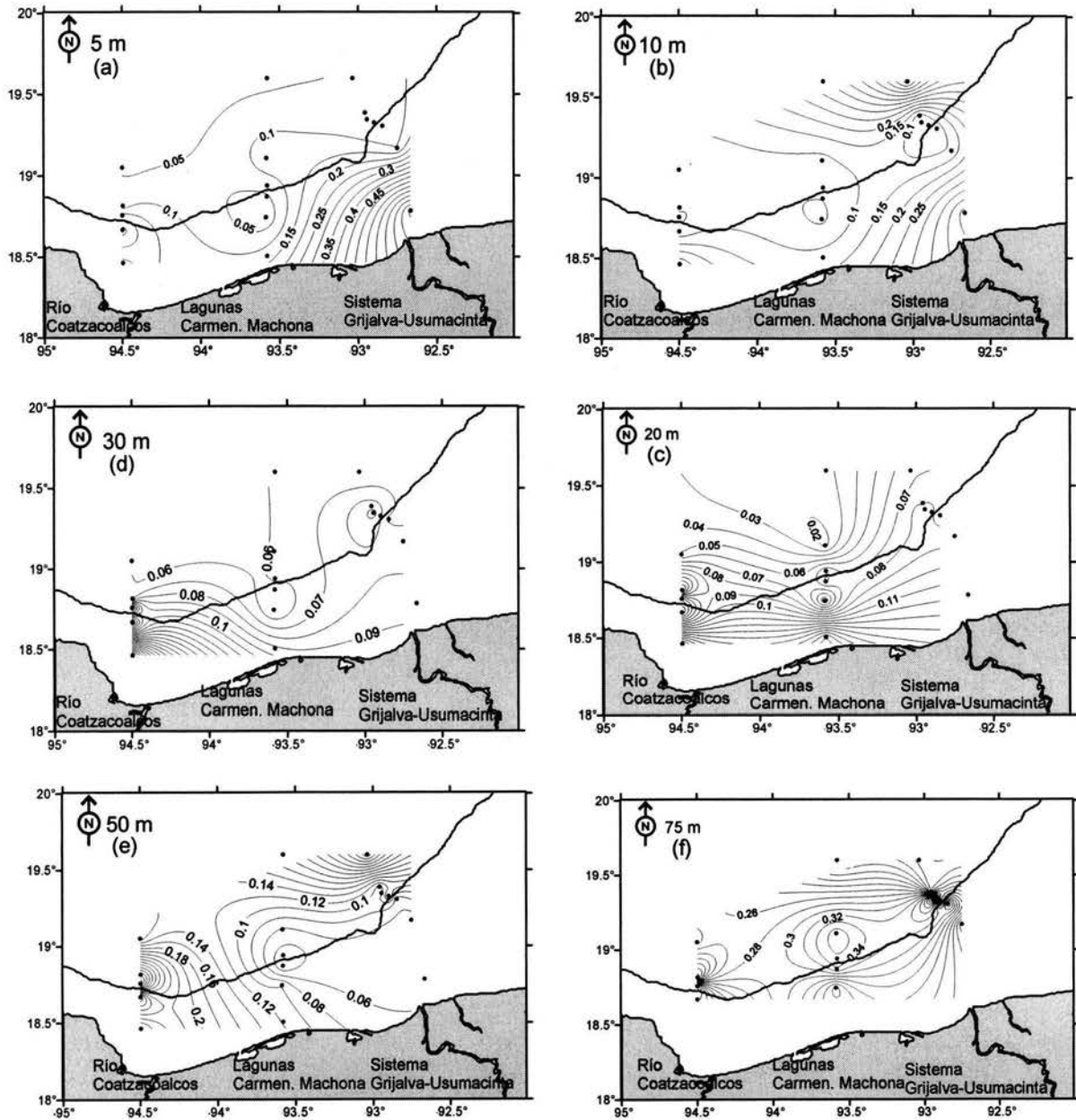


Fig. 10.- Distribución horizontal de la clorofila-a en los diferentes niveles de profundidad (a, i), promedio de la clorofila-a (j), imagen satelital obtenida mediante el SeaWiFS del promedio mensual febrero-marzo del 2000 (k).

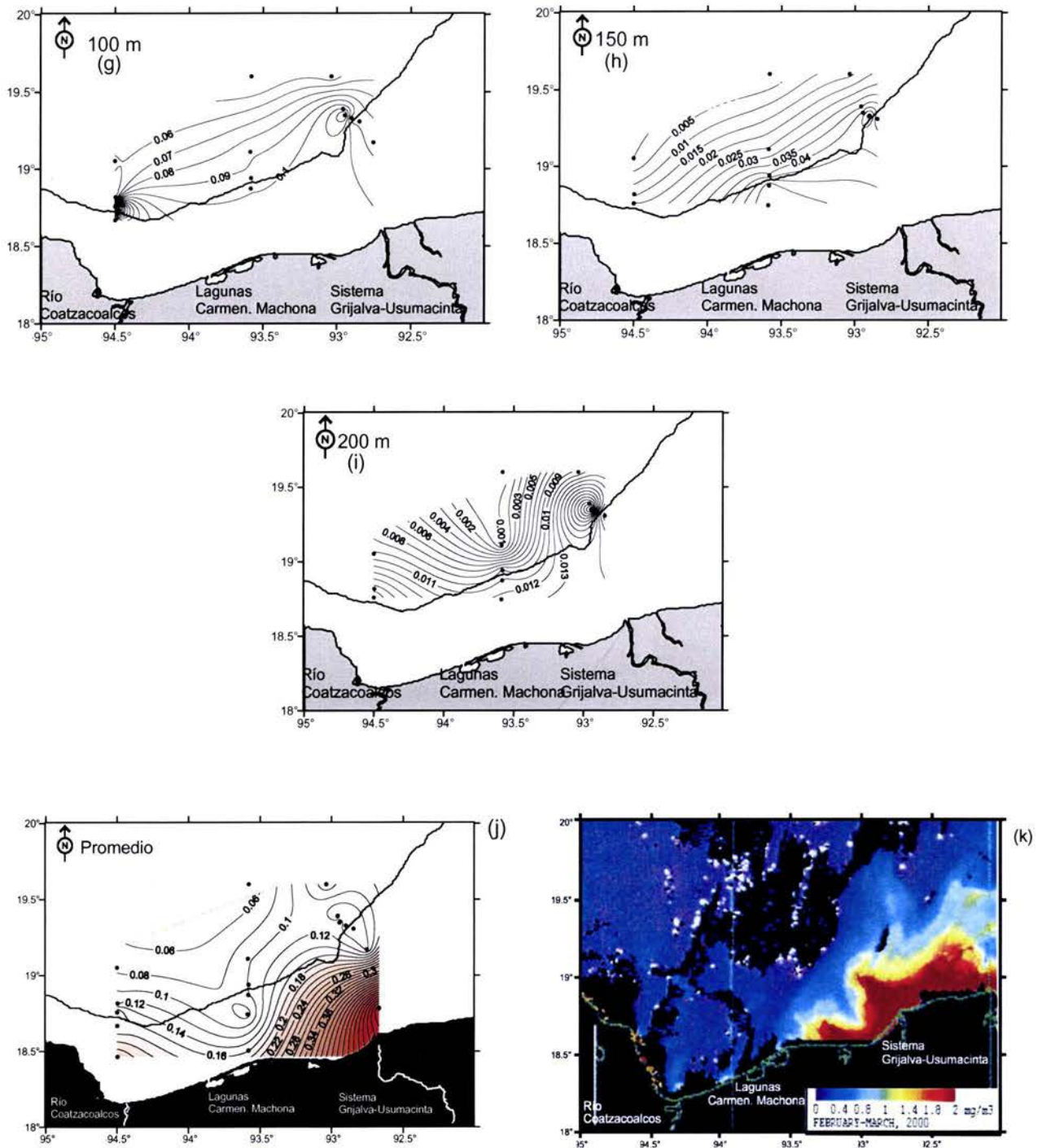


Fig. 10.- Distribución horizontal de la clorofila-a en los diferentes niveles de profundidad (a, i), promedio de la clorofila-a (j), imagen satelital obtenida mediante el SeaWiFS del promedio mensual febrero-marzo del 2000 (k).

Análisis de fitoplancton y otros grupos autótrofos

Composición y abundancia

El análisis cualitativo indicó la presencia de 289 taxa incluidos en 58 familias. De éstos, ocho corresponden al grupo de las cianofitas; una crisofita; 12 primnesiofitas; 132 bacilariofitas; una euglenofita; una cromofita; dos clorofitas; 81 dinofitas; 38 fitoflageladas desnudas no determinadas; 12 bacilariofitas no determinadas y un ciliado autótrofo, que se incluye en los análisis por presentar cloroplastos de criptofitas endosimbiontes (Gustafson *et al.*, 2000).

El análisis cuantitativo indicó un amplio intervalo en los valores de la densidad de organismos el cual fluctuó entre 26 y 566,808 células L⁻¹. Las cianofitas representaron el 59 % del total de los organismos determinados, seguida por las dinofitas con el 13 %, las fitoflageladas desnudas y las bacilariofitas con 10 %, el protozoo ciliado con 5 % y los grupos restantes de crisofitas, euglenofitas, cromofitas, clorofitas, primnesiofitas y las no determinadas, figuraron con tan sólo un 3 %.

Los grupos minoritarios (< 2,000 células L⁻¹) estuvieron representados por las euglenofitas en la estación 27, en la parte oceánica de TGU, exclusivamente a una profundidad de 100 m (68 células L⁻¹) con una salinidad de 36.4 ups y por debajo de la termoclina, representada por el género *Euglena*; las cromofitas se localizaron en la estación 28 del mismo transecto, a 50 m de profundidad (66 células L⁻¹) con una salinidad de 36.1 ups junto con la especie *Mesocena polymorpha* (ambas estaciones ubicadas en la parte más alejada del transecto). Las clorofitas se limitaron a las estaciones 8 y 9 de TC (las más cercanas al transecto), a una profundidad de 5 y 50 m, con salinidades menores a 36 ups, y con un predominio de *Monoraphidium* sp. (40 células L⁻¹) y 50 m para *Actinastrum hantzschii* (52 células L⁻¹), respectivamente, que son especies de agua dulce. Otras especies de agua dulce que se registraron fueron tres diatomeas: *Amphora ovalis*, *Craticula cuspidata*, *Hantzschia amphioxys* y un dinoflagelado: *Actiniscus pentasterias*

Las especies más abundantes fueron: *Synechococcus* sp. con 566,808 células L⁻¹; un alga agrupada dentro de *Incertae sedis* con 224,749 células L⁻¹; *Oscillatoria* sp. con 103,315 células L⁻¹ y *Mesodinium rubrum* (protozoo autótrofo ciliado) con 86,643 células L⁻¹. Posteriormente, el número de células disminuyó abruptamente a 26 células L⁻¹ asociada con *Ceratium macroceros*.

Las especies con frecuencia mayor al 50 % en las muestras fueron: *Mesodinium rubrum* con el 91 %; *Thalassionema nitzschioides* (77 %); Dinoflagelado sp. 1 (70 %); Cocolitofórido sp. 1 (70 %);

Fitoflagelado sp. 18 (66 %); *Amphidinium acutum* (65 %); *Nitzschia bica pitata* (53 %); *Gyrodinium fusiforme* (53 %), *Protoperidinium* sp. 1 (51 %); y *Dyctiota fibula* (50 %), hasta llegar a *Celaphora cupula* (1 %).

Distribución vertical y horizontal

La distribución vertical de la abundancia total de los grupos analizados mostró que la mayor concentración de organismos se registró en la capa superficial en ambos transectos, con un total de 481,376 células L⁻¹, disminuyendo progresivamente con la profundidad. El valor más bajo se registró a 200 m con 50,834 células L⁻¹.

La distribución horizontal de la densidad total del conjunto de los grupos encontrados (Fig. 11), muestra la mayor abundancia en la estación 9 (ubicada en la zona nerítica de TC), con un máximo de 655,404 células L⁻¹ y un mínimo de 40,795 células L⁻¹ en la estación 25 (ubicada en la zona oceánica de TGU).

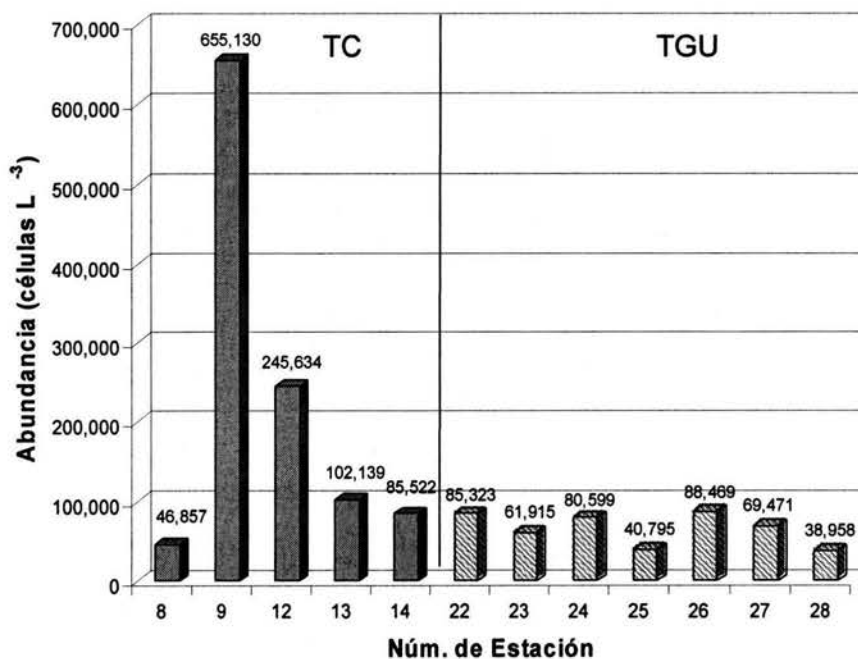


Fig. 11.- Distribución de la abundancia total de los grupos encontrados para todas las estaciones de ambos transectos (Coatzacoalcos TC y Grijalva-Usumacinta TGU) en el mes de marzo del 2000.

