

03067
3
2 ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

UNIDAD ACADEMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL Y DE POSGRADO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

**"CIRCULACION, NUTRIENTES Y BIOMASA FITOPLANCTONICA EN LA ZONA
DE AFLORAMIENTO FRENTE A YUCATAN EN JULIO DE 1984."**

Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias del Mar en la orientación de
Oceanografía Biológica y Pesquera.

Presenta el Biol. Francisco Javier Ramos Durón

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

México, D. F. julio de 1990.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	i
AGRADECIMIENTOS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABLAS	vi
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	4
AREA DE ESTUDIO	9
MATERIAL Y METODOS	15
RESULTADOS	17
TEMPERATURA	17
SALINIDAD	22
OXIGENO DISUELTO	25
UTILIZACION APARENTE DEL OXIGENO	25
NUTRIENTES	27
ASOCIACION ENTRE VARIABLES	35
FITOPLANCTON	37
DISCUSION	45
SISTEMA DE AFLORAMIENTO	60
ANALISIS POR DISCRIMINANTES	62
CONCLUSIONES	65
LITERATURA CITADA	69
ANEXO I	75

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer y a la vez hacer un amplio reconocimiento a la Dra. Guadalupe de la Lanza Espino, al Dr. Artemio Gallegos García y al Dr. Felipe Vazquez Gutiérrez, por su participación en la dirección de esta tesis, así como también por el apoyo, estímulos y valiosos consejos otorgados durante el transcurso de la maestría y principalmente, por su calidad humana y amistad brindadas.

En forma similar, hago extensivo este agradecimiento al Dr. Luis A. Soto González y al M. en C. Francisco Ruiz Rentería por sus comentarios y sugerencias al escrito.

Por otra parte, también deseo agradecer a la Dirección de Investigaciones Oceanográficas de la Secretaría de Marina, en particular al Almirante Daniel Salastorea y al M. en C. Diego López Veneroni del Depto. de Física y Química del Océano, por las facilidades y apoyo recibidos para el empleo de los datos derivados de la campaña DGO-DM20-8402.

Al Biol. José Pedro Ramírez García A., por su asesoría y asistencia en el procesamiento estadístico y empleo del sistema de cómputo. Al Biol. Enrique Medel Medina, por las facilidades brindadas en cuanto al diseño gráfico del material ilustrado.

Por último, quiero expresar mi gratitud hacia la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM y al CONACYT, por las becas otorgadas que permitieron la culminación de mis estudios de maestría. Así mismo, a todo el personal académico y administrativo del Proyecto Académico de la Especialización, Maestría y Doctorado en Ciencias del Mar, al del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y al de la Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Area de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo (campaña DGO-DM20-8402).....	10
Figura 2. Distribución de las temperaturas superficiales en las isobatas de 2 (a) y 10 m (b).....	18
Figura 3. Secciones verticales de la temperatura en los transectos A - D.....	20
Figura 4. Secciones verticales de la temperatura en los transectos I - IV.....	21
Figura 5. Secciones verticales de la salinidad en los transectos A - D.....	23
Figura 6. Secciones verticales de la salinidad en los transectos I - IV.....	24
Figura 7. Secciones verticales del oxígeno disuelto en los transectos A - D.....	26
Figura 8. Secciones verticales de la utilización aparente del oxígeno en los transectos A - D.....	28
Figura 9. Secciones verticales de la utilización aparente del oxígeno en los transectos I - IV.....	29
Figura 10. Secciones verticales de nitratos en los transectos A - D.....	31
Figura 11. Secciones verticales de nitratos en los transectos I - IV.....	32
Figura 12. Secciones verticales de ortofosfatos en los transectos A - D.....	33
Figura 13. Secciones verticales de ortofosfatos en los transectos I - IV.....	34
Figura 14. Diagrama de multicorrelación que muestra la asociación entre variables.....	36
Figura 15. Distribución horizontal de la densidad fitoplanctónica a 2 (a) y 10 m (b).....	38
Figura 16. Distribución horizontal de la densidad fitoplanctónica a 30 (a) y 50 m (b).....	39
Figura 17. Topografía de las isoterms de 25 (a) y 23 °C (b).....	49
Figura 18. Diagramas T-S para tipos de agua localizados en algunas estaciones fuera de la plataforma.....	52

	Página
Figura 19. Diagramas T-S característicos de los tipos de masas de agua que ocurren en el este del Golfo de México y Corriente de Yucatán.....	53
Figura A1. Gráfica de los centroides de las dos primeras funciones discriminantes que muestran la separación de los 9 subgrupos.....	77
Figura A2. Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en los niveles de 2 - 5 m.....	78
Figura A3. Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en los niveles de 10 - 30 m.....	79
Figura A4. Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en los niveles de 50 - 75 m.....	79
Figura A5. Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en el nivel de 100 m.....	80
Figura A6. Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en el nivel de 150 m.....	80
Figura A7. Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en el nivel de 200 m.....	81
Figura A8. Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en el nivel de 250 m.....	81
Figura A9. Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en el nivel de 300 m.....	82
Figura A10. Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en los niveles de 400 - 500 m.....	82

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I. Resumen de las principales investigaciones efectuadas en el área de estudio y regiones adyacentes.....	6
Tabla II. Composición, densidad y abundancia relativa de los géneros fitoplanctónicos determinados en el área de estudio.....	40
Tabla III. Relación de géneros que presentan mayor abundancia relativa en el área de estudio.....	41
Tabla IV. Listado de 10 de las estaciones de muestreo con la mayor densidad fitoplanctónica.....	43
Tabla V. Presencia-ausencia de géneros fitoplanctónicos en el área de estudio.....	44
Tabla VI. Relación de pendientes calculadas para las isothermas entre 18 a 24 °C.....	50
Tabla VII. Características físicas y químicas de los tipos de masas de agua que se observan en el área de estudio y su comparación con los estándares reportados en bibliografía.....	57

DEDICATORIA

El esfuerzo empleado para superarse académicamente y en particular, en el ámbito personal, han tenido y tendrán un objetivo claro: llegar a ser mejor como ser humano, mejor esposo y un buen padre, para poder brindar lo mejor de lo mejor a mis hijos, a mi familia en general y a mis amistades. Por ello, deseo dedicar esta meta alcanzada a mi esposa María de las Mercedes Luna Reyes, a mi hija Mariana Aline y a nuestro pequeñin que pronto vendrá y que esperamos con amor.

A mis padres

A mis hermanos

A mis amigos

INTRODUCCION

Entre los diferentes aspectos del ambiente marino, es conocido que la riqueza y distribución de los recursos pesqueros varían de un lugar a otro; encontrándose no obstante, estrechamente relacionados a aquellas zonas donde la productividad primaria suele ser abundante (Levinton, 1982). Al respecto, del total de la superficie cubierta por agua de mar, el 90 % está comprendido por las áreas oceánicas cuyas características, entre otras, son una baja productividad (50 gr C/m²/año) y menor eficiencia trófica (10 %). De éstas se llegan a obtener en promedio 1.6 X 10⁶ ton de peces; en contraste, en el 10 % restante de los mares representados principalmente por las áreas neríticas (ambientes costeros), se localizan las más altas productividades (100 - 300 gr C/m²/año) y mejores eficiencias tróficas (15 - 20 %), concentrando las mayores cantidades de los recursos pesqueros en el orden de las 120 - 240 X 10⁶ ton de peces. Precisamente es en estas áreas donde se han ubicado las principales pesquerías mundiales y cuya riqueza está vinculada a los lugares donde se presentan los regímenes de surgencia y/o afloramientos (Perú, California, Benguela, etc.); estas zonas tan sólo representan apenas el 0.1 % de la superficie total en el ambiente marino (Mann, 1982; Levinton, 1982).

En este sentido, nuestro país se ve favorecido por su posición geográfica, pues en sus litorales existen tres importantes áreas donde ocurren surgencias y afloramientos y que, en orden de importancia por la magnitud de sus recursos, están: la Corriente de California, que se comparte con los EUA, donde las surgencias que ahí se presentan mantienen a algunas de las principales pesquerías a nivel mundial, representadas por la

pesca del atún, sardina y anchoveta. Por otra parte, está la Corriente de Yucatán, que propicia la existencia de afloramientos y surgencias y consecuentemente la presencia de abundantes recursos demersales y pelágicos. Por último, se encuentra la región de surgencias del Golfo de Tehuantepec, que también contribuye a la existencia de especies pelágicas mayores (túnidos) y de recursos demersales (FAO, 1974; SEPESCA, 1986; SEPESCA, 1988).

En relación a la abundancia de los recursos pesqueros de los litorales mexicanos, la región I Pacífico-Norte, es la que siempre ha contribuido en mayor proporción respecto de los volúmenes de capturas, donde se incluyen a especies pelágicas mayores (túnidos) y menores (sardina -anchoveta), camarón y especies demersales (recurso escama), entre otros. Sin embargo, ante los nuevos planteamientos sobre regulación pesquera nacional, la región IV Golfo-Caribe (Tab. - Q.Roo) resulta ser una de las principales áreas con recursos potenciales sobre especies pelágicas como el atún aleta amarilla y la sardina del golfo, que son susceptibles de administrarse y que contribuirán en gran medida a incrementar los volúmenes de capturas tanto a nivel regional como nacional (Bustamante, 1987;Cinta, 1987; Polanco, 1987).

No obstante, para lograr tales metas y considerando en particular que el hábitat de esos organismos pelágicos comprende a las zonas de surgencias y/o afloramientos, será necesario llevar a cabo estudios sobre ecología marina que incluyan entre otros los referentes a las interrelaciones tróficas dentro de las comunidades pelágicas y demersales y claro está, antes evaluar y comprender la dinámica del ambiente, además de realizar investigaciones relacionadas a la estructura trofodinámica de las comunidades planctónicas

y de éstas con las poblaciones fícticas en ambientes de afloramiento. Afortunadamente, existen ya varios trabajos de carácter básico cuyo contenido contribuye a comprender diversos aspectos del ambiente marino; sin embargo, la gran mayoría de éstos se han conducido de manera aislada aportando ideas dispersas, por lo que es necesario y conveniente efectuar investigaciones con carácter interdisciplinario que conduzcan a planteamientos de conjunto y de información integrada.

Por esta razón, el presente trabajo se desarrolla bajo ese contexto de integración y plantea describir en un lapso determinado el afloramiento de Yucatán y la relación que mantiene con la distribución de las propiedades físicas (temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y utilización aparente del oxígeno), químicas (nutrientes: nitratos y ortofosfatos) y biológicas (biomasa y grupos dominantes del fitoplancton).

La estructura del trabajo consiste de un análisis de las variables citadas, remarcando observaciones particulares y de conjunto en el área estudiada; se discuten aspectos relevantes sobre la distribución de dichas propiedades y su relación a la dinámica de las masas de agua - influenciadas por la Corriente de Yucatán. Así mismo, se mencionan y discuten procesos particulares observados en esta corriente. Finalmente, integrando la información analizada se efectúa un planteamiento de conjunto, a manera de aproximación, sobre el esquema de afloramiento de Yucatán ocurrido en ese lapso (9-23/VII/84). Adicionalmente, se realiza un planteamiento estadístico que también refleja algunos de los aspectos señalados y que en particular resulta ser más rápido de evaluar, además de objetivo.

De esta manera, la información que aquí se aporta contribuirá a elaborar modelos y esquemas que permitan comprender y entender mejor el funcionamiento de estos sistemas complejos y con ello, proporcionar la información apropiada a quienes les resulte de interés.

ANTECEDENTES

De las diferentes zonas marinas que rodean nuestro territorio, el Golfo de México en conjunto es y ha sido objeto de diversos estudios, observando no obstante que una gran parte de las investigaciones se han enfocado hacia la generación de información básica y principalmente sobre aspectos relacionados a la oceanografía física, pues así lo muestran los diversos trabajos sobre los sistemas de corrientes marinas y masas de agua que llegan, se modifican y salen del Golfo de México, confiriéndole un carácter dinámico y complejo que se refleja sobre la distribución de las diferentes variables físicas, químicas, geológicas y biológicas (Nowlin, Jr., 1971; Nowlin, Jr. y Hubertz, 1972; El-Sayed, et al, 1972; Maul, 1977; Morrison y Nowlin, Jr., 1977).

Esta dinámica compleja se ejemplifica por la Corriente de Yucatán, que en cierta época del año se modifica y forma parte importante de la llamada Corriente de Lazo; en otras (primavera y verano) constituye el principal aporte de agua subsuperficial que mantiene a la zona de afloramiento de Yucatán, permitiendo que en general el Banco de Campeche adquiera una relevante importancia en relación al recurso pesquero (Cochrane, 1972;

FAO, 1974; Sturges y Evans, 1983; Yañez-Arancibia, et al, 1985).

La información generada hasta el momento es amplia y variada, por ello a continuación se presenta en la Tabla I una recopilación sobre algunas de las principales investigaciones realizadas en el Golfo de México (G. M.), comprendiendo obras clásicas y particulares en cada una de las áreas de la oceanografía y que guardan una relación temática con el presente trabajo. En dicha tabla se cita al autor y/o editor, el año de publicación y el contenido principal de la obra. Cabe mencionar que las obras incluidas se acompañan de un amplio respaldo en cuanto a bibliografía, donde el lector podrá encontrar mayor información al respecto.

Tabla I . Resumen de las principales investigaciones efectuadas en el área de estudio y regiones adyacentes, que se relacionan temáticamente con el presente estudio.

Información Oceanográfica Global (obras clásicas) :

Galtsoff, (1954) - Reseña sobre la evolución de la investigación oceanográfica en el G. M.; así mismo recopila la información generada hasta ese entonces sobre aspectos geológicos, físicos, químicos y biológicos.

Soviet-Cuban Fishery Research, (1965) - Recopilación de las investigaciones realizadas por la comisión mixta Cubano-Soviética sobre oceanografía física, química y biológica, así como aspectos geológico-topográficos enfocados hacia la evaluación de los recursos pesqueros del G. M. y Mar Caribe.

American Geographical Society, (1972) - Recopilación sobre los conocimientos químicos y biológicos enfocados hacia la productividad primaria del G. M.

Texas A & M, (1972) - Recopilación sobre las investigaciones oceanográficas realizadas por la Universidad Texas A & M en aspectos físicos, químicos, geológicos y biológicos del G. M..

Oceanografía Física :

Leipper, (1954) - Aspectos sobre la temperatura, salinidad y densidad de las aguas del G. M..

Marmer, (1954) - Régimen y tipo de mareas en diversos puntos del G. M..

Ichiye, (1962) - Circulación general del G. M., así como las principales características físicas de las masas de agua que ahí se presentan.

Wust, (1964) - Aspectos sobre la circulación en la zona del Caribe y Canal de Yucatán.

Nowlin, Jr., (1971) - Características de temperatura, salinidad y densidad de las masas de agua que se presentan en el G. M.; así mismo, descripción de aspectos sobre la circulación de sus aguas.

Briantsev y Gómez, (1972) - Presencia del afloramiento sobre la Plataforma y Talud de Yucatán, así como los posibles mecanismos que lo originan.

Cochrane, (1972) - Características de la Corriente de Lazo y la presencia de un Anillo anticiclónico derivado de ésta.

Leipper, et al, (1972) - Anillo anticiclónico y descripción de su comportamiento.

Molinari y Cochrane, (1972) - Efecto Topográfico del Talud de Yucatán sobre el control en la circulación de la Corriente de Yucatán.

Nowlin, Jr., (1972) - Comportamiento, variaciones y características de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto de la Corriente de Yucatán y Corriente de Lazo durante el Invierno.

Nowlin, Jr. y Hubertz, (1972) - Comportamiento, variaciones, modificaciones y características de la temperatura y salinidad de la Corriente de Yucatán y Corriente de Lazo durante el Verano.

Nelepo, et al, (1976) - Características de temperatura y salinidad, así como la circulación general del Mar Caribe y G.M..

De la Lanza, et al, (1976) - Características de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto de las aguas sobre el Banco de Campeche; presencia del afloramiento de Yucatán.

Maul, (1977) - Comportamiento anual de la Corriente de Lazo en función de la isoterma de 22° C.

Ruiz, (1979) - Comportamiento anual del afloramiento de Yucatán en función de las temperaturas; descripción de los posibles mecanismos que intervienen para generarlo.

Vázquez de la Cerda, (1979) - Circulación de las aguas sobre el Banco de Campeche y Canal de Yucatán; presencia del afloramiento de Yucatán.

Elliot, (1982) - Comportamiento de los Anillos anticiclónicos derivados de la Corriente de Lazo.

Sturges y Evans, (1983) - Comportamiento de la Corriente de Lazo y las posibles causas de sus variaciones.

López, et al, (1986) - Aspectos de la temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto de las aguas sobre la Plataforma Continental de Yucatán, así como la presencia del afloramiento de Yucatán.

Oceanografía Química :

Bessonov, et al, (1971) - Entre otros aspectos, describen la química de nutrientes del Banco de Campeche.

De la Lanza, et al, (1976) - Aspectos sobre la química de nutrientes del Banco de Campeche.

Morrison y Nowlin, Jr., (1977) - Descripción del contenido de nutrientes de la Corriente de Yucatán y de la Corriente de Lazo y su correlación con la densidad a las diferentes masas de agua presentes.

Furnas y Smayda, (1987). Mencionan la presencia de aguas provenientes de la Corriente de Yucatán por debajo de la termoclina ricas en nitratos y que se distribuyen de este a oeste sobre la plataforma continental de Yucatán.

Oceanografía Biológica :

De la Cruz, (1971) - Grupos planctónicos del Banco de Campeche.

Delgado, (1985) - Fitoplancton de la Plataforma Continental de Yucatán y su relación con las áreas de afloramiento.

Yañez-Arancibia, et al, (1985) - relación sobre los recursos pesqueros potenciales demersales en el área costera de la Península de Yucatán.

Oceanografía Geológica :

Melnik y Zernetski, (1969) - Aspectos Geomorfológicos del Golfo de México y Mar Caribe.

Gutierrez-Estrada, (1977) - Geología de las Provincias Carbonatada y Terrígena del suroeste del Golfo de México.

La bibliografía citada en esta tabla, refleja que para el área de estudio existe una amplia información básica sobre la dinámica del ambiente marino, habiéndose definido las características físicas y químicas de las masas de agua que ahí se presentan, así como los patrones de circulación de las principales corrientes que ocurren en el este del Golfo de México: Corriente de Yucatán, Corriente de Lazo y Anillos Anticiclónicos. Por otra parte, los orígenes y formación del subsuelo, así como la composición, sedimentología y topografía del fondo marino están debidamente determinados; en contraste, el aspecto biológico y sus interacciones en el ambiente marino han sido abordados en menor grado, de tal manera que existe información sobre algunos aspectos de la dinámica poblacional de ciertas especies de interés comercial relacionadas al ambiente costero y menos respecto a las de los ambientes pelágicos en las aguas de jurisdicción nacional. Particularmente, estos estudios y los relativos a la dinámica de las comunidades planctónicas en ambientes de afloramiento han sido escasamente tratados y es preciso llevarlos a cabo para lograr una mejor ordenación y regulación de nuestros recursos pesqueros para su mejor aprovechamiento.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra delimitada dentro de los 21°30' de latitud norte y por los 87°22' y 89°50' de longitud oeste, abarcando gran parte de las aguas sobre la Plataforma Continental de Yucatán (P.C.Y.), sobre el talud y las aguas abiertas al norte de ésta (Fig.

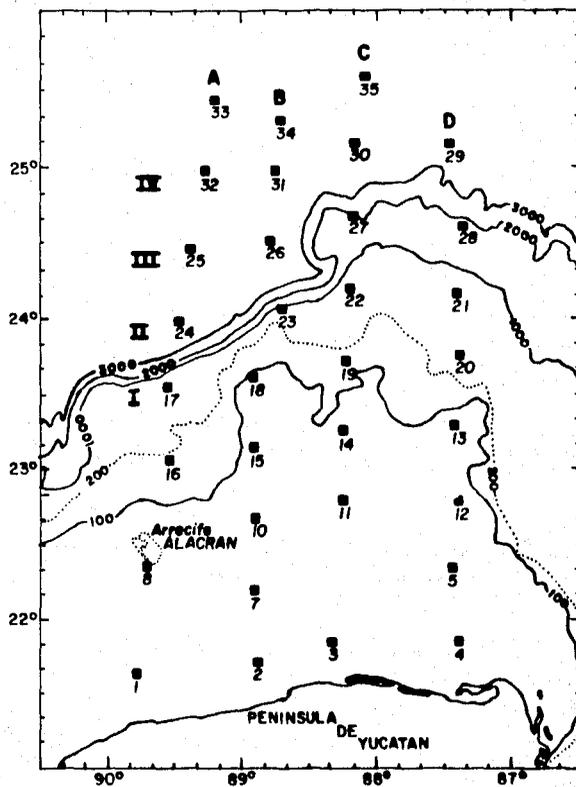
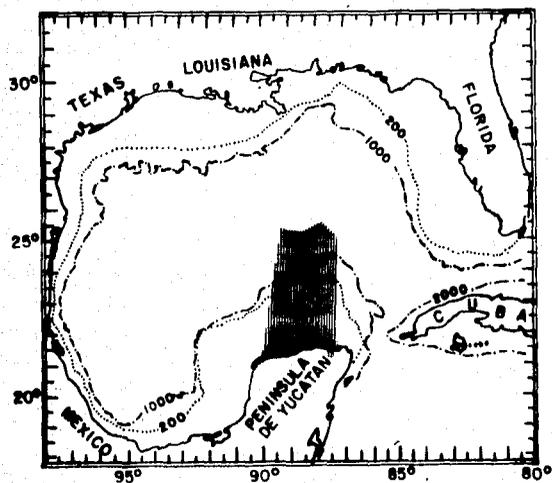


Figura 1. Area de estudio y ubicación de estaciones de muestreo (campana DGO-DM 20-8402 , 9-23/07/84). Se incluyen aspectos de la batimetría y se indican los transectos empleados en las secciones verticales : A (1-33), B (2-34), C (3-35), D (4-29), I (17-20), II (21-24), III (25-28) y IV (29-32).

