



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

CAMPUS IZTACALA

**CARACTERIZACION HIDROLOGICA Y
ESPACIO-TEMPORAL CON BASE EN LOS
NUTRIENTES Y CLOROFILA A DE LA LAGUNA
DE SONTECOMAPAN, VERACRUZ.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A

ANGEL MORAN SILVA

DIRECTOR DE TESIS: BIOL. FRANCISCO CONTRERAS ESPINOSA

MEXICO, D. F.

1994



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A la memoria de mi madre y de mi hermano.

A mi padre, del cual sin su apoyo, cariño y ayuda no habria llegado a este momento.

A mis hermanas, Donají y Veronica por su cariño y su forma tan especial de apoyarme.

A mis amigos, por todas las cosas buenas y malas que hemos pasado juntos.

A Reyna.

El presente trabajo de tesis se realizó en el Laboratorio de Ecosistemas Costeros de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, bajo la dirección del Biólogo Francisco Contreras Espinosa. Agradezco su asesoría durante la realización del presente trabajo, así como al Biól. Aroldo García Nagaya y al Centro de Documentación de Ecosistemas Litorales Mexicanos a cargo de la Biól. Ofelia Castañeda L.

Agradezco a la M. en C. Ma. Esther Meave del Castillo y al Biól. Miguel Angel Lara responsables del proyecto "Dinámica de comunidades algales planctónicas y bentónicas de la laguna de Sontecomapan, Veracruz" el apoyo para las salidas de campo y obtención de las muestras.

Así mismo, extiendo mi agradecimiento al M. en C. Javier Alcocer Durand, Biól. Rafael Chávez López, M. en C. Jonathan Franco López, M. en C. Norma A. Navarrete y al Biól. Sergio Cházaro Olvera por sus sugerencias y observaciones.

A los compañeros del Laboratorio de Ecosistemas Costeros por su ayuda y consejos.

Por último, a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a la realización de este trabajo.

RESUMEN

Las lagunas costeras al mantener considerables cantidades de nutrientes, constituyen una importante fuente de éstos hacia la zona costera ocasionado por el intercambio mareal. Con base en lo anterior, se realizaron seis muestreos entre los meses de febrero y octubre de 1992, abarcando las temporadas de secas, lluvias y comienzo de nortes, estableciendo una red de ocho estaciones a lo largo de la laguna de Sontecomapan, Ver., en cada estación se determinó factores fisicoquímicos como son temperatura, oxígeno disuelto y salinidad, así como las concentraciones de los siguientes nutrientes: N-NH_4^+ , N-NO_3^- y N-NO_2^- , P-PO_4 , fósforo orgánico y fósforo total. Por último se registraron las concentraciones de clorofila *a* en la columna de agua: total y fitoplancton, así como en sedimento. El sistema es de tipo positivo. La salinidad y temperatura presentaron variaciones estacionales teniendo los valores más altos en la temporada de secas y los más bajos en lluvias. Las formas nitrogenadas presentaron una predominancia de amonio, mostrando los mayores registros durante la temporada de secas ($19.07 \mu\text{g-at/l}$), en tanto que las formas fosfatadas presentaron las mayores concentraciones para los meses de lluvias y término de éstas ($5.72 \mu\text{g-at/l}$ octubre). Las concentraciones obtenidas para las fracciones tanto nanofitoplanctónicas y como clorofila *a* total fueron mayores para el mes de octubre con 50.04 y 75.95 mg/m^3 , respectivamente, en tanto que la clorofila *a* del sedimento presentó su mayor valor para el mes de abril con 84.11 mg/m^3 . De forma general la laguna presentó tres zonas delimitadas por el gradiente salino, morfología y concentración de nutrientes. La primer zona fue oligohalina con influencia dulceacuícola y con los mayores registros de nutrientes. La segunda es el canal, el cual se considera como una zona de transición con los valores más bajos de nutrientes y clorofila *a*. La tercera es la boca de comunicación la cual se comporta como una zona de intercambio de nutrientes y clorofila *a* con la zona costera, con la característica de manifestar un relativo estacionamiento de agua.

INDICE

	Pag.
Introducción	1
Antecedentes	5
Objetivos	7
Area de Estudio	8
Material y Métodos	11
Resultados	16
Análisis y Discusión de Resultados	39
Conclusiones	56
Referencias	58

INTRODUCCION

Las lagunas costeras han sido definidas entre otros por Lankford (1977) como una depresión de la zona costera, y constituyen cuerpos acuáticos litorales que tienen, en su mayoría, comunicación permanente o efímera con el mar y son el resultado del encuentro entre dos masas de agua con diferentes características y se encuentran separadas del mar por algún tipo de barrera. El nacimiento de estos sistemas acuáticos se remonta aproximadamente a 18,000 años, durante la elevación del nivel del mar y que invadió depresiones costeras, valles y deltas de ríos, fomándose de ésta manera la actual línea de costa que incluye bahías y entrantes de mar.

Por la morfología característica de estos sistemas costeros, éstos son dinámicos y además, son trampas naturales de materia orgánica, sedimentos y nutrientes que son introducidos principalmente por los ríos, lluvias y vientos (Odum, 1972). Los nutrientes son transformados por procesos biológicos y geoquímicos, tanto en la columna de agua como en el sedimento. Es así que las lagunas costeras, son consideradas como sistemas acuáticos especialmente productivos, ya que al recibir un subsidio energético considerable, unido a los procesos ecológicos fundamentales en estos sistemas, la energía disponible es claramente mayor comparada con la de otros ecosistemas (Margalef, 1969; Odum, 1972; Wittaker, 1975).

Esta energía disponible sigue varios caminos y está sujeta a factores que influyen sobre la dinámica del sistema, por ejemplo: 1) la presencia de biota local abundante; 2) una notable disminución de materia y energía por exportación a la zona costera adyacente, debido al intercambio mareal, y 3) una "pérdida" por

retención de formas nutritivas y materia orgánica en los sedimentos (Contreras y Gutiérrez, 1989).

Además de los anteriores se encuentra la vegetación circundante, el intercambio de materiales biológicos y no biológicos con los ecosistemas adyacentes, la influencia del ciclo mareal, la morfología, el régimen atmosférico, la precipitación, los aportes de ríos, y el intercambio entre la fase sedimento agua que es de suma importancia para el aporte de nutrientes a las comunidades fitoplanctónicas presentes en la columna de agua y sedimento provenientes de procesos de regeneración (Potsma, 1969).

Las lagunas costeras frecuentemente presentan elevadas concentraciones de nutrientes (Mee, 1978) por lo que son consideradas levemente eutróficas, debido al constante movimiento de la columna de agua provocado por el viento dando por consecuencia la resuspensión de sedimentos, suministrando de esta forma nutrientes a la columna de agua provenientes de los ciclos biogeoquímicos y la transformación de materiales que suceden en los sedimentos, a lo largo del ciclo anual (Colombo, 1977), sin menospreciar los aportes provenientes de los ríos y escurrimientos, así como los de origen pluvial. Por esta disponibilidad, prácticamente no existe limitación hacia la biota fitoplanctónica (Contreras, 1985).

Las variaciones estacionales de los nutrientes son amplias. Las concentraciones más elevadas generalmente se sitúan después del periodo de lluvias, cuando además de los autóctonos, se suman los provenientes del arrastre terrígeno. En tanto las concentraciones mínimas, se detectan después del florecimiento fitoplanctónico primaveral; pero aún en estos meses predominan concentraciones de nutrientes mayores en comparación con la zona costera adyacente (De la Lanza y Arenas, 1986).

Las formas de nitrógeno (amonio, nitratos y nitritos) se presentan en elevadas concentraciones durante todo el ciclo. El amonio representa del 60 al 90% del nitrógeno inorgánico total. Cabe mencionar, que la urea es una importante fuente de nitrógeno en zonas costeras y estuarinas (McCarthy *et al.*, 1974) y ocupa el segundo lugar de preferencia, por parte del fitoplanctón, después del amonio, aunque éste generalmente no es cuantificado en los trabajos de investigación.