Análisis Comparativo de Transectos

Composición y abundancia

El análisis cualitativo para TC mostró la presencia de 231 taxa. De éstos, siete corresponden al grupo de las cianofitas; una crisofita; diez primnesiofitas; 101 bacilariofitas; dos clorofitas; 63 dinofitas; 35 fitoflageladas desnudas no determinadas; nueve bacilariofitas no determinadas, un alga agrupada dentro de *Incertae sedis* y un ciliado autótrofo, sumando un total de 1, 135,282 células (Tabla 4), mientras que para TGU fueron de 213 taxa, de los cuales: cuatro son cianofitas, una crisofita, ocho primnesiofitas, 94 bacilariofitas, una euglenofita, una cromofita, 63 dinofitas, 35 fitoflageladas desnudas no identificadas, cinco bacilariofitas no determinadas, un alga agrupada dentro de *Incertae sedis* y un ciliado autótrofo sumando un total de 465,530 células (Tabla 5).

El análisis cuantitativo para TC mostró que la densidad de organismos fluctuó entre 26 y 192,831 células L⁻¹ en las estaciones 14 (ubicada en la zona oceánica) a 150 m y 9 a 5 m (en la zona nerítica) respectivamente en el cual, el grupo de las cianofitas fue el más abundante con el 76 % del total de los organismos, las dinofitas con 7 %, seguidas por las bacilariofitas con el 6 %, las fitoflageladas desnudas con 6 %, el protozooario ciliado con el 2 %, y para resto de los grupos el 3 % (Tabla 4), mientras que en TGU la densidad de organismos varió de 50 células L⁻¹ en la estación 28 (en la zona oceánica) a 100 m de profundidad a 30,250 células L⁻¹ en la estación 22 a 5 m (la más cercana a la costa). El grupo más abundante fueron las dinofitas con el 26 % (Tabla 5).

Las especies identificadas se agruparon de acuerdo a su abundancia para TC en: dominantes (2 spp) con valores mayores de 100,000 células L⁻¹; muy abundantes (5 spp) entre 10,000 y 100,000 células L⁻¹; abundantes (32 spp) entre 2,000 y 10,000 células L⁻¹; escasas (107 spp) con valores entre 100 y 2,000 células L⁻¹; raras (menores a 100 células L⁻¹) que fueron representadas por 100 spp; y por último, las especies únicas, siendo tres cianofitas, cuatro primnesiofitas, 38 bacilariofitas, dos clorofitas, 20 dinofitas, tres fitoflageladas desnudas y ocho bacilariofitas no determinadas (Tabla 4). Para TGU las especies se agruparon en: diez especies muy abundantes entre 10,000 y 100,000 células L⁻¹, 32 abundantes entre 2,000 y 10,000 células L⁻¹, 105 escasas con valores entre 100 y 2,000 células L⁻¹, las raras (menores a 100 células L⁻¹) representadas por 45 especies. Las especies únicas fueron: una primnesiofita, 28 bacilariofitas, una euglenofita, una cromofita, 19 dinofitas, tres fitoflageladas desnudas no identificadas (Tabla 5).

La comunidad dominante se estableció con base en el valor de importancia relativa de las especies mayor o igual al 5 %, la comunidad para TC estuvo representada por cinco especies de cianofitas, un alga agrupada dentro de *Incertae saedis*, una crisofita, siete pinnosiofitas, 33 bacilariofitas, 31 dinofitas, 23 flageladas desnudas no determinadas y el protozooario ciliado *Mesodinium rubrum*, con un total de 102 especies (Tabla 4). Para TGU la comunidad dominante estuvo representada por una alga agrupada dentro de *Incertae saedis*, una crisofita, cuatro pinnosiofitas, 21 bacilariofitas, 27 dinofitas, dieciséis flageladas desnudas no identificadas y el protozooario *Mesodinium rubrum*, con un total de 73 especies (Tabla 5).

En TC las especies más abundantes fueron: *Synechococcus* sp. con 566,110 células L⁻¹; *Incertae saedis* con 173,191 células L⁻¹; *Oscillatoria* sp. con 97,123 células L⁻¹ y *Mesodinium rubrum* con 24,342 células L⁻¹. De aquí en adelante, el número de células disminuye hasta llegar a 26 células L⁻¹ con *Ceratium macroceros*. En TGU fueron: *Mesodinium rubrum* con 62,302 células L⁻¹, *Incertae saedis* con 51,558 células L⁻¹, *Porocentrum compressum* con 35,404 células L⁻¹ y *Thalassionema nitzschioides* con 24,965 células L⁻¹. Al igual que en TC, de aquí en adelante el número de células disminuye abruptamente hasta llegar a 50 células L⁻¹ con *Hantzschia amphioxys*.

Las especies con valor de importancia relativa superior al 25% para TC fueron: *Mesodinium rubrum* (46 %), Cocolitofórido sp. 1 (44 %), *Amphidinium acutum* (41 %), Dinoflagelado No Id. 1 (38 %), *Thalassionema nitzschioides* (37 %), *Synechococcus* sp. (36 %), *Incertae saedis* (35 %), *Gymnodinium aeruginosum* (34 %), *Nitzschia bicaipitata* (31 %), *Gyrodinium fusiforme* (31 %), *Protoperidinium* sp. 1 (31 %), Fitoflagelada sp. 18 (30 %), *Gymnodinium* sp. (30 %), *Nitzschia sicula* (28 %), *Oxytoxum laticeps* (26 %), Fitoflagelada sp. 1 (26 %). Los datos se muestran en la Tabla 4. Para TGU fueron: *Mesodinium rubrum* (54 %), *Thalassionema nitzschioides* (43 %), Fitoflagelada sp. 18 (38 %), *Gyrodinium spirale* (35 %), Dinoflagelado No Id. 4 (35 %), Dinoflagelado No Id. 1 (34 %), Fitoflagelada sp. 33 (31 %), Fitoflagelada sp. 34 (31 %), Fitoflagelada sp. 15 (30 %), Cocolitofórido sp. 1 (29 %), *Karenia brevis* (29 %), *Amphidinium acutum* (28 %), Dinoflagelado No Id. 3 (28 %), *Dictyocha fábula* (27 %), *Oxytoxum ovale* (27 %), *Heterocapsa rotundata* (26 %), Cocolitofórido sp. 4 (26 %), y Fitoflagelada sp. 3 (26 %). Los datos se muestran en la tabla 5.

Las especies con valores de frecuencia relativa mayor o igual al 50 % para TC fueron: *Mesodinium rubrum* con 90 %; Cocolitofórido sp. 1 (87 %); *Amphidinium acutum* con el 82 %; *Thalassionema nitzschioides* y Dinoflagelado No Id. 1 (74 %); *Gymnodinium aeruginosum* (67 %); *Nitzschia bicaipitata*,

Gyrodinium fusiforme y *Protoperidinium sp.* 1 (62 %); *Gymnodinium sp.* y Fitoflagelada sp. 18 (59 %); *Nitzschia sicula* (56 %); *Incertae saedis* (54 %); *Oxytoxum laticeps* y Fitoflagelada sp. 1 (51 %), de un total de 39 muestras (Tabla 4). Para TGU las especies fueron: *Mesodinium rubrum* (94 %), *Thalassionema nitzschioides* (81 %), Fitoflagelada sp. 18 (73 %), Dinoflagelado No Id. 4 (69 %), Dinoflagelado No Id. 1 (67 %), *Gyrodinium spirale* (67 %), Fitoflagelada sp. 33 (60 %), Fitoflagelada sp. 34 (60 %), Cocolitofórido sp. 1 (58 %), *Karenia brevis* (56 %), Fitoflagelada sp. 15 en (56 %), *Dictyocha fábula* (54 %), *Amphidinium acutum* en (54 %), Dinoflagelado No Id. 3 (54 %), *Oxytoxum ovale* (54 %), *Heterocapsa rotundata* (52 %), Cocolitoforido sp. 4 (50 %), Fitoflagelada sp. 3 (50 %), Tabla 5.

Distribución Vertical y Horizontal

La distribución vertical de la abundancia total del fitoplancton para TC mostró un máximo en la superficie con 356,098 células L⁻¹ con salinidades bajas (< 36 ups) provenientes de la descarga del río Coatzacoalcos, presentando una disminución progresiva hasta los 50 m de profundidad manteniéndose la abundancia hasta los 75 m (38,306 células L⁻¹) aumentando la salinidad a 36.2 ups y por debajo de la termoclina. A 100 m se registra un aumento significativo en la abundancia con un máximo de 152,541 células L⁻¹ con salinidades altas (> 36.2 ups). El valor más bajo (10,498 células L⁻¹) se registró a 150 m con salinidades bajas (Fig. 12).

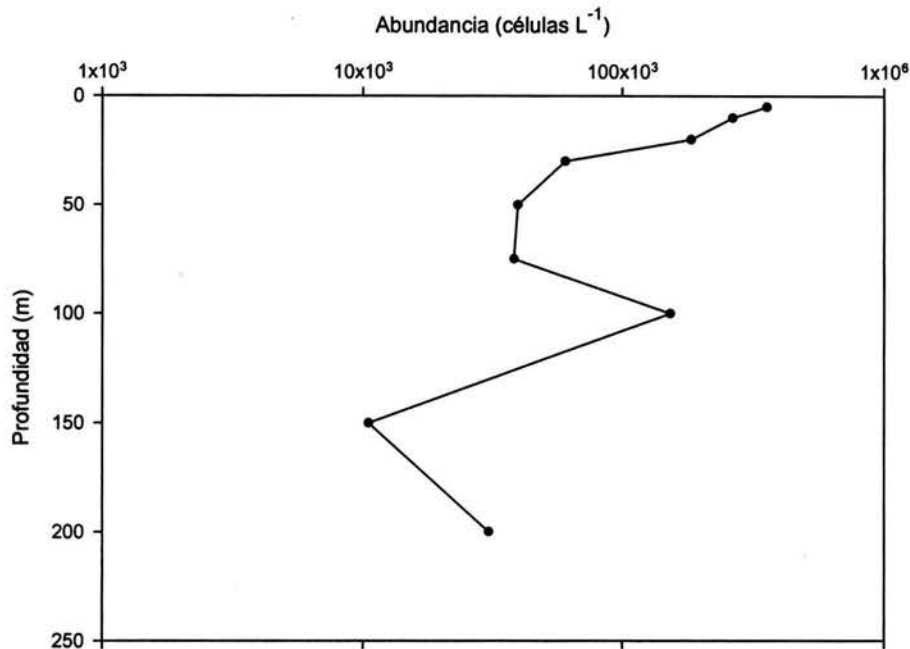


Fig. 12.- Distribución vertical de la abundancia total en el transecto Coatzacoalcos para el mes de marzo del 2000.

Las cianofitas al ser el grupo de mayor abundancia, presentan una distribución vertical similar a la descrita para la distribución total, presentando tres máximos, el primero de ellos en superficie con 304,386 células L⁻¹, disminuyendo gradualmente hasta los 75 m de profundidad con un aumento en la salinidad de 35.6 ups a 36.2 ups. El segundo máximo, se presentó a 100 m con 133,359 células L⁻¹ con salinidades superiores a 36 ups. El tercer máximo se ubicó a los 200 m con 24,290 células L⁻¹ con salinidades inferiores a 36 ups. Las dinofitas presentaron dos pequeños máximos de abundancia, el primero a 10 m con 19,122 células L⁻¹ con salinidades bajas y el segundo a 30 m con 19,259 células L⁻¹ con salinidades

medias (entre 36 y 36.2 ups) ambos ubicados en la termoclina, presentando un descenso continuo hasta los 150 m con salinidades de medias a altas. A 200 m se presenta un ligero aumento con salinidades inferiores a 36 ups. Las bacilariofitas presentaron un máximo superficial de 24,052 células L⁻¹, disminuyendo paulatinamente con la profundidad, aumentando ligeramente a 4,906 células L⁻¹ en 100 m. El grupo de las fitoflageladas desnudas tuvieron su máximo a 75 m con 23,620 células L⁻¹ con salinidades superiores a 36 ups, para el resto de los niveles la abundancia fue menor a las 8,000 células L⁻¹. Los grupos restantes presentaron concentraciones menores a la descrita anteriormente: *Mesodinium rubrum* tuvo una abundancia que osciló entre 169 y 6,451 células L⁻¹, con una frecuencia del 90 %. El grupo denominado "Otros" (que agrupa a primnesiofitas, crisofitas, clorofitas y las bacilariofitas no determinadas) registró su máxima concentración (6,587 células L⁻¹) en superficie (Fig. 13).

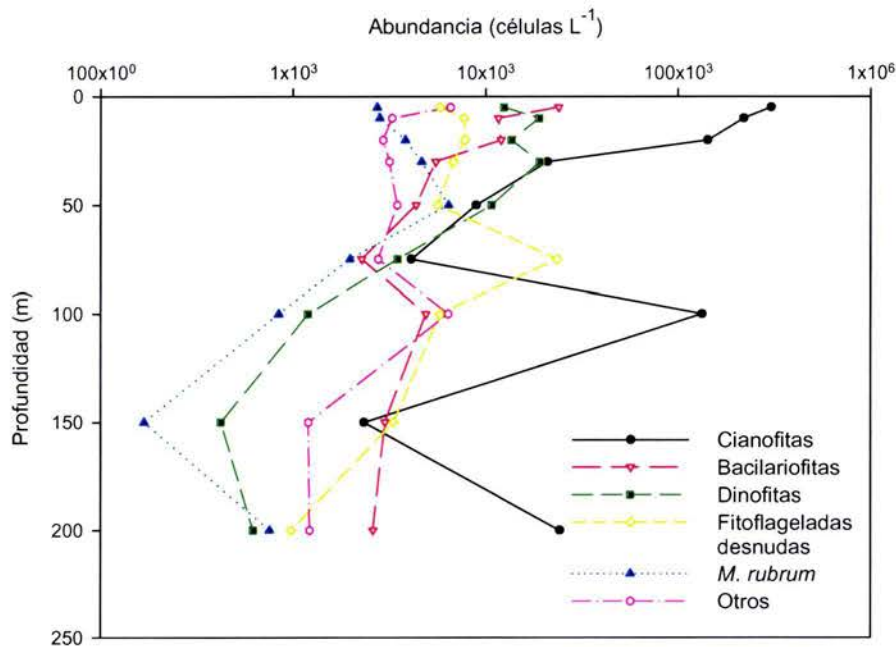


Fig. 13.- Distribución vertical de la abundancia por grupos en el transecto Coatzacoalcos para el mes de marzo del 2000.