1). Con fines de comparación, el área en cuestión correspondería aproximadamente a un 60 % de la superficie del Golfo de California.

Desde el punto de vista geológico, se encuentra dentro de la Subprovincia Carbonatada, correspondiente a la Provincia del Banco de Campeche, la cual incluye gran parte de la Plataforma Continental de Campeche y en su totalidad a la de Yucatán (Antoine, 1972; Gutierrez-Estrada, 1977).

En particular, la P.C.Y. es un ejemplo de plataforma inclinada y abierta, que en su porción norte se encuentra ampliamente desarrollada, alcanzando anchuras de 120 - 150 millas hasta la cota batimétrica de los 200 m ; presenta una pendiente muy suave, con cambios de 10 - 15 m. por cada 10 millas; sin embargo, sobre el margen noroeste y oeste las pendientes llegan a ser extremadamente pronunciadas (Sal'nikov, 1965).

La sedimentación ocurre debido a la destrucción de los sedimentos calcáreos que componen su base y las de las zonas adyacentes en el Mar Caribe. El acarreo de material terrígeno continental es escaso (por la ausencia de ríos caudalosos) de aquí que la velocidad de sedimentación sea baja. El área que ocupa la P.C.Y. es de aproximadamente 22,000 millas² y sobre ésta se han ido acumulando paulatinamente sedimentos carbonatados de origen biogénico y no biogénico, con edades desde el Terciario hasta el Reciente. Las principales categorías de los depósitos carbonatados son : 1) Capas carbonatadas, 2) Arrecifes y bancos de coral-alga, 3) Evaporitas lagunares y 4) Carbonatos de aguas profundas. (Melnik, 1969; Rezak y Serpell, 1972).

Entre los aspectos físicos, se reporta que gran parte del área de estudio se encuentra bajo la influencia de la Corriente de Yucatán (C.Y.), Corriente de Lazo y Anillos

Anticiclónicos y que en conjunto constituyen el principal aporte de energía hacia todo el Golfo de México (Ichiye, 1962; Nowlin, Jr, 1971; Morrison y Nowlin, Jr., 1977).

Los afloramientos se reportan principalmente sobre el margen este y el talud de la P.C.Y., aunque también se presentan sobre la línea de costa; éstos son mucho más intensos durante la primavera y el verano (Ruiz, 1979), épocas en las que la C.Y. también se intensifica y alcanza su posición más hacia el oeste, llegando a registrar velocidades de hasta 160 cm/seg en su núcleo, con transportes del orden de los $30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$ (Cochrane, 1972; Maul, 1977). Durante estos períodos, el Banco de Campeche representa un área importante para la formación, modificación y distribución de las masas de agua que llegan y se conjuntan en el Golfo de México a través de la C.Y.. De aquí que esta zona sea una de las más dinámicas, por lo que los valores de las principales variables físico - químicas presentan intervalos de variación vertical y horizontal (Cochrane, 1972; Molinari y Yager, 1977; Morrison y Nowlin, Jr., 1977).

La temperatura superficial muestra cambios estacionales de hasta 9°C ., registrando durante el invierno entre $23 - 25^\circ\text{C}$. ; en la primavera, desde $21 - 30^\circ\text{C}$.; en el verano de $25 - 30^\circ\text{C}$. y durante el otoño entre los $26 - 29^\circ\text{C}$.; de hecho, las bajas temperaturas que se manifiestan en la primavera y el verano se asocian con las zonas de afloramiento (Ruiz, 1979). En las aguas abiertas y a profundidades mayores de los 100 m. las variaciones son menores (Wust, 1964).

La salinidad es más heterogénea; con variaciones en la capa superficial durante el año que van de 36.2 - 36.8 ; a profundidades de entre los 150 - 200 m se presenta el máximo de salinidad subtropical con 36.75 ; mientras que el mínimo de 34.8 ocurre alrededor de los 1000 m (Ichiye, 1962; Nowlin, Jr., 1971).

El oxígeno disuelto en la capa superficial por lo común es de 5.0 ml/l; en las aguas profundas se llegan a encontrar > de 4.5 ml/l, y en las aguas intermedias (400 - 700 m) se observa la capa de "mínimo de oxígeno", con 2.8 - 3.0 ml/l (El-Sayed, et al, 1972; Morrison y Nowlin, Jr., 1977).

Los nutrientes en la capa superficial señalan mínimos: fosfatos, entre 0.1 - 0.2 ug-at-P- PO_4/l ; nitratos, entre 0.5 - 2.0 ug-at-N- NO_3/l ; silicatos, entre 0.5 - 2.0 ug-at-Si- SiO_2/l . Los máximos ocurren alrededor de los 800 - 1000 m , detectando 2.6 ; 25.0 y 25.0 ug-at de las formas respectivas de fosfatos, nitratos y silicatos (El-Sayed, et al, 1972; Morrison y Nowlin, Jr., 1977).

El fitoplancton está constituido principalmente por los grupos de diatomeas, dinoflagelados, cocolitofóridos, clorofíceas y cianofíceas, predominando los dos primeros en las áreas cercanas al afloramiento (De la Cruz, 1971; El-Sayed, et al, 1972; Delgado, 1985).

En cuanto al clima, las zonas cercanas al Caribe Mexicano muestran el tipo (Am) - cálido-húmedo y el (Aw) - cálido-subhúmedo; sin embargo, hacia el Golfo de México, se presenta el tipo (BS) - seco-cálido (BS). Estos climas se caracterizan por presentar un régimen de lluvias de verano, con temperaturas medias anuales > de 22°C. (García, 1981).

Cabe señalar que toda la zona de estudio se ve afectada por diferentes perturbaciones atmosféricas a lo largo del año; manifestándose los denominados "Nortes" desde octubre hasta febrero; las "Suradas", entre marzo y septiembre y los ciclones y huracanes desde junio hasta noviembre. De hecho las trayectorias ciclónicas entre el Mar Caribe y el Golfo de México siguen una orientación W-WNW principalmente, aunque también han descrito cursos W-NW ; N-NW y muy ocasionalmente W-SW ; la mayor incidencia es durante el mes de septiembre (García,1981; SARH, 1985). En particular, los "Nortes" (vientos > de 65 km/h) afectan significativamente la estructura termohalina de la columna de agua sobre la plataforma continental de Yucatán, la turbulencia generada por el esfuerzo del viento llega en ocasiones hasta el fondo, alterando el patrón que normalmente se presenta en la distribución vertical y horizontal de las diferentes propiedades físicas y químicas, principalmente.

El régimen de mareas que se presenta para la región de Progreso - Yukalpetén, Yuc., es predominantemente diurno, ocurriendo una pleamar y una bajamar en cada día de marea; sin embargo, en determinados días se observan dos pleamares y dos bajamares, éstas últimas de gran desigualdad diurna. Las mareas más altas se detectan entre noviembre a enero, alcanzando alrededor de los 75 cm. Por otra parte, en la región de Cozumel - Cancun, Q. Roo, se registran las mareas con la menor amplitud para las Costas Mexicanas (25 - 30 cm), el régimen es del tipo semidiurno, ocurriendo dos pleamares y dos bajamares en cada día de marea (Marmer, 1954; UNAM, 1989). En general, el efecto de estas mareas de pequeña amplitud sólo llegan a ser considerables sobre el margen costero.

MATERIAL Y METODOS

Los datos empleados para la realización del presente trabajo, fueron obtenidos a bordo del Barco de Investigación Oceanográfica Dragaminas 20 en la Campaña DGO-DM20-8402 (9-23 de julio de 1984) de la Dirección de Investigaciones Oceanográficas de la Secretaría de Marina, enmarcada en el subprograma Monitoreo Oceanográfico de las Costas de Yucatán, que a la vez corresponde al programa general denominado Monitoreo Oceanográfico de las Costas Mexicanas.

La red de estaciones consistió de 33 sitios de muestreo, agrupándolas en secciones de transectos verticales, perpendiculares (A - D) y paralelos (I - IV) a la línea de costa (Fig. 1), esto con la finalidad de captar las variaciones en el flujo de nutrientes dentro del área de la Plataforma Continental de Yucatán. En cada una de las estaciones se efectuaron hidrocalas, empleando botellas tipo Niskin para la obtención de alícuotas. Los niveles de muestreo se establecieron en función de la profundidad de cada sitio, apegándose a las estandar de : 2, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, y 500 m.

La temperatura se registró mediante termómetros reversibles, dispuestos en las botellas muestreadoras, realizando las correcciones correspondientes ($\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ de precisión). La salinidad se determinó empleando un salinómetro de inducción Beckman ($\pm 0.002\%$ de precisión). La densidad se calculó según el algoritmo descrito por Cox, *et al.*, 1970. Los datos sobre velocidad geostrofica y transporte de agua son tomados de López, *et al.*, 1986 (realizados para este muestreo), calculados por anomalías geopotenciales referidas a 500 m de profundidad y apoyados por registros parciales de correntímetros (Inter-Ocean

Instruments) dispuestos en las estaciones ubicadas sobre la porción norte de las aguas abiertas (20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32 y 33). La concentración de oxígeno disuelto se estimó con base en el método de Winkler (modificado por Carrit y Carpenter, 1966). La utilización aparente del oxígeno (U.A.O.), se cuantificó tomando en cuenta el algoritmo descrito en Riley y Skirrow, 1975. Los nitratos y fosfatos, se analizaron siguiendo las técnicas descritas por Strickland y Parsons, 1972. Para el fitoplancton, se obtuvieron muestras de agua de los niveles de 2, 5, 10, 30 y 50 m; a las alícuotas se les cuantificó el número de células mediante el recuento en placa siguiendo la técnica de Uterholm, 1958 (en UNESCO, 1978).

En la interpretación de resultados se describe cada variable por separado, tomando como base diagramas de isolíneas, perfiles verticales, distribuciones horizontales y/o topografías y diagramas de multicorrelación, realizando a posterior el enfoque de conjunto.

El análisis discriminante (Kendal, 1972; Mardia, *et al*, 1979; Ochoa, 1981) se emplea con el objeto de determinar el grado de asociación entre los niveles muestreados, así como también conocer cuál o cuáles variables explican mejor ese grado de asociación. Con base en ésto, se obtienen diagramas de respuesta de tendencias superficiales en 3 dimensiones para la o las variables que mejor discriminaron, consiguiendo con esto una perspectiva gráfica del ambiente marino del afloramiento.

RESULTADOS

Considerando la dinámica característica de las aguas en el área de estudio y con el objeto de obtener una perspectiva de conjunto de la zona de afloramiento, se inicia esta sección con la descripción de la temperatura, por ser un parámetro más conservativo y, en particular, por manifestar una mejor respuesta, respecto a los demás analizados, en el rango de mesoescala (que puede detectarse mejor en las escalas empleadas para la red de estaciones).

TEMPERATURA

La temperatura en la superficie (Fig. 2), señala un gradiente positivo, que va de la línea de costa hacia las aguas abiertas fuera de la plataforma, de 25 a 28 y hasta 29°C. En esta misma figura, tanto a 2 como a 10 m se observan zonas de agua fría cerca de la costa, delimitadas por la isoterma de 25°C, con mayor influencia frente a Progreso y Río Lagartos, Yuc.; en las aguas abiertas cerca del talud, se localiza otra pequeña zona alrededor de los 25°N y 89°15' W, donde la temperatura es menos fría (< 27°C).

En las secciones verticales, las regiones frías de Progreso (est. 1)y Río Lagartos, Yuc. (est. 4)se ubican en el fondo y se demarcan por las isotermas de 21 y 24°C (Fig. 3 trans. A y D respectivamente). En particular, estas isotermas se desplazan cerca del fondo sobre la plataforma en su porción central, produciendo hacia la superficie domos de agua fría

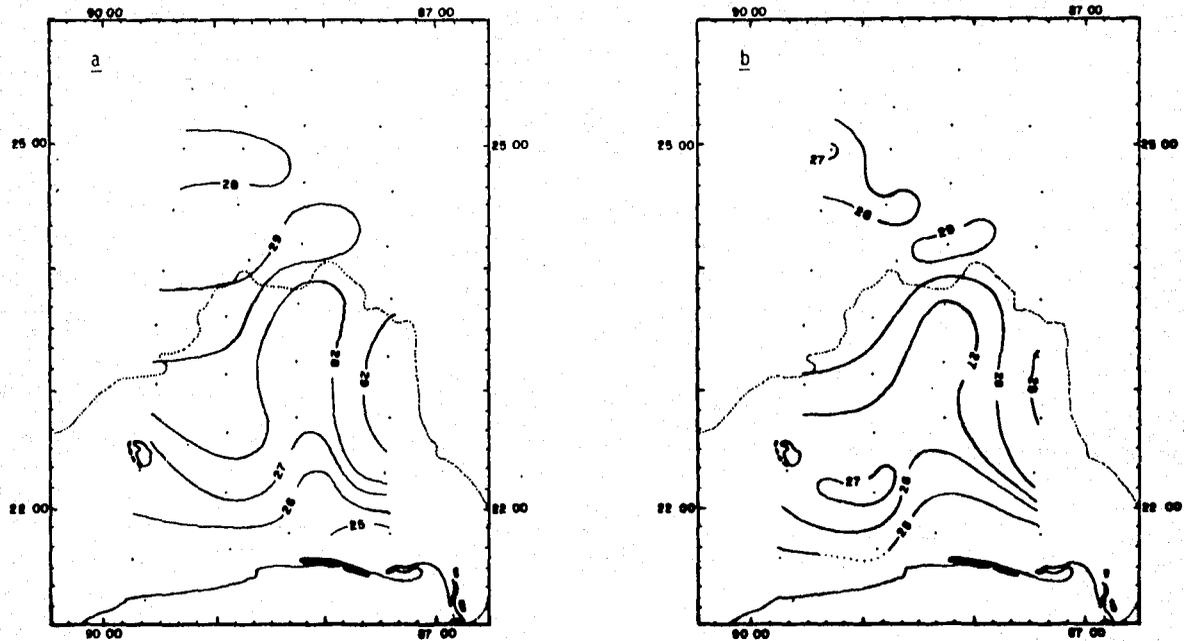
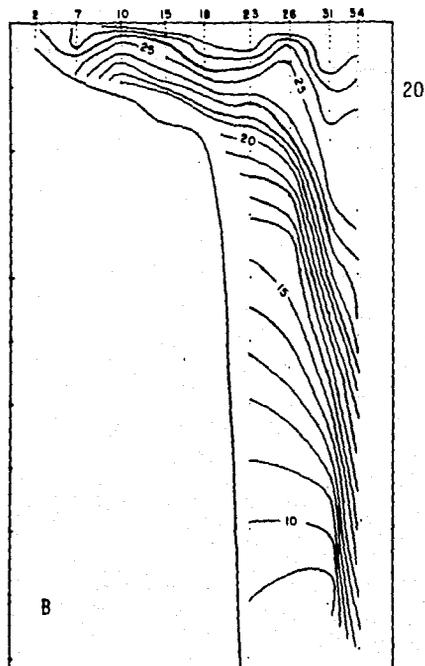
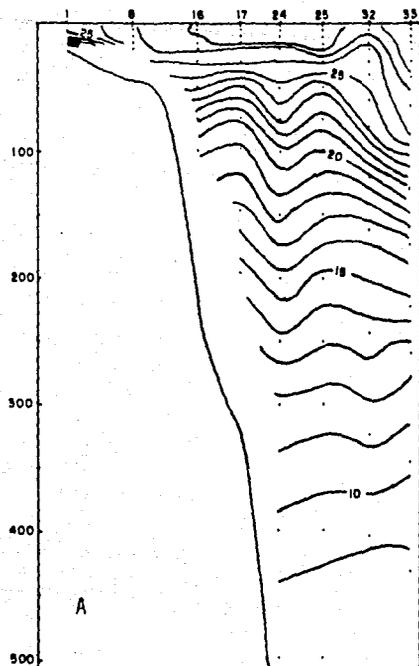


Figura 2. Distribución de las temperaturas superficiales en las isobatas de 2 (a) y 10 m (b), que señalan la presencia de agua fría cerca de la línea de costa.

asociados a una zona con temperaturas entre 25 - 27°C que se extiende en forma de banda desde la zona frente a Río Lagartos, Yuc., con dirección NW hasta los 24 °N y probablemente conectada a la zona fría que se localiza más al norte sobre el borde del talud (descrita anteriormente).

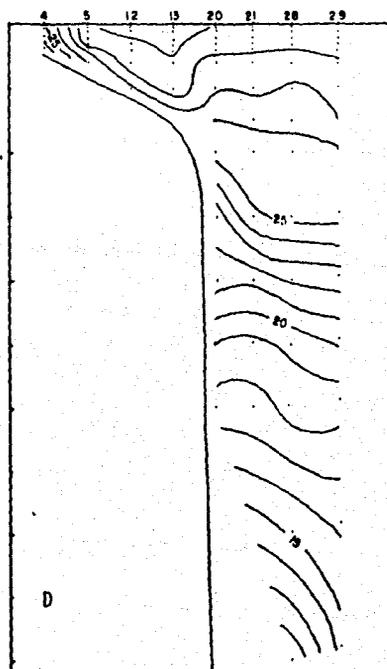
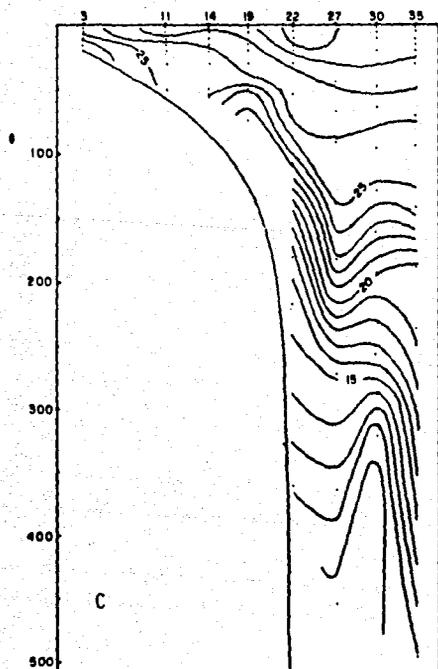
La estructura térmica de la columna de agua fuera de la plataforma, señala comportamientos diferentes en el área de estudio : tomando como referencia un nivel de profundidad determinado (100 o 200 m), hacia el este se presentan mayores temperaturas respecto de las registradas al oeste, con diferencias de hasta 5°C , acentuándose sobre el talud donde las isotermas se disponen con gran inclinación denotando la incursión hacia la plataforma de agua subsuperficial con menor temperatura (Figs. 3 y 4). En esta zona, la termoclina permanente, delimitada de la capa superficial por la isoterma de 25°C , es más evidente. Por otra parte, el compactamiento de las isotermas sobre el borde del talud - en la porción central (Fig. 3 trans. B y C), manifiestan una menor estabilidad térmica respecto de las ubicadas en las regiones occidental y oriental de las aguas abiertas en el área de estudio (Fig. 3 trans. A y D), donde en particular, las isolíneas se distribuyen más espaciadamente.

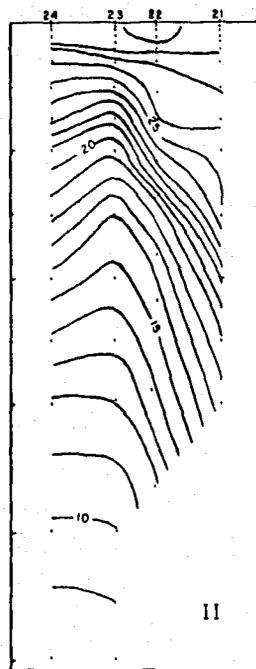
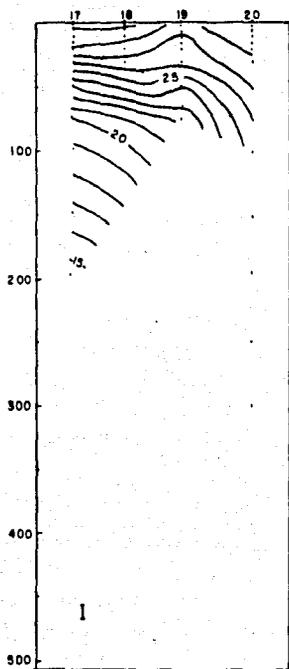
La inclinación de las isotermas asociadas al talud reflejan también la presencia de un movimiento con dirección norte (Fig. 3 trans. B y C). Así mismo, alrededor de las estaciones 22, 27, 30 y 31 , la disposición de las isolíneas y la presencia de agua con mayor temperatura hacia el fondo, indican la existencia de un giro anticiclónico (Fig. 4 trans. II - IV).



20

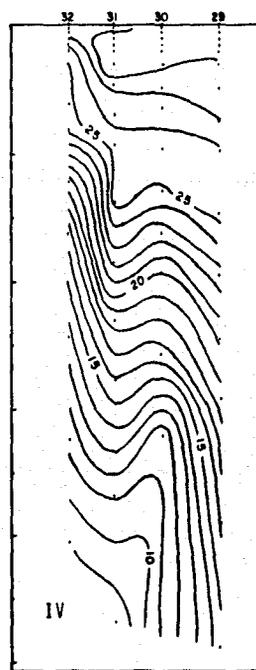
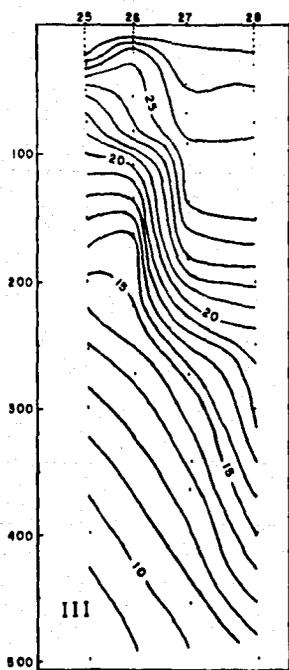
Figura 3. Secciones verticales de la temperatura en los transectos A - D, que esquematizan el comportamiento de las isolíneas entre la costa y las aguas abiertas. Los puntos indican los niveles de muestreo.