En las lagunas costeras y con base en las concentraciones detectadas hasta hoy, se puede afirmar que en la interrelación nutrientes-productividad primaria la importancia no se ubica en la cantidad del nutriente, ya sea éste fósforo o nitrógeno, sino en la relación que existe entre ellos, ésta es conocida como la relación N:P.

La relación N:P calculada para el océano fue de 15:1 (Redfield, 1958); en cambio, en los lagos, es de 40:1. Mientras en éstos el fósforo es el elemento limitante para la productividad, el nitrógeno inorgánico lo es en el primero (Doremus, *et al.*, 1980). En las lagunas costeras, los valores para la relación N:P oscilan entre 1:1 y 4:1 (Gutierrez y Contreras, 1989), lo que sugiere que ninguno de los dos elementos restringe el proceso de la productividad primaria, aunque es notoria una relativa carencia de nitrógeno. Rinaldi *et al.* (1992) proponen una división con base en el índice N:P, donde si éste es menor a 5 indica una limitación de nitrógeno, entre 5 y 10 es indiferente y mayor de 10 presupone una limitación por parte del fósforo.

En México los sistemas estuarino-lagunares representan del 30 al 35% de los litorales, existiendo un registro de 130 lagunas, de las cuales 92 se encuentran extendidas en la costa del Pacífico, desde Baja California hasta el estado de Chiapas, mientras que el resto se ubica en el Golfo de México y Mar Caribe (Contreras, 1985) Cada uno de estos sistemas exhibe diferentes tamaños, regímenes hidrológicos, biota, hábitats, flujos de energía y problemas específicos.

Los sistemas lagunares en el Golfo de México presentan, de forma general, importantes escurrimientos de agua, clima costero semiárido en el norte y subhúmedo en el sur, precipitación en verano lo que aumenta el volumen de los ríos con el subsecuente aumento de nutrientes, y la presencia de "nortes" en invierno (Contreras, 1985).

Las lagunas costeras presentes en el Golfo de México han sido sitios donde se realizan diferentes actividades, algunas de ellas han causado serios daños en su dinámica y procesos biológicos, como es el caso de Tuxpan-Tampamachoco, Mandinga, Ostión y Términos (Villalobos *et al.*, 1966; Contreras, 1983, 1983; Botello, 1978). Sin embargo, la laguna de Sontecomapan se encuentra en un estado relativo de conservación, por lo que la hace atractiva para un estudio en donde se conozca el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y nutrientes en relación con la productividad primaria efectuada por el fitoplancton, nanofitoplancton, así como de las comunidades bentónicas, además de caracterizar de forma global el comportamiento espacio-temporal de este sistema y su relación con la zona costera adyacente.

ANTECEDENTES

Existen más de 3,300 trabajos alrededor de los sistemas estuarinos (Centro de Documentación Ecosistemas Litorales Mexicanos).

En México, cabe destacar particularmente los trabajos sobre aspectos de geología por Ayala-Castañares y Phleger (1969), los trabajos realizados sobre el origen y clasificación por Pritchard (1967) y Lankford (1977); aspectos de hidrología y productividad primaria por Acosta y Alvarez-Borrego (1974), Alvarez-Borrego, Lara-Lara y Acosta (1977) y Celis y Alvarez- Borrego (1975).

En lo que respecta al Golfo de México, la mayoría de los trabajos sobre estos tópicos se han realizado en la Laguna de Términos (más de 300) como son los hechos por Gómez-Aguirre (1974), Botello (1978), Day (1982), y un compendio de trabajos en diferentes áreas como son Procesos Físicos Ambientales, Químicos, Biológicos, Ecológicos y Antropogénicos en la Laguna de Términos editados por Yañes-Arancibia y Day (1988), por mencionar sólo algunos.

En lo referente al estado de Veracruz, se cuenta con más de 700 trabajos, sobresaliendo los realizados por Villalobos *et al.* (1966), (1982); De la Lanza (1965),(1966); Villalobos y De la Lanza (1969); Margalef (1969); Guadarrama (1977); Luna *et al.* (1979); Contreras (1983, 1985); Gutierrez y Contreras (1989).

Para la laguna de Sontecomapan se han efectuado pocos trabajos, abarcando desde la composición florística del mangle hasta parámetros fisicoquímicos, como son los realizados por Menéndez (1976), Reséndez (1982), De la Cruz y Franco (1981), Chinolla (1984) y Castro (1986), además de los que se

encuentra realizando actualmente el Dr. Alfonso Vázquez Botello del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM sobre contaminación por hidrocarburos.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este trabajo es caracterizar el comportamiento espacio-temporal con base en la hidrología, nutrientes y su relación con las concentraciones de clorofila *a* del fitoplancton, nanofitoplancton y sedimento de la Laguna de Sontecomapan, Ver.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- * Determinar la variación espacio-temporal de los factores hidrológicos (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y transparencia).
- * Cuantificar la variación espacio-temporal de las concentraciones de los nutrientes: Nitrógeno (amonio, nitratos, nitritos) y Fósforo (fósforo total, fósforo orgánico y ortofosfatos).
- * Relacionar las concentraciones de nutrientes y parámetros hidrológicos con las concentraciones de clorofila *a* obtenidas del fitoplancton, nanofitoplactón y sedimento, identificándose cual de éstas es la más importante.
- * Caracterizar al sistema lagunar de acuerdo a cada uno de los primeros tres objetivos en el espacio y el tiempo.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La laguna de Sontecomapan se sitúa en la región de la cuenca que forman el volcán de San Martín Tuxtla y la Sierra de Santa Martha, al sureste del estado de Veracruz.

Sus coordenadas son: $18^{\circ} 30'$ y $18^{\circ} 34'$ de latitud Norte, y $95^{\circ} 00'$ y $95^{\circ} 04'$ de longitud Oeste (Fig. 1).

Se ubica en el macizo de los Tuxtlas, el cual separa las cuencas terciarias de Veracruz y la Salina del Istmo. El suelo se forma de rocas volcánicas clásticas, entre las que predominan lavas, brechas, tobas basálticas y andesíticas. La laguna presenta en su fondo cenizas volcánicas provenientes de la actividad del macizo, por acarreo fluvial de las áreas cercanas ó por procesos eólicos de cenizas volcánicas preexistentes. La boca de comunicación con el mar se localiza en la parte noreste de la laguna y ésta es permanente. Al noroeste se ubica un depósito de sedimentos; en el extremo de la boca existe un derrame basáltico denominado el "Morro", y al suroeste de la laguna se presenta un valle que facilita la acumulación de materia orgánica (Contreras, 1985).

Lankford (1977) la ubica en el tipo V-B, laguna volcánica: depresión y barrera formadas por flujos de lava independientemente de la historia del nivel del mar, pueden ser muy jóvenes, escurrimientos presentes o ausentes, forma y batimetría altamente variables, según las condiciones climáticas. En tanto Carranza-Edwards *et al.* (1975) la ubica en la unidad morfotectónica II, que se extiende desde Punta Delgada, Ver. hasta las inmediaciones de Coatzacoalcos, Ver.

Su clima es del tipo Am(f)(i), clima cálido húmedo con lluvias todo el año con una precipitación media anual de 2,929.04 mm; la temperatura media anual es de 24.9 °C, con oscilación menor a 5 °C; el 69.1% de las lluvias ocurre en los meses más húmedos, mientras que el 14.7 en el invierno (García, 1973).

Esta laguna es alimentada por varios ríos y arroyos, principalmente en la zona sur y sureste: río de la Palma, Sumidero, Basura, Sontecomapan, Chuniapan, Coscoapan, Viejo Coscoapan, del Fraile, Sábalo, Hualtajapan, de los Pollos y de la Boya.

El sistema lagunar se divide en varias zonas: la barra que comprende desde la playa a Roca Morro; el canal El Real, que abarca la zona del río La Palma y termina en un canal que se abre y conforma mayoritariamente la laguna con una profundidad promedio de 1.5 m . Esta se divide parcialmente en tres zonas, debido a los deltas formados por el río Coscoapa. La superficie aproximada es de 891 ha. (Castro, 1986).