La distribución vertical de la abundancia del fitoplancton para TGU mostró dos valores máximos, el primero, el más alto, en superficie con una concentración de 130,591 células L⁻¹ con salinidades altas (> 36.3 ups) disminuyendo con la profundidad conforme disminuye la salinidad, registrando un segundo máximo a 30 m con 59,813 células L⁻¹ con salinidades medias (entre 36.2 y 36.3 ups) en la termoclina. Se presenta un aumento en la abundancia fitopláncica a los 100 y 150 m con 40,419 y 40,984 células L⁻¹, respectivamente (Fig. 14).

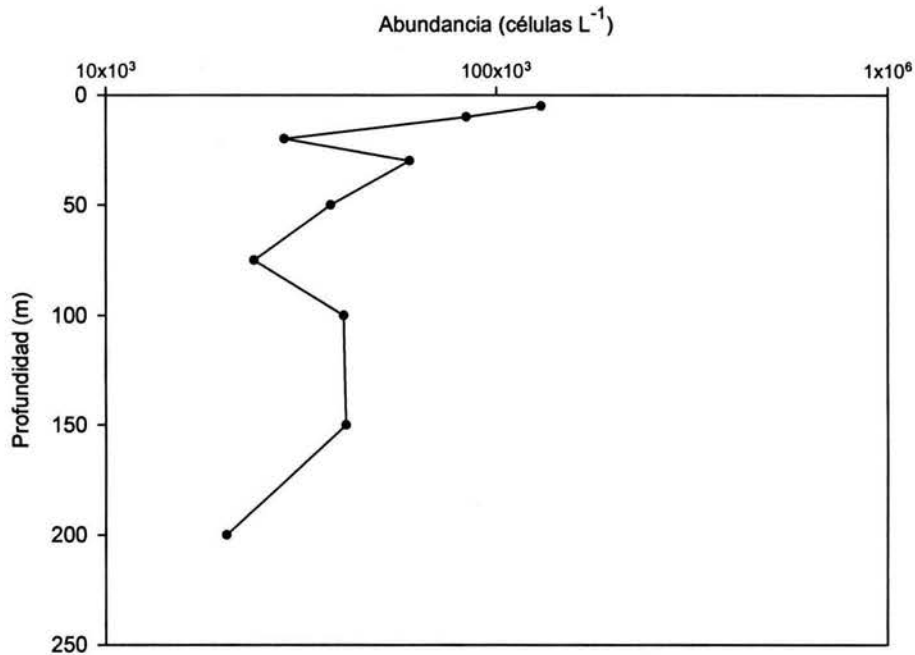


Fig. 14.- Distribución vertical de la abundancia total en el transecto Grijalva-Usumacinta para marzo del 2000.

Las dinofitas presentan su mayor abundancia en superficie con un máximo de 54,262 células L⁻¹ con salinidades inferiores a 36 ups y por arriba de la termoclina disminuyendo gradualmente con la profundidad, el mínimo (1,351 células L⁻¹) se presentó a 200 m. Las bacilariofitas presentaron dos máximos, el primero en superficie de 25,877 células L⁻¹ con salinidades bajas disminuyendo paulatinamente conforme aumenta la salinidad, para presentarse un segundo máximo a 75 m con 6,255 células L⁻¹ con salinidades medias. Las cianofitas, presentaron un máximo a los 150 m de profundidad con una concentración de 27,382 células L⁻¹ y salinidades bajas (< 36.1 ups). Las flageladas desnudas presentaron dos máximos, el primero de ellos en superficie con 21,702 células L⁻¹ y el segundo a 30 m con 13,978 células L⁻¹, *Mesodinium rubrum*, al igual que los grupos anteriores presentó su máximo en superficie con 19,258 células L⁻¹ (Fig. 15).

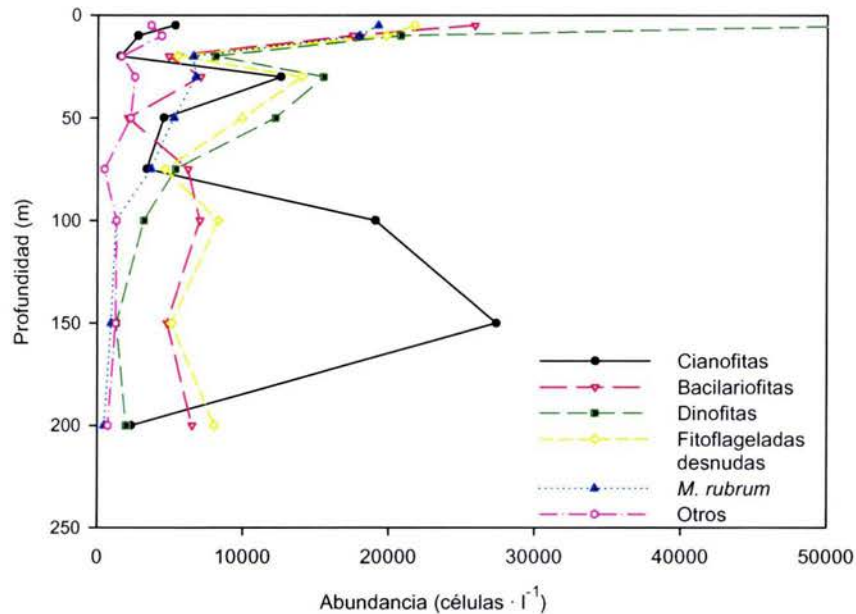
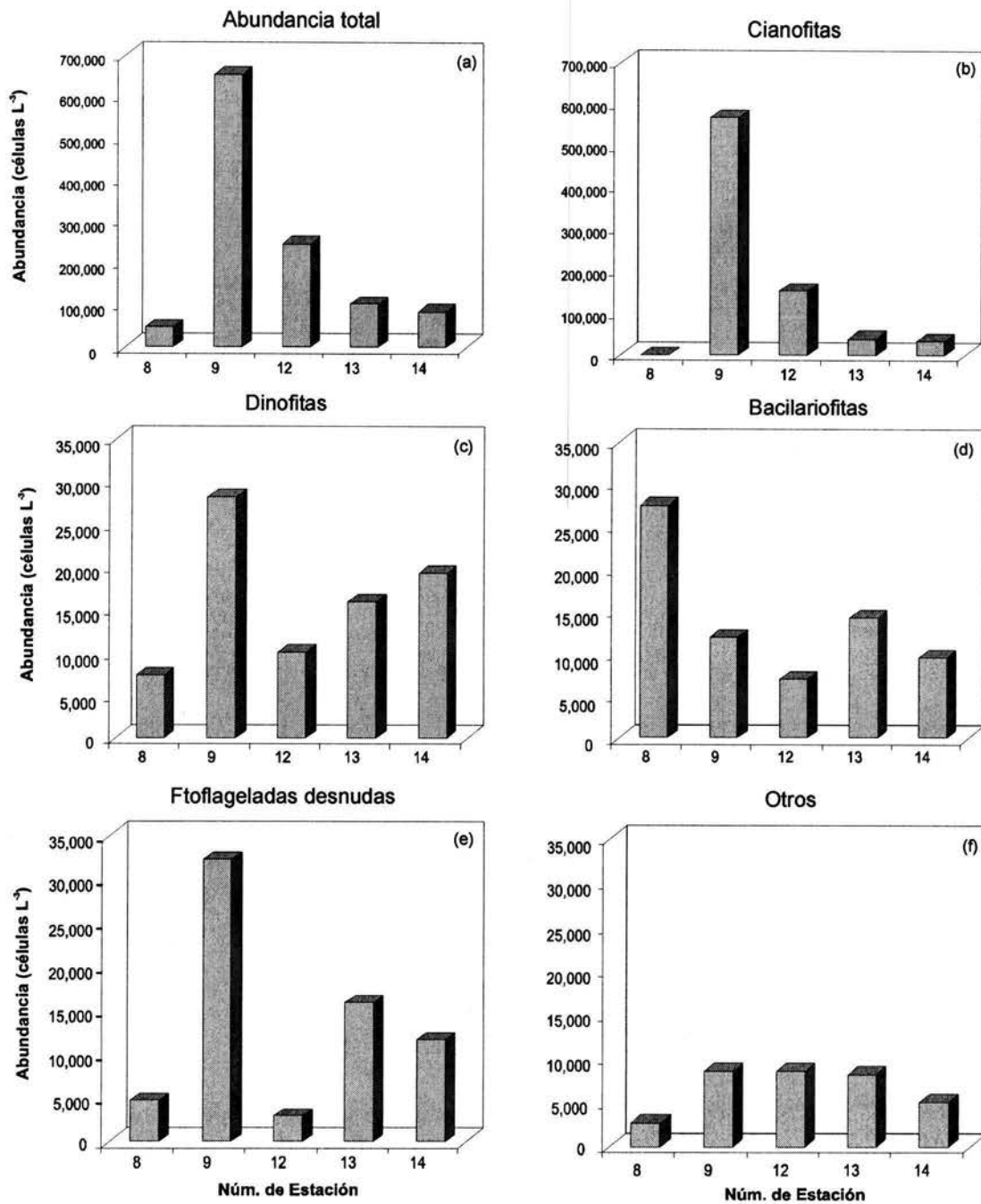


Fig. 15.- Distribución vertical de la abundancia por grupos en el Transecto Grijalva-Usumacinta para el mes de marzo del 2000.

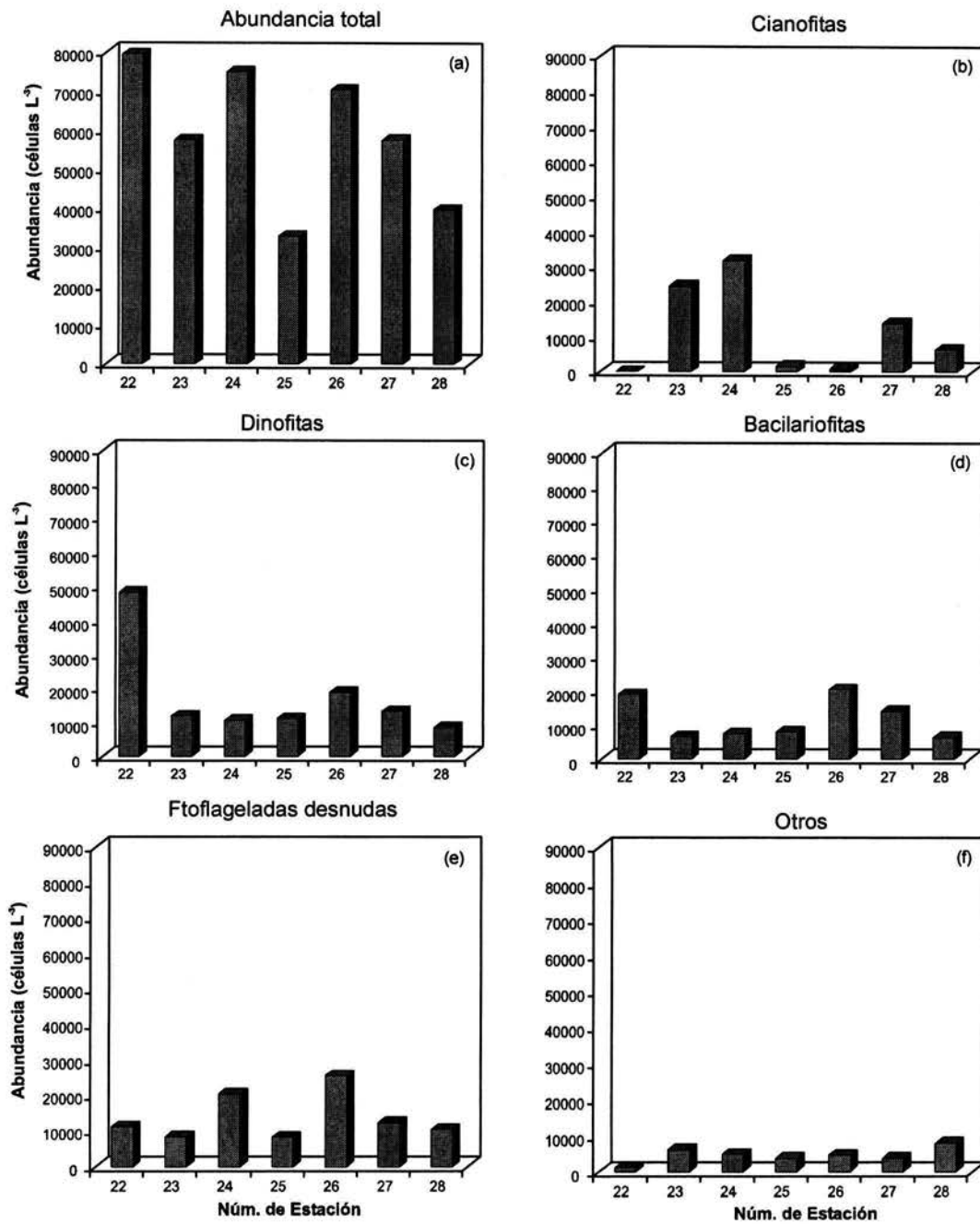
La distribución horizontal de la densidad total de los grupos para TC, La figura 16a, muestra que la mayor abundancia se ubicó en la estación 9 con un máximo de 655,130 células L⁻¹ y un mínimo de 46,857 células L⁻¹ en la estación 8, ambas ubicadas en zona nerítica. Las cianofitas fue el grupo que mostró la mayor abundancia, con 570,299 células L⁻¹ en la estación 9 y 2,15316 células L⁻¹ en la aparte media del transecto en la estación 12 (Fig. 16 b). Las fitoflageladas se encontraron ampliamente distribuidas con un máximo de 32,284 células L⁻¹ en la estación 9 y un mínimo de 2,924 células L⁻¹ en la estación 12 (Fig. 16 e). Las bacilariofitas y dinoflagelados manifestaron amplia variación, de 174 a 24,011 células L⁻¹ y de 52 a 12,522 células L⁻¹, respectivamente (Fig. 16 c y d).