21

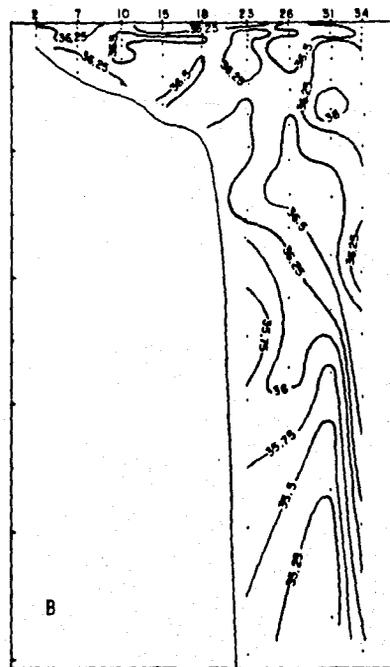
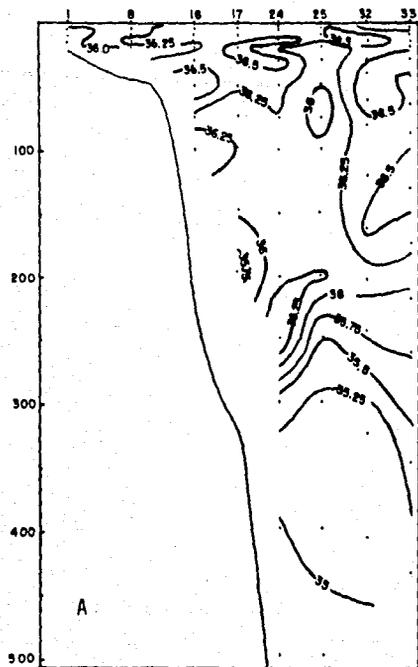
Figura 4. Secciones verticales de la temperatura en los transectos I - IV, que ilustran el comportamiento de las isolíneas en aguas abiertas.



SALINIDAD

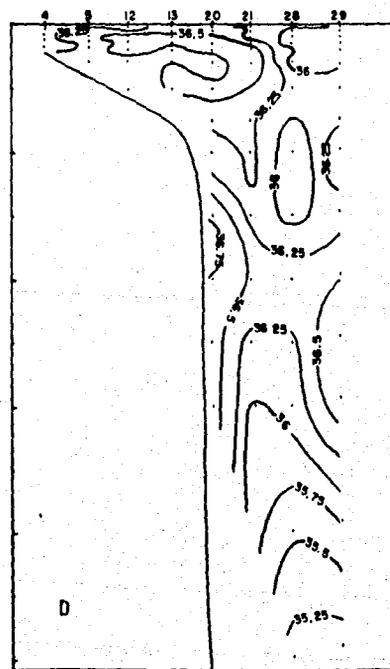
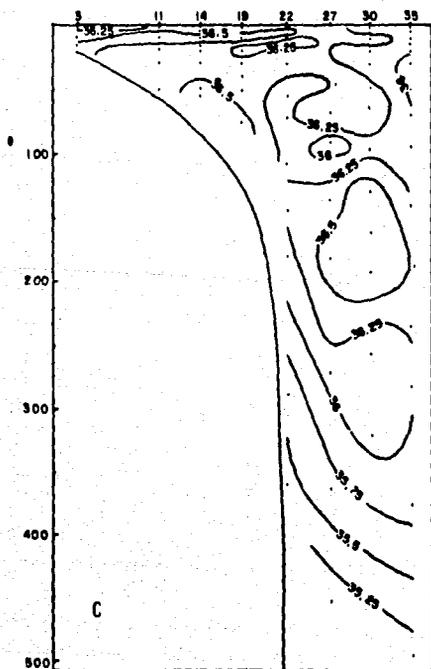
Aunque en forma no tan similar a la temperatura, la estructura halina señala también ambientes diferentes : en la columna de agua sobre gran parte de la plataforma, se detectan gradientes verticales y horizontales que van de 36.0 a 36.5 ; observando las menores salinidades cerca de la costa (Fig. 5). Hacia las aguas abiertas fuera del talud existe mayor estabilidad, distinguiendo en la columna un patrón, que consiste de : agua superficial con 36.0 - 36.5 ; capa con salinidad > 36.4 (entre 25 - 75 m); posteriormente, capa con disminución de la salinidad hasta alcanzar 36.25 ; presencia del máximo subsuperficial con 36.7 (entre los 150 - 250 m) y capa con disminución constante hasta registrar 35.0 alrededor de los 500 m (Figs. 5 y 6).

En las secciones verticales de la porción central, se aprecia la inclinación de las isolíneas sobre el talud (Fig. 5 trans. B y D y 6 trans. III y IV) reflejando, por un lado, la incursión de agua subsuperficial de menor contenido salino y, por otra parte, la presencia del movimiento con dirección norte. Así mismo, la descripción que hacen las isolíneas - a manera de núcleos, entre la superficie y los primeros 200 m (Fig. 5 y 6) denotan la existencia y generación de procesos turbulentos sobre el talud y parte de la plataforma que conducen a la mezcla entre los diferentes estratos de la columna de agua.



23

Figura 5. Secciones verticales de la salinidad en los transectos A - D.



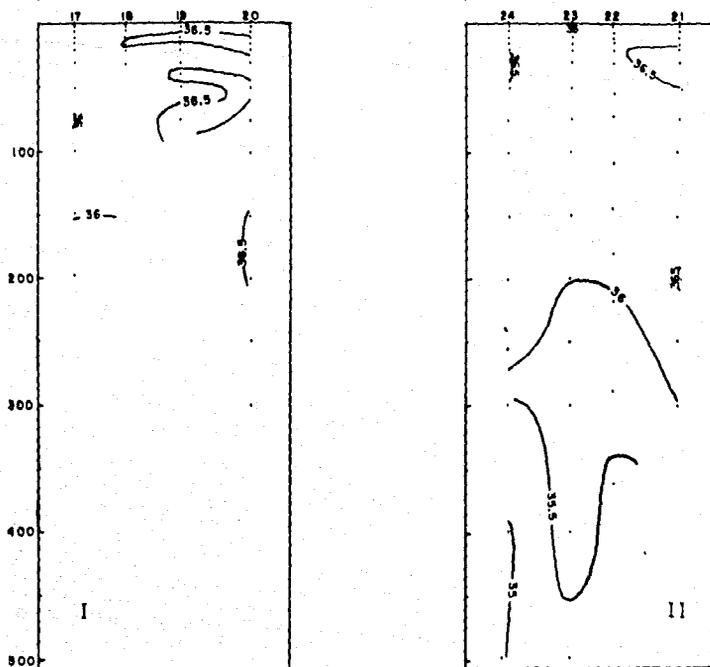
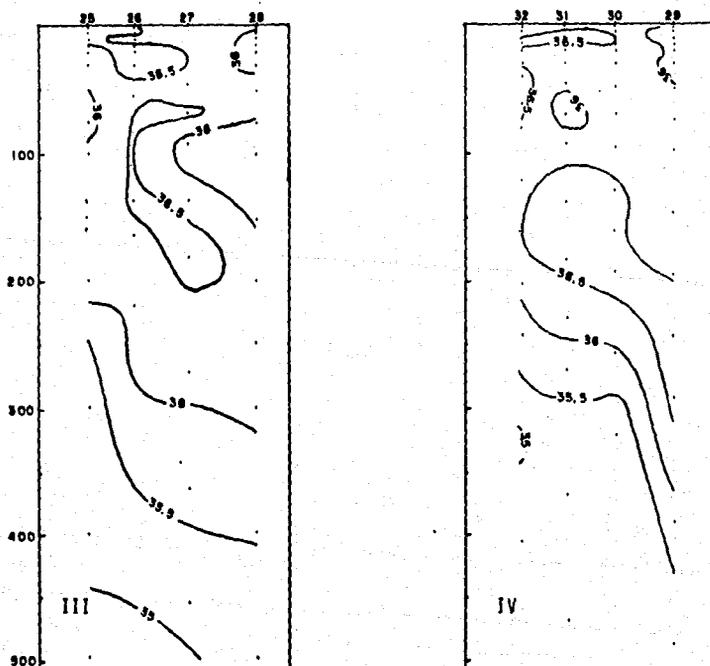


Figura 6. Secciones verticales de la salinidad en los transectos I - IV.



OXIGENO DISUELTO

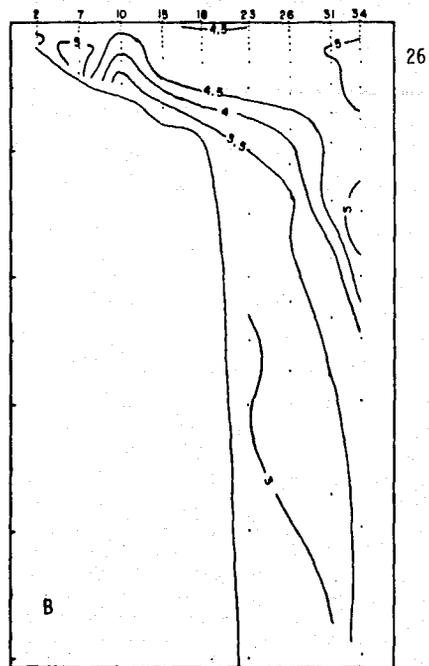
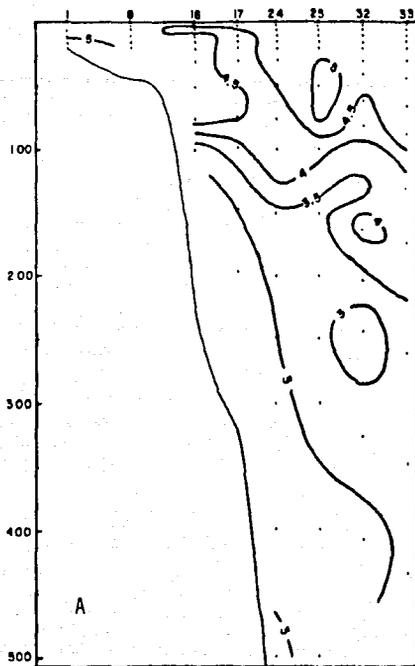
Las isolíneas de oxígeno disuelto indican un contenido de 5.0 a 3.0 m /l entre la superficie y los primeros 500 m , respectivamente (Fig. 7 trans. A - D).

No obstante que en gran parte de la plataforma se registran altas concentraciones de oxígeno disuelto (> 5.0 ml/l), en la porción central se detecta cerca del fondo hasta 3.5 ml/l (Fig. 7 trans. B) ; sitio en el que las isolíneas señalan la formación de un domo con menor contenido de oxígeno, ubicado alrededor de la estación 10 y que se asocia con el descrito anteriormente para la temperatura.

La disposición de las isolíneas cercanas al talud muestran la inclinación antes mencionada para la temperatura y la salinidad, denotando la incursión hacia la plataforma de agua subsuperficial de menor contenido de oxígeno disuelto, así como la presencia del movimiento con dirección norte.

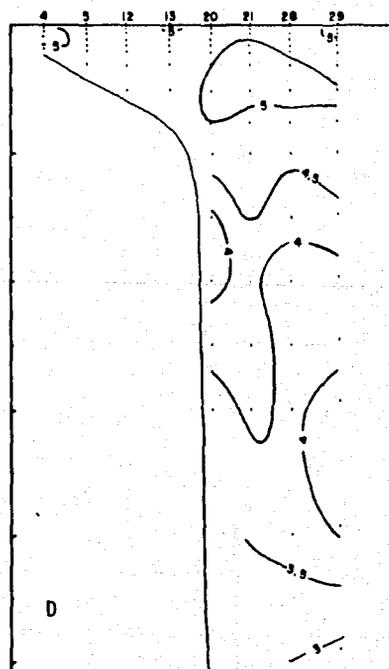
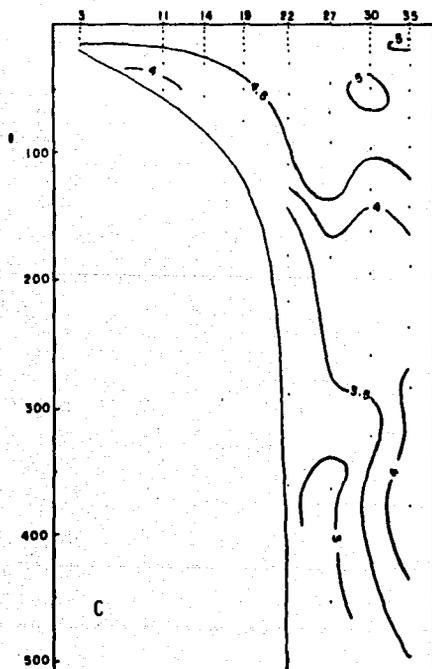
UTILIZACION APARENTE DEL OXIGENO

La estructura de la columna de agua en función de este parámetro, indica que en las porciones oriental y occidental, en la plataforma y principalmente hacia las aguas abiertas, la capa de producción de oxígeno (de -0.5 a 0.0 ml/l) (valores negativos) es más amplia y profunda, observándola inclusive hasta los 100 m (Figs. 8 trans. A y D y 9 trans. I - IV). Por el contrario, en la parte central del área de estudio, las zonas de producción son



26

Figura 7. Secciones verticales del oxígeno disuelto en los transectos A - D (ml/l).



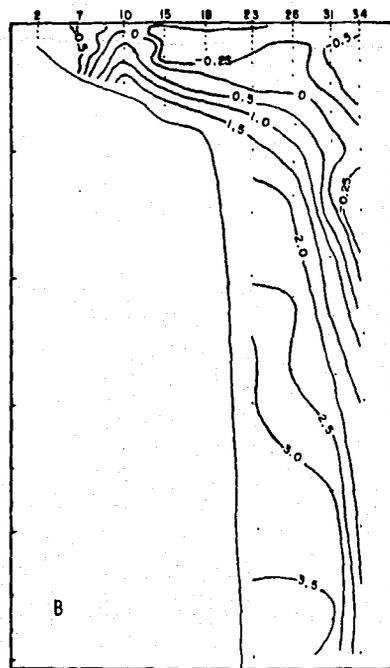
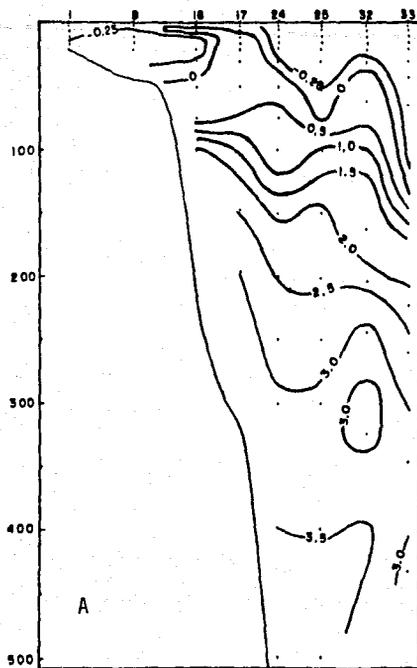
menos profundas y a la vez van siendo reemplazadas cerca del fondo por agua subsuperficial que presenta consumo de oxígeno (de 0.0 a 1.5 ml/l)(valores positivos), ubicándose inclusive cerca de la costa y sobre el fondo. En su curso hacia la plataforma propician también la formación de un domo similar al del oxígeno disuelto (Fig. 7 trans. b y Fig. 8 trans. B y C).

En la región occidental y a profundidades mayores de 350 m , la U.A.O. revela un mayor consumo de oxígeno (con 3.5 ml/l) respecto del registrado y esquematizado en los diagramas para el oxígeno disuelto (con 3.0 ml/l) (Fig. 8 trans. A y B vs Fig. 7 trans. A y B).

Así mismo, la inclinación que describen las isolíneas en las secciones verticales (Fig. 8 trans. A - D), señala la incursión sobre la plataforma de agua subsuperficial con mayor consumo de O_2 (0.0 a 1.5 ml/l). En particular, este parámetro también refleja - a través de la disposición de las isolíneas - la presencia del giro anticiclónico entre las estaciones 27, 30, 31 y 34(Fig. 9 trans. II - IV), observando en los alrededores del giro agua con un mayor consumo de oxígeno y hacia el centro, aguas oxigenadas provenientes de la capa superficial.

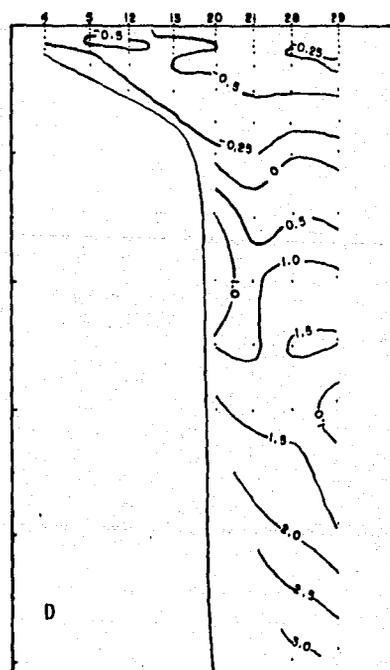
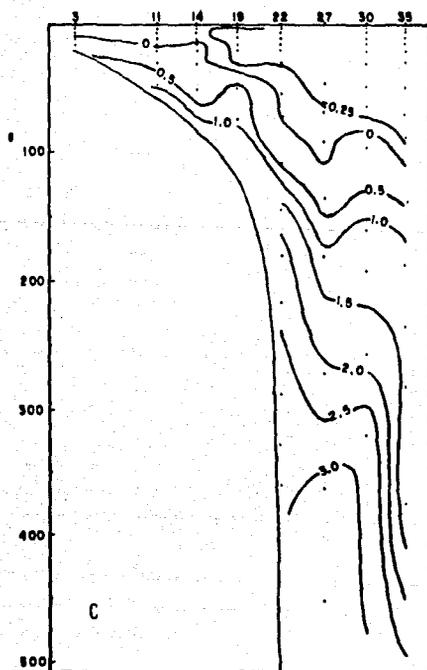
NUTRIENTES

La distribución de los nitratos y ortofosfatos muestran una tendencia similar, aunque con pequeñas variaciones. La estructura de las aguas abiertas entre la superficie y los



28

Figura 8. Secciones verticales de la utilización aparente del oxígeno en los transectos A - D (m/l/).



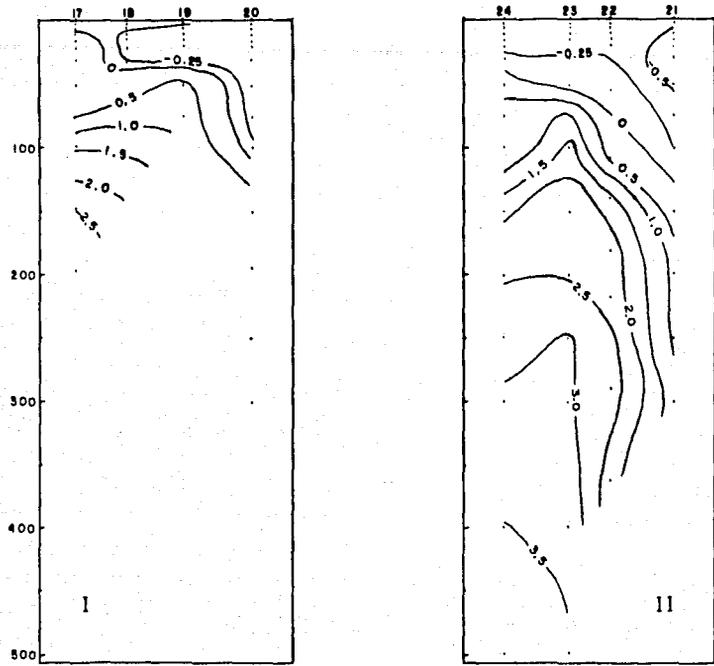
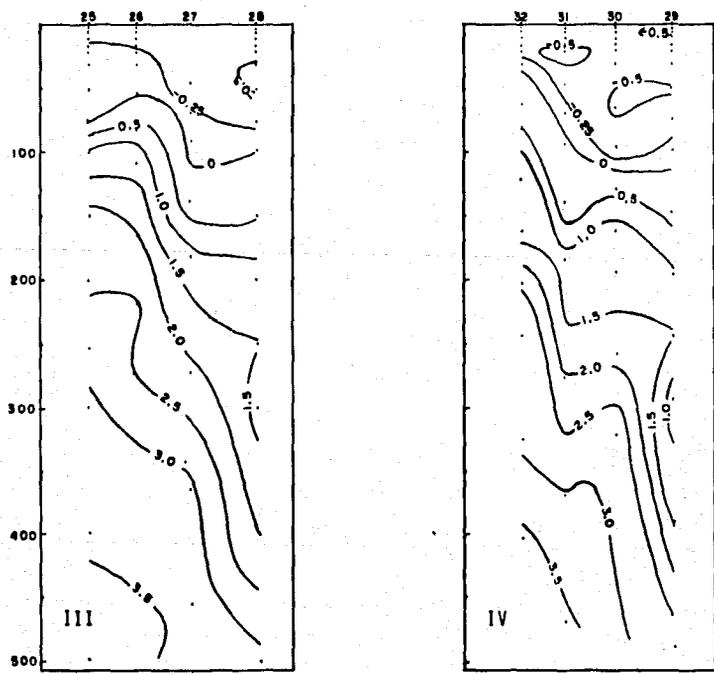


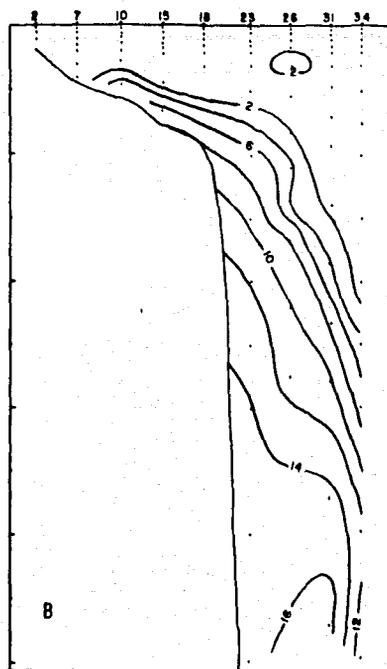
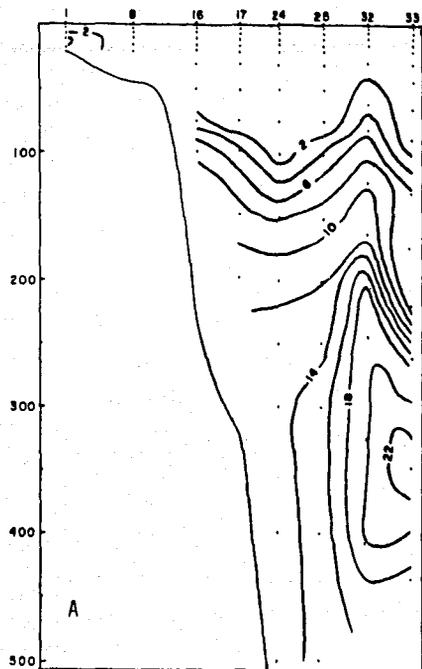
Figura 9. Secciones verticales de la utilización aparente del oxígeno en los transectos I - IV (ml/l).



primeros 100 - 150 m, denota bajas concentraciones para ambos : nitratos < 2.0 ug-at-N-NO₃/l ; ortofosfatos < 0.2 ug-at-P-PO₄/l . Después de estas profundidades se van incrementando paulatinamente, registrando a los 500 m 22.0 y 2.4 ug-at /l de nitratos y ortofosfatos respectivamente. Los máximos de éste último tienden a presentarse cerca del talud (Figs. 10 y 12 A-D ; 11 y 13 I-IV).