El cuerpo mayor de la laguna se rodea en su totalidad de una franja de manglares: *Rhizophora mangle* y *Avicenia sp.*, que comparativamente con lo que sucede en otros sistemas lagunares del Estado de Veracruz es más alto y mejor conservado (Menéndez, 1976).



Fig. 1 Localización de la laguna de Sontecomapan, Ver.

MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se realizó en la laguna de Sontecomapan, Ver. durante el período comprendido de Febrero a Octubre de 1992 con seis muestreos comprendiendo las épocas de nortes (febrero y marzo), secas (abril y junio) y lluvias (agosto y octubre). Se estableció una red de ocho estaciones dentro de la laguna. El criterio seguido para la ubicación de las estaciones se basó en localizar aquellas zonas que presentaran descargas de ríos, vegetación sumergida y canales de comunicación con el mar ya que éstos determinan, en gran medida, el comportamiento espacio-temporal de los nutrientes, fluctuaciones en las concentraciones de clorofilas así como los cambios en salinidad (Fig. 2).

Las muestras se colectaron con ayuda de una botella van Dorn de 3 l de capacidad y a una profundidad promedio de 50 cm. En cada muestra se cuantificaron los siguientes parámetros *in situ*:

Temperatura.- Por medio de un termómetro de cubeta Khalsico con una graduación de -20° a 110°C .

Salinidad.- Se tomó la muestra en botellas de cristal ambar y una vez en el laboratorio se midió la salinidad por medio de un Salinómetro de Inducción marca Beckman R57C.

Oxígeno disuelto.- Se utilizó el método de Winkler modificado por Strickland y Parsons (1972).

Transparencia.- Se midió por medio de un disco de Secchi.

pH.- Se midió por medio de un pHmetro modelo 3D marca Corning.

Nutrientes:

Se tomaron muestras para la evaluación de los siguientes nutrientes: ortofosfatos, fósforo total y nitratos y nitritos, sin fijador específico y fueron almacenadas en frascos de plástico, las cuales se mantuvieron en refrigeración. Al mismo tiempo, se tomaron réplicas de muestras para la lectura de amonio que fueron fijadas con una solución de fenol y almacenadas en recipientes de plástico. Todas las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Ecosistemas Costeros de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Una vez en el laboratorio se determinaron las concentraciones de los siguientes nutrientes:

Ortofosfatos, Fósforo total y Fósforo orgánico:

Las determinaciones se hicieron espectrofotométricamente a partir de la técnica del ácido ascórbico (Menzel y Corwin, 1965) para la evaluación del fósforo total y ortofosfatos, en tanto el fósforo orgánico se obtuvo por diferencia de las dos primeras formas fosfatadas.

Amonio, nitratos y nitritos:

Las determinaciones se hicieron espectrofotométricamente a partir de la técnica del Azul de Indofenol para amonio (Solorzano, 1969); los nitritos mediante el método de la Sulfanilamida y los nitratos se cuantificaron como los

nitritos previa reducción en una columna de cadmio (Bendschneider y Robinson, 1952).

Para todas las técnicas de nutrientes se utilizó un espectrofotómetro marca Beckman y se siguieron las modificaciones propuestas por la Environmental Protection Agency (1983).

Clorofila a:

Para la cuantificación de la clorofila a en la columna de agua se empleó la técnica propuesta por SCOR-UNESCO (1980), la cual consiste de la filtración de 50 ml a través de filtros-membranas Millipore de 0.45 μm de poro, agregando una solución de carbonato de magnesio para evitar la acidificación de la muestra. Cabe señalar que para la obtención de clorofila a del nanofitoplancton en la columna de agua fue necesario filtrar 50 ml de muestra previamente a través de un disco de Nitex con malla de 22 μm (McCarthy et al., 1974).

La obtención de clorofila a en sedimento se hizo mediante la obtención de sedimentos de forma directa con la ayuda de frascos oscuros, aplicando, al igual que las muestras de la columna de agua, carbonato de magnesio.

Una vez en el laboratorio, se procedió a la extracción de la clorofilaa con acetona al 90%, tanto de los filtros correspondientes a la columna de agua como a las muestras de sedimento. Acto seguido se tomó la lectura en un espectrofotómetro marca Beckman a longitudes de onda de 663, 645, 630 y 730 nm, siendo la primera longitud la correspondiente a la clorofila a. Una vez obtenidas las lecturas se utilizaron las fórmulas tricométricas propuestas en la misma técnica.

Cabe hacer la observación que se considera como clorofila a total a la que se toma directamente de la muestra sin efectuarse ningún filtrado, o bien la que es mayor a las 22 μm .

Para la relación de los factores hidrológicos así como nutrientes y clorofila *a* se aplicó el análisis de ordenación gráfica, el cual busca el ordenamiento de las muestras sobre ejes que expresan variaciones ambientales conocidas y aceptadas (Matteucci y Colma, 1982).

Al mismo tiempo, para evidenciar las variaciones espaciotemporales dentro de la laguna se utilizó la técnica de clasificación utilizando el índice de distancia cordal por el método de agrupamiento promedio no ponderado (UPGMA) por medio del paquete estadístico ANACOM (De la Cruz, 1993), que permitió establecer agrupamientos tanto de estaciones como meses de muestreo.

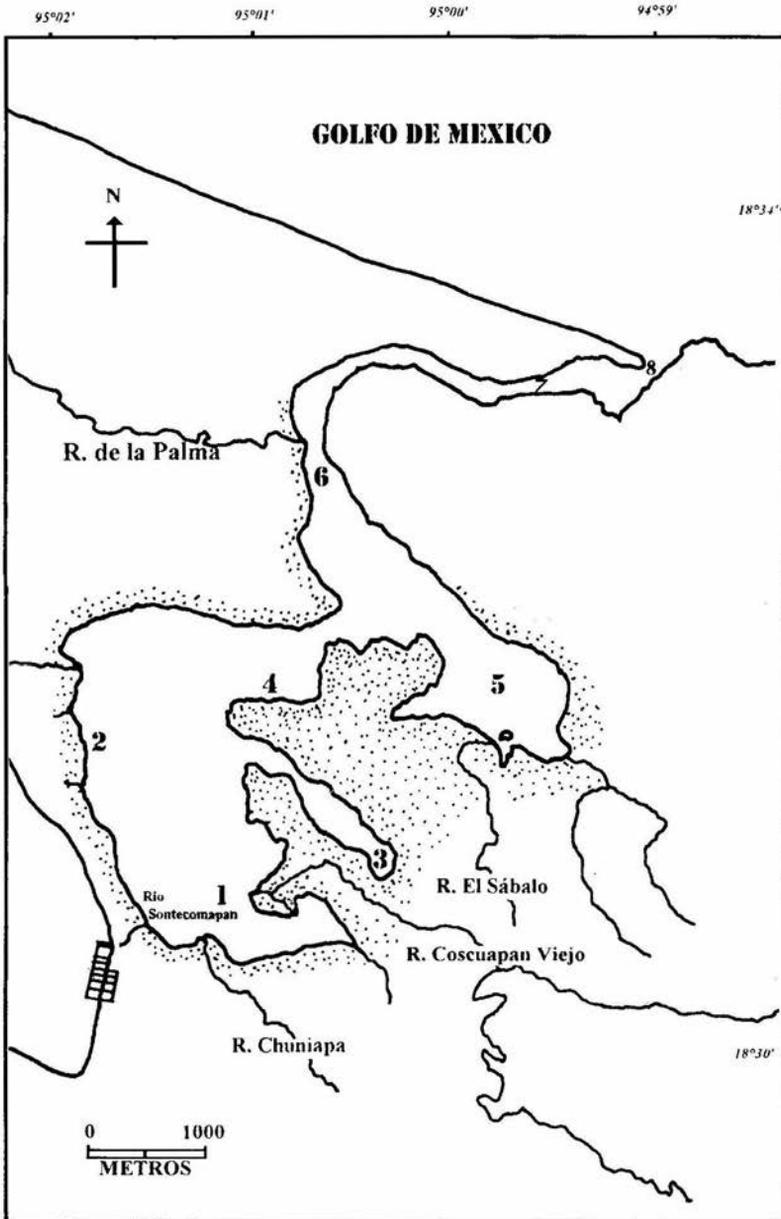


Fig. 2 Localización de las estaciones de muestreo.