	Cian.	Bac.	Dino.	Fito	Otros	Ab. Total
8	1234	27587	7529	4650	2769	46990
9	570299	11950	28258	32284	8586	655404
12	215316	7068	10143	2924	8541	245874
13	40707	14288	16018	15967	8261	102837
14	33026	9611	19286	11686	5098	86322

Fig. 16.- Distribución de la abundancia.
Transecto Coatzacoalcos.
a) Abundancia total b-e), Grupos dominantes

Para TGU, La distribución más alta (Fig. 17a), estuvo en la estación 22 (ubicada en la parte más cercana a la costa) con un máximo de 89,401 células L⁻¹ y mínimo de 41,544 células L⁻¹ en la estación 25 (al centro del transecto), teniendo las cianofitas una menor concentración que el transecto Coatzacoalcos, su mayor abundancia se presentó en las estaciones 23 y 24 con un máximo de 31,824 células L⁻¹ (Fig. 17b). La mayor abundancia de las bacilariofitas fue en la estación 26 (en la parte media del transecto) con 20,463 células L⁻¹ (Fig. 17d), las dinofitas fueron las más abundantes con 48,236 células L⁻¹ en la estación 22 (Fig. 17b). Las fitoflageladas presentaron una menor abundancia que en el transecto anterior con 25,690 células L⁻¹ en la estación 25 y 26 (Fig. 17e). Para los otros grupos mostraron concentraciones menores a 7000 células L⁻¹ (Fig. 17f).

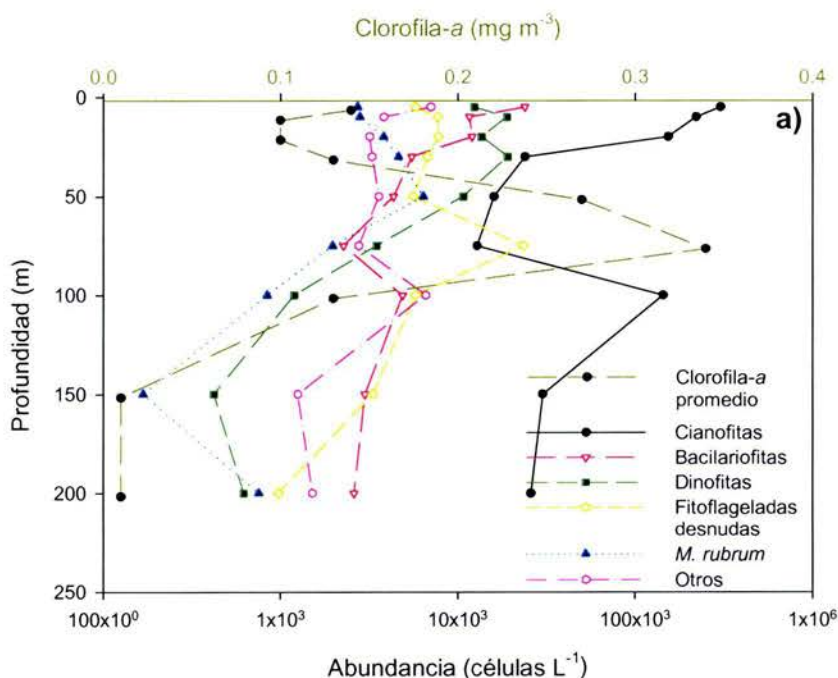


	Cian.	Bac.	Dino.	Fito.	Otros	Ab. Total
22	0	18962	48236	11212	1136	79546
23	24426	6569	11953	8392	6205	57545
24	31824	7421	10537	20484	4888	75154
25	1623	8047	11203	8228	3804	32905
26	784	20463	18862	25690	4672	70471
27	13855	14266	13411	12388	3815	57736
28	6365	6293	8637	10533	7939	39768

Fig. 17.- Distribución de la abundancia.
Transecto Grijalva-Usumacinta.
a) Abundancia total b-e), Grupos dominantes

Clorofila-a

La concentración superficial de clorofila-a promedio para TC fue de 0.14 mg m^{-3} , con su valor máximo de 0.34 mg m^{-3} a 75 m y un mínimo de 0.01 a 150 m muy por debajo de la termoclina (Fig. 18a). En este mismo gráfico se incluye la abundancia relativa de los diferentes grupos algales. Así se observa que las cianofitas no son las responsables del perfil de la clorofila-a observada a pesar de su abundancia; sin embargo, en la figura 18b, al remover este grupo se observa que las fitoflageladas desnudas son las principales responsables de éste máximo. La concentración para TGU fue de 0.17 mg m^{-3} , con su valor máximo de 0.23 mg m^{-3} a 75 m y el mínimo de 0.02 mg m^{-3} a de 200 m (Fig. 19), además contiene, al igual que la figura anterior, la abundancia relativa de los diferentes grupos algales a fin de mostrar la proporción de biomasa que aportan los grupos bacilariofitas, dinofitas y el protozoario pueden explicar el máximo superficial; sin embargo, en el segundo máximo aparentemente ninguno de los grupos explica con claridad quienes son los responsables.



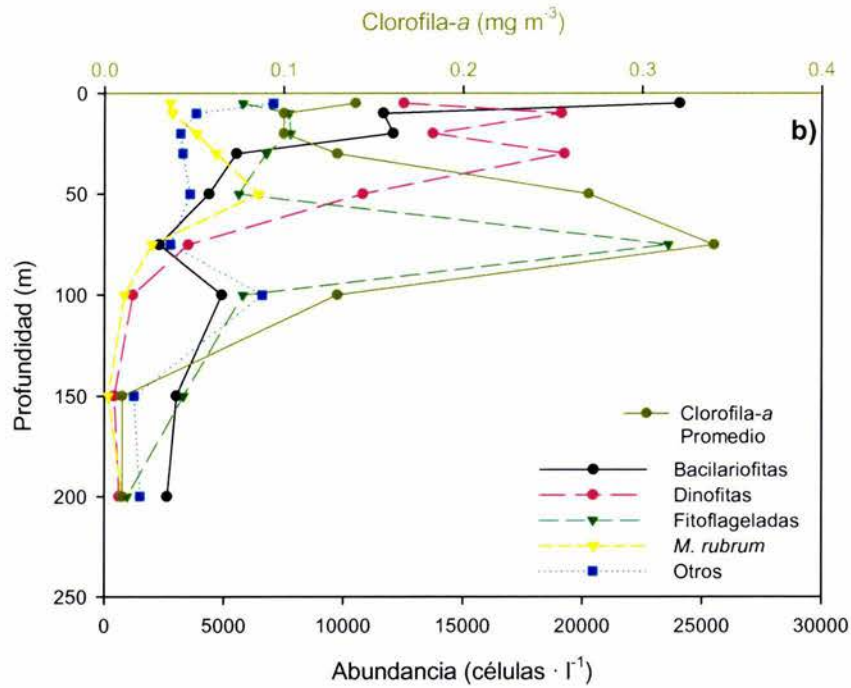


Fig. 18.- Distribución vertical de la abundancia por grupos y clorofila-a en el Transecto Coatzacoalcos para el mes de marzo del 2000.
a) con Cianofitas, b) sin Cianofitas.

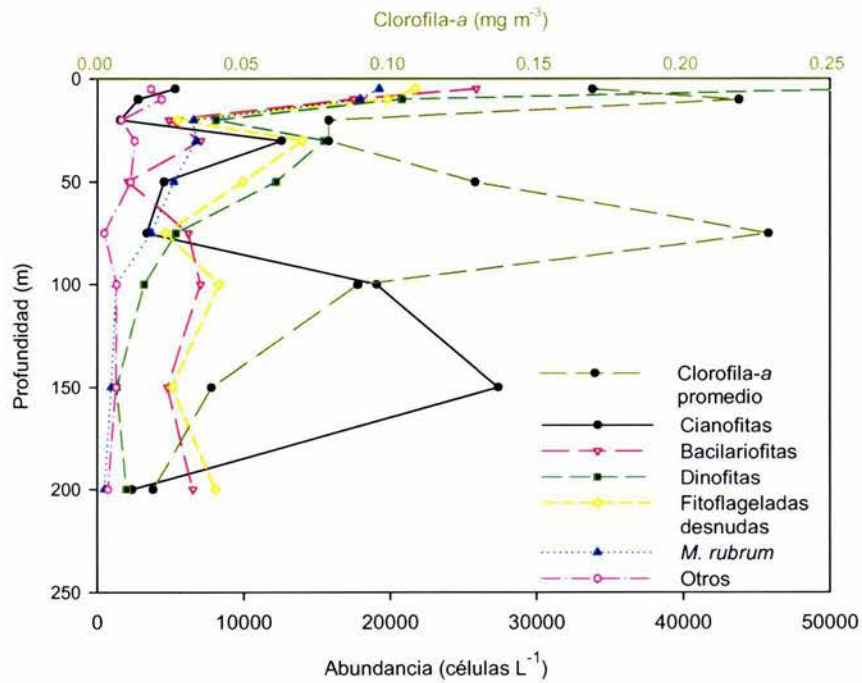


Fig. 19.- Distribución vertical de la abundancia por grupos y clorofila-a en el Transecto Grijalva-Usumacinta para el mes de marzo del 2000.

Relación ambiente-fitoplancton

El análisis de componentes principales (ACP) en el que se incluyeron los dos parámetros ambientales (salinidad y temperatura) así como la abundancia total de especies registradas en TC, permitieron reconocer tres factores con eigenvalores mayores a 1.2, describiendo el 63.5% de la varianza total de los datos (Tabla 6). El primero agrupó la salinidad, relacionándola inversamente con la temperatura y la abundancia de fitoplancton; esto es, a mayor salinidad, menor es la abundancia, afectando principalmente a las cianofitas, dinofitas y grupos pequeños. El segundo factor agrupó a la salinidad con la clorofila-*a* y los grupos pequeños, lo cual se puede interpretar como que el incremento de la salinidad favorece la concentración de la clorofila-*a* y la de los grupos pequeños. Sin embargo, esta relación es inversa con respecto a las bacilariofitas, cuya abundancia disminuye al aumentar la salinidad. El tercer factor indica una correlación directa entre las fluctuaciones de la temperatura y la abundancia de las fitoflageladas. Al aumentar o disminuir la temperatura, las fitoflageladas desnudas incrementan o disminuyen simultáneamente (Fig. 20a).

En TGU, se identificaron tres factores con eigenvalores superiores a 1.2. El primero indicó que cuando la salinidad aumenta, la abundancia total de especies, las bacilariofitas, las dinofitas, las fitoflageladas desnudas, así como *M. rubrum* se ven afectados fuertemente, disminuyendo en su abundancia. El segundo factor proporcionó un peso alto a la salinidad. El tercero agrupó a la temperatura con la clorofila-*a*, teniendo una relación lineal (Fig. 20 b). Estos tres factores explicaron el 71 % de la varianza total de los datos (Tabla 6).

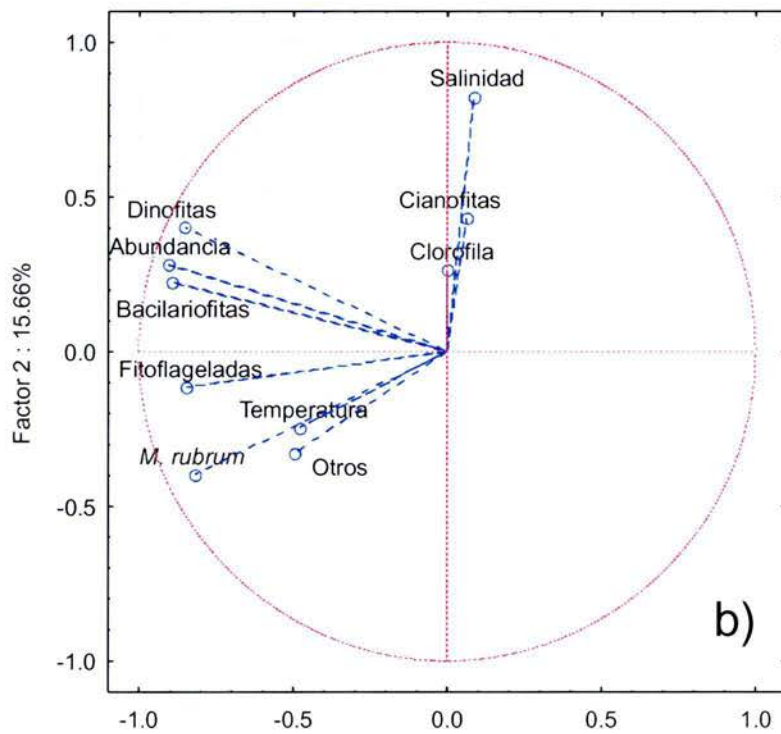
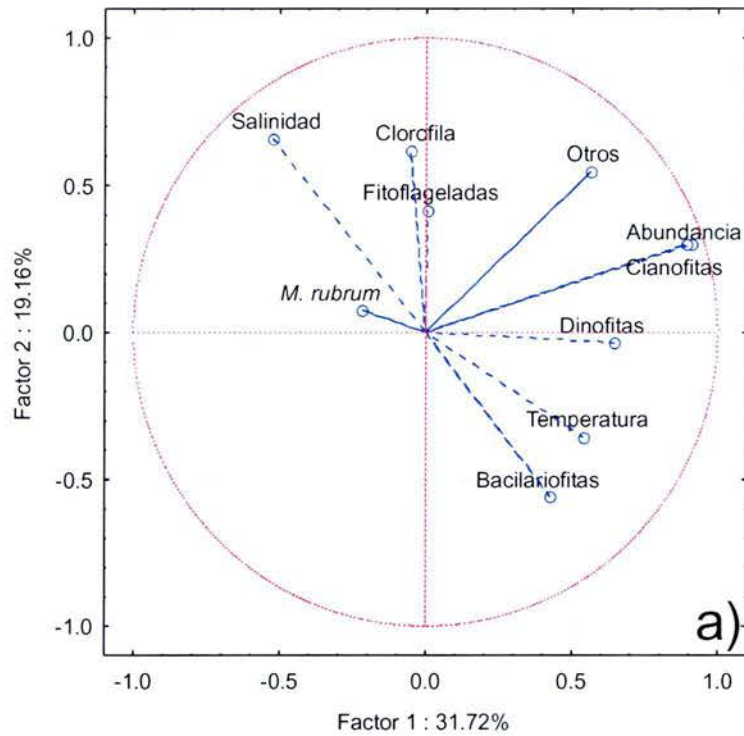


Fig. 20.- Modelo de ordenación de los tres ejes principales (ACP) de parámetros ambientales y abundancia total y por grupos del fitoplancton.

a) Transecto Coatzacoalcos b) Transecto Grijalva-Usumacinta

Tabla 6- Correlaciones de las observaciones originales de los datos ambientales y la abundancia total y por grupos analizados, con valores > 0.5 remarcados en negro. Se muestran variables con eigenvalor mayores a 1.2.