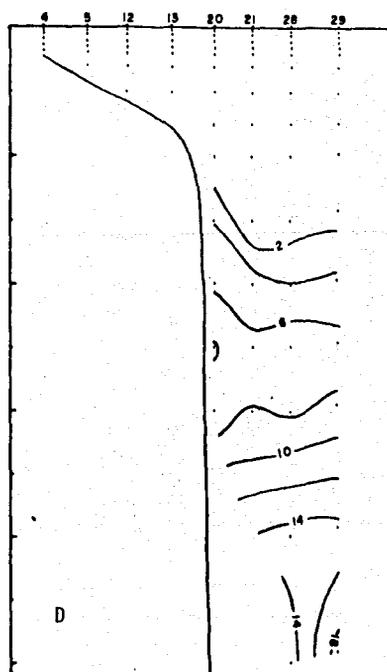
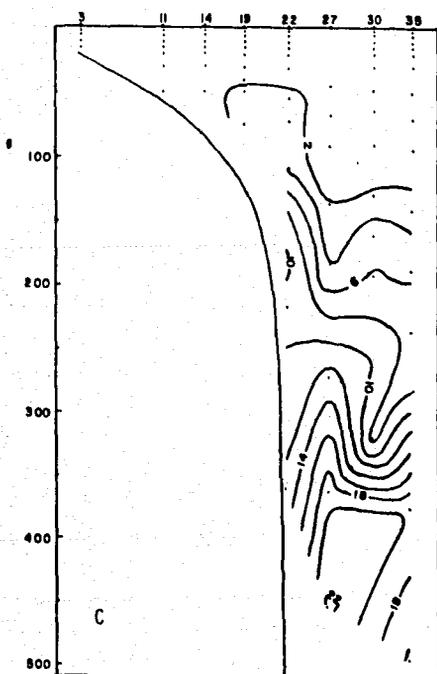
En las aguas sobre la plataforma, las concentraciones son bajas y de igual valor al de las aguas abiertas; sin embargo, se localizan pequeños incrementos cercanos a la costa : 4.0 ug-at-N-NO₃/l frente a Progreso, Yuc. (Est. 1 Fig. 10 A) y 0.4 ug-at-P-PO₄/l frente a la zona de Rio Lagartos, Yuc. (Est. 4 Fig. 12 D). Así mismo, sobre la porción central se detecta un domo alrededor de las estaciones 10, 15 y 18, con 2.0 - 8.0 ug-at-N-NO₃/l y 0.2 - 0.8 ug-at-P-PO₄/l , comprendido entre los 50 y 75 m de profundidad (Figs. 10 B y 12 B); propiciado por la incursión de agua subsuperficial con mayor contenido de nutrientes y que se refleja en particular por la inclinación que describen las isolíneas sobre el talud.

La distribución de los nutrientes indica también la existencia del giro anticiclónico, observándose menor concentración de estos hacia el centro y mayor en la periferia (est. 27 Figs. 10 y 12 C ; est. 31 Figs. 11 y 13 IV).



31

Figura 10. Secciones verticales de nitratos en los transectos A - D
(ug-at N-NO₃/l).



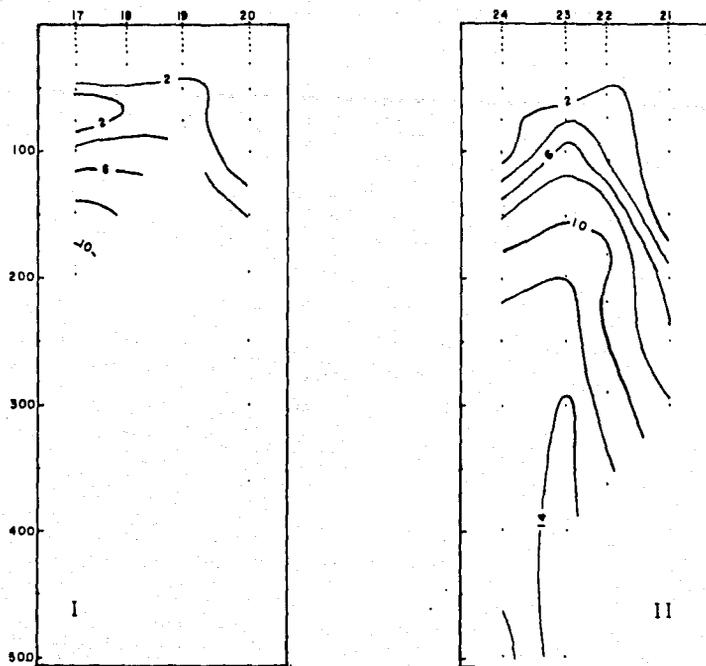
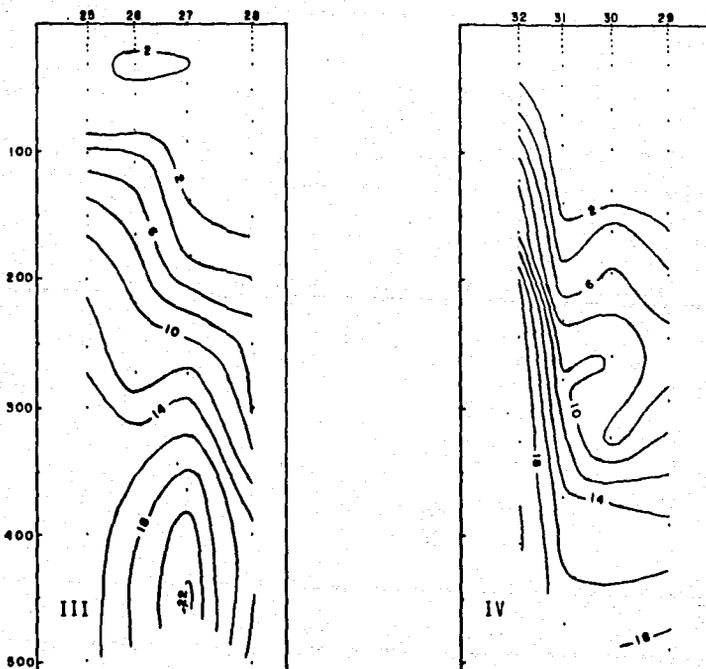
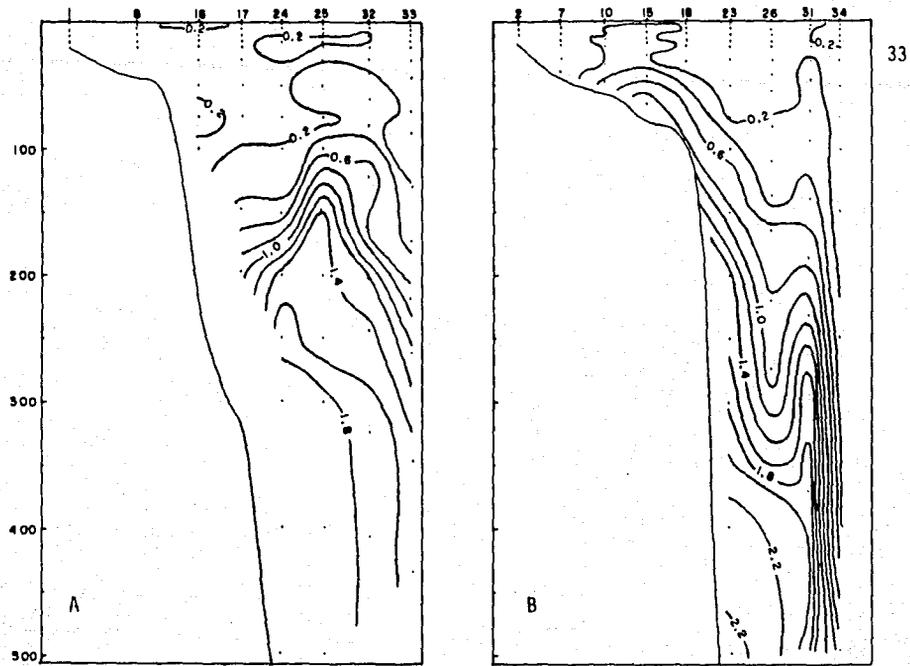


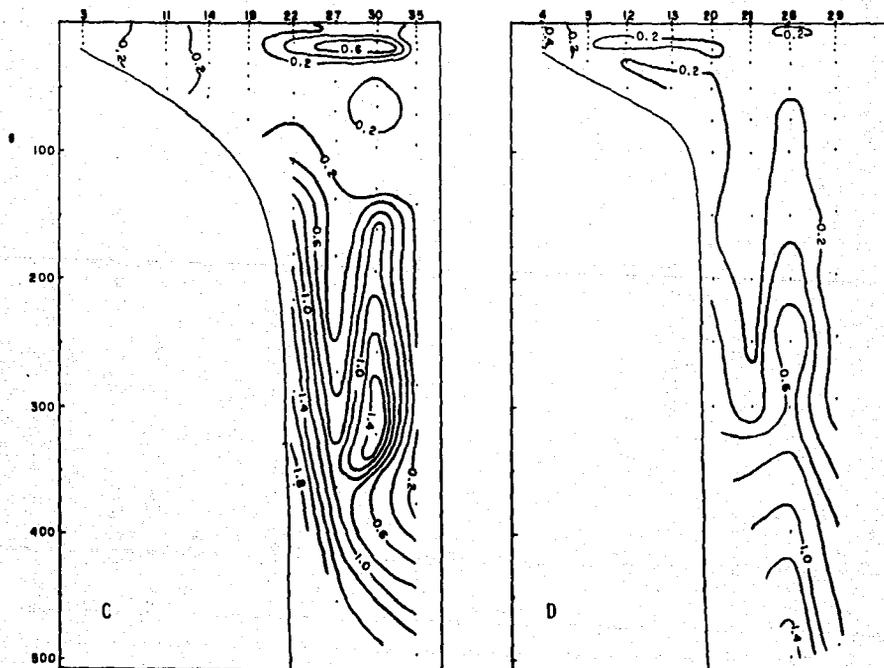
Figura 11. Secciones verticales de nitratos en los transectos I - IV ($\mu\text{g-at N-NO}_3/\text{l}$).





33

Figura 12. Secciones verticales de ortofosfatos en los transectos A - D
($\mu\text{g-at P-PO}_4/\text{l}$).



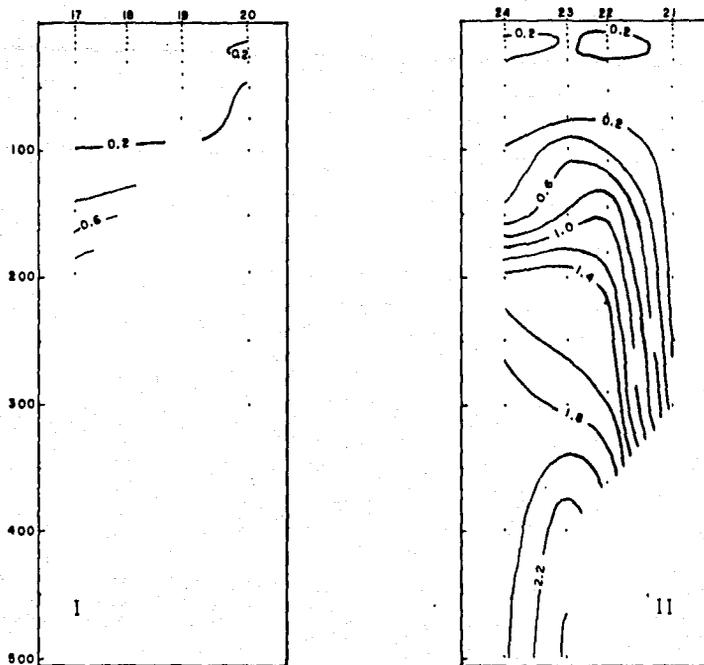
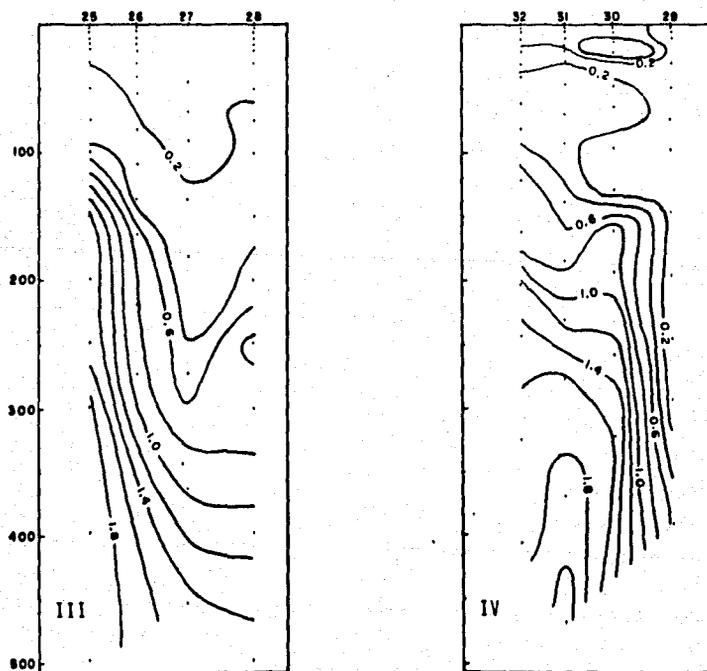


Figura 13. Secciones verticales de ortofosfatos en los transectos I - IV ($\mu\text{g-at P-PO}_4/\text{l}$).

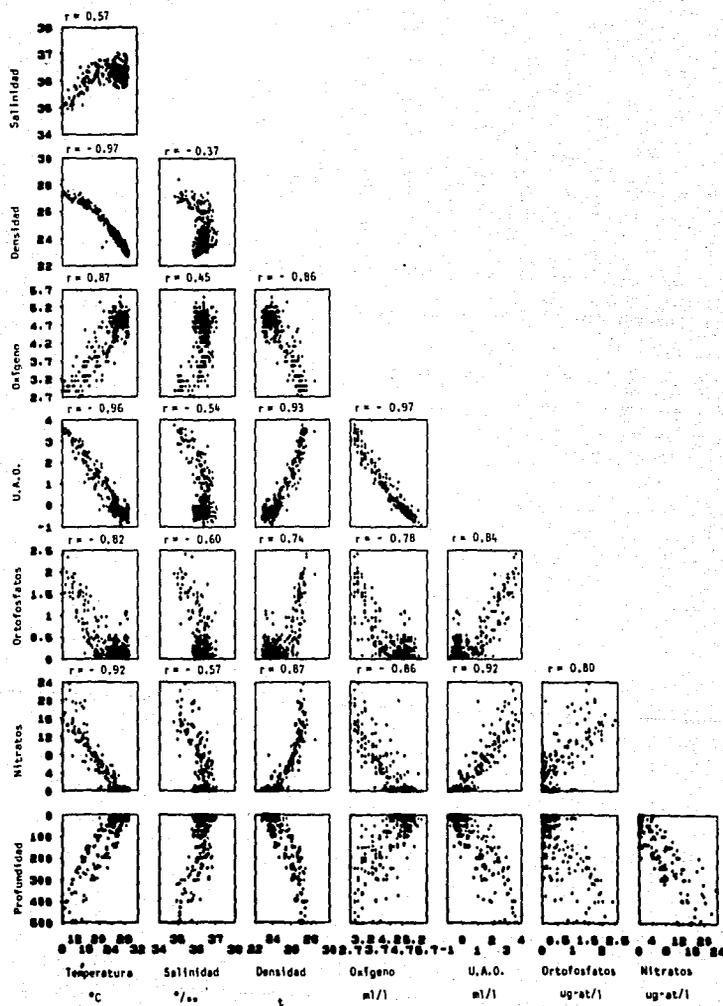


ASOCIACION ENTRE VARIABLES

En los diferentes diagramas de isolíneas de las variables incluídas en la sección de resultados, se observan comportamientos similares entre algunas de ellas, por lo que con el objeto de apreciar desde otro punto de vista dicha similitud, se presenta la figura 14 , que resume el análisis de correlación-de escalera (Chambers, et al, 1983) efectuado entre todas las variables, incluyendo a la densidad y que además esquematiza sus distribuciones con la profundidad.

De ésta, destacan las altas y significativas correlaciones entre la utilización aparente del oxígeno, la temperatura, la densidad, los nitratos y los ortofosfatos, corroborando el comportamiento antes mencionado. Se distingue por ejemplo, que las mayores concentraciones de nutrientes (22.0 y 2.4 ug-at de $N-NO_3/l$ y de $P-PO_4/l$ respectivamente) se agrupan donde la densidad es de $27.5 \sigma_t$ y el consumo de oxígeno (de la U.A.O.) es de 3.0 a 3.5 ml/l, ocurriendo esto entre los 400 - 500 m de profundidad. Así mismo, muestran que la relación entre las variables con los nutrientes, es más consistente con los nitratos y en menor grado con los ortofosfatos.

Figura 14. Diagrama de multicorrelación que muestra la asociación entre variables. Se indican los coeficientes de correlación.



FITOPLANCTON

En la distribución espacial, la densidad fitoplanctónica describe un comportamiento similar entre los 2 - 50 m de profundidad, variando en el número de células/litro. Así, a 2 y 10 m las mayores densidades se registran sobre la costa - en la estación 4 , frente a la región de Río Lagartos, Yuc. - Cabo Catoche, Q. Roo. (Fig. 15 a y b) con 180 y 100×10^3 cel/l, respectivamente; hacia las aguas abiertas, se aprecia una disminución hasta llegar a detectar 5×10^3 cel/l en la porción norte del área de estudio. A 30 y 50 m , las mayores densidades (20 y $60 - 80 \times 10^3$ cel/l, respectivamente) se ubican hacia la porción central y occidental (Fig. 16 a y b). En su distribución vertical, la densidad señala máximos en la superficie y sobre la costa, disminuyendo a los 10 y 30 m e incrementándose nuevamente a los 50 m de profundidad (Figs. 15 y 16).

En su composición se determinan 5 grupos, representados por : cianofitas (1 género), coccolitofóridos, silicoflagelados (2), dinoflagelados (20) y diatomeas (17 centrales y 19 pennales), así como grupos indeterminados. Totalizan 60 géneros, comprendidos en las estaciones y niveles que aparecen en la tabla II , donde también se indica la densidad (cel/l X 10^3) y la abundancia relativa (%) de cada género.

Respecto a su abundancia relativa (Tabla III), tan sólo 11 de los 60 géneros determinados expresan el 95.3 % del total, agrupados en orden decreciente por : Nitzschia sp (54.3 %), Leptocylindrus sp (11.5), Rhizozolenia sp (6.3), Chaetoceros sp (5.5), Skeletonema sp (4.4), Gymnodinium sp (4.0), Navicula sp (3.2), Amphidinium sp (1.9), Oxytosum sp (1.9), Peridinium sp (1.2) y Thalassiotrix sp (1.0).