RESULTADOS

Salinidad

Este parámetro se vió influenciado directamente por las temporadas climáticas: nortes, secas y lluvias, observándose un cambio en la salinidad de la laguna a lo largo del tiempo y de acuerdo a la temporada (Fig. 3). Otro factor de variación fue la localización de las estaciones de muestreo dentro del sistema, siendo las estaciones de la zona sur cerca de la desembocadura de los rios las que presentaron las más bajas salinidades y aumentando conforme se acerca a la boca de comunicación con el mar (Fig. 4).

De esta manera, se obtuvo el valor mínimo de 0.266 ‰ correspondiente al mes de agosto y el máximo de 37.55 ‰ para el mes de junio (Tab. I). La media mínima se presentó durante el mes de octubre con 2.02 ‰ ± 1.58 correspondiente a la temporada de lluvias y la máxima al mes de junio, correspondiente a secas, con 27.11 ‰ ± 10.08 (Fig. 3).

Para las estaciones de muestreo el valor mínimo promedio correspondió a la estación 1 con 3.85 ‰ ± 4.3 , la cual mostró la influencia de las descargas de ríos a lo largo del año. La media máxima se observó en la estación 8 con 21.60 ‰ ± 12.92 , siendo reflejo de la influencia del mar por medio de la acción de las mareas (Fig. 4).

Temperatura

La temperatura, al igual que la salinidad muestra influencia de las temporadas climáticas a lo largo de los seis muestreos, presentándose el menor registro en el mes de febrero con 22.0°C, debido a la acción de los

nortes y la baja temperatura ambiental. El valor máximo fue de 34.8°C , correspondiente al mes de agosto, cuando se presentó una mayor insolación y el comienzo de la temporada de lluvias (Tab. I). De manera general, se presentó la misma tendencia en los promedios mensuales a lo largo de los muestreos, en donde la media mínima fue de $24.47^{\circ}\text{C} \pm 1.31$ para febrero y la máxima para agosto con $33.06^{\circ}\text{C} \pm 0.89$ (Fig. 3).

Transparencia

La transparencia al igual que los parámetros anteriores mostró variaciones consecuencia de la época climática, presentando los mayores porcentajes en la temporada de secas (Fig. 4a) y los menores en la temporada de lluvias y nortes debido a la mayor turbulencia originada por el acarreo de sedimentos a través de los aportes de ríos así como la influencia de los vientos que remueven el fondo de la laguna. Al mismo tiempo, la zona sur de la laguna con la influencia de las descargas de los ríos fue la que presentó los menores valores de transparencia, aumentando esta conforme se acerca a la boca de comunicación con el mar (Fig. 4b).

pH

Los valores obtenidos a lo largo de los muestreos no presentan grandes variaciones, manteniéndose los valores entre los rangos de 8.18 y 7.55, sin presentar una marcada estacionalidad en lo que a este parámetro se refiere (Fig. 4a). En tanto que, los valores observados dentro de la laguna presentan a la zona sur con los menores registros aumentando conforme se acerca a la boca de comunicación (Fig. 4b).

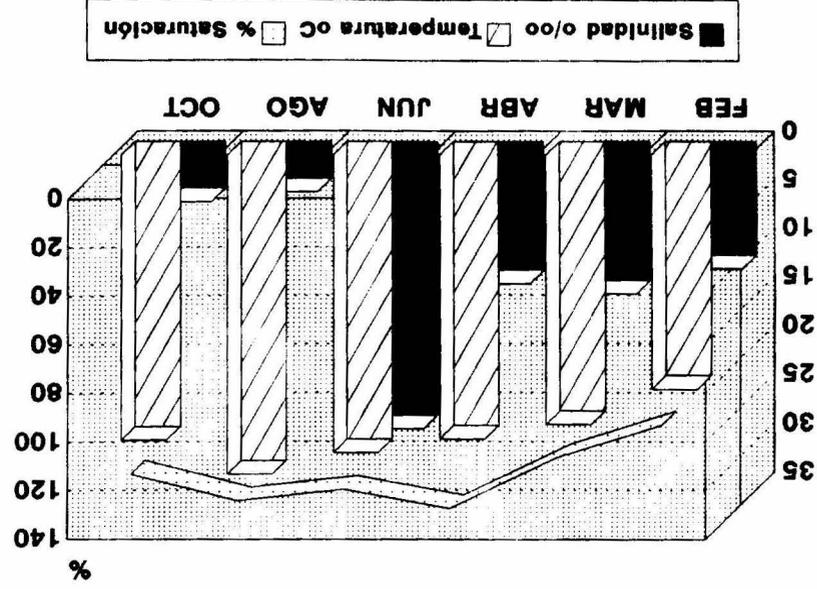


Fig. 3 Promedios obtenidos de salinidad, temperatura y porcentaje de saturación por cada mes de muestreo.

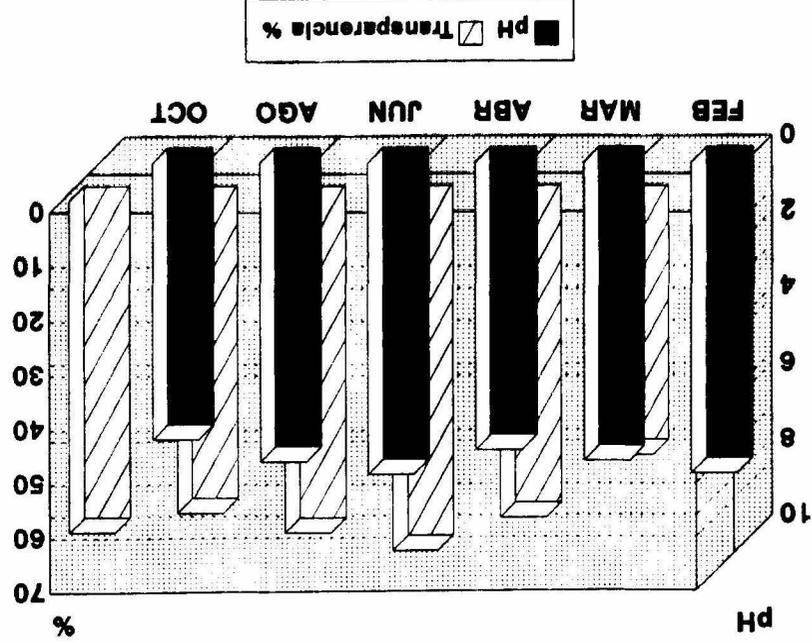


Fig. 4a Promedios mensuales obtenidos para los valores de pH y Transparencia.

Fig. 4b Promedios de salinidad, pH y transparencia anual obtenidos para cada estación de muestreo.