	Transecto Coatzacoalcos			Transecto Grijalva-Usumacinta		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Salinidad	-0.524287	0.658827	-0.046879	0.085872	0.826194	0.344929
Temperatura	0.543082	-0.354914	-0.565639	-0.477755	-0.245540	0.587881
Abundancia	0.912306	0.297581	0.180296	-0.905739	0.280529	-0.194921
Clorofila	-0.051736	0.617397	-0.437218	0.000557	0.265160	0.765870
Bacilariofitas	0.429216	-0.560235	0.017122	-0.893756	0.224533	-0.139612
Cianofitas	0.894852	0.300132	0.235592	0.060873	0.431432	-0.451084
Dinofitas	0.647721	-0.036381	-0.374748	-0.850423	0.401807	0.002911
Fitoflageladas	0.004203	0.417323	-0.562676	-0.845003	-0.114834	-0.131934
Protozoario	-0.216500	0.075467	0.303302	-0.817685	-0.396268	0.053255
Otros	0.562341	0.548878	0.334491	-0.494090	-0.325341	0.179146

Los resultados del ACP basado en la decodificación de las transformaciones Z para las cuatro variables en TC, muestran un factor con un eigenvalor superior a de 1.3. Las agrupaciones fueron las siguientes (Tabla 7): para salinidades bajas (< 36 ups), las abundancias aumentan, al igual que la clorofila-a. Las concentraciones medias (entre 0.07 y 0.14 mg m⁻³) y altas (> 0.14 mg m⁻³) de clorofila se incrementan en salinidades bajas.

Tabla 7- Valores obtenidos de la matriz de decodificación de las transformaciones Z para los valores bajos, medios y altos de salinidad, temperatura, abundancia y clorofila-a.

	Transecto Coatzacoalcos			Transecto Grijalva-Usumacinta		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Salinidad (ups)	< 36	36.01 a 36.23	> 36.23	< 36.1	36.2 a 36.3	>36.3
Temperatura (°C)	< 21.7	21.7 a 25.9	>26	< 21.9	21.9 a 26	> 26
Abundancia (células · l ⁻¹)	< 28,000	28,000 a 68,000	>69,000	< 8,000	8,000 a 30,000	> 30,000
Clorofila (mg m ⁻³)	< 0.07	0.07 a 0.14	>0.14	< 0.08	0.08 a 0.12	> 0.12

El ACP para la temperatura identifica dos factores con eigenvalores por encima de 1.1. El primero agrupa linealmente temperaturas bajas (< 21.7 °C) con concentraciones medias de clorofila-a (entre 0.07 y 0.14 mg m⁻³); pero si la temperatura baja, las concentraciones de clorofila-a también bajan. La relación con la abundancia, el segundo factor agrupa temperaturas medias (entre 21.7 y 25.9 °C) con abundancias bajas (< 28,000 células · l⁻¹) pero si las temperaturas medias aumentan, las abundancias altas (> 69,000

células $\cdot l^{-1}$) disminuyen. Por último, se identificó un factor con un eigenvalor arriba de 2.0 que agrupó a las abundancias bajas con concentraciones de clorofila-a baja en una relación lineal.

Para TGU, se identificó un factor cuyo eigenvalor está por encima de 2.3. Este factor agrupa salinidades bajas (< 36 ups) con abundancias medias (entre 8,000 y 30,000); sin embargo, si los valores bajos de salinidad aumentan, la abundancia de especies disminuye. También agrupa salinidades medias (entre 36.2 y 36.3 ups) con abundancias bajas; pero con la clorofila-a las salinidades bajas se relacionaron con concentraciones de clorofila-a medias (entre 0.08 y 0.12 $mg\ m^{-3}$), pero al aumentar la salinidad, la clorofila-a disminuye.

Con un eigenvalor de 2.0, se relacionaron temperaturas altas ($> 26\ ^\circ C$) con concentraciones de clorofila-a medias; si la temperatura disminuye, se incrementa la concentración de clorofila-a. Este factor también muestra una relación inversa entre temperaturas bajas ($< 21.9\ ^\circ C$) con abundancias medias. Por último con un eigenvalor también superior de 2.0, las abundancias bajas se relacionan con concentraciones bajas de clorofila.

El análisis de agrupamiento (Clúster), de TC se ilustra en la figura 21 (en el eje de las abcisas se encuentra el número de estación con su respectiva profundidad [ej. 24.30, estación 24 a 30 m de profundidad]), donde a una línea de corte al 50 % (a una distancia Euclidiana de 12.5), se establecieron dos grupos y uno independiente: el primero asocia al total de las estaciones en todos los niveles exceptuando a la estación 9 a 5, 10 y 20 m de profundidad y la estación 12 a 100 m, que conforma el segundo grupo; la estación 9 a 75 m permanece independiente de los dos conjuntos mencionados. A una distancia Euclidiana menor (5), se forman dos grupos: el primero asocia las estaciones superficiales de todo el transecto hasta los 75 m de profundidad, a excepción de la estación 9 a 100 m con temperaturas medias a bajas ($< 25.8\ ^\circ C$) al igual que la abundancia ($< 68,000$ células L^{-1}). El segundo grupo incluye las estaciones 12 y 13 de fondo (> 100 m de profundidad), mientras que las estaciones 9 y 12 están asociadas a grupos diferentes dependiendo del nivel de profundidad de la muestra. A una distancia Euclidiana más baja (3), los grupos formados se asocian por la abundancia; si la línea de corte se hace a una distancia Euclidiana menor, la asociación es originada por salinidad, temperatura o clorofila-a.

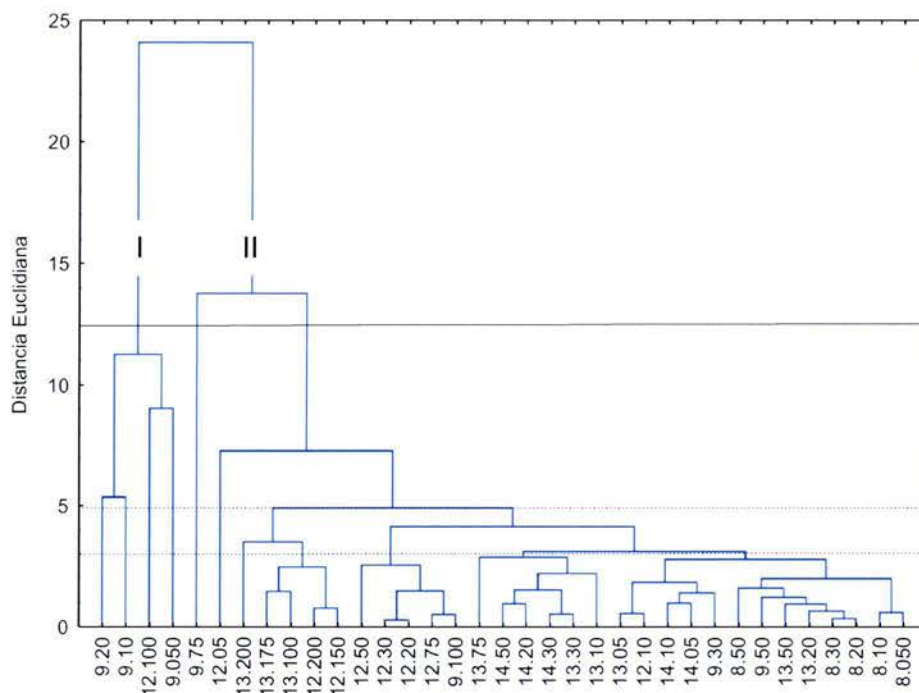


Fig. 21.- Análisis de conglomerados de muestras basados la salinidad, la temperatura, la clorofila-a y la abundancia total en las estaciones ubicadas en el transecto Coatzacoalcos.

El análisis de agrupamiento al 50 % de línea de corte (distancia Euclidiana de 12.5) para TGU, generó un grupo que incluyó a todas las estaciones y niveles, separando como unidades independientes las estaciones 22 a 5 m donde caracterizada por los valores más altos de salinidad (36.57 ups), temperatura (26.5 °C) y abundancia (74,413 células L⁻¹) y la estación 26 a 10 m que se destaca por tener una abundancia de 32,681 células L⁻¹. A una distancia Euclidiana de 5, se formaron cinco grupos, quedando nuevamente las estaciones 22 a 5 m y la 26 a 10 m como independientes. El primer grupo incluye los sitios con las concentraciones altas de clorofila-a (> 0.12 mg m⁻³) y salinidades medias (entre 36.2 y 36.3 ups). El segundo grupo se asocia por abundancias bajas (< 8,000 células L⁻¹). El tercer grupo comprende estaciones con temperaturas y concentraciones de clorofila-a bajas (< 21 °C y 0.08 mg m⁻³ respectivamente). El cuarto grupo asocia las estaciones que presentan salinidades medias y concentración de clorofila-a bajas. Por último, el quinto grupo que asocia los sitios con valores de salinidad < 36.1 ups y concentraciones de clorofila-a bajas. A una distancia Euclidiana más corta, las agrupaciones surgen por características más específicas tales como salinidades más semejantes (Fig. 22).

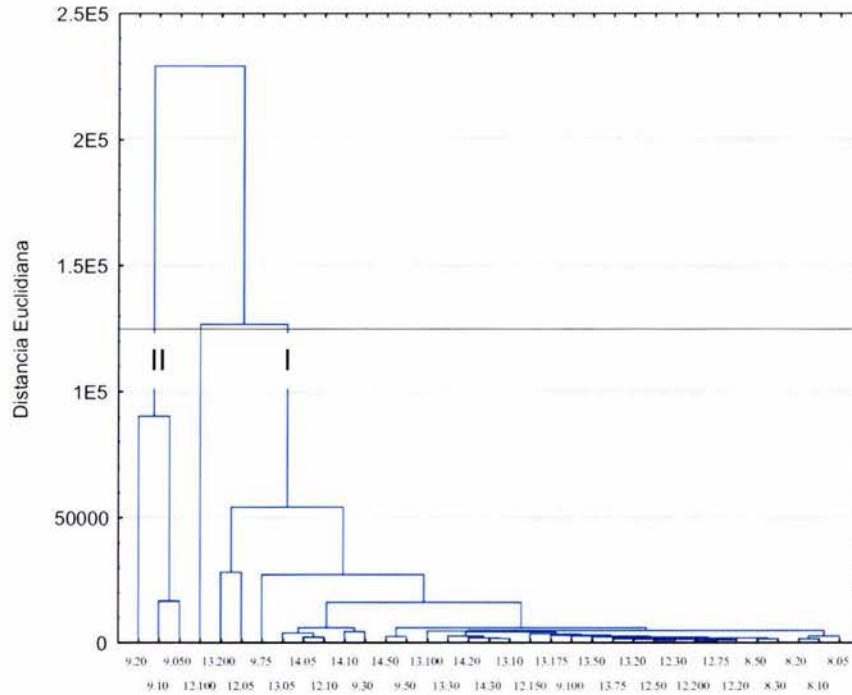


Fig. 23.- Análisis de conglomerados de muestras basadas en la abundancia relativa de las especies de fitoplancton en el transecto Coatzacoalcos.

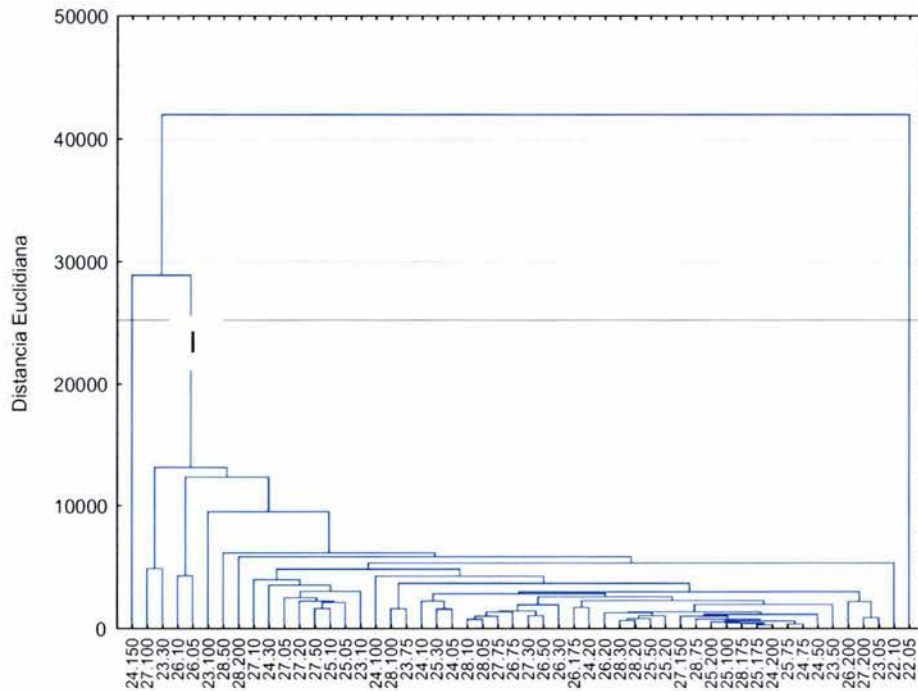


Fig. 24.- Análisis de conglomerados de muestras basadas en la abundancia relativa de las especies de fitoplancton en el transecto Grijalva-Usumacinta.