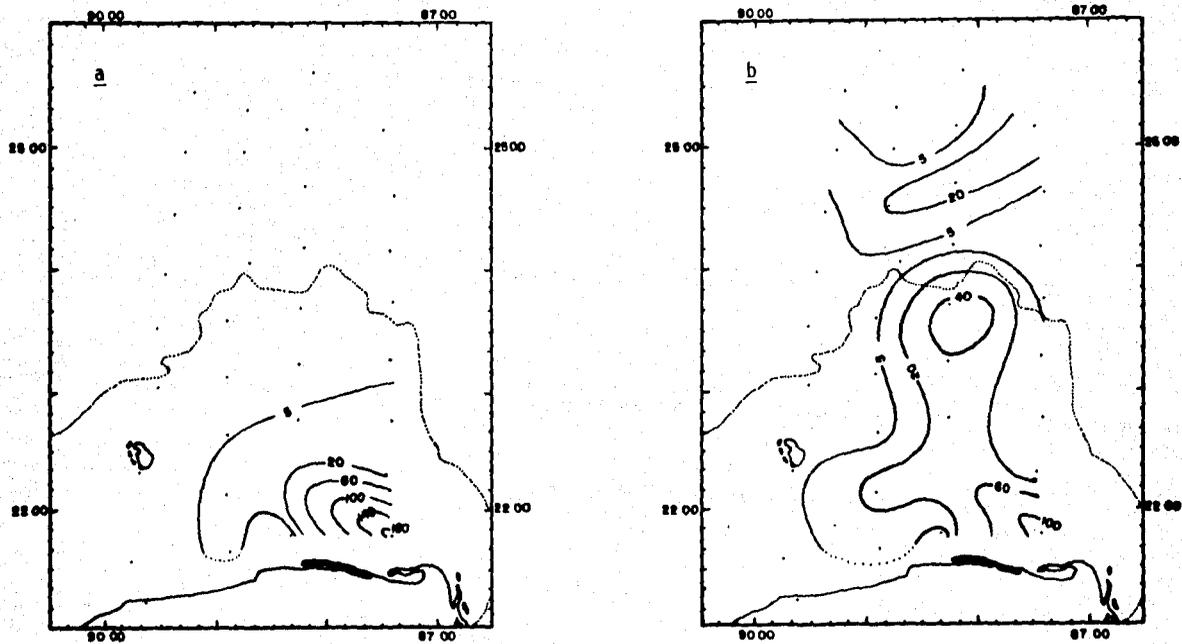


Figura 15. Distribución horizontal de la densidad fitoplanctónica a 2 (a) y 10 m (b) ($\text{cel/l} \times 10^3$).

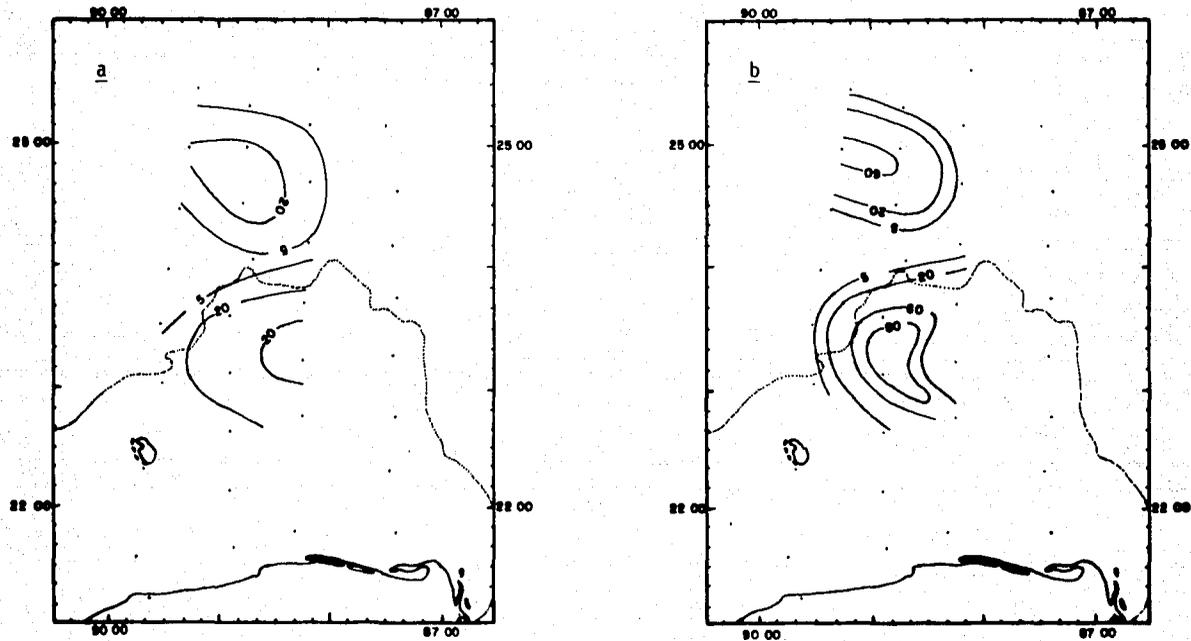


Figura 16. Distribución horizontal de la densidad fitoplanctónica a 30 (a) y 50 m (b) ($\text{cel}/1 \times 10^3$).

Tabla III. Relación de géneros que presentan mayor abundancia relativa en el área de estudio.

<u>Géneros</u>	<u>Grupo</u>	Abundancia relativa
<u>Nitzschia sp.</u>	(diatomea pennal)	54.29
<u>Leptocylindrus sp.</u>	(diatomea central)	11.55
<u>Rhizozolenia sp.</u>	(diatomea central)	6.34
<u>Chaetoceros sp.</u>	(diatomea central)	5.49
<u>Skeletonema sp.</u>	(diatomea central)	4.42
<u>Gymnodinium sp.</u>	(dinoflagelado)	3.96
<u>Navicula sp.</u>	(diatomea pennal)	3.16
<u>Amphidinium sp.</u>	(dinoflagelado)	1.93
<u>Oxytosum sp.</u>	(dinoflagelado)	1.92
<u>Peridinium sp.</u>	(dinoflagelado)	1.19
<u>Thalassiothrix sp.</u>	(diatomea pennal)	1.04
	parcial	95.29 %

Cabe mencionar, que las diatomeas pennales y centrales dominan en cuanto al número de células/litro en aquellas estaciones donde se presentan los máximos; así por ejemplo, en los tres niveles de la estación 4 donde hay 346×10^3 cel/l, aparecen en orden decreciente : Nitzschia sp, Chaetoceros sp, Skeletonema sp, Rhizozolenia sp y Navicula sp; en la estación 15 con 127×10^3 cel/l se encuentran : Nitzschia sp, Leptocylindrus sp y Rhizozolenia sp; en la estación 11 con 119×10^3 cel/l, domina Nitzschia sp y así en forma similar para las demás estaciones que se indican en la tabla IV , en la cual se listan 10 de las estaciones con mayor densidad de fitoplanctones.

Por último, la tabla V muestra la relación de presencia - ausencia de cada uno de los géneros determinados para los niveles de las estaciones muestreadas (94 puntos). En ésta, aparece nuevamente Nitzschia sp, presente en el 92 % ; Navicula sp, en un 90 % ; Gymnodinium sp, en 89 % ; Oxytosum sp, con 86 % ; Amphidinium sp, en 82 % ; Peridinium sp, en un 68 % ; Rhizozolenia sp, con 48 % ; Chaetoceros sp, en 39 % ; Gyrodinium sp, en un 38 % ; Ceratium sp, con 33 % y varios más pero en menores porcentajes.

Tabla IV . Listado de las 10 estaciones con la mayor densidad fitoplanctónica. Se indican las densidades totales por estación y el porcentaje que representan los géneros dominantes.

<u>Estación</u>	<u>Densidad</u> (cel/1 X 10 ³)	<u>Géneros más abundantes</u>
4	346.8	<u>Nitzschia sp.</u> (55 %), <u>Chaetoceros sp.</u> (16 %), <u>Skeletonema sp.</u> (15 %), <u>Rhizozolenia sp.</u> (5 %), <u>Navicula sp.</u> (2 %).
15	127.04	<u>Nitzschia sp.</u> (46), <u>Leptocylindrus sp.</u> (41), <u>Rhizozolenia sp.</u> (8).
11	119.04	<u>Nitzschia sp.</u> (82), <u>Navicula sp.</u> (3), <u>Gymnodinium sp.</u> (2), <u>Thalassiothrix sp.</u> (2), <u>Chaetoceros sp.</u> (1.6).
19	114.08	<u>Nitzschia sp.</u> (84), <u>Rhizozolenia sp.</u> (3), <u>Asterionella sp.</u> (2.3), <u>Chaetoceros sp.</u> (1.7).
32	101.96	<u>Leptocylindrus sp.</u> (65), <u>Nitzschia sp.</u> (12), <u>Rhizozolenia sp.</u> (10), <u>Gymnodinium sp.</u> (2.6), <u>Chaetoceros sp.</u> (2.4).
26	74.52	<u>Nitzschia sp.</u> (36), <u>Leptocylindrus sp.</u> (33), <u>Rhizozolenia sp.</u> (17), <u>Oxytosum sp.</u> (2.8), <u>Chaetoceros sp.</u> (2.6).
14	59.44	<u>Nitzschia sp.</u> (76), <u>Amphidinium sp.</u> (5.3), <u>Gymnodinium sp.</u> (4), <u>Peridinium sp.</u> (2.3), <u>Rhizozolenia sp.</u> (2).
29	50.88	<u>Nitzschia sp.</u> (84), <u>Amphidinium sp.</u> (2.2), <u>Parahistoneis sp.</u> (2.1), <u>Navicula sp.</u> (2), <u>Rhizozolenia sp.</u> (1.9).
7	40.92	<u>Nitzschia sp.</u> (67), <u>Rhizozolenia sp.</u> (16), <u>Gymnodinium sp.</u> (5), <u>Amphidinium sp.</u> (2.8), <u>Chaetoceros sp.</u> (2.5).
2	33.68	<u>Nitzschia sp.</u> (45), <u>Navicula sp.</u> (7), <u>Rhizozolenia sp.</u> (6), <u>Gymnodinium sp.</u> (5.8), <u>Chaetoceros sp.</u> (4.9), <u>Peridinium sp.</u> (4).

Tabla V . Presencia - ausencia de géneros fitoplanctónicos en los niveles y estaciones de muestreo de la zona de estudio.

GÉNEROS / ESTACIONES	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	7.00	8.00	10.00	11.00	12.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00	31.00	32.00	33.00	34.00	35.00	PORCENTAJE			
CILINDRITAS																																				
Trichosolenia sp.	x	x					xx		xx								x																		9.60	
ELLIPSOCLADUS																																				
Dicliocha sp.												xx					xxx																		10.60	
Distaplia sp.												x																							1.20	
COCOLITOPOROIDES																																			2.10	
DINOFITAS																																				
Ambisolenia sp.	x	x	xxx		x	xxx	x	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	60.60																							
Ambisolenia sp.																																			1.10	
Ceratium sp.																																			5.40	
Ceratium sp.																																			13.00	
Cyclodopsia sp.																																			5.30	
Diaparsia sp.	xx	x																																	33.00	
Exuvia sp.																																			2.10	
Gonyaulax sp.	x	x	xxx																																89.40	
Gyrodinium sp.																																			35.20	
Gyrodinium sp.	x	x																																	1.10	
Heterosira sp.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	86.20								
Paraheterosira sp.																																			3.20	
Peridinium sp.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	60.10								
Phaeocystis sp.																																				1.10
Pseudoisira sp.																																				26.60
Prorocentrum sp.																																				1.10
Prorocentrum sp.																																				26.50
Pyrodinium sp.																																				7.40
Spiridinium sp.																																				14.90
DIATOMAS																																				
CENTRALES																																				
Bacteriosira sp.																																				4.25
Biddulphia sp.																																				1.10
Ceratium sp.																																				1.10
Ceratium sp.	x	xxx		xxx	x	xxx	x		xx			x	xxx	x		xxx	x								xxx		x	xxx							39.40	
Ceratium sp.																																				4.20
Cocconeis sp.																																				1.10
Cocconeis sp.	x	xxx		xxx	x	xxx	x		xxx	xx			x	xxx	x																					21.30
Cyclotella sp.																																				1.10
Ditylis sp.																																				5.30
Heterosira sp.																																				12.80
Leptocylindrus sp.																																				21.30
Mastixia sp.																																				5.30
Pleurosigma sp.																																				1.10
Rhizosolenia sp.	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	66.90							
Stenohalysia sp.																																				1.10
Thalassiosira sp.																																				17.00
Thalassiosira sp.																																				11.70
DIATOMAS																																				
PERIALES																																				
Amplicera sp.																																				1.10
Amplicera sp.																																				20.20
Asterionella sp.																																				1.10
Campylira sp.																																				4.40
Climacomonas sp.																																				10.60
Cocconeis sp.																																				8.50
Diplonina sp.																																				10.60
Fragilaria sp.																																				11.70
Gracilariopsis sp.																																				7.40
Licanthesira sp.																																				20.20
Mastixia sp.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	80.40								
Mastixia sp.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	92.50							
Plagiogramma sp.																																				6.20
Plagiogramma sp.																																				1.10
Striatella sp.																																				1.10
Synedra sp.																																				20.20
Thalassiosira sp.																																				27.70
Thalassiosira sp.																																				3.20
INDENTIFICADOS																																				3.20

* estaciones con niveles de 2, 5 y 10 m

+ estaciones con niveles de 10, 30 y 50 m

DISCUSION

El agua superficial con temperaturas entre 28 - 29°C es común de registrarse en el Golfo de México, principalmente durante los inicios del verano, debido a que sus aguas continúan aún en proceso de calentamiento; así mismo, éstas llegan a detectarse con más regularidad hacia la porción oriental sobre el Canal de Yucatán debido a que se advectan con la Corriente de Yucatán (C.Y.) aguas provenientes del Mar Caribe que contienen > de 29°C (Nowlin, Jr., 1972; Nowlin, Jr. y Hubertz, 1972; Maul, 1977) ; sin embargo, la presencia de agua fría superficial (< de 26°C) sólo puede ser explicada mediante el aporte de agua subsuperficial derivada de la C.Y. y traída hacia la superficie a través de los afloramientos (Briantsev y Gómez, 1972; Molinari y Cochrane, 1972; Maul, 1977; Ruiz, 1979), los cuales son más evidentes sobre el borde de la plataforma continental de Yucatán en sus porciones este y norte, incursionando hacia ésta y distribuyéndose principalmente sobre el margen costero.

En particular, Ruiz(1979) menciona que durante la época del afloramiento intenso (primavera - verano) siempre se presenta un substrato frío sobre la plataforma continental de Yucatán, mantenido por los aportes de agua fría subsuperficial provenientes de la C.Y.; estos aportes llegan a demarcar 2 grandes zonas de influencia de bajas temperaturas : una franja costera que va desde Cabo Catoche, Q.Roo., hasta Progreso, Yuc. ; y otra mayor que se extiende en dirección NW sobre la plataforma a partir de Cabo Catoche, Q.Roo.. Así mismo, hace la observación que durante el verano, en la superficie y en aguas costeras la temperatura oscila entre 26 y 25°C.

Conviene señalar que el hecho de que las menores temperaturas costeras se registren sobre el extremo occidental y no sobre la parte oriental, puede tener tres explicaciones : primero, nunca se alcanzó a muestrear hasta el fondo, donde recientemente se han detectado aguas frías (< de 20°C) a menos de 1 m (Gallegos, comunicación personal); segundo, la topografía frente a la costa se hace más somera hacia Progreso, Yuc., permitiendo que el agua fría advectada se distribuya más espaciadamente en la columna de agua; y tercero, cabría la posibilidad de la generación de los mecanismos de surgencia descritos por Ruiz(1979) para esta zona, donde se registra un fuerte gradiente vertical entre la superficie y el fondo (ubicado a 10 m de profundidad).

La marcada inclinación de las isolíneas sobre el talud (tanto de temperatura como de las demás variables) denotan, por un lado, la incursión de agua subsuperficial hacia la plataforma (afloramientos) propiciando en su curso la formación de domos, por otra parte, esta inclinación señala en particular la existencia de un flujo de agua con dirección noroeste, que en este caso se refiere a la Corriente de Yucatán.

En este sentido, la figura 17 esquematiza las topografías de 25 y 23°C, calculadas por estar ampliamente representadas en la red de estaciones y que se emplean para ubicar y visualizar (a manera de aproximación) el flujo y dirección de la C.Y. (Maul, 1977); en ellas se distingue una estrecha asociación con parte del talud, ubicándose principalmente entre los 80 - 220 m de profundidad y describiendo una trayectoria NNW desde los 23°40' N y 87°20' W hasta los 25°N y 89°W , cambiando posteriormente a una dirección N hasta los 25°30' N. Al respecto, López, *et al.*, (1986) reportan para este muestreo que la C.Y. se detectó sobre el talud con velocidades del orden de los 120 - 160 cm/seg. y

transportes entre $14 - 20 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg.}$ (referidos a los 500 m de profundidad), con una orientación de 310° con respecto al norte geográfico. De esta manera, la C.Y. denota una posición más hacia el oeste de lo que se le ha reportado para esta época. (Maul, 1977).

Normalmente, durante la primavera y los inicios del verano la Corriente de Yucatán se intensifica y es cuando su núcleo llega a alcanzar su posición más occidental, localizándose inclusive sobre el talud. Los datos y observaciones obtenidos durante el muestreo, sugieren una intensificación en el campo de velocidad y transporte y cuyas posibles causas se deban en gran parte a las alteraciones provocadas por el fenómeno de "El Niño-Oscilación del Sur 1982-1983" (ENSO), registrado como el más intenso y prolongado de este siglo. No obstante que su mayor impacto es en la región del Pacífico, el ENSO 1982-83 también tuvo repercusiones climáticas en la región del Atlántico (TOAN, 1984; Gray, 1985). Al respecto, durante los años Niño se ha detectado una atenuación en el patrón de vientos del este (generadores de huracanes) y una correspondiente intensificación de los del oeste (disminuyendo el número de huracanes en la región del Atlántico); sin embargo, durante los años post-Niños los vientos del este vuelven a presentarse, pero con una mayor intensidad, provocando a la vez mayor inercia en las corrientes marinas que tienen dirección este-oeste y que se presentan en los océanos ecuatoriales y tropicales (Flohn, 1985; Gray, 1985). Debido a esto, es factible que en la zona del Caribe las corrientes se hayan intensificado, produciendo a la vez una aceleración en la misma Corriente de Yucatán.

Por otra parte, el hecho de que las isotermas de 25 (principalmente) y 23°C se detectan en gran parte de la plataforma, sugieren la presencia de aguas derivadas de la C.Y.; así

mismo, su distribución entre los 5 y 20 m de profundidad cerca de la línea de costa, corroboran la existencia de la franja fría costera mencionada anteriormente.

Cochrane(1972), Nowlin, Jr. y Hubertz(1972) y Maul(1977), entre otros, han observado que el núcleo de la C.Y. se encuentra asociado a la isoterma de 22°C y a las profundidades donde se registran sus mayores pendientes. En este sentido, la tabla VI , muestra las pendientes calculadas para las isotermas comprendidas entre los 18 y 24°C, agrupándose los máximos (1.47-1.72 en promedio) en el intervalo de los 100 - 250 m de profundidad alrededor de las estaciones 22, 26, 27, 31 y 32 y en menor grado entre la 19, 20, 21 y 23 (ver Figs. 3 y 4) y que en conjunto se ubican sobre la trayectoria NNW observada para la C.Y.

En este punto, es conveniente mencionar que debido a que no se muestreó sobre la región del Canal de Yucatán no es posible precisar la posición del núcleo de la corriente; sin embargo, permite inferir la influencia de su porción más occidental sobre la zona del talud y parte de la plataforma continental de Yucatán, lugar donde se genera el mayor intercambio entre las Aguas Residentes del Golfo con las aportadas por la C.Y. : Agua Subtropical Subsuperficial y parte de las Aguas Intermedias del Antártico ; esta situación se evidencia por la menor estabilidad termohalina reflejada en los núcleos y remolinos que se muestran en los diagramas de isolíneas (ver Figs. 5 y 6) y que son el resultado de los procesos de mezcla que se producen en parte por la influencia topográfica y por la inestabilidad entre capas con diferencias en sus propiedades físicas (Molinari y Cochrane, 1971; y Maul, 1977). El producto de este intercambio, que aunado a lo somero de la plataforma, conduce a la modificación de las ya existentes o a la creación de nuevas masas

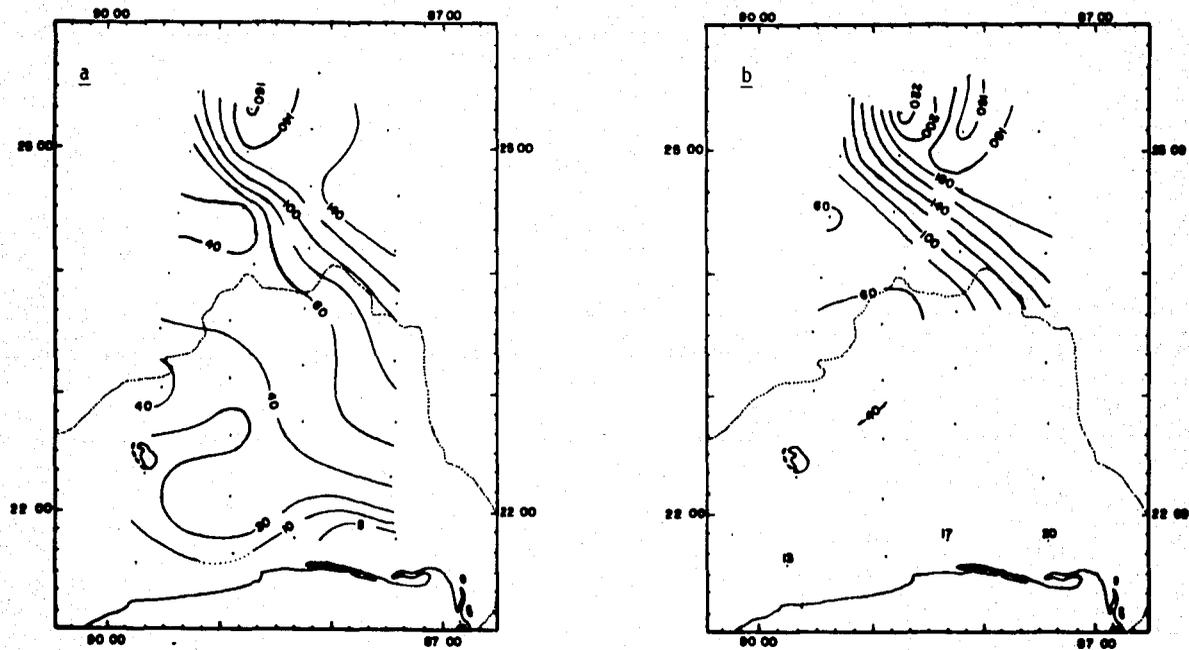


Figura 17. Topografía de las isotermas de 25 y 23 °C (a y b respectivamente), que indican el flujo geostrofico en forma aproximada.