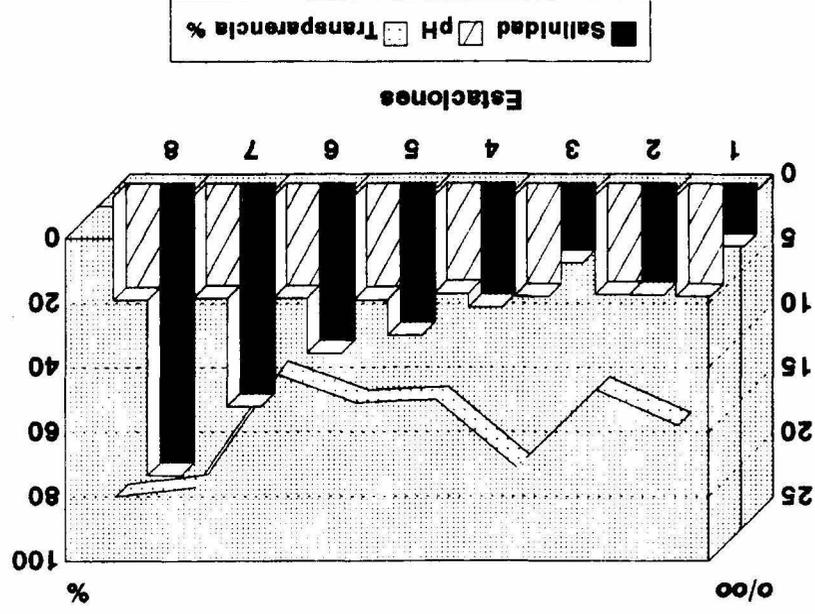


TABLA I. Parámetros hidrológicos (salinidad, temperatura y % saturación de oxígeno) valores máximo, mínimo, promedio y desviación estándar para cada mes.

Mes	Salinidad	Temperatura	% Saturación
Febrero	32.49	25.50	155
max.	7.23	22.00	49
min.	11.85	24.20	100
prom.	10.10	1.31	35.99
std.	35.28	31.00	129
max.	3.18	25.00	84
min.	14.46	27.80	100
prom.	9.37	1.90	14.69
std.	34.49	31.00	172
max.	5.21	28.00	75
min.	13.42	29.30	127
prom.	5.45	1.17	27.53
std.			

TABLA I. Parámetros hidrológicos (salinidad, temperatura y % saturación de oxígeno) valores máximo, mínimo, promedio y desviación estándar para cada mes (continuación).

Mes	Salinidad	Temperatura	% Saturación
Junio			
max.	37.76	32.50	175
min.	12.75	29.50	95
prom.	28.29	30.70	121
std.	10.08	0.74	21.28
Agosto			
max.	13.90	34.80	141
min.	2.66	31.50	111
prom.	3.90	32.90	128
std.	1.49	0.89	9.04
Octubre			
max.	28.75	31.00	126
min.	3.10	26.00	83
prom.	4.93	29.40	114
std.	1.58	1.43	6.54

Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto se encuentran expresados como porcentaje de saturación y, con excepción del mes de febrero, los meses restantes se presentan con valores que rebasan el 110%. El valor mínimo que se presentó dentro de la laguna es del 49% correspondiente al mes de febrero, mientras que el mayor fue de 175% para junio (Fig. 3). En tanto que el valor mínimo promedio se presentó en el mes de febrero con $97.38\% \pm 35.98$, siendo esta desviación el reflejo de la gran variabilidad que se encontró de los valores dentro de la laguna. El máximo promedio fue para el mes abril con $131.75\% \pm 27.53$ (Tab. I).

Formas reducidas del nitrógeno: Amonio

Las concentraciones de amonio estuvieron condicionados a la temporada imperante del año y a la zona de muestreo, de esta forma y de manera general los mayores registros se presentaron durante los tres primeros muestreos correspondientes a la temporada de nortes y secas (Fig. 5), en tanto que, de acuerdo a la localización espacial se mostraron las menores concentraciones en el interior de la laguna y las mayores conforme se acerca hacia la boca de comunicación (Fig.6). De esta forma, el menor registro se presentó en el mes de agosto con $2.1 \mu\text{g-at/l}$ y el mayor fue en el mes de abril con $53.4 \mu\text{g-at/l}$ (Tab. II). El valor mínimo promedio \pm correspondió al mes de junio con $4.95 \mu\text{g-at/l} \pm 2.85$ y el máximo promedio fue para marzo con $18.11 \mu\text{g-at/l} \pm 9.13$.

Formas oxidadas del nitrógeno: Nitritos y Nitratos

Las concentraciones obtenidas para los nitratos y nitritos presentaron sus mayores registros durante la temporada de nortes y lluvias, representando

la segunda forma nitrogenada después del amonio en orden de magnitud (Fig. 5); así mismo, la distribución de estos nutrientes se vió afectada por los aportes de ríos mostrándose los mayores registros en la zona sur de la laguna con una mayor influencia fluvial y decreciendo hacia la boca de comunicación (Fig. 6). El valor mínimo se presentó durante el mes de febrero con $0.26 \mu\text{g-at/l}$ y el máximo en el mes de octubre con $30.35 \mu\text{g-at/l}$ (Tab. II). El valor mínimo promedio se registró durante el mes de agosto con $1.14 \mu\text{g-at/l} \pm 0.32$ y el máximo promedio en abril con $8.09 \mu\text{g-at/l} \pm 3.74$.

Ortofosfatos

De manera general para las tres formas fosfatadas (ortofosfatos (P-PO_4^-), fósforo total y fósforo orgánico) las concentraciones variaron de acuerdo a la temporada climática siendo la temporada de secas en la que se observaron los menores valores, aumentando en la temporada de lluvias (Fig. 7). En cuanto a la distribución espacial las mayores concentraciones se presentaron en la zona sur de la laguna debido a la influencia de los ríos y escurrimientos decreciendo al acercarse a la boca de comunicación (Fig. 8). El valor mínimo se presentó en el mes de abril con $0.96 \mu\text{g-at/l}$ y el máximo de $5.25 \mu\text{g-at/l}$ para junio (Tab. II). En cuanto al valor mínimo promedio fue para el mes de abril con $1.35 \mu\text{g-at/l} \pm 0.34$ y el máximo promedio fue de $4.41 \mu\text{g-at/l} \pm 0.41$ para agosto.

Fósforo Total

El valor mínimo que se registró corresponde al mes de abril con $1.85 \mu\text{g-at/l}$ y el máximo de $9.29 \mu\text{g-at/l}$ para agosto (Tab. II). En tanto, el valor mínimo promedio fue de $2.41 \mu\text{g-at/l} \pm 0.24$ correspondiente al mes de febrero y el máximo promedio para octubre con $5.74 \mu\text{g-at/l} \pm 1.44$.

Fósforo Orgánico

La concentración mínima correspondió al mes de agosto con $0.07\mu\text{g-at/l}$ y la máxima con $4.82\mu\text{g-at/l}$ para el mismo mes (Tab. II). El valor mínimo promedio se registró en el mes de febrero con $0.77\mu\text{g-at/l} \pm 0.25$, mientras que el máximo promedio se presentó en el mes de octubre con $1.83\mu\text{g-at/l} \pm 0.25$ (Fig. 7).

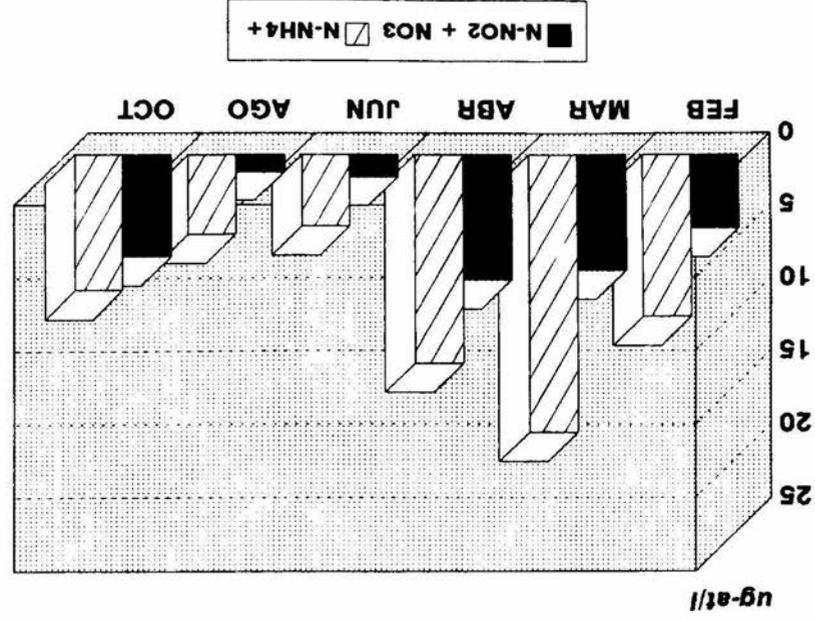


Fig. 5 Formas nitrogenadas, promedios para cada mes de muestreo.