El índice de diversidad (H') para TC fue de 2.3 bits individuo⁻¹ y el de TGU fue de 3.3 bits individuo⁻¹, con un $\alpha = 0.05$ y grados de libertad = 305, el resultado en tablas fue $t = -2.79$.

DISCUSIÓN

Con base en los perfiles de salinidad y temperatura, se infiere que el área de estudio está influenciada por la descarga de los ríos Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta. El efecto del río Coatzacoalcos se manifestó hasta una profundidad de 30 m en la salinidad y de 25 m en la temperatura. La pluma se extiende hasta una distancia de 144 km de la costa. En contraste se pudo observar que el sistema Grijalva-Usumacinta mantiene su influencia hasta una profundidad de 45 m en la salinidad y de 40 m en la temperatura a una distancia de la costa de 95 km, a pesar de que ninguna de las estaciones de este transecto coincidió sobre la trayectoria de la pluma (Fig. 4). Al respecto Shirasago-Germán (1991) descubrió una estructura halina similar en ambos ríos, lo cual puede atribuirse al desplazamiento hacia el Oeste de la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta, debido en parte a la influencia de la corriente litoral propia en esta época, como lo señalan Monreal-Gómez *et al.* (1992).

Uno de los fenómenos importantes de la región es la formación de frentes de pluma de río debida a la descarga de agua dulce. Su intensidad es consecuencia tanto del incremento en la descarga de los ríos como de las condiciones meteorológicas imperantes. Los datos de temperatura para el transecto Coatzacoalcos permitieron detectar un ligero frente a una profundidad de 30 m entre las estaciones 9 y 12; sin embargo, en la salinidad no se detectó ningún frente, como lo refiere Shirasago-Germán (1991), debido a la disminución de su descarga en los meses de enero a mayo (descarga promedio mensual para TC es de $15 \times 10^6 \text{ m}^3$ y para TGU es de $1.9 \times 10^9 \text{ m}^3$).

Los datos de temperatura permitieron detectar un ligero frente térmico a 20 m de profundidad entre las estaciones 24 a 27, además de un fuerte frente en la estación 28 por debajo de 50 m; esta estación se encuentra sobre el talud continental y el frente podría estar ocasionado por agua de baja temperatura que esté emergiendo, o bien a la corriente litoral que va en sentido Este-Oeste (Monreal-Gómez *et al.*, 1992).

Los valores de la concentración de clorofila-*a* oscilaron entre de 0.01 y 0.81 mg m^{-3} , lo cual indica una situación de clara oligotrofia tomando en cuenta el valor de 0.25 mg m^{-3} de clorofila-*a* sugerido por El-Sayed *et al.* (1972) y utilizado por Merino (1992) para distinguir entre regiones de alta y baja productividad en el Golfo de México. Licea y Luna-Soria (1999) citan valores similares (0.01 y 1.6 mg m^{-3}) y Mendoza-Alvarado (2003) citan valores entre 0.6 y 0.88 mg m^{-3} para la misma área de estudio. El valor máximo del promedio de la clorofila-*a* en el transecto Coatzacoalcos fue de 0.29 y de

0.81 mg m⁻³ para el transecto Grijalva-Usumacinta. En esta distribución se observa que los valores altos se localizan cerca de la costa y disminuyen gradualmente hacia aguas oceánicas, con tendencia a formar una zona de baja concentración en la parte occidental con valores menores a 0.1 mg m⁻³, mientras que en la región oriental de la bahía, presentaron los valores mayores (Fig. 10), confirmándose los valores descritos para el Golfo de México. Valores similares han sido reportados en Licea *et al.* (1988), Licea y Luna-Soria (1999) y Segura-Gortáez *et al.* (1999) quienes observan el mismo patrón de distribución horizontal aquí descrito. Según Müller-Karger *et al.* (1991), la concentración de clorofila-*a* en el Golfo de México presenta un ciclo estacional bien definido, el cual generalmente es sincrónico con la generación de los giros ciclónicos y anticiclónicos a través de toda la región del golfo, por lo cual los resultados corroboran lo registrado por los autores antes mencionados. Los máximos de clorofila-*a* a 75 m (0.34 y 0.23 mg m⁻³) se encontraron al borde de la plataforma continental y podrían deberse a la intrusión de aguas oceánicas desviada por el efecto del quiebre de la plataforma (lo que se llama en inglés "shelf-break effect") y encontrándose con aguas neríticas o costeras.

La concentración máxima de clorofila-*a* se localizó entre 10 y 75 m de profundidad en el transecto Grijalva-Usumacinta y a 75 m en TC; en ambos casos, tales concentraciones permanecen por debajo de la termoclina, lo cual no concuerda con lo citado por Mann y Lazier (1991), quienes mencionan que el máximo de clorofila-*a* en latitudes tropicales se encuentra a una profundidad de 20-30 m, mientras que Lorenzen (1967) afirma que la concentración de la clorofila-*a* es uniformemente baja en superficie, aumentando con la profundidad hasta llegar a un máximo y que éste se localiza cerca de la termoclina. Por otro lado, Licea y Luna-Soria (1999) observan la mayor concentración a 10 m, disminuyendo gradualmente con la profundidad y Mendoza-Alvarado (2003) cita los valores más altos a 30 y 75 m (0.07 y 0.42 mg m⁻³ respectivamente). La respuesta a estas discrepancias podrían ser atribuidas a: 1) que la zona está influenciada por aportes de agua dulce provenientes de la descarga de los ríos, teniendo cada uno de ellos descargas diferentes y siendo el sistema Grijalva-Usumacinta el que ejerce más sus efectos en el ambiente marino que el río Coatzacoalcos, como lo menciona Shirasago-Germán (1991), y 2) a las condiciones ambientales y climáticas presentes en el momento del muestreo, mismas que provocan que el fitoplancton responda a estos cambios, surgiendo diversas fluctuaciones cuyo resultado es la respuesta integral a las variaciones del medio.

En ambos transectos, se observó que la mayor concentración de clorofila-*a* se ubica a 75 m. En el caso del transecto Coatzacoalcos, tal concentración está relacionada con la dominancia de fitoflageladas desnudas, lo cual explica la concentración de la clorofila-*a* (Fig. 18). Sin embargo, en el

caso del transecto Grijalva-Usumacinta no se encontró una evidencia clara que explique la concentración de clorofila-a con la comunidad fitopláctica analizada (Fig. 19). Como una posible respuesta a esto se puede señalar lo siguiente: 1) que en los ambientes oligotróficos se ha observado que el fitoplancton está dominado por el picoplancton (fitoplancton < de 2 μm) como cianobacterias y las algas eucariotas pequeñas representando una parte significativa de la biomasa del fitoplancton y que contribuye con más del 50 % de la biomasa y producción (Paul *et al.*, 2000, Díaz y Maske, 2000 y Agawin *et al.*, 2003); 2) la presencia de una mayor abundancia de nanoplancton (< a 20 μm) como los coccolitofóridos u otros pequeños flagelados desnudos, que representan del 68 al 72% de la composición del fitoplancton (Zeitzschel, 1970, Gilmarin y Revelente, 1978), no fue determinado por deterioro en las muestras, ya que el fijador utilizado (Lugol) en algunos casos deforma o destruye estas células, lo que hace imposible su registro.

La comunidad estuvo compuesta principalmente por las cianofitas, dinofitas y fitoflageladas desnudas, siendo las cianofitas las más abundantes, lo cual es característica de un ambiente tropical oligotrófico, ya que la exigencia de estos grupos es poca en cuanto a sus requerimientos en la disponibilidad de nutrientes (Longhurst y Pauly, 1987).

El transecto Coatzacoalcos se caracterizó por una mayor abundancia relativa de cianofitas, tanto vertical como horizontal, principalmente de la superficie hasta los 20 m y aunque sólo se registraron ocho especies, éstas representaron el 76 % de la abundancia total de todos los grupos y sólo el 3 % en diversidad. De estas ocho especies, tres son las que tuvieron la mayor abundancia (alga agrupada dentro de *Incertae sedis*, *Synechococcus* sp. y *Oscillatoria* sp.). Las cianofitas constituyen una fracción significativa del fitoplancton, principalmente en aguas marinas tropicales. Su dominancia numérica se podría deber a la capacidad que tienen de fijar el nitrógeno molecular cuando existe escasez de NO_3 , NO_2 y NH_4 (Zehr *et al.*, 2001, Marty *et al.*, 2002 y Lundgren *et al.*, 2003), ya que por la época de muestreo, se puede inferir que la cantidad de estos nutrientes que ingresan al sistema es mínima, debido a la disminución en la descarga del río.

El transecto Grijalva-Usumacinta se caracterizó por la mayor abundancia de los dinoflagelados. Las especies más importantes fueron *Amphidinium acutum*, *Gymnodinium aeruginosum* y *Oxytoxum laticeps*, seguida de las fitoflageladas desnudas, aunque en las estaciones 23 y 24 (situadas en la parte mas lejana del transecto), las cianofitas fueron la comunidad más abundante. La dominancia de los dinoflagelados revela la existencia de una comunidad vieja que, en primera instancia y en el proceso de sucesión ecológica, pudo estar dominada inicialmente por diatomeas; sin embargo, por condiciones

oligotróficas surgieron especies con menos exigencia, como son los dinoflagelados y coccolitofóridos (Margalef 1969). Licea (1976), Gómez-Aguirre (1977), Licea y Santoyo (1991) y Zamudio-Reséndiz (1998) observaron una situación similar en esta misma región, durante periodos comprendidos de mayo a julio.

La influencia de la descarga de los ríos es notoria por la mayor abundancia de diatomeas en las estaciones 8 y 22, que son las más cercanas a la costa, donde especies como *Thalassionema nitzschioides*, *Neodenticula seminae* y *Nitzschia longissima* presentaron su mayor abundancia. Es probable que dicha abundancia se encuentre relacionada con la disponibilidad de nutrientes aportados por la descarga del río, o la mezcla de agua dulce con la marina en capas superficiales, como lo mencionan Marty *et al.*, (2002). La temperatura podría estar relacionada también con esta abundancia, como determinó Müller (1972) en estudios realizados en cultivos de diatomeas relacionados con el desarrollo y crecimiento. Así mismo, Eppley (1972) observó que *Nitzschia*, *Chaetoceros* y *Leptocylindrus* tuvieron su mayor rendimiento en un intervalo de 20 a 25 °C, intervalos que corresponden a la temperatura media registrada para esta área, además de que la salinidad puede ocasionar variaciones en los procesos fotosintéticos y afectar la distribución de los organismos fitoplácticos (Curl y McLeod, 1961). La abundancia de las diatomeas fue disminuyendo hacia aguas oceánicas conforme se aleja las estaciones de la costa. Las cianofitas, junto con los dinoflagelados y las fitoflageladas desnudas no determinadas, las sustituyeron en el resto de las estaciones, estando estas últimas distribuidas con regularidad en todo el transecto.

Los análisis cualitativo y cuantitativos mostraron que *Mesodinium rubrum* (Protozoario ciliado autótrofo obligado que contiene los cloroplastos de criptofitas endosimbióticas, Gustafson *et al.*, 2000) fue una de las especies más abundante y frecuente en ambos transectos. Esto no es de gran relevancia porque *M. rubrum* es un organismo común y de amplia distribución, como lo han citado Gibson *et al.*, (1997) y Gustafson *et al.*, (2000) en ambientes eurihalinos y euri térmicos. Cortés (1984) menciona que la importancia ecológica la adquiere por ser el responsable de producir del 63 % al 75 % de mareas rojas y sugiere que su estímulo más importante está estrechamente relacionado con nutrientes y la estabilidad de la columna de agua. Taylor *et al.* (1971) relacionan la abundancia de *M. rubrum* con la temperatura (0 a 20 °C) y la salinidad (0 a 35), presentando la máxima abundancia antes de los 20 °C y 20 ups; por abajo de estos valores, las abundancias disminuyen considerablemente.

Los resultados de densidad indicaron que hay una relación similar a los valores previamente determinados, así como de distribución de los grupos en la zona de estudio a los referidos por Santoyo

y Signoret (1972, 1977), Avendaño y Sotomayor (1980, 1982), Licea *et al.*, (1982, 1988), Licea y Santoyo (1991), González *et al.*, (1991), Balderas-Palacios (1994), Licea y Luna-Soria (1999) y Mendoza-Alvarado (2003).

El análisis de agrupamiento (clúster) indicó que al 50 % de línea de corte, los diferentes niveles de las estaciones 9 y 12 (que se ubican próximas al límite de la zona nerítica y oceánica), se agrupan de manera diferente según la profundidad de la estación, lo que se interpreta como una zona muy dinámica. En estas estaciones la mayor abundancia de fitoplancton fue relativamente alta (233,363 células L⁻¹), donde las cianofitas tuvieron la mayor concentración en todo el transecto (213,161 células L⁻¹), por lo que el índice de diversidad de Shannon y Wiener fue bajo (1.28 bits individuo⁻¹), a diferencia del resto de las estaciones donde el índice de diversidad fue superior a 3 bits individuo⁻¹, y las concentraciones de clorofila-a fueron menores a 0.08 mg m⁻³. Esto se podría deber a que en estas estaciones (9 y 12) se registraron características ambientales diferentes al resto del transecto, posiblemente producidas por el encuentro entre la descarga del río y aguas oceánicas (en esta época del año hay intrusión de agua oceánica debido al bajo flujo del río), ya que se detectó un ligero frente térmico por arriba de los 20 m. El clúster realizado para las especies agrupa o diferencia de igual manera la estación 9 (Fig. 23). El Análisis de Componentes Principales (ACP) corrobora los resultados antes discutidos, ya que permitió identificar en el primer factor la temperatura, la abundancia y las cianofitas.