Tabla VI . Relación de pendientes calculadas para las isotermas de 18 - 24 °C en los grupos de estaciones y profundidades donde se observan las mayores inclinaciones de las isofleas.

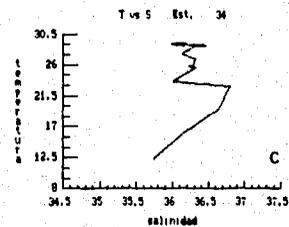
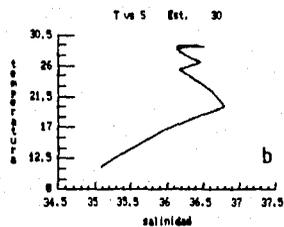
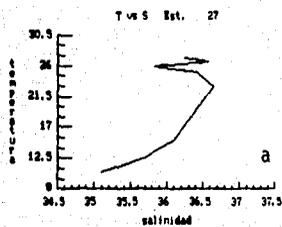
Grupos de estaciones	I S O T E R M A S (° C)						Intervalo de profundidad
	18	20	21	22	23	24	
	pendientes X 10 ⁻³ .						
19 - 20	-	-	-	-	-	0.87	50 - 150 (m)
20 - 21	-	-	-	0.31	0.74	0.79	100 - 200
21 - 22	1.50	1.10	-	0.88	0.80	0.78	100 - 260
22 - 23	0.64	0.75	0.71	0.85	0.81	0.78	50 - 160
26 - 27	2.20	1.70	2.28	2.70	3.00	3.30	100 - 250
26 - 31	2.00	1.90	1.90	1.70	1.70	1.50	100 - 250
27 - 22	1.40	1.40	1.40	1.30	1.30	1.10	100 - 250
31 - 32	1.60	1.70	1.90	2.10	2.70	3.40	100 - 250
31 - 34	2.70	2.00	2.00	1.90	1.70	0.81	150 - 350
promedios	1.72	1.51	1.70	1.47	1.59	1.48	

de agua, las cuales bañan a la plataforma continental de Yucatán y que Wenekens, 1959 (en Nowlin, Jr., 1972) denomina Agua de Yucatán.

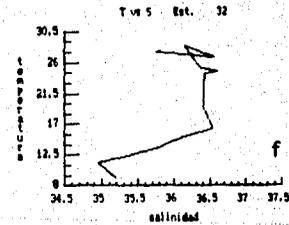
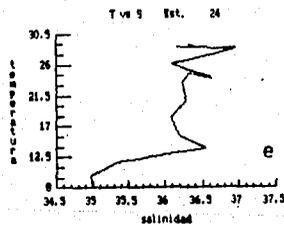
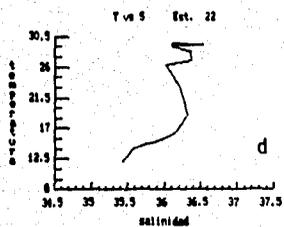
Los diagramas T-S para las estaciones asociadas al talud y de aguas abiertas (Fig. 18), ilustran la estructura termohalina de estas zonas, señalando una atenuación en la temperatura y principalmente en la salinidad con respecto de las que caracterizan al núcleo de la C.Y. (Fig. 19), lo cual permite confirmar la presencia de aguas modificadas en la mayor parte del área de estudio; no obstante, se logran distinguir 3 regiones : a) sobre el talud y al este del mismo, se asocian las del tipo Aguas Modificadas de la Corriente de Lazo (25-27 °C, 36.25-36.60 ‰ y $24.3 \sigma_t$); b) al oeste de los 88°30' y sobre la plataforma continental, se encuentran ampliamente distribuidas el tipo de aguas modificadas de la Corriente de Yucatán y que se denominan propiamente Aguas de Yucatán (21-24 °C, 36.25-36.50 ‰ y $25.2 \sigma_t$); c) hacia la porción noroccidental del área de estudio y fuera del talud, se distinguen las del tipo Aguas Residentes del Golfo (19-21 °C, 36.10-36.40 ‰ y $24.7 \sigma_t$).

Basándose en los diagramas T-S de las estaciones 27, 30 y 34 (Fig. 18) y apoyado por la trayectoria de las superficies isotérmicas de 25 y 23°C sobre la zona del talud (Fig. 17), así como por el comportamiento de las isolíneas y los registros de temperatura en las secciones verticales (Figs. 3 y 4) y las correspondientes a la utilización aparente del oxígeno y nutrientes, se logra detectar la existencia de al menos una parte de un giro anticiclónico, centrado alrededor de los 25°N y 88°40' W, que se asocia estrechamente con el cambio de dirección que sufre la C.Y.. Su estructura termohalina es similar a la de las aguas modificadas de la Corriente de Lazo (Nowlin, Jr., 1972; Nowlin, Jr. y Hubertz, 1972;

Figura 18. Diagramas T-S para tipos de agua localizados en algunas estaciones fuera de la plataforma.



a, b y c - Aguas Modificadas de la Corriente de Lazo



d - Aguas de Yucatán

e y f - Aguas Residentes del Golfo

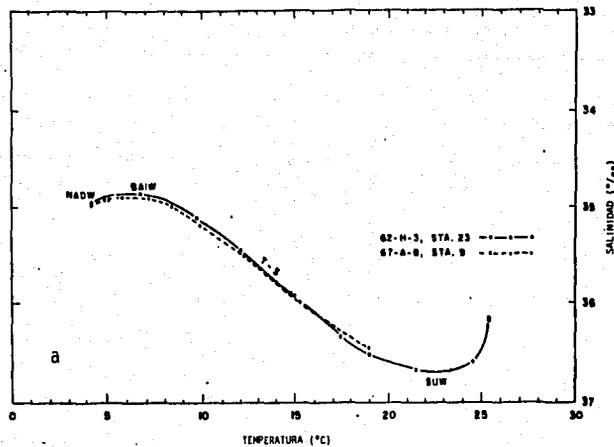
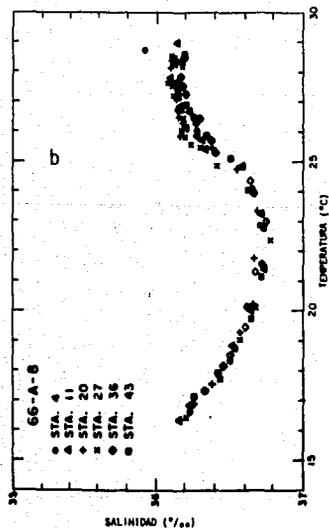
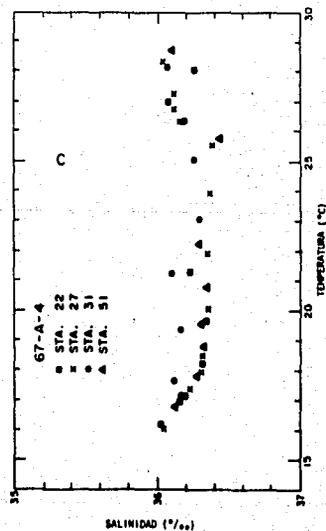


Figura 19. Diagramas T-S característicos de los tipos de masas de agua que ocurren en el este del Golfo de México y Corriente de Yucatán, empleados para comparar y definir la estructura termohalina del área de estudio (tomados de a- Paskausky y Nowlin, Jr., 1968 y b, c - de Nowlin, Jr. y Hubertz, 1972)



Aguas de la Corriente de Yucatán y de la Corriente de Lazo.



Aguas Residentes del Golfo

Morrison y Nowlin, Jr., 1977).

Respecto al oxígeno disuelto, las concentraciones observadas reflejan aguas bien oxigenadas, particularidad del Golfo de México y del Mar Caribe (El-Sayed, et al, 1972). En éstos, por los valores de temperatura y salinidad que se presentan, es normal encontrar registros cercanos a la saturación hasta los 200 m y en ocasiones sobresaturación entre los primeros 100 m , debido también a la actividad fotosintética y a lo profundo de la zona fótica, que es común en estos mares (El-Sayed, et al, 1972; Morrison y Nowlin, Jr., 1977). Esta situación se aprecia también por los resultados expuestos en la utilización aparente del oxígeno (U.A.O), donde se distingue la capa de producción en las aguas abiertas (con -0.5 a 0.0 ml/l) que abarca hasta los 200 m (Fig. 8 trans. B est. 34).

La disminución en la concentración de oxígeno se acentúa a mayores profundidades, donde conjuntamente la U.A.O. muestra un mayor consumo, resultado de la actividad respiratoria y de los procesos bioquímicos de reducción de la materia orgánica (Horne, 1969; Raymont, 1980; Mc Cormick, 1981).

En particular, para el Golfo de México y Mar Caribe se ha reportado una zona de "mínimo de oxígeno" que contiene 2.8 a 3.0 ml/l , localizada entre los 400 - 700 m de profundidad (Morrison y Nowlin, Jr., 1977). Esta capa subsuperficial manifiesta su influencia hacia las capas superficiales debido al afloramiento, en donde se detectan bajas concentraciones de oxígeno disuelto y aguas con un mayor consumo de O₂ (en base a la U.A.O. con más de 0.5 ml/l), llegando a incursionar sobre la plataforma hacia la costa (Figs. 7 y 8 respectivamente).

A profundidades mayores de 350 m , la concentración observada del oxígeno disuelto (3.0 ml/l) y la calculada para la U.A.O. (3.5 ml/l) acusan un excedente de 0.5 ml/l en el consumo de O_2 , que se evidencia aún más, sobre las aguas abiertas de la porción central y occidental del área de estudio. En particular, el hecho de que no se registren in situ menores concentraciones de oxígeno disuelto, se debe a que se establece un equilibrio por el intercambio que se sucita a estas profundidades con las Aguas Residentes del Golfo, las cuales contienen $>$ de 3.0 ml/l (Morrison y Nowlin, Jr., 1977).

La estructura de las aguas abiertas en función de los nutrientes, refleja la distribución que normalmente ocurre en los Mares Tropicales, es decir : bajas concentraciones en la superficie e incrementos hacia aguas profundas (Horne, 1969; Gulbrandsen y Roberson, 1973; Riley y Chester, 1979; Mc Cormick y Thiruvathukal, 1981). Sin embargo, las variaciones que aquí se observan se asocian estrechamente a la presencia de las masas de agua que se aportan con la C.Y. : Capa Superficial Mezclada y Agua Subtropical Subsuperficial (superficie y hasta los 250 - 300 m , respectivamente), caracterizadas por un bajo contenido de nutrientes ($<$ 2.0 ug-at-N- NO_3/l y $<$ 0.2 ug-at-P- PO_4/l) ; y parte de las Aguas Intermedias del Antártico, estrato en el que normalmente se registran las máximas concentraciones alrededor de los 1000 m de profundidad (26.0 ug-at-N- NO_3/l y 2.5 ug-at-P- PO_4/l) (Nowlin, Jr., 1971; El-Sayed, et al, 1972; Morrison y Nowlin, Jr., 1977).

Los pequeños incrementos localizados sobre la línea de costa, así como los que se detectan sobre la parte central de la plataforma y cerca del talud, denotan la influencia que ejercen las aguas subsuperficiales derivadas de estratos profundos de la C.Y. (800-

1200 m) que contienen una mayor carga de nutrientes y que son aportadas hacia la superficie debido a los afloramientos que se manifiestan durante esta época (Bogdanov, 1965; Briantsev y Gómez, 1972; Cochrane, 1972, Maul, 1977, De la Lanza, et al, 1976; Ruiz, 1979; Sturges y Evans, 1983; López, et al, 1986).

Esta mayor concentración se relaciona con los procesos de mineralización de la materia orgánica y más específicamente con el concepto de la preformación o reformación de los nutrientes, que ocurre para el Golfo de México y Mar Caribe entre los 900 - 1400 m de profundidad (Nowlin, Jr., 1972; El-Sayed, et al, 1972) y que se asocia con la capa de menor contenido de oxígeno, el cual es empleado en los procesos antes descritos. En esta relación tan particular, el cálculo y empleo de la Utilización Aparente del Oxígeno (U.A.O.) permite definir con mayor precisión la o las zonas donde existe un mayor consumo de oxígeno. De hecho, esta situación se contempla en los diagramas de correlación, donde los máximos de nitratos y ortofosfatos coinciden con las mayores U.A.O. y que corresponden en particular a un σ_t de alrededor de 27.5, similar al reportado por Sturges y Evans (1983) para estas aguas. En estos diagramas, las altas correlaciones entre los nutrientes, la U.A.O., la temperatura y la densidad, le confiere a la U.A.O. la potencialidad de ser utilizada como una herramienta auxiliar para identificar y definir tipos de masas de agua además de poder inferir la presencia de nutrientes de origen preformado (Paskausky y Nowlin, Jr., 1968; Pitkowicz, 1971; Raymont, 1980). A manera de ejemplo, se ilustra la tabla VII, que muestra algunas de las caracterizaciones que se han elaborado para las masas de agua que se presentan en el Golfo de México y que se contrastan con la aquí sugerida.

Tabla VII. Características físicas y químicas de los tipos de masas de agua que se observan en el área de estudio (Residentes del Golfo- ARG; de Yucatán- AY; y Modificadas de la Corriente de Lazo- AMCL) y su comparación con los estándares reportados en la bibliografía(*), correspondientes a los tipos de Agua Subtropical Subsuperficial- SUW; Aguas Intermedias del Antártico- AIW; y Aguas Residentes del Golfo- RGW.

tipo de agua	°C	‰	t	O ₂	U A O	NO ₃	PO ₄
A R G	19 - 21	36.10 - 36.40	24.7	4.0 - 4.5	-0.25 a 1.0	2.0	0.2
A Y	21 - 24	36.25 - 36.50	25.2	3.5 - 4.5	0.0 a 1.5	2 - 6	0.2 - 0.8
A M C L	25 - 27	36.25 - 36.60	24.3	4.5 - 5.0	-0.25 a 0.0	2.0	0.2
A S S	22 - 23	36.55 - 36.75	25.4	4.0 - 4.5	0.5 a 1.0	4.0	0.2 - 0.4
A I A	8 - 9	34.9 - 35.00	27.5	2.8 - 3.0	3.5 a 4.0	18 - 22	2.2 - 2.4
S U W *	22.5	36.75 - 36.80	25.4	4.5			
A I W *	6.3	34.84 - 34.89	27.5	2.8 - 3.2			
R G W *	20	36.40 - 36.45	25.0	4.5			

* Los datos de los tipos de agua se tomaron de Ichiye, 1962; Leipper, et al, 1972; Nowlin, Jr. y Hubertz, 1972 y Morrison y Nowlin, Jr., 1977.

O₂ y U A O se reportan en ml/l ; NO₃ y PO₄ se reportan en ug-at/l

La distribución espacial del fitoplancton, esquematizada en las figs. 15 y 16, mantiene una asociación estrecha a la descrita por la temperatura superficial y superficies isotérmicas (Figs. 2 y 17), de igual forma, al compararla con las de los nutrientes (Figs. 10 y 12), se aprecia claramente que los máximos de la densidad fitoplanctónica se agrupan en las zonas donde se registran bajas temperaturas y aporte de nutrientes, siendo más evidente frente a la región de Río Lagartos, Yuc. - Cabo Catoche, Q.Roo., que corresponde a la estación 4, así como en los alrededores de las estaciones 14, 15, 18, 19, 31 y 32 , que tienen en común la característica de recibir aportes de agua subsuperficial derivadas de la Corriente de Yucatán. Cabe señalar que el gradiente de densidad que va de la línea de costa hacia las aguas abiertas, muestra una orientación NW , coincidiendo en gran medida con la observada y registrada para la C.Y., citada en párrafos anteriores. Este comportamiento refleja la influencia dinámica del medio marino a través de la dirección y velocidad detectadas durante el muestreo (López, *et al*, 1986), determinando de esta manera la distribución horizontal de los fitoplanctontes dentro del área de estudio.

Las variaciones en la distribución vertical, se deben en gran parte a la disponibilidad y aporte de nutrientes y a la adecuación a condiciones del medio imperante, Así, los máximos superficiales que ocurren sobre la costa se propician porque uno de los ramales de la C.Y. (Ruiz, 1979) aporta los nutrientes y se favorecen las condiciones de temperatura y movimiento del agua ascendente suficientes para que se establezcan las poblaciones fitoplanctónicas. Por otra parte, los incrementos localizados a mayor profundidad sobre la porción central y noroccidental, se atribuyen al hecho de que normalmente en los mares tropicales y principalmente en las aguas abiertas, se presentan

efectos fotoinhibitorios donde las altas intensidades lumínicas bloquean los procesos fotosintéticos, por lo que los organismos responden al medio adecuándose a los óptimos de luz que se encuentran a una mayor profundidad y donde en particular, existe una mayor concentración de nutrientes (Figs. 10 A-C y 12 A-D) (El-Sayed, *et al.*, 1972; Raymont, 1980; Levinton, 1982; Mann, 1982).

La mayor densidad y abundancia relativa de las diatomeas pennales y centrales en los sitios donde prevalece un mayor aporte de agua subsuperficial - condición de afloramiento -, en contraste con la menor densidad de los dinoflagelados en las inmediaciones de éstos, así como el incremento que muestran estos últimos hacia las estaciones donde no existe tal aporte, responde básicamente a los procesos de sucesión y adaptación bajo las condiciones del medio marino en los ambientes de afloramiento, donde se distinguen, e inclusive se llegan a semidelimitar, áreas o zonas en la comunidad fitoplanctónica con dominancia de algún grupo en particular, como se registra para las diatomeas en este muestreo. Estos cambios a la vez se determinan en gran medida por las diferencias en temperatura, concentración de nutrientes, densidad del medio, velocidad del agua ascendente y luminosidad, así como por diversos factores de naturaleza biológica como la capacidad reproductiva, competencia intra e interespecífica y depredación, entre otros (Semina, *et al.*, 1976; Friebele, 1978; Smith, 1983).

Aún cuando no se efectuó la determinación hasta el nivel de especie, la composición o riqueza genérica encontrada es similar a la reportada por Delgado(1985) para esta misma región y también bajo condiciones de afloramiento, por lo cual se infiere que los géneros registrados con mayor densidad y abundancia pertenecen a tamaños pequeños e

intermedios como es el caso de Nitzschia sp., Leptocylindrus sp., Navicula sp., Chaetoceros sp., Skeletonema sp. y otros más, lo cual les confiere una ventaja adaptativa en cuanto a la incorporación de nutrientes y permanencia dentro del medio dinámico del afloramiento respecto de los demás organismos de una mayor talla (Semina, et al., 1976).

EL SISTEMA DE AFLORAMIENTO DE YUCATAN

El sistema de afloramiento de Yucatán representa un ambiente dinámico y complejo que implica la coexistencia de factores abióticos y bióticos que permiten, en última instancia, la existencia de biomasa marina en cantidades suficientes para ser consumida por el hombre.

La secuencia de eventos que conducen a su presencia son varios, de tal manera que, aunque estén presentes algunos de ellos, sólo en forma conjunta pueden tener efectos subsecuentes. Así se tiene que, no obstante que la Corriente de Yucatán fluye durante el año a través del Canal de Yucatán, existe una variación estacional en el campo de velocidad y transporte (determinado principalmente por el esfuerzo del sistema de vientos sobre el Océano Atlántico y Mar Caribe) cuya intensificación es máxima durante la primavera y el verano, presentando hasta 160 cm/seg. y $20 - 30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg.}$ Cuando esto sucede, el núcleo de la corriente tiende a desplazarse hacia el oeste, localizándose inclusive sobre la zona del talud y borde de la plataforma continental de Yucatán; bajo estas condiciones tan particulares, los mecanismos de surgencia dinámica (generadores del

afloramiento) también se intensifican, teniendo como consecuencia el aporte de agua subsuperficial proveniente de estratos más profundos de la estructura de la Corriente de Yucatán. De esta manera, las aguas que ascienden sobre el talud e incursionan hacia la plataforma, que son más frías y con un mayor contenido de nutrientes, tienden a mezclarse con los demás estratos quedando disponibles hacia las capas superiores. En la superficie, esta condición se detecta con mayor consistencia frente a la zona de Cabo Catoche, Q. Roo, extendiéndose en ocasiones hacia Progreso, Yuc. sobre el margen costero y también sobre la porción central de la plataforma. A mayor profundidad y hacia el límite de la plataforma, en su porción norte, llega a localizarse otra zona de afloramiento.

Bajo estas circunstancias, las poblaciones fitoplanctónicas se adecuan a las fluctuaciones del medio, encontrando las condiciones favorables para multiplicarse y establecerse; a la par, se desarrollan los procesos de sucesión, que regulados por los gradientes en las propiedades físicas y químicas del ambiente, determinan la permanencia de grupos dominantes por lapsos determinados, observando así, series sucesionales en las comunidades planctónicas según sea el grado de avance o desarrollo en este sistema. Así mismo, sujetos a la naturaleza locomotiva, los fitoplanctontes se distribuyen en el medio de acuerdo también al patrón de dirección e intensidad de los movimientos de los estratos de agua, favoreciendo así zonas con diferentes niveles de productividad.