Fig. 6 Promedios obtenidos de las diferentes formas nitrogenadas para cada estación de muestreo.

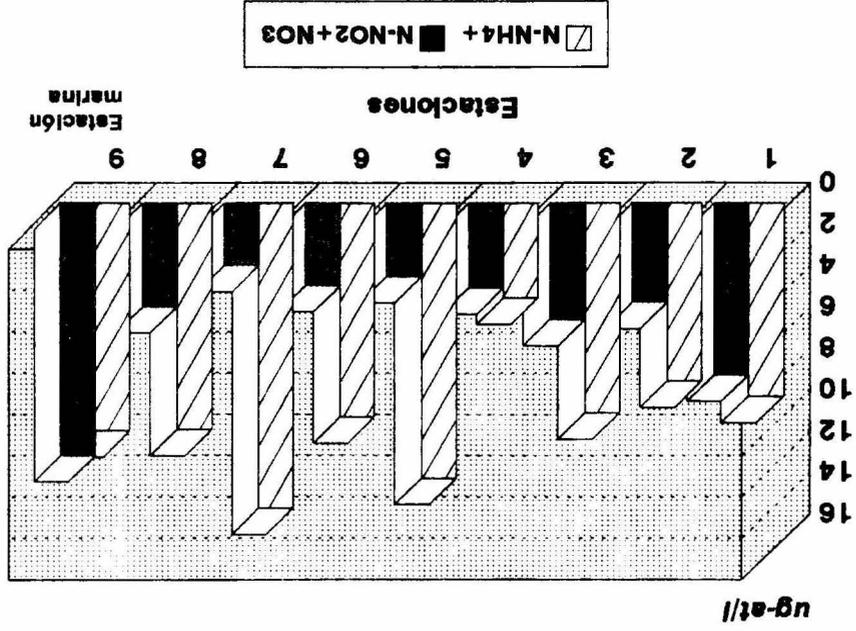
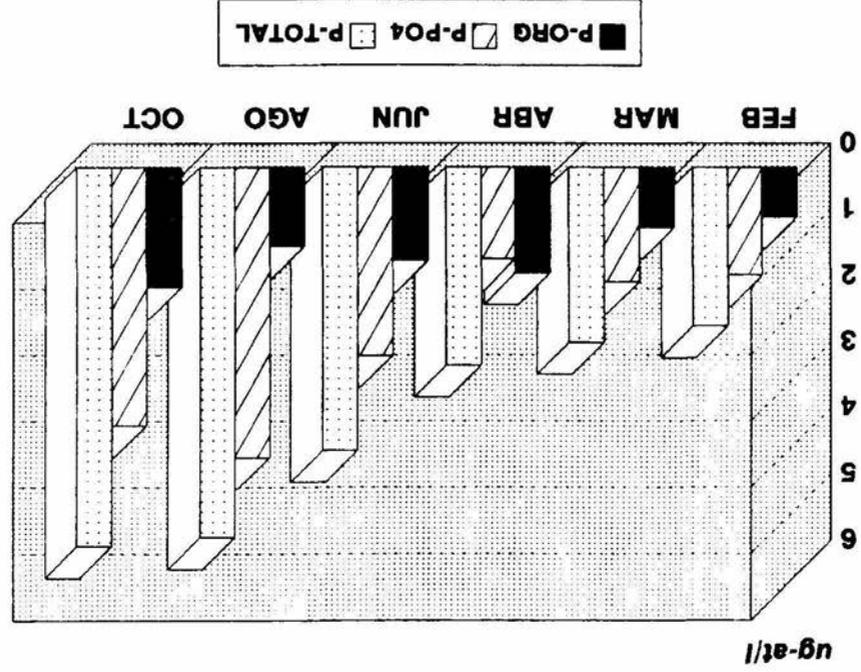


Fig. 7 Formas forfadas, promedio obtenidos para cada mes de muestreo.



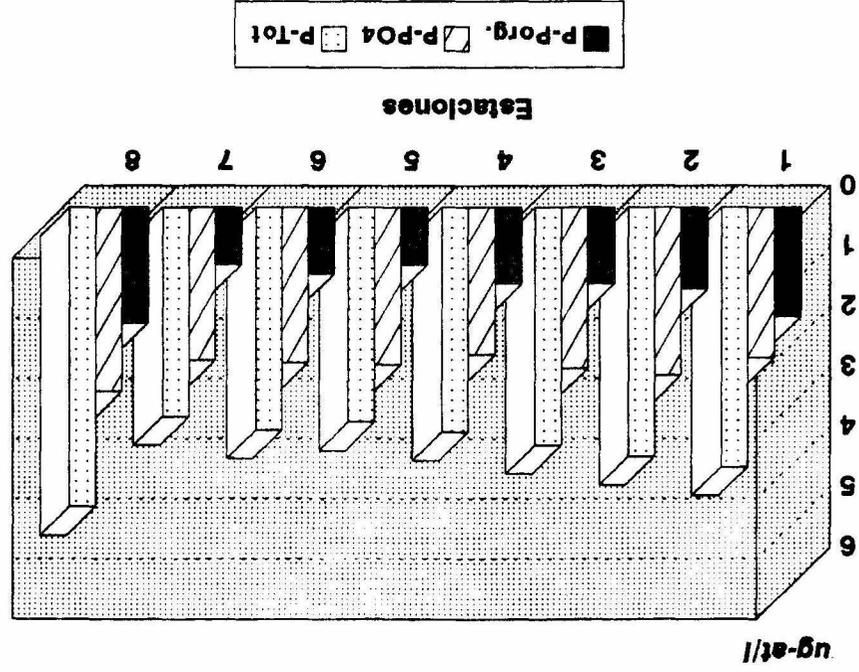


Fig. 8 Formas fosfatadas, promedios obtenidos para cada estación de muestreo.

TABLA II. Valores de concentración para los diferentes nutrientes (ug-at/l) valores máximo, mínimo, promedio y desviación estándar para cada mes.

Mes	N-NH4+	N-NO2 + NO3	P-PO4	P-Org	P-Tot
Febrero					
max.	23.77	17.89	1.83	1.20	2.75
min.	5.88	26.00	1.41	0.42	2.05
prom.	11.17	5.09	1.63	0.76	2.40
std	5.21	3.06	0.12	0.25	0.24
Marzo					
max.	32.70	2.44	2.44	2.79	4.46
min.	5.45	1.32	1.32	0.20	2.09
prom.	19.07	1.74	1.74	0.91	2.65
std.	9.13	3.73	0.19	0.74	0.71
Abril					
max.	53.40	1.85	1.85	2.95	4.66
min.	5.95	0.96	0.96	0.48	1.85
prom.	14.38	1.39	1.39	1.60	3.00
std.	14.97	3.74	0.34	0.83	0.95

TABLA II. Valores de concentración para los diferentes nutrientes (ug-at/l) valores máximo, mínimo, promedio y desviación estándar para cada mes (continuación).

Mes	N-NH4+	N-NO2 + NO3	P-PO4	P-Org	P-Tot
Junio	max: 11.35	2.93	5.25	2.01	7.26
	min: 3.50	0.96	2.30	0.70	3.24
	prom: 4.957	1.55	2.85	1.42	4.28
	std: 2.85	0.57	0.92	0.59	1.19
Agosto	max: 11.95	1.62	5.03	4.82	9.29
	min: 2.10	0.72	3.75	0.70	4.54
	prom: 5.52	1.19	4.38	1.21	5.59
	std: 2.91	0.32	0.41	1.49	1.44
Octubre	max: 14.15	30.35	4.33	2.32	6.27
	min: 2.40	1.90	3.21	1.56	5.22
	prom: 9.33	7.04	3.90	1.81	5.72
	std: 3.63	4.45	0.41	0.25	0.36

Clorofila *a* total en la columna de agua.