Las agrupaciones al 50 % de línea de corte obtenidas para el transecto Grijalva-Usumacinta, denotan que se trata de una región más homogénea; su diferencia radica en la capa superficial en las estaciones 23 y 24. El ACP ratifica los resultados, ya que se dan salinidades bajas con abundancias altas para algunas especies; Litaker *et al.* (1987), en un estudio realizado en Newport River Estuary localizado en el Banco de Carolina del Norte, refieren que la biomasa fitopláctica se incrementa con bajas salinidades.

El índice de diversidad en el transecto Coatzacoalcos fue menor que en el transecto Grijalva-Usumacinta, debido a la baja diversidad en la estación nueve, que fue cerca de 1.0 bits. Los resultados indican que no hubo diferencia significativa entre los dos transectos, ya que la t-student calculada fue menor que la t-student de tablas (1.96). Esto confirma que se trata de la misma comunidad fitopláctica en ambos transectos. Sin embargo, ésta responde a diferentes factores ambientales. Longhurst (1995) menciona que la diferencia en abundancia está dada por la energía auxiliar (procesos relacionados con

la transferencia de energía en la trama biológica) del sistema, que es, en primera instancia, la responsable de los cambios que promueven el crecimiento del fitoplancton.

CONCLUSIONES

- El transecto Coatzacoalcos registró la haloclina más somera, con valores de salinidad inferiores con respecto al transecto Grijalva-Usumacinta, con un intervalo de temperatura más amplio, al igual que la localización de la termoclina.
- Se detectó un frente térmico en las estaciones 9 y 12 (que se ubican cerca del borde de la plataforma continental), registrándose la mayor concentración de cianofitas en este lugar.
- Los valores de clorofila-a oscilaron entre 0.01 y 0.81 mg m⁻³, los cuales corresponden a niveles oligotróficos, registrándose los valores más altos en la región oriental y los valores más bajos en la parte occidental y disminuyendo gradualmente de la costa hacia aguas oceánicas. Los máximos de clorofila-a se encontraron al borde de la plataforma continental.
- En TC el máximo de clorofila-a está dado por las fitoflageladas desnudas, mientras que en TGU está dado posiblemente por el nano y picoplancton.
- La abundancia fitopláctica fue mayor en tres órdenes de magnitud en el transecto Coatzacoalcos, donde el grupo dominante fueron las cianofitas, siendo *Synechococcus* sp., *Oscillatoria* sp. y un alga incluida en *Incertae sedis* las especies más importantes, mientras que en el transecto Grijalva-Usumacinta la comunidad dominante estuvo representada por los dinoflagelados *Amphidinium acutum*, *Gymnodinium aeruginosum* y *Oxytoxum laticeps*.
- El protozooario ciliado autótrofo obligado *Mesodinium rubrum* estuvo presente en el 91 % de las muestras, siendo una de las especies más abundantes.
- Los análisis de agrupamiento (cúster) nos permiten inferir que la región del TC es una zona muy dinámica, mientras que para TGU la zona es más homogénea.
- El análisis del índice de diversidad permite inferir que no hubo una diferencia significativa entre los dos transectos estudiados, y que se trata de la misma comunidad en toda el área de estudio, aunque ambos transectos muestren diferencias en la abundancia y dominancia de cianofitas y dinoflagelados.

- Las diferencias encontradas en la densidad de organismos, la concentración de clorofila-a y la comunidad entre los dos transectos, pueden ser atribuidas a las diferencias en las descargas de los ríos, los frentes y la circulación local todo lo cual genera una respuesta particular a las variaciones ambientales específicas. Por tal razón, las comunidades planctónicas en el área de estudio están influenciadas por dichos fenómenos que actúan a diferente escala, tiempo y espacio.

LITERATURA CITADA

- Agawin, N.S. R, C. M. Duarte, S. Agustí y L. McManus. 2003. Abundance, biomass and growth rates of *Synechococcus* sp. in a tropical coastal ecosystem (Philippines, South China Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 56:493-502.
- Antoine, W. J. y J. C. Gilmore. 1970. Geology of the Gulf of Mexico. *Ocean Industry*, 5 (5): 34-38.
- Avendaño, S. H. y N. O. Sotomayor. 1980. *Contribución al conocimiento del fitoplancton en la costa de Tamaulipas, México*. Dirección General de Oceanografía. Secretaría de Marina, México. Investigaciones Oceanográficas., 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. Dirección General de Oceanografía. *Secretaría de Marina, México. Investigaciones Oceanográficas*. México, 1(3):39-58.
- Balderas-Palacios, B. M. 1994. Distribución superficial del fitoplancton en el Golfo de México y su relación con algunos parámetros fisicoquímicos durante el otoño de 1990. *Tesis Licenciatura*. UNAM-FES Zaragoza. México.
- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. *Publicaciones Especiales*. Instituto Español de Oceanología. 1:1-310.
- Barreiro-Güemes, M. T. y M. Signoret-Pillon. 1999. Productividad primaria del fitoplancton. In: Barreiro Güemes, M. T. y M. Signoret Poillon (Eds). *Productividad primaria en sistemas acuáticos costeros. Métodos de evaluación*. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. 81 pp.
- Barreiro-Güemes, M. T., M. Signoret-Pillon y C. Bulit-Gámez. 2003. Patrones de distribución de biomasa y producción primaria fitopláctica en el Golfo de México. In Barreiro Güemes, M. T. M. E. Meave del Castillo, M. Signoret Poillon y M. G. Figueroa Torres (Eds). *Planctología mexicana*. Sociedad Mexicana de Planctología, A. C. México. 125-142 pp.
- Bessonov, N., O. González y A. Elizarov, 1971. 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*. Curacao, Antillas Holandesas, Nov. 1968, UNESCO, París: 317-323
- Bowman. M. J. y R. Iverson. 1977. *Estuarine and plume fronts proceeding of workshop*. Held at the Marine Science Research Center. May 25-27, 1977. Springer-Verlag. 114 p.
- Carreto, J. I., V. A. Lutz, M. O. Carignan, A. D. Cucchi-Coleoni y S. G. De Marcos. 1995. Hydrography and chlorophyll a in a transect from the coast to the shelf-break in the Argentina Sea. *Continental Shelf Research* 15 (2/3): 315-336.
- Cleve-Euler, A. 1951. *Die diatomeen von Schweden und Finnland*. Vol. 1. Kunge Svenka Vetenskapsakademis Handlingar. Fjärde Serien. Band 2. N:01.

- Cleve-Euler, A. 1953. *Die diatomeen von Schweden und Finnland*. Vols. 2, 3. Kunge Svenka Vetenskapsakademis Handlingar. Fjärde Serien. Band 2. N:o1.
- Cortés, A. R. 1984. Mareas rojas producidas por el ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohman) en el litoral de Mazatlán, Sinaloa, México. *Biotica* 9: 259-269.
- Cruz-Abrego, F. M. 1991. Análisis de la distribución de los moluscos bentónicos en los abanicos costeros de los principales ríos del Golfo de México (Tuxpan, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva, San Pedro y San Pablo) y su relación con condiciones ambientales y sedimentos. *Tesis Doctoral*. Facultad de Ciencias, UNAM. 103 p.
- Cupp, E. E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bulletin of Scripps Institution of Oceanography*. University of California. 5(1)1-237 p.
- Curl, H. y G. C. McLeod. 1961. The physiological ecology of a marine diatoms, *Skeletonema costatum*. *Journal of Marine Research*. 19:70-88.
- Czitrom, S. P. R., F. Ruíz, M. A. Alatorre y A. R. Padilla. 1986. Preliminary study of a front in the Bay of Campeche, Mexico. In: Jaques C. J. (Ed), *Marine Interfaces Ecohydrodynamics*. Elsevier press. 295-300 pp.
- Dawes, C. J. 1986. *Botánica marina*. Limusa, México, D. F. 673 p.
- De Vooy, C. G. N. 1979. Primary production in aquatic environments. In: B. Boulin, E. T. Denges, S. Kempe y P. Ketner (Eds). *The global carbon cycle*. J. Wiley & Sons, New York. 259-292 p.
- Díaz, C. y H. Maske. 2000. Abundancia de cianobacterias cocales; parámetros hidrográficos y la posible subestimación de la clorofila_a in situ en el norte del golfo de California y la corriente de California, México. *Ciencias Marinas*. 26(3):441-461.
- El-Sayed, S. Z., W. M. Sackett, L. M. Jeffrey, A. D. Fredericks, R. P. Saunders, P. S. Conger, G. A. Fryxell, K. A. Steidinger y S. A. Earle. 1972. Chemistry, primary productivity and benthic algae of the Gulf of Mexico. American Geographical Society (Ed.) *Serial Atlas of the Marine Environmental*. Folio 22. 22 p.
- El-Sayed, S. Z. y Trees, 1980. Ecological studies of phytoplankton in the Gulf of Mexico during NOAA/NMFS Oregon II cruise, *Technical Report, 80-8-t, 55.*, Texas. A&M Univ., College Station.
- Eppley, R. W. 1972. Temperature and phytoplankton growth in the sea. *Fisheries Bulletin*. (U. S.). 70:1063-1085.
- Fedorov, K. N. 1986. *The physical nature and structure of oceanic fronts*. Springer-verlag, New York, Inc., 333 pp.
- Figuroa, T., M. G., 1990. Sistemática y distribución del género *Ceratium schrank* 1793, en el sur del Golfo de México. *Tesis de Maestría*, Facultad de Ciencias, UNAM: 51, Figs. 35. Tablas 9.

- Flores-Zamora, E. 2001. Fitoplancton. *In: Evaluación de las actividades petroleras costa afuera e instalaciones costeras asociadas en el ambiente marino de la Sonda de Campeche*. Proyecto F-37062. PEMEX.
- Franco, J., G. de la Cruz, A. Cruz, A. Rocha, N. Navarrete, G. Flores, E. Kato, S. Sánchez, L. G. Abarca y C. M. Bedia, 1985. *Manual de ecología*. Trillas, México. 266 pp.
- Gibson, J. A., E. K. M. Swadling, T. M. Pitman y H. R. Burton. 1997. Over wintering populations of *Mesodinium rubrum* (Ciliophora: Haptorida) in lakes of the Vestfold Hills, East Antarctica. *Polar Biology* 17(2):175-179.
- Gilmartin, M. y N. Revelante. 1978. The phytoplankton characteristic of the Barrier Island Lagoons of the Guf of California. *Estuarine Coastal Marine Science*. 7(1):29-47.
- Gómez-Aguirre. 1977. Microplancton del Banco de Campeche en el período Mayo-Julio de 1975. *In: Resúmenes: IV Simposio Latinoamericano de Oceanografía Biológica*. Univ. De Guayaquil, Ecuador. 14-18 Nov. 1977. p.31-32.
- González-Macias, M. C., K. B Shapiro y C. P. Huerta 1991. Análisis de las comunidades planctónicas. Evaluación de la calidad d el agua, sedimentos y algunos aspectos biológicos en el litoral del Golfo de México. *Reporte Técnico*, Petróleos Mexicanos. México, 67-89.
- Gustafson, D. E. Jr, D. K Stoecker, M. D Johnson, W. F. Van Heukelem y K. Sneider. 2000. Cryptophyte algae are robbed of their organelles by the marine ciliate *Mesodinium rubrum*. *Nature*. 6790:1049-1052.
- Gutiérrez-Estrada, M. 1977. Sedimentología del área de transición entre las provincias terrígena y carbonatada del Sureste del Golfo de México. *Tesis de Maestría*. Facultad de Ciencias. UNAM, México, D. F.
- Harris, G. P., 1986. *Phytoplankton ecology. Structure, function and fluctuation*. Chapman and Hall, London, 384 p
- Hasle, G. R. 1978. The inverted microscope method. *In: Sournia A. (Ed.). Phytoplankton Manual*. UNESCO, Reino Unido: 191-196.
- Hasle, G. R. y E. E. Syversten. 1997. Marine Diatoms. *In: Thomas, R. C. (ed). Identifying marine phytoplankton*. Academic press Inc. New York: 5-385.
- Heimdal, B. R. 1997. Modern coccolithophorids. *In: Thomas, R. C. (ed). Identifying marine phytoplankton*. Academic press Inc. New York:731-831
- Hendey, N. I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal water. Part V: Nacillariophyceae (Diatoms). *Fisheries Investments. Series IV*. Otto Koeltz Scientific Publication. London: 317 pp.
- Hernández-Becerril, D. U. 2003. Diversidad del fitoplancton marino de México. Un acercamiento actual. *In: Barreiro Güemes, M. T. M. E. Meave del Castillo, M. Signoret Poillon y M. G. Figueroa Torres (Eds). Planctología mexicana. Sociedad Mexicana de Planctología, A. C. México. 300 p.*

- Hum, H. J. y S. R. Wicks. 1980. *Introduction and guide to the marine blue green algae*. John Wiley. New York, 193 p.
- Jeffrey S. W. y M. Vesk. 1997. Introduction to marine phytoplankton and their pigment signature. In: Jeffrey, S. W., R. F. C. Mantoura y S. W. Wright (Eds). *Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines to modern methods*. UNESCO publishing. 37-84 pp.
- Jordan, E., 1972. Comparación entre dos métodos para estimar productividad primaria en aguas litorales del Golfo de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 43 (1): 21-32. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Jumars, P. A. 1993. *Concepts in biological oceanographic. An interdisciplinary primer*. Oxford University Press. New York. 347 p.
- Khromov, N. S., 1965. Distribution of plankton in the Gulf of Mexico and some aspect of its seasonal dynamics. In: A. S. Bogdanov (Ed.), *Soviet-Cuban Fishery Research*. Traducido del Ruso, Israel Program for Scientific Translations. Jerusalén. 36-56 p.
- Knauss, J. A. 1978. *Introduction to physical oceanography*. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs. N. J. 337 p.
- Krylov, V. V. 1974. Distribución del fitoplancton y de las biocenosis planctónicas en el Banco de Campeche. *Revista de Investigaciones del INP*- 1:75-79.
- Licea, S. 1976. Variación estacional del fitoplancton de la Bahía de Campeche, México (1971-72). Simposio sobre adelantos en las investigaciones marinas en el Caribe y regiones adyacentes. *FAO Fisheries Report No. 200*.
- Licea, S. 1977. Variación estacional del fitoplancton de la Bahía de Campeche, México (1971.1972). *FAO. Fisheries Report. 200:253-273*.
- Licea, S. 1992. Especies de diatomeas seleccionadas del sur del Golfo de México, estudiadas en microscopio de luz y electrónico. *Tesis Doctoral*. Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado. Proyecto Académico Especialización, Maestría y Doctorado en Ciencias del Mar. CCH-ICMyL, UNAM, México, 66 p.
- Licea, S. 1994. *Thalassiosira* species from the southern Gulf of México. In: J:P: Kocielek, (ed). *Memoirs of the California Academy of Sciences (17), Proceedings of the 11th International Diatom Symposium*, 311-335.
- Licea, S. D. y H. Santoyo. 1991. Algunas características del fitoplancton de la región central de la Bahía de Campeche. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. México. 18 (2): 157-167.
- Licea, S. y R. Luna. 1999. Spatio-temporal variation of phytoplankton on the continental margin in the SW Gulf of México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 49:83-99.
- Licea, S., L. Moreno, H. Santiago y G. Figueroa. 1995. *Dinoflageladas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 165 p.