En este contexto, la extensión y duración del sistema de afloramiento determina en gran medida la producción del plancton y la de los subsecuentes niveles tróficos en el área de la plataforma continental de Yucatán y que, en forma conjunta con otras áreas,

contribuyen a formar parte de la alta producción característica del Banco de Campeche.

ANALISIS POR DISCRIMINANTES

Con base a la discriminación efectuada entre los 15 grupos de niveles muestreados y las 5 variables incluídas (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nitratos y ortofosfatos), el análisis proporciona 5 funciones discriminantes, de las cuales la primera explica el 89.01 % de la varianza y la segunda el 6.47 %, aportando ambas el 95.48 % de la varianza total (Anexo I). La gráfica de los centroides de estas dos funciones discriminantes permite separar aquellos grupos de niveles que son diferentes entre sí, resultando de ésta 9 subgrupos (Fig. A 1). Al considerar los coeficientes estandarizados y los no estandarizados, inclusive, de la primera función discriminante, la temperatura resulta ser la variable que diferencia a los 9 subgrupos, debido a que dentro de cada subgrupo la varianza es menor, mientras que entre los 9 es mayor.

De esta forma, se obtienen los promedios de las temperaturas para cada uno de los subgrupos formados y se grafican a través de diagramas de superficie de respuesta tridimensionales (Figs. A 2 - A 10), en los que se aprecian objetivamente aspectos relevantes de la estructura térmica, señalados en las secciones anteriores y que se describen a continuación.

Subgrupo 1 - niveles de 2 a 5 m de profundidad (Fig. A 2). Se observa la influencia de las aguas frías subsuperficiales (< de 25 °C) sobre la costa (estaciones 1 a 4); en la porción central (alrededor de las estaciones 10, 11, 14, 15 y 19); y hacia la región norte (entre las estaciones 25, 26, 31 y 32) . En contraste, hacia la región oriental, cerca del Canal de Yucatán, se observan aguas de mayor temperatura (> de 28 °C), advectadas con la Corriente de Yucatán y derivadas de las aguas cálidas superficiales del Mar Caribe.

Subgrupo 2 - niveles de 10 a 30 m de profundidad (Fig. A 3). En ésta se aprecian con mayor consistencia la presencia de las aguas frías subsuperficiales frente a Progreso, Yuc., aportadas por uno de los ramales de la C.Y. que fluye paralelo a la costa y que probablemente se bifurca hacia la parte central de la plataforma en dirección NW , delimitando lo que pudiera ser un canal de agua fría que se conecta a la región ubicada al norte, antes mencionada, lugar por donde también ascienden las aguas subsuperficiales y que propician la formación del domo observado. En esta figura también se observan las aguas con mayor temperatura hacia la región oriental.

Subgrupo 3 - niveles de 50 a 75 m de profundidad (Fig. A 4). En este estrato todavía es posible distinguir la influencia del agua fría subsuperficial derivadas del ramal costero alrededor de la estación 10 . Por otra parte, estas aguas se detectan en las inmediaciones de las estaciones 18, 19, 22 y 23, situadas al norte sobre el borde del talud, que corresponde a una de las zonas de afloramiento donde las aguas subsuperficiales ascienden e incursionan sobre la plataforma. En estos niveles se aprecia que las diferencias en

temperatura comienzan a ser más notorias; la región occidental es más fría que la oriental (4-5 °C menos).

Subgrupo 4 - nivel de 100 m de profundidad (Fig. A 5). En esta profundidad, así como en las dos anteriores y en las subsecuentes, la influencia del agua fría subsuperficial derivada de la C. Y. sólo se detecta en la región delimitada por las estaciones 22, 23, 26 y 27, que se ubican cerca del talud y de la zona de afloramiento antes mencionada. La diferencia de temperaturas entre esta zona y la porción colindante hacia el noreste de la plataforma es de alrededor de 7°C.

Subgrupos 5 a 9 - niveles de 150 a 500 m de profundidad (Figs. A 6 - A 10). Entre los aspectos relevantes que muestra esta gráfica, se encuentra la presencia de una parte de un giro anticiclónico, localizado hacia los 25°N y 88°W y que se distingue entre las estaciones 27, 28, 29, 30, 31, 34 y 35 ; su porción superior se detecta en el nivel de 100 m , mientras que su límite inferior está por debajo de los 300 m . En estas gráficas la estructura térmica se define mejor; la región al oeste de los 89°20' W se caracteriza por presentar menores temperaturas, por el contrario, al este de los 88°10' W las temperaturas son mayores, con diferencias de hasta 6.5°C., existiendo entre éstas una zona de transición.

Estas variaciones térmicas corresponderían, en forma aproximada, a los 3 regímenes observados para los tipos de agua descritos con anterioridad.

CONCLUSIONES

- Con base en los registros de velocidad y transporte obtenidos durante el muestreo, así como por la posición observada en el flujo de la corriente a través de las superficies isotérmicas de 25 y 23°C y la ubicación de las mayores pendientes en las isotermas comprendidas entre los 18 - 24°C, permiten localizar a la Corriente de Yucatán sobre el borde de la plataforma y el talud. Esta posición es más hacia el oeste de lo que normalmente se le ha reportado para esta época. Tal situación se atribuye a las alteraciones post-Niño, específicamente al ENSO 1982-83, que conducen a una intensificación en los sistemas de vientos del este y que proveen de una mayor fuerza inercial a los sistemas de corrientes marinas sobre la región tropical y ecuatorial, como correspondería en particular a las generadas en el Mar Caribe.

- Paralelamente, al intensificarse la Corriente de Yucatán y localizarse sobre el borde de la plataforma y talud, los mecanismos de surgencia dinámica, que son los que generan el afloramiento, también se intensifican, aportando consecuentemente un mayor volumen de agua subsuperficial derivada de los estratos más profundos de la Corriente, evidenciados en la capa superficial (2 - 50 m) por una menor temperatura (21 - 24°C), menor salinidad (36.00 - 36.25), mayor densidad (27 - 27.5 σ_t), menor oxígeno disuelto (3.5 - 4 ml/l), mayor consumo de oxígeno - U.A.O. (0.5 a 1.5 ml), mayor concentración de nitratos (2-6 ug-at N-NO₃/l) y mayor concentración de ortofosfatos (0.2-0.8 ug-at P-PO₄/l). Estas aguas se distribuyen hacia las capas superiores, incursionando en la plataforma continental de Yucatán.

- Apoyado en los registros de temperatura, utilización aparente del oxígeno, nitratos, ortofosfatos y en menor grado por los de densidad y salinidad, se demarcan 2 importantes zonas donde se presentan afloramientos: a) Región costera frente a Río Lagartos, Yuc. - Cabo Catoche, Q. Roo., cuya presencia es más evidente por la mayor superficie que cubren las aguas frías subsuperficiales (< de 25 °C) de mayor contenido de nutrientes (2-4 ug-at N-NO₃/l y 0.2-0.4 ug-at P-PO₄/l) y que en particular se subdivide en dos subregiones: una que se extiende sobre el márgen costero y que se manifiesta frente a Progreso, Yuc., donde es probable que se presenten procesos de surgencia costera (inducida por el viento) y otra, que se desplaza sobre el fondo en dirección NW hacia la porción central de la plataforma; y b) Región norte de la Plataforma continental de Yucatán, lugar donde los afloramientos se localizan a mayor profundidad (cerca del borde con el talud a 50 m de la superficie) y que permiten la existencia de domos de agua fría y mayor contenido de nutrientes.

- Bajo las condiciones observadas durante el muestreo, reflejadas en una mayor turbulencia, menores temperaturas, disponibilidad y aporte de nutrientes y condiciones lumínicas favorables, las diatomeas pennales (Nitzschia sp., Navicula sp.) y centrales (Leptocylindrus sp., Rhizozolenia sp., Chaetoceros sp., Skeletonema sp.) muestran una mejor respuesta, dominando sobre los dinoflagelados (Gymnodinium sp., Amphidinium sp., Oxytosum sp., Peridinium sp.) y demás grupos registrados (silicoflagelados, cianofitas y coccolitofóridos) y que en conjunto delimitan gradientes poblacionales en torno a las zonas donde ocurren los afloramientos. Cabe señalar que con base en los registros de densidad,

la región costera frente a Río Lagartos, Yuc. - Cabo Catoche, Q. Roo, es entre 2 a 3 veces más rica en biomasa fitoplanctónica respecto de la región norte de la plataforma (con 347 vs 120 X 10³ cel/l, respectivamente). Esta situación, debe reflejarse en la comunidad del zooplancton y a la vez en los subsecuentes niveles tróficos.

- Durante julio de 1984, en la plataforma continental de Yucatán se detecta una zona de mezcla intensa, que es posible evidenciar por una estructura termohalina compleja; no obstante, se distinguen regiones donde las características físicas permiten agrupar tipos de aguas : al este de los 87°30' prevalece el tipo de Aguas Modificadas de la Corriente de Lazo (25-27 °C, 36.25-36.60 ‰ y 24.3 σ_t) ; al oeste de los 89°20' se presentan Aguas Residentes del Golfo (19-21 °C, 36.10-36.40 ‰ y 24.7 σ_t) y entre estas y como consecuencia de un proceso de mezcla, se encuentran ampliamente distribuidas sobre la plataforma el tipo de Aguas de Yucatán (Wenekens, 1959), caracterizadas por la disminución en el máximo de salinidad subsuperficial (21-24 °C, 36.25-36.50 ‰ y 25.2 σ_t).

- La falta de puntos de muestreo sobre la porción noreste no permite apreciar la magnitud del giro anticiclónico, pero se logra detectar parte del mismo.

- En el área de estudio y bajo las condiciones particulares del afloramiento, el análisis por discriminantes señala a la temperatura como la variable que permite diferenciar y separar grupos (en este caso, niveles de profundidad) con características similares dentro

de cada uno (con base en estimadores estadísticos como la varianza). Apoyado en estos resultados y empleando los promedios de temperatura de los grupos, para graficarlos en diagramas de superficies de respuesta en 3 dimensiones, se evidencian, por un lado, las zonas de afloramiento sobre la región costera y norte de la plataforma (depressiones en las gráficas que indican menores temperaturas - Figs. A2 y A3); por otra parte, se observa la presencia de aguas cálidas derivadas del Caribe (elevaciones en la gráfica sobre el lado este que indican mayores temperaturas), aguas Residentes del Golfo (depresión en la gráfica hacia el lado oeste que indica menor temperatura) y la región de mezcla entre éstas, que correspondería a las aguas de Yucatán (Figs. A4 - A10). Así mismo, se advierte la presencia de una parte del giro anticiclónico, ubicado sobre la porción noreste entre los 100 - 300 m (Figs. A6 - A10).

De esta forma, el empleo del análisis por discriminantes como elemento estadístico para separar grupos y la utilización de los diagramas de superficie de respuesta tridimensional como medio objetivo, permiten una mayor versatilidad en el análisis de datos oceanográficos; no obstante, debe profundizarse al respecto.

LITERATURA CITADA

- Antoine, J.W., 1972. Structure of the Gulf of Mexico. En : Rezak, R. (Ed.), 1972. Contributions on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. Texas A & M University Oceanographic Studies. 3 : 1-34
- Bessonov, N., O. González y A. Elizarov., 1971. Resultados de las investigaciones Cubano-Sovieticas en el Banco de Campeche. En: Coloquio sobre Investigaciones y Recursos del Mar Caribe y Regiones Adyacentes. UNESCO, Paris. 1971. pp. 317-323
- Bogdanov, D.V., 1965. Some oceanographic features of the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. Soviet-Cuban Fishery Research. Published for the US Department of the Interior and the National Science Foundation., Washington, D.C. pp. 13-35
- Briantsev, V.A. y J.A. Gómez., 1972. Circulación atmosférica y afloramiento de las aguas profundas a lo largo de los Taludes de la Plataforma de Yucatán. I.N.P. Centro de Inv. Pesq. Reun. Bal. Trab. (3). 21-22 de Enero de 1972., La Habana, Cuba.
- Bustamante, A. R. 1987. Infraestructura y regionalización de la pesca. En: SEPESCA, 1988. Desarrollo Pesquero Mexicano 1986-1987. Tomo III. México. pp. 181-216
- Cinta, G. R. 1987. Impacto de la pesca en el desarrollo nacional y regional. En: SEPESCA, 1988. Desarrollo Pesquero Mexicano 1986-1987. México. pp. 403-434
- Cochrane, J.D., 1972. Separation of an anticyclone and subsequent developments in the Loop Current (1969). EN : Capurro and Reid (Eds.). Texas A & M Oceanographic Studies. Physical Aspects. 2: 91-106
- Cox, R.A., R.J. Mc Cartney and F. Culkin., 1970. The specific gravity/salinity/temperature relationship in natural sea water. Deep Sea Research. 17:679-689
- Cuadras, C. M. 1981. Métodos de análisis multivariante. Universidad de Barcelona. España.
- Chambers, M. J., W. S. Cleveland, B. Kleiner and P. A. Tukey. 1983. Graphical methods for data analysis. Wadsworth International Group/Duxbury Press. EUA. pp. 129-189
- Davis, Ch.C., 1954. Phytoplankton of the Gulf of Mexico. En: Galtsoff, P. S. (Ed.). Gul of Mexico its origin, waters and marine life. Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service. 55: 163-169

- Delgado, H.D., 1985. Abundancia y distribución del fitoplancton de la Plataforma Continental de Yucatán (9-16 de Abril/1983). TESIS BIOL. Fac. Ciencias. UNAM, México.
- De la Cruz, A., 1971. Estudios del plancton en el Banco de Campeche. En : Coloquio sobre Investigaciones y Recursos del Mar Caribe y Regiones Adyacentes. UNESCO, Paris, 1971. pp. 375-383
- De la Lanza, E.G., M.A. Rodríguez, J. Estrada y S. Guevara. 1976. Hidrología de la Bahía de Campeche y norte de Yucatán. S.M. Dir. Gral. de Oceanogr. México.
- Deuser, W.G., 1975. Reducing environments. En : Riley and Skirrow (Eds.) Chemical Oceanography. 2nd ed. Academic Press. 3: 1-35
- Elliot, B.A., 1982. Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico. Journal of Physical Oceanography. 12(11):1292-1309
- 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 and S.A. Earle., 1972. Chemistry, Primary Productivity and Benthic Algae of the Gulf of Mexico. Folio 22. Serial Atlas of the Marine Environment. Bushnell, V.C. (Ed.). American Geographical Society.
- F.A.O., 1974. Programa de investigaciones y fomentos pesqueros. Investigaciones Oceanográficas para la Pesca. PNUD. FI : SF/ Mex. 15. Inf. Tec. No. 5
- Flohn, H. 1985. Zonal surface winds and rainfall over the equatorial oceans. Tropical Ocean Atmosphere Newsletter (TOAN). 29 :1
- Friebele, E.S., D.L. Correl and M.A. Faust., 1978. Relationships between phytoplankton cell size and the rate of orthophosphate uptake : in situ observations of an estuarine population. Marine Biology. 45:39-52
- Furnas, M. S. and T. J. Smayda, 1987. Inputs of subthermocline waters and nitrate onto the Campeche Bank. Continental Shelf Research. 7(2): 161-175
- Galtsoff, P.S., 1954. Gulf of Mexico its origin, waters and marine life. Fishery Bulletin 89. Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service. Vol. 55. U.S. Department of the Interior. Fish and Wildlife Service.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 3a Ed. UNAM. México.
- Gray, W. M., 1985. Association of Atlantic seasonal hurricane activity with el Niño and stratospheric QBO. TOAN. 29 :1

- Gulbrandsen, R.A. and Ch.E. Roberson, 1973. Inorganic phosphorus in seawater. En : Griffith, E.J., A. Beeton, J.M. Spencer and D.T. Mitchel (Eds.), 1973. Environmental Phosphorus Handbook. John Wiley & Sons. pp. 117-140
- Gutiérrez-Estrada, M., 1977. Sedimentología del área de transición entre las Provincias Terrígena y Carbonatada del suroeste del Golfo de México. TESIS. M. en C. Fac. Ciencias, UNAM., México.
- Horne, R.A., 1969. Marine Chemistry. Wiley-Interscience.
- Ichiye, T., 1962. Circulación y distribución de las masas de agua en el Golfo de México. Geofísica Internacional. 2(3):47-76. México.
- Kester, D.R., 1975. Dissolved gases other than CO₂. En : Riley, J.P. and G. Skirrow (Eds.), 1975. Chemical Oceanography. 2nd Ed. Academic Press. 1:498-556
- Kendall, M. G. 1972. A course in multivariate analysis. Griffin. London.
- Kilho, P., 1967. Nutrient regeneration and preformed nutrients off Oregon. Limnology and Oceanography. 12(2) :353-356
- Levinton, J.S., 1982. Marine Ecology. Prentice Hall Inc. pp. 38-43
- Leipper, D.F., 1954. Physical Oceanography of the Gulf of Mexico. En : Galtsoff, P.S., 1954. Gulf of Mexico its origin, waters and marine life. Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service. 55: 119-137
- Leipper, D.F., J.D. Cochrane and L C D R J.F. Hewitt., 1972. A detached eddy and subsequent changes (1965). En : Capurro, L.R.A., and J.L. Reid (Eds.), 1972. Texas A & M University Oceanographic Studies. Physical Aspects. 2: 107-117
- López, V.D., F.J. Ramos and G. Aguilera., 1986. Condiciones hidrológicas en el norte de la Península de Yucatán en julio de 1984. Secretaría de Marina. Dirección de Investigaciones Oceanográficas. México. Inv. Ocean./F. Q. 3(3): 120-155
- Mann, H.K., 1982. Ecology of coastal waters. Studies in Ecology. Vol. 8. University of California Press.
- Mardia, K. V., J. T. Kenet and J. M. Bibby. 1979. Multivariate analysis. Academic Press. New York.
- Marmer, H.A., 1954. Tides and sea level in the Gulf of Mexico. En : Galtsoff, P.S., 1954. Gulf of Mexico its origin, waters and marine life. Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service. 55: 101-118

- Maul, G.A., 1977. The annual cycle of the Gulf Loop Current. Part I : Observations during a one-year time series. Journal of Marine Research. 35(1):29-47
- Mc Cormick, J.M. and J.V. Thiruvathukal., 1981. Elements of Oceanography. 2nd Ed. Saunders College Publishing. pp. 121-127
- Melnik, I.V. y B.F. Zernetski., 1969. Nuevos datos sobre la Geología del Golfo de México y el Mar Caribe. Ac. Cienc. Cuba. Inst. Oceanol. Serie Oceanológica. No. 5 La Habana, Cuba.
- Molinari, R.L. and J.D. Cochrane., 1972. The effect of topography on the Yucatan Current. En : Capurro and Reid (Eds.), 1972. Texas A & M University Oceanographic Studies. Physical Aspects. 2: 149-155
- Molinari, R.L. and R.E. Yager., 1977. Upper layer hidrographic conditions at the Yucatan Strait during May. 1972. Journal of Marine Research. 35(1):11-21
- Morrison, J.M. and W.D. Nowlin, Jr., 1977. Repeated nutrient, oxygen and density sections through the Loop Current. Journal of Marine Research. 35(1):105-128
- Munk, W.H. and G.A. Riley., 1952. Absorption of nutrients by aquatic plants. Journal of Marine Research. 11(2): 215-240
- Nowlin, Jr., W.D., 1971. Water masses and general circulation of the Gulf of Mexico. Oceanol. Int. 6(2):28-33
- Nowlin, Jr., W.D., 1972. Winter circulation patterns and property distributions. En : Capurro and Reid (Eds.), 1972. Texas A & M University Oceanographic Studies. Physical Aspects. 2: 3-51
- Nowlin, Jr., W.D. and J.M. Hubertz., 1972. Contrasting Summer circulation patterns for the Eastern Gulf. En : Capurro and Reid (Eds.), 1972. Texas A & M University Oceanographic Studies. Physical Aspects. 2: 119-137
- Nelepo, B.A., V.N. Stepanov., R.P. Bulatov. and M.M. Domanov., 1976. Soviet investigations of the dynamics and properties of the waters of the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico.
- Ochoa, A. R. M. E. 1981. Una aplicación del análisis discriminante a problemas de biología. Tesis de Lic. Act. Fac. Ciencias. UNAM. México.
- O'Kelley, J.C., 1973. Phosphorus nutrition of algae. En : Griffith, E.J., et al. (Eds.), 1973. Environmental Phosphorus Handbook. pp. 443-449