Los valores de clorofila *a* muestran diferencias marcadas para cada uno de los muestreos, presentando de manera general los menores valores en la temporada de nortes y secas (febrero, marzo y abril) y los mayores en los comienzos de la temporada de lluvias y al final de ésta (junio y octubre) debido, tal vez, al aumento de nutrientes que se da en la columna de agua lo cual permite el florecimiento fitoplanctónico (Fig. 9). La distribución espacial de este pigmento muestra dos zonas con los mayores registros, la primera la zona sur de la laguna que presenta un mayor aporte de nutrientes vía ríos y sedimento, y la segunda la parte terminal del canal de comunicación así como la boca, donde recibe nutrientes tanto de de la laguna como de la zona costera adyacente por efecto del intercambio mareal (Fig. 10). De esta forma, el valor mínimo se observo en el mes de agosto con 0 mg/m^3 y el máximo para junio con 161.82 mg/m^3 (Tab. III). El valor mínimo promedio se presentó en agosto con $0.43 \text{ mg/m}^3 \pm 1.15$ y el máximo promedio en junio con $79.12 \text{ mg/m}^3 \pm 45.92$.

Clorofila *a* del nanofitoplancton en la columna de agua.

Al igual que la clorofila *a* total el nanofitoplancton presentó diferencias marcadas de acuerdo a la temporada de muestreo y zona de la laguna (Fig. 9), de este modo el valor mínimo fue de 0.84 mg/m^3 para el mes de abril y el máximo fue de 128.91 mg/m^3 para octubre (Tab. III). El valor mínimo promedio corresponde al mes de abril con $7.67 \text{ mg/m}^3 \pm 8.00$ y el máximo promedio a octubre con $50.96 \text{ mg/m}^3 \pm 39.91$.

Clorofila a en sedimento

Las concentraciones de clorofila *a* presentaron variaciones importantes a lo largo de los meses de muestreo siendo en la temporada de secas cuando se presentaron los menores valores y en lluvias y nortes los mayores registros (Fig. 11), mientras que a lo largo de la laguna las estaciones del interior presentaron los mayores valores decreciendo éstos hacia el canal y la boca de comunicación (Fig. 10). El menor se registró en el mes de abril con 0 mg/m^3 y el mayor durante el mes de junio con 152.63 mg/m^3 (Tab. III). Los valores mínimos y máximos promedios fueron de $6.91 \text{ mg/m}^3 \pm 9.10$ y $84.11 \text{ mg/m}^3 \pm 42.79$ para febrero y abril respectivamente.

Fig. 9 Formedios obtenidos para cada mes de muestreo de Clorofila a Total y la fracción nanofitoplanctónica.

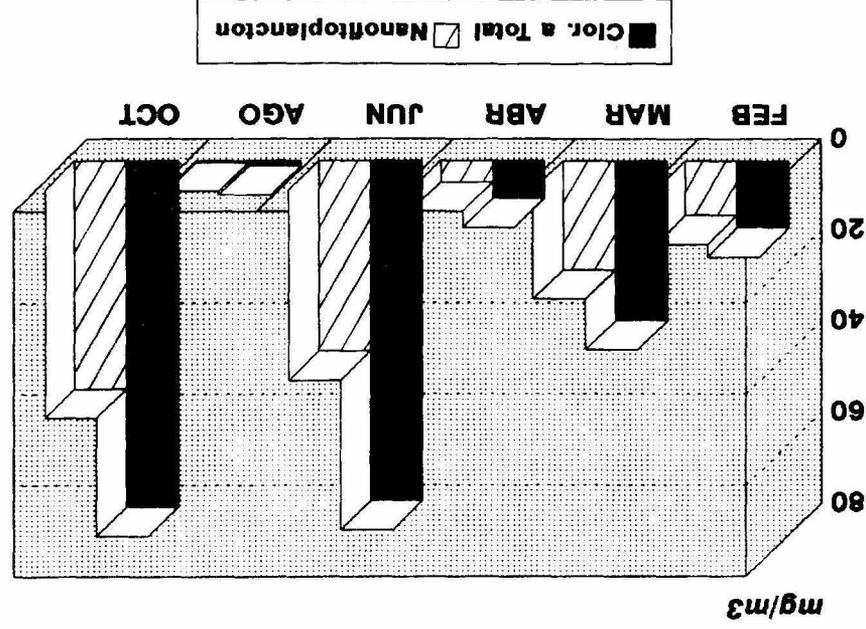
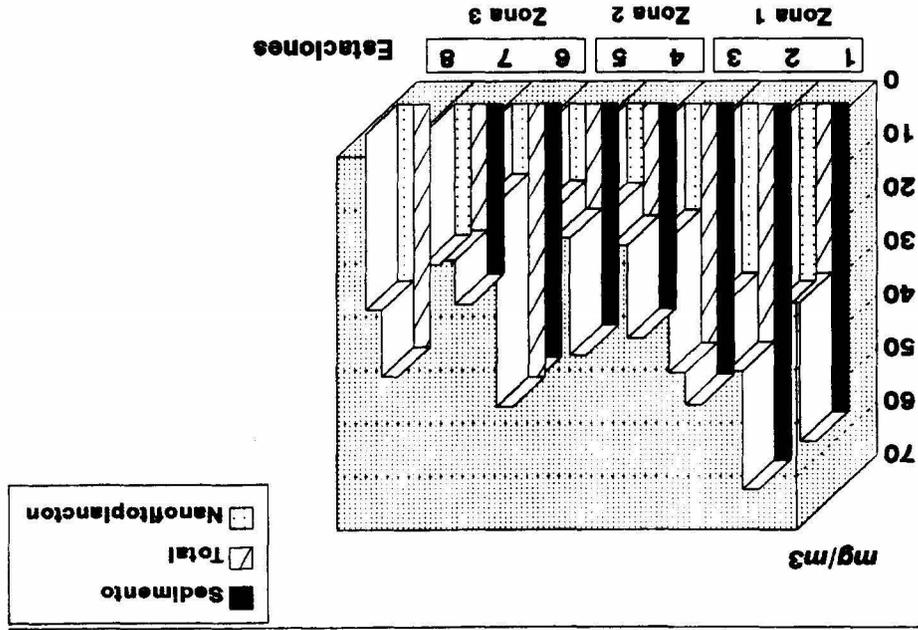


Fig. 10 Concentraciones de clorofila a para cada tracción filoplanctónica, promedios anuales por estación de muestreo.



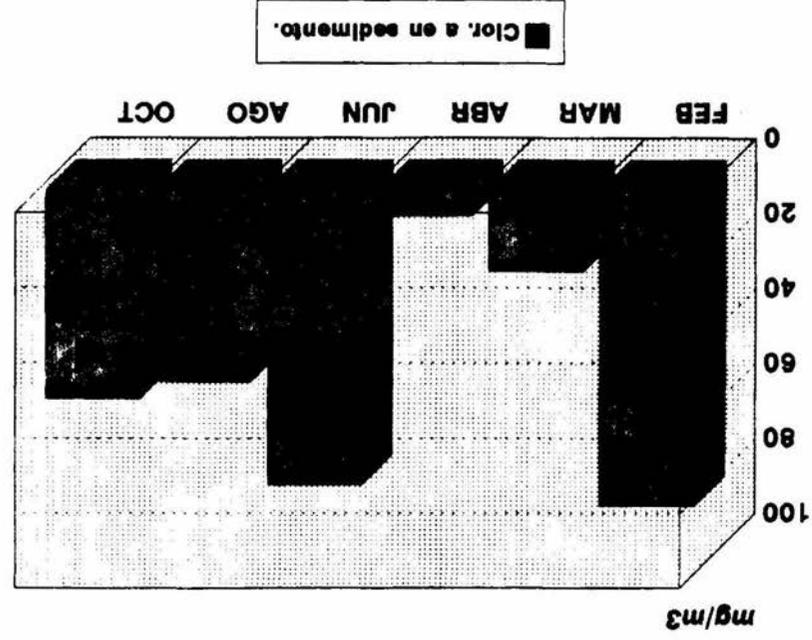


Fig. 11 Promedios obtenidos de Clorofila a en sedimento para cada mes.