- Licea, S., R. Luna-Soria, E. Velásquez Rojas, C. Trejo Luna y D. Delgado Hernández. 1988. Fitoplancton y Productividad. In: Primer informe técnico. *Estudio multidisciplinario en la zona económica exclusiva mexicana del Golfo de México: características físicas, químicas y biológicas*. Universidad Nacional Autónoma de México. 150 pp.
- Licea. S. P, Torres, R. Luna y C. Trejo. 1982. *Evaluación de los posibles efectos del derrame del Pozo Ixtoc-1, sobre las comunidades del fitoplancton y la productividad primaria. Cuarto informe parcial. Comunidades y producción de fitoplancton en la región occidental de la Sonda de Campeche durante la campaña oceanográfica FBC/80-08. Programa coordinado de estudios ecológicos en la Sonda de Campeche*, ICMyL, UNAM. D. F. México. 4, 16 p.
- Litaker, W. C., S. Duke, B. E. Kenney y J. Ramus. 1987. Short-term environmental variability and phytoplankton abundance in a shallow tidal estuary. I winter and summer. *Marine Biology*. 96:115-121.
- Longhurst, A. R. 1995. Seasonal cycles of pelagic production and consumption. *Progress in Oceanography*. 36:77-167.
- Longhurst, A. R. y D. Pauly, 1987. *Ecology of tropical oceans*. Academic Press Inc. New York, 407 pp.
- Lorensen, C. J. 1967. Vertical distribution of chlorophyll and phaeopigments: Baja California. *Deep Sea Reserch*. 14:735-745.
- Lovegrove, T. 1960. An improved form of sedimentation apparatus for use with an inverted microscope. *J. Cons. CIEM*, vol. 25, no.3, p. 279-84.
- Ludwing. J .A. y J. F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. John Wiley and sons. USA. 339p.
- Lundgren, P., K. Bauer, Ch. Lugomela, E. Söderbäck y B. Bergman. 2003. Reevaluation of the nitrogen fixation behavior in the marine non-heterocystous cyanobacterium *Lyngbya majuscula*. *Journal of Phycology*. 39, 310,314.
- Magurran, A. E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones Vedra. España. 200 p.
- Mann, K. H. y J. R. N. Lazier. 1991. *Dynamics of marine ecosystem. Biological-Physical interactions in the ocean*. Blackwell scientific publicatioms. Cambridge. 466 pp.
- Margalef, R. 1969. Comunidades planctónicas en lagunas litorales. In: *UNAM-UNESCO. Lagunas costeras un simposium*. Nov. 28-30 de 1967. México, pp 545.562.
- Margalef, R. 1980. *Ecología*. Omega. Barcelona. 951 p.
- Marty, J. C., J. Chiavérini, M. D. Pizay y 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 Research.*, 49(11):1965-1985.
- Meave-del-Catillo, M., M. Zamudio-Resendiz, J. A. Aké-Castillo, R. Pérez-Guille y S. L. Guerra-Martínez. 2001. Fitoplancton costero. In: *Evaluación de las actividades petroleras costa afuera e*

instalaciones costeras asociadas en el ambiente marino de la Sonda de Campeche. Proyecto F-37062. PEMEX.

- Mendoza-Alvarado, J. 2003. Distribución del fitoplancton con relación a la hidrología en la región sur del Golfo de México en octubre 1998 y marzo 1999. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 31 p.
- Merino M. I. 1992. Afloramiento en la plataforma de Yucatán: estructura y fertilización. *Tesis de doctorado*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 255 p.
- Monreal Gómez, M. A., 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):115-133.
- Monreal-Gómez, M. A. y D. A. Salas-de-León. 1990. Simulación de la circulación en la Bahía de Campeche. *Geofísica Internacional*. Vol. 29(2):101-111.
- Monreal-Gómez, M. A. y D. A. Salas-de-León. 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México, In: M. F. Lavín, (Ed). *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, pp. 183-199.
- Moreno, J. L., S. Licea y H. Santoyo. 1996. *Diatomeas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 273 p.
- Moreno, R. J. L., J. L. Soto, M. E. Zamudio, D. U. Hernández-Becerril, y S. Licea. 1993. Morphology and taxonomy of *Chaetoceros diversus* (Bacillariophyceae) based on material from the southern Gulf of Mexico. *Diatom Research*, 8, 419-428.
- Moreno, R. J. L., 1990. Morfología y Sistemática del género *Coscinodiscus* Ehrenberg (Bacillariophyceae), en el sur del Golfo de México. *Tesis de Maestría*, Fac. De Ciencias, UNAM: México, D. F. 71, Figs. 151 p.
- Müller, H. 1972. Growth and phosphates requirements of *Nitzschia actinostroides* (Lemm) V. Goor in batch in chemostat culture under phosphates limitation. *Archive Hydrobiology Supplement*. 38:399-484.
- Müller-Karger, F.E., J. J. Wish, R.H. Evans y M.B. Meyers, 1991. On the seasonal phytoplankton concentration and sea surface temperature cycles of the Gulf of México as determined by satellites. *Journal of Geophysics. Research.*, 96 (7): 12645-12665.
- Nowlin, W. D. y H. J. McLellan. 1967. A characterization of the Gulf of Mexico waters in winter. *Journal of Marine research*.
- Odum, E. P. 1972. *Ecología*. Interamericana, México, D. F. 546 p.
- Okolodkov, Y. B. 2003. A review of Russian plankton research in the Gulf of México and the Caribbean in the 1960-1980's. *Hidrobiologica* (en prensa).

- Orozco-Colunga, M. A. 1989. Análisis del Fitoplancton y su relación con los parámetros fisicoquímicos de la región nororiental del Banco de Campeche. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias. UNAM.
- 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.
- Parsons, T. R., M. Takahashi y B. Hargrave. 1990. *Biological oceanographic processes*. Pergamon Press. New York. 329 p.
- Paul, J. H., A. Alfeider, J. B. Kang, R. A. Stokes, D. Griffin, L. Campbell y E. Ormoldottir. 2000. From IArbcL transcript associated with a low salinity/high chlorophyll plume ('Green River') in the eastern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress*. Vol. 198:1-8.
- Peragallo, M. H. y M. Peragallo. 1908. *Diatomées marines de France et des Districts maritimes voisins*. A. Ashe & Co. Amsterdam Rep. 1965. 491 p.
- Pica, G. Y. y L. R. Pineda, 1991. Oceanografía Geológica. In: G. E. de la Lanza (Comp.). *Oceanografía de Mares Mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe*. AGT Ed. México, D. F. pp 3-29.
- Pielou, E. C., 1974. *Population and community ecology. Principles and methods*. Gordon & Breach Sci. Pub., USA.
- Pineda, R. L. y Y. C. Pica. 1991. Oceanografía Física. In: G. E. de la Lanza (Comp.). *Oceanografía de Mares Mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe*. AGT Ed. México, D. F. pp 31-77.
- Ponce, V. G, G. Y. Pica y L. R. Pineda. 1991. Oceanografía Química. In: G. E. de la Lanza (Comp.). *Oceanografía de Mares Mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe* AGT De. México, D. F. pp 79-113.
- Round, F. E. 1981. *The ecology of the algae*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Round, F. E., R. M. Crawford y D. G. Mann. 1990. *The diatom biology and morphology of genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 747 p.
- Salas-de-León, D. A. y M. A. Monreal-Gómez. 1986. The role of the Loop t in the Gulf of Mexico fronts. In: Jaques C. J. (Ed), *Marine interfaces ecohydrodynamics*. Elsevier press. 295-300 pp.
- Santamaría-del-Ángel, E., R. Millán-Núñez y R. Cajal-Medrano. 1992. Efecto de la energía cinética turbulenta sobre la distribución de la clorofila a en una pequeña laguna costera. *Ciencias Marinas*. 18 (4):1-16.
- 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). *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 15:207-215.
- Santoyo, H., y M. Signoret, 1973. Hidrología y fitoplancton en un transecto en la plataforma continental de la Bahía de Campeche, México (agosto 1972). *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 15: 207-215.

- Santoyo, H., y M. Signoret, 1975. Variación nictemeral del fitoplancton en la Bahía de Campeche, México. *Rev. Lat-Amer. Microbiol.* 17: 567-596.
- Santoyo, H., y M. Signoret, 1977. Diversidad y afinidad del fitoplancton en un ciclo nictemeral. *Anales de Centro de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México. 4 (1): 233-242.
- Schiller, T. 1930. Dinoflagellatae. In: Rabenhorst, S. L. (ed). *Kryptogamen flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Johnson Reprint Co. New York:89-266.
- Segura-Gortáez, M. J., E. B. Sampedro y S. I. Domínguez. 1982. Primary production in the southeastern region of the Gulf of Mexico. *Biología Marina. Secretaria de Marina*. Vol. 1 (5):237-276.
- Shirasago-Germán, B. 1991. Hidrografía y análisis frontogenético en el sur de la Bahía de Campeche. *Tesis de Maestría*, Unidad Académica de los Ciclos Profesional y Posgrado. Proyecto Académico Especialización, Maestría y Doctorado en Ciencias del Mar. CCH-ICMyL, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 141 p.
- Simonsen, R. 1974. *The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of RV "Meteor" 1964-1965*. "Meteor" Forschungsergebnisse Reihe D. 19:1-107.
- Soto, L. A. y Escobar-Briones, 1995. Coupling mechanisms related to benthic production in the SW Gulf of Mexico, In: AIEleftheriou, A. Ansell and C. J. Smith (Eds). *Biology and ecology of shallow waters*, Proc. 28th European Marine Biology symposium Olsen and Olsen, Denmark. 233.242.
- Sournia, A. 1978. *Phytoplankton manual*. UNESCO, Paris. 337 p.
- Steindinger, K. A. y K. Tangen. 1997. Dinoflagellates. In: Thomas, R. C. (ed). *Identifying marine phytoplankton*. Academic press Inc. New York:387-584
- Stockburger, D. W. 1997. *Multivariate statistics: concepts, models, and applications*. Southwest Missouri State University.
- Tamayo, J. L. 1990. *Geografía moderna de México*. Trillas, México. 390 p.
- Taylor F. J. R., D.J. Blackbourn y J. Blackbourn. 1971. The red-water ciliate *Mesodinium rubrum* and its "incomplete symbionts": A review including new ultrastructural observations. *Journal of Fisheries Research*. Bd. Canada 28: 391-407.
- Taylor, F. J. R. 1976. *Dinoflagellates from the international Indian Ocean expedition*. A report on material collected by the R. V. "Anton Bruun" 1963-1964. *Bibliotheca Botanica* 132.
- Thronsdén, J. 1997. The planktonic marine flagellates. In: Thomas, R. C. (ed). *Identifying marine phytoplankton*. Academic press Inc. New York:147-249.
- Toledo, O. A., 1996. Marco conceptual: caracterización ambiental del Golfo de México. In A. V. Botello, J. L. Rojas-Galaviz, J. A. Benítez, D. Zárate Lomelí (Eds). *Golfo de México, contaminación e*

- impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche. Expomex Serie Científica. 5:666p. pp1-24.
- Vernberg, F. J. y W. B. Vernberg. 1978. Adaptations to extreme environments. *In*: Vernberg, F. J. (Ed). *Physiological ecology of estuarine organism*. The Belle W. Baruch Library in Marine Science No. 3. Columbia South Carolina. 163-180 pp
- Witford, L. A. y G. J. Schumacher. 1969. *A manual of fresh water algae the North Carolina*. Agricultural Experiment Station, New York, 313 p.
- Wood, E. J. F. 1965. *Diboflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas*. University of Miami press. Florida. 143 p.
- Yáñez-Arancibia, A y P. Sánchez-Gil. 1986. Los peces demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México. 1. Caracterización ambiental, ecología y evaluación de las especies, poblaciones y comunidades. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México. Publ. Esp. 9: 1-230.
- Yentsch, C. S. y D. W. Menzel. 1963. A method for determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep-Sea Research*, 10:221-231.
- Zamudio Recendiz, M. 1998. Hidrología y fitoplancton en una región costera al oeste del Golfo de México. *Tesis de Maestría*. CCH-ICMyL. UNAM, México. 66 p.
- Zehr J. P., J. B. Waterbury, P. J. Turner, J. P. Montoya, E. Omoregle, G. F. Steward, A. Hansen y D. M. Karl. 2001. Unicellular cyanobacteria fix N₂ in the subtropical North Pacific Ocean. *Nature* vol 412:635-638.
- Zeitschel, B. 1970. The quantity, composition and distribution of suspended particulate matter in the Gulf of California. *Marine Biology*. 7:305-318.
- Zernova, V. V., 1969. The horizontal distribution of phytoplankton in the Gulf of Mexico, *Oceanology*. 9(4):565-574.