- Owens, Ov.H. and W.E. Esaias., 1976. Physiological responses of phytoplankton to major environmental factors. Ann. Rev. Plant Physiol. 27:461-483
- Parsons, T.R. and M. Takahashi., 1973. Environmental control of phytoplankton size. Limnology and Oceanography. 18(4):511-515
- Polanco, J. E. 1987. La política de regulación de las pesquerías en México. En: SEPESCA, 1988. Desarrollo Pesquero Mexicano 1986-1987. Tomo III. México. pp. 161-178
- Pytkowicz, R.M., 1971. On the apparent oxygen utilization and the preformed phosphate in the oceans. Limnology and Oceanography. 16(1):39-42
- Raymont, J.E.G., 1980. Plankton and productivity in the oceans. 2nd. Ed. Pergamon Press.
- Reid, Jr. J.L., 1962. On circulation phosphate phosphorus content and zooplankton volumes in the upper part of the Pacific Ocean. Limnology and Oceanography. 7:287-306
- Rezak, R. and G.S. Edwards, 1972. Carbonate sediments of the Gulf of Mexico. En : Rezak, R. (Ed.), 1972. Contributions on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. Texas A & M University Oceanographic Studies. 3: 263-280
- Riley, J.P. and R. Chester, 1979. Introduction to marine chemistry. Academic Press Inc. caps. 2, 3, 5, 7 y 9
- Riley, J.P. and G. Skirrow, 1975. Chemical Oceanography. Appendix, table 6 - Solubility of oxygen in sea water. Academic Press Inc. pp. 561-562
- Ruiz, R.F., 1979. Upwelling North of the Yucatan Peninsula. TESIS. M.S. Texas A & M University.
- Sal'nikov, N.E., 1965. Fishery research in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. Soviet-Cuban Fishery Research. Published for the U.S. Department of the Interior and the National Science Foundation. pp. 78-171
- SEPESCA, 1986. Diagnóstico Pesquero del Estado de Yucatán. Serie Monografías. SEPESCA, México.
- Semina, H.J., I.A. Tarkova and Truong Ngoc An., 1976. Different patterns of phytoplankton distribution, cell size, species composition and abundance
- Smith, R.L., 1983. Circulation patterns in upwelling regimes. En : Suess, E. and J. Thiede (Eds.), 1983. Coastal upwelling, its sediment record. Part A : responses of the sedimentary regime to present coastal upwelling. Plenum Press. pp. 13-35

- Smith, V.S., 1984. Phosphorus versus Nitrogen limitation in the marine environment. Limnology and Oceanography. 29(6):1149-1160
- Soberón, Ch. G. y A. Yañez-A. 1985. Control ecológico de los peces demersales : variabilidad ambiental de la zona costera y su influencia en la producción natural de los recursos pesqueros. en: Yañez-Arancibia (Ed) 1985. Recursos Pesqueros Potenciales de México: la Pesca acompañante del camarón. Prog. Univ. de Alimentos. ICMYL - Inst. Nal. Pesca. UNAM, México. pp. 399-486
- Sokolova, L.V., 1965. Distributions and biological characteristics of the main commercial fish of Campeche Bank. Soviet-Cuban Fishery Research. Published for the U.S. Department of the Interior and the National Science Foundation. pp. 208-224
- Sournia, A. (Ed). 1978. Phytoplankton manual. UNESCO - Museum Nationale d'histoire Naturelle. Paris.
- Strickland, J.H. and T.R. Parsons., 1972. A practical handbook of sea-water analysis. 2nd. Ed. Fisheries Research Board of Canada. Bull. 167
- Sturges, W. and J.C. Evans., 1983. On the variability of the Loop Current in the Gulf of Mexico. Journal of Marine Research. 41(4):639-653
- Szekely, A., 1982. El régimen jurídico de la investigación científica marina en México. Ciencia y Desarrollo. No. 43 CONACYT. México. Marzo-Abril. pp. 74-89
- TOAN. 1984. Special Issue III : the 1982-83 El Niño in the eastern tropical pacific. TOAN. 28
- Wust, G., 1964. Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean basins. Part I. Columbia University Press
- Vasil'ev, G.D. and Yu. A. Torin., 1965. Oceanographic and fishing-biological characteristics of the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. Soviet-Cuban Fishery Research. Published for the U.S. Department of the Interior and the National Science Foundation. pp. 225-250
- Vázquez de la Cerda, A.M., 1979. Circulación del agua en el suroeste del Golfo de México. Secretaría de Marina. Dir. Gral. Oceanografía. México.
- Zentara, S.J. and D. Kamykowski., 1977. Latitudinal relationships among temperature and selected plant nutrients along the west coast of North and South America. Journal of Marine Research. 35(2):321-337

Anexo I. Resultados del análisis por discriminantes

75

Discriminant Analysis for NIVE

Discriminant Function	Eigenvalue	Relative Percentage	Canonical Correlation
1	5.5704653	89.01	.92076
2	.4047343	6.47	.53677
3	.1576056	2.52	.36898
4	.0876013	1.40	.28381
5	.0376977	.60	.19060

Functions Derived	Wilks Lambda	Chi-Square	DF	Sig.Level
0	.0829294	799.21481	70	.00000
1	.5448847	194.90513	52	.00000
2	.7654182	85.81388	36	.00001
3	.8860524	38.83432	22	.01474
4	.9636718	11.87846	10	.29327

Discriminant Analysis for NIVE

Unstandardized Discriminant Function Coefficients

	1	2	3	4	5
TEMP	-0.30905	0.23418	0.49924	-0.10178	-0.01303
SALI	-0.09039	-2.37528	1.06979	2.52460	-0.22749
OXIG	0.16984	1.52763	-1.34064	2.76042	0.83011
FOSF	0.01240	1.27570	0.81152	1.94442	-2.95505
NITR	0.17755	0.21580	0.37194	0.15829	0.31848
CONSTANT	9.39804	72.4634	-46.2449	-102.428	4.99287

Discriminant Analysis for NIVE

Standardized Discriminant Function Coefficients

	1	2	3	4	5
TEMP	-0.70923	0.53740	1.14569	-0.23358	-0.02991
SALI	-0.02677	-0.70342	0.31681	0.74764	-0.06737
OXIG	0.06524	0.58678	-0.51496	1.06031	0.31885
FOSF	0.00403	0.41473	0.26383	0.63214	-0.96070
NITR	0.41775	0.50773	0.87512	0.37243	0.74934

Discriminant Analysis for NIVE

Group Centroids

	1	2	3	4	5
1	-1.69303	0.43199	0.32230	-0.42621	0.04020
2	-1.68017	0.48541	0.27011	-0.32151	0.01925
3	-1.56544	0.17503	0.23893	0.05092	0.05991
4	-1.41086	0.14755	0.12471	0.52422	-0.25448
5	-1.44092	0.18831	0.03422	0.12581	-0.13433
6	-1.23590	0.01551	-0.27836	0.26376	0.08628
7	-0.80272	-0.27674	-0.53991	0.15123	0.07162
8	-0.32196	-0.24562	-0.63780	0.00196	0.20695
9	0.14762	-0.61128	-0.66208	-0.37115	0.13807
10	1.19079	-1.11913	0.05053	-0.20623	-0.10074
11	2.35111	-1.31909	0.50684	-0.18227	-0.18025
12	3.45311	-0.78401	0.52192	0.25137	0.09716
13	4.36264	0.20821	0.08064	0.06155	0.07281
14	5.91243	1.41337	0.25140	0.25757	0.43741
15	6.21641	1.45117	-0.91085	-0.43062	-0.74627

Anexo I. continua ...

Discriminant Analysis for NIVE

Within-Group Covariance Matrix					
	TEMP	SALI	OXIG	FOSF	NITR
TEMP	5.26637	0.18181	0.52561	-0.38132	-3.50032
SALI	0.18181	0.08770	0.01445	-0.03118	-0.16426
OXIG	0.52561	0.01445	0.14754	-0.06205	-0.50698
FOSF	-0.38132	-0.03118	-0.06205	0.10569	0.31542
NITR	-3.50032	-0.16426	-0.50698	0.31542	5.53584

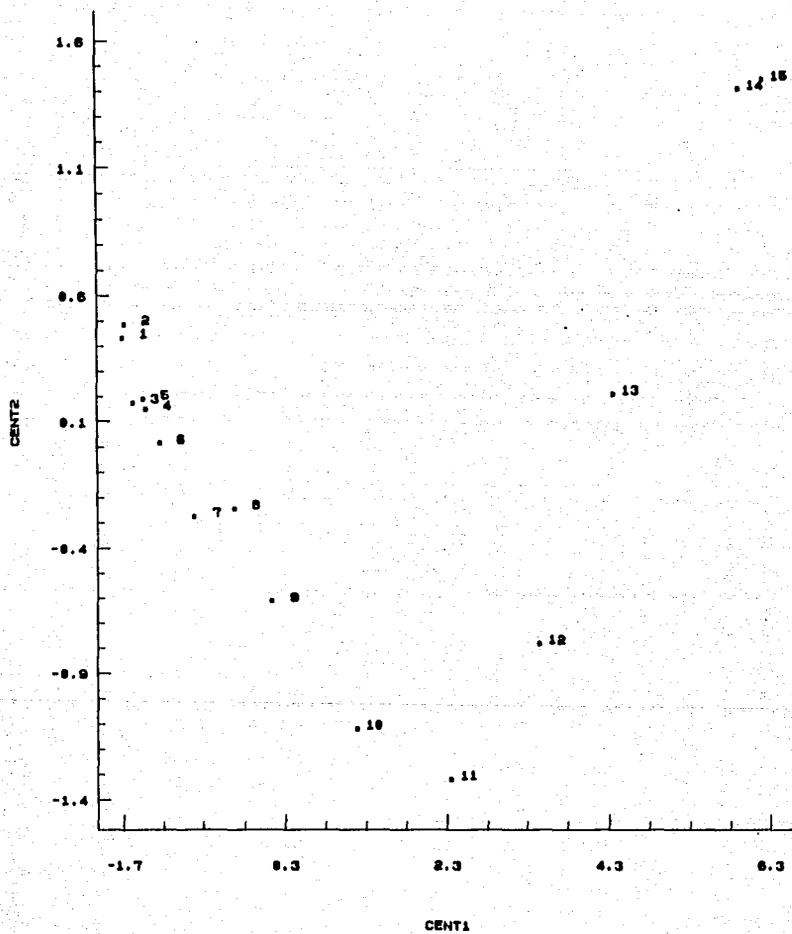
Within-Group Correlation Matrix					
	TEMP	SALI	OXIG	FOSF	NITR
TEMP	1.00000	0.26752	0.59628	-0.51111	-0.64828
SALI	0.26752	1.00000	0.12702	-0.32391	-0.23574
OXIG	0.59628	0.12702	1.00000	-0.49688	-0.56097
FOSF	-0.51111	-0.32391	-0.49688	1.00000	0.41236
NITR	-0.64828	-0.23574	-0.56097	0.41236	1.00000

Discriminant Analysis for NIVE

Group	1	2	3	4	5	6	7	8
COUNTS	32	32	32	31	29	27	26	20
MEANS								
TEMP	28.0344	28.0003	27.6647	27.1903	27.2341	26.6511	25.4538	24.4010
SALI	36.2306	36.2294	36.3438	36.3913	36.3193	36.3419	36.3277	36.2500
OXIG	4.75125	4.78031	4.79594	4.82258	4.78966	4.82630	4.70846	4.60750
FOSF	0.12188	0.13563	0.13031	0.24645	0.19172	0.14111	0.16885	0.20550
NITR	0.22219	0.20594	0.31156	0.34710	0.25276	0.37259	0.83192	1.76150
STD. DEVIATIONS								
TEMP	1.32266	1.21908	1.44877	2.02248	1.56294	1.48634	1.90206	2.37609
SALI	0.22513	0.27090	0.29191	0.30378	0.26938	0.28211	0.19912	0.24965
OXIG	0.22253	0.20653	0.20221	0.22698	0.27636	0.29277	0.48647	0.47757
FOSF	0.12159	0.13102	0.11255	0.30535	0.22637	0.08238	0.14638	0.19999
NITR	0.27173	0.26950	0.74354	0.70797	0.50480	0.71846	1.37194	2.40245

Group	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL
COUNTS	18	17	17	16	15	12	8	332
MEANS								
TEMP	23.1794	21.0141	18.6176	16.5438	14.6727	11.9550	10.2613	24.0415
SALI	36.2250	36.3159	36.2912	36.1506	35.7853	35.4350	35.1650	36.2107
OXIG	4.37778	3.96059	3.59059	3.52188	3.46867	3.32333	3.15375	4.43500
FOSF	0.24944	0.48882	0.71412	0.89875	1.11333	1.41250	1.66125	0.37404
NITR	2.48389	5.01882	7.70824	10.2863	12.0020	15.9400	14.7113	3.08232
STD. DEVIATIONS								
TEMP	2.98038	4.02375	3.58845	3.17399	3.31863	2.91585	2.47537	
SALI	0.21217	0.23938	0.32540	0.40207	0.56308	0.36625	0.28102	
OXIG	0.56122	0.61027	0.48909	0.46738	0.51831	0.56088	0.34735	
FOSF	0.19875	0.38156	0.52144	0.55878	0.69666	0.70918	0.54191	
NITR	3.21354	3.74973	4.35785	4.25906	5.35614	3.20182	2.67243	

Figura A-1. Gráfica de los centroides de las dos primeras funciones discriminantes que muestran la separación de los 9 subgrupos.



Grupos de profundidad :

1 - 2 m	6 - 30 m	11 - 200 m
2 - 5	7 - 50	12 - 250
3 - 10	8 - 75	13 - 300
4 - 15	9 - 100	14 - 400
5 - 20	10 - 150	15 - 500

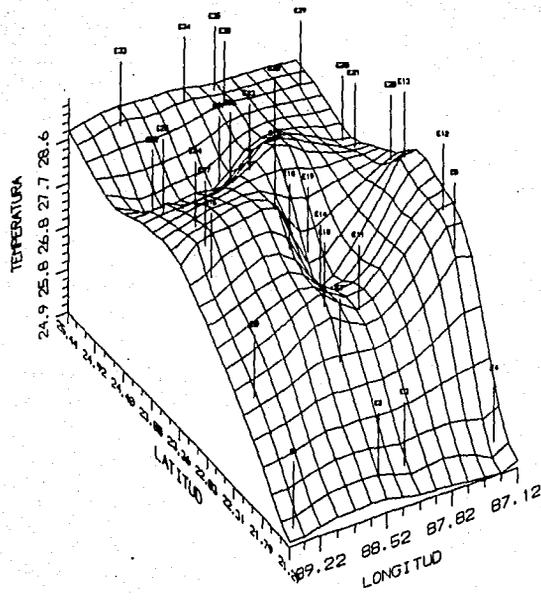
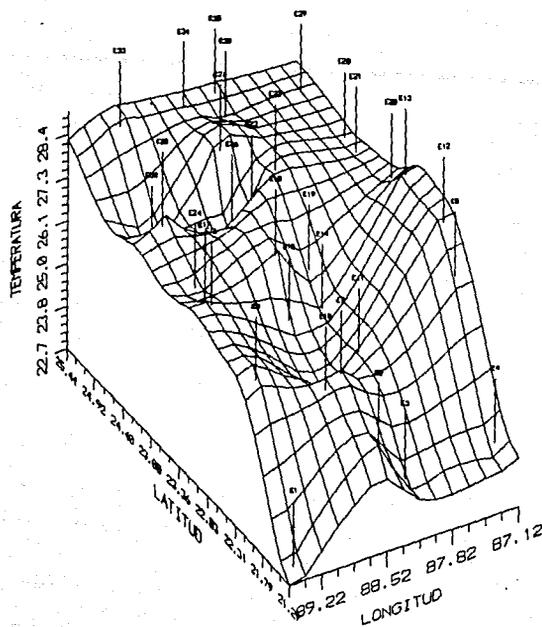


Figura A-2 . Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en los niveles de 2 - 5 m de profundidad.



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Figura A-3 . Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en los niveles de 10 - 30 m de profundidad.

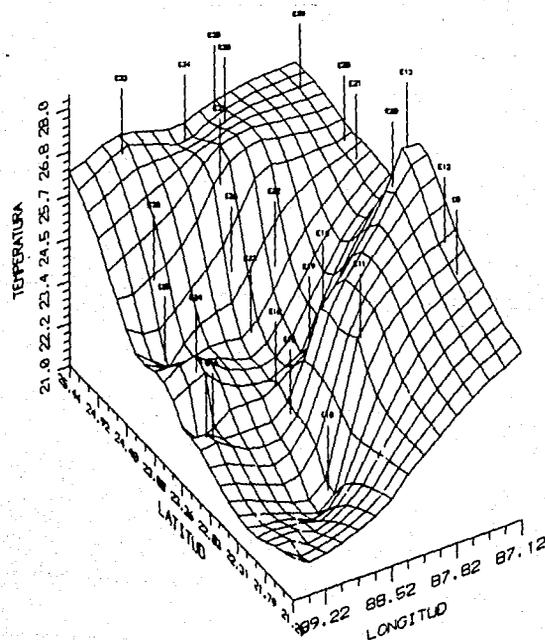


Figura A-4 . Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en los niveles de 50 - 75 m de profundidad.

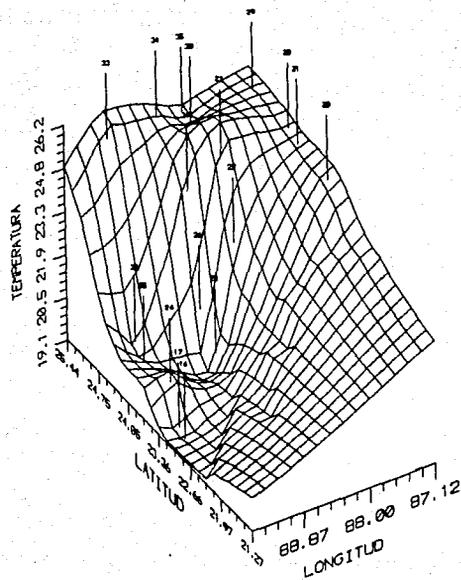


Figura A-5 . Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en el nivel de 100 m de profundidad.

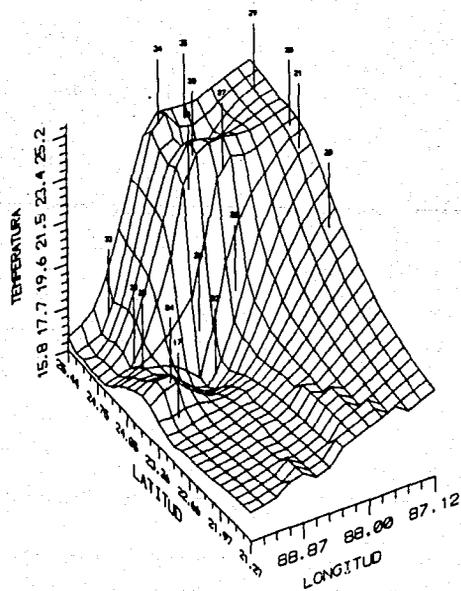


Figura A-6 . Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en el nivel de 150 m de profundidad.

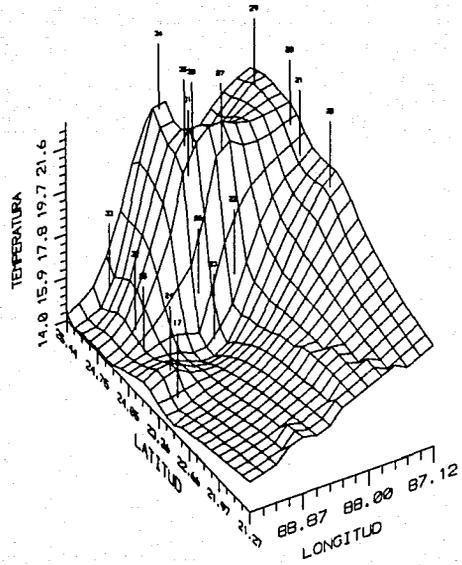


Figura A-7 . Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en el nivel de 200 m de profundidad.

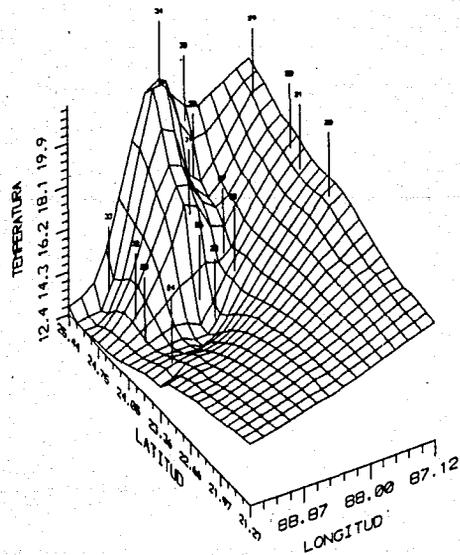


Figura A-8 . Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en el nivel de 250 m de profundidad.

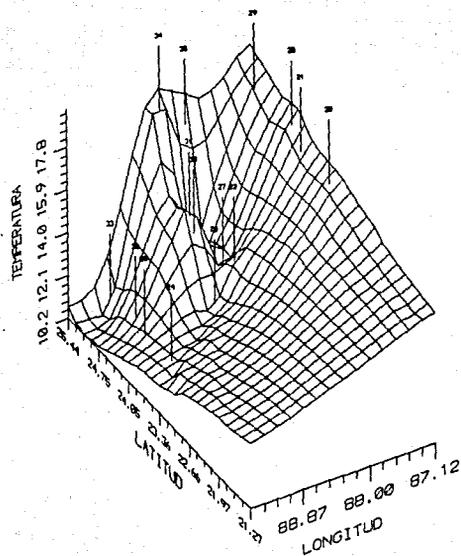


Figura A-9 . Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en el nivel de 300 m de profundidad.

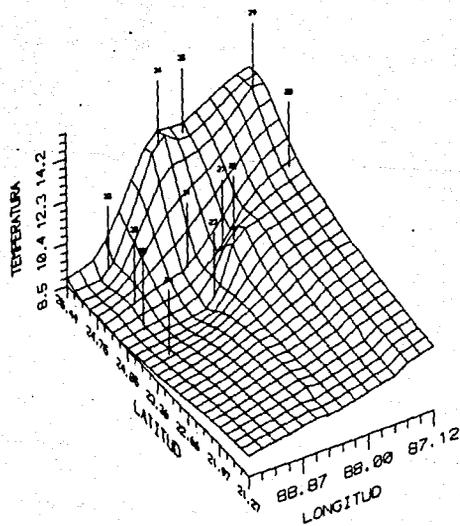


Figura A-10 . Superficie de respuesta tridimensional para la temperatura en los niveles de 400 - 500 m de profundidad.