TABLA III. Concentraciones de clorofila a para cada una de las diferentes fracciones valores máximo, mínimo, promedio y desviación estandar para cada mes.

Mes	Clor. a Tot.	Clor. a Nano	Clor. a Sedimento
Febrero			
max.	27.15	23.67	141.20
min.	3.43	1.205	30.96
prom.	14.77	12.01	84.11
std	8.04	6.39	42.76
Marzo			
max.	65.75	41.27	64.70
min.	6.70	7.38	0
prom.	35.09	23.93	21.63
std.	14.17	10.25	24.98
Abril			
max.	27.34	20.30	21.17
min.	0.84	0.80	0
prom.	8.32	4.77	6.91
std.	6.52	8.00	9.10

TABLA III. Concentraciones de clorofila a para cada una de las diferentes fracciones valores máximo, mínimo, promedio y desviación estandar para cada mes (continuación).

Mes	Clor. a Tot.	Clor. a Nano	Clor. a Sedimento
Junio			
max.	161.82	61.21	152.63
min.	22.26	13.05	25.02
prom.	74.59	41.79	78.48
std	45.93	12.43	42.27
Agosto			
max.	5.21	3.47	124.88
min.	0	0	7.04
prom.	1.14	0.38	50.90
std.	1.15	1.17	35.21
Octubre			
max.	156.01	128.91	143.16
min.	31.71	9.86	0
prom.	75.94	50.04	55.57
std.	39.06	39.91	115.71

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Salinidad y Temperatura.

Las variaciones de la temperatura y salinidad responden directamente a las condiciones climatológicas del área teniendo los menores registros de salinidad en la temporada cuando los afluentes aumentan su caudal por la época de lluvias y correspondiendo los menores valores de temperatura a la época de nortes, siendo la respuesta directa a las bajas temperaturas ambientales (Botello, 1978; Castro *et al.*, 1985 y Contreras, 1985). Estrechamente relacionado con lo anterior los resultados obtenidos de salinidad presentan una variación estacional, teniendo las concentraciones más altas durante la época de secas y las más bajas en lluvias (Fig. 3). Resalta la presencia de un gradiente que va disminuyendo de la boca de comunicación al interior de la laguna (Fig. 4b), por lo que se deduce que éste es un sistema de tipo positivo, según la clasificación propuesta por Pritchard (1967).

De acuerdo a los valores de salinidad obtenidos (sistema de Venecia, 1957), así como de las concentraciones de nutrientes y sobretodo de acuerdo a los agrupamientos obtenidos por el análisis de distancia cordal, el cual integra los parámetros antes mencionados, es posible dividir al sistema en tres zonas (Fig. 12).

Zona 1, ubicada al sur de la laguna abarcando las estaciones 1 y 3 que se caracterizó por presentar los registros promedio más bajos de salinidad durante todos los muestreos, menores a 6 ‰, consecuencia de la descarga de los afluentes en esta área. La **Zona 2** abarca las estaciones 2 y 5, las cuales se encuentran con la influencia del canal de comunicación a la boca de comunicación, siendo la salida de la Zona 1 que presenta una mayor influencia

de los ríos. Presenta valores promedio de salinidad de 9.21‰ . Por último, la **Zona 3** que incluye las estaciones 4, 6, 7 y 8, abarcando el canal y la boca de comunicación de la laguna con el océano adyacente, presentando salinidades promedio mayores de las 14‰ .

De manera general y de acuerdo con el análisis de clasificación (Fig. 13), se presentan tres temporadas: secas, lluvias y nortes. Así mismo, la laguna se presenta como oligohalina para la temporada de lluvias y mesohalina para la temporada de secas y nortes (Fig. 3 y 4b). La zonación concuerda con lo reportado por Castro (1986) para la misma laguna.

La temperatura, en términos generales, varió al igual que la salinidad, influenciada por la temporada climática observándose el registro más bajos en la temporada de nortes (febrero 24.20 °C) debido a la acción de los vientos provenientes del norte sobre la columna de agua, los cuales presentan una menor temperatura a la que se presenta durante el resto del año, enfriando de éste modo la columna de agua. Después de la temporada de nortes se presenta un ascenso paulatino de temperatura conforme la temperatura ambiental aumenta, llegando a su máximo en la temporada de lluvias (agosto 32.90 °C) para descender nuevamente en nortes (29.40 °C) (Fig. 3).

Fig. 12 Zonación de la laguna de Sontecomapan de acuerdo al análisis de clasificación.

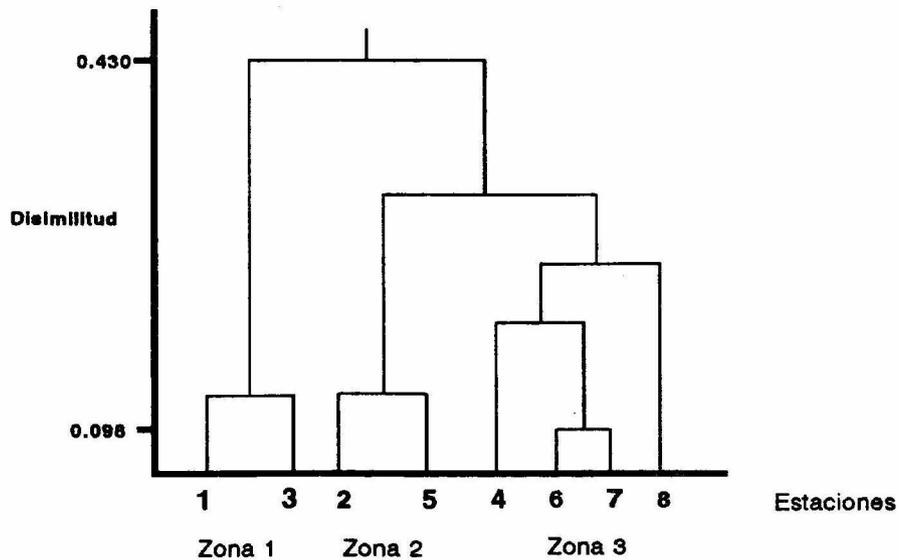
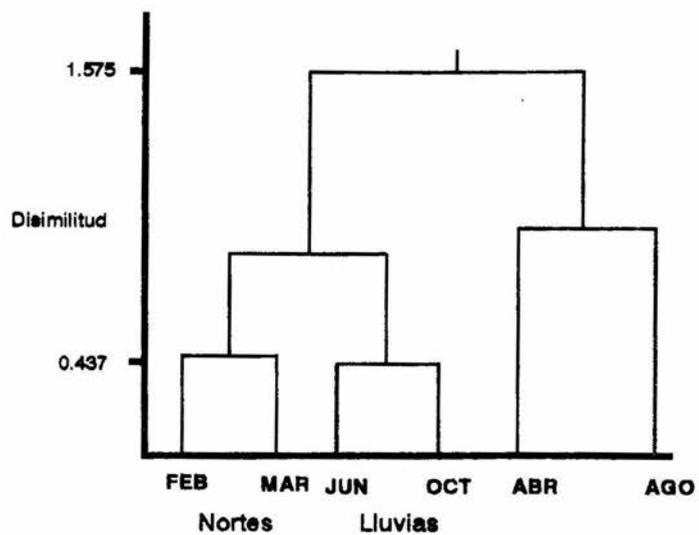


Fig. 13 Temporadas climáticas obtenidas a partir del análisis de clasificación, tomando los registros de salinidad.



Oxígeno Disuelto.

De forma general, el porcentaje de saturación de oxígeno para todas las estaciones fue alto, de 97 a 132 % (Fig. 3), lo cual concuerda con lo reportado por Reséndez (1982) para esta laguna y Contreras y Gutierrez (1989) para sistemas similares del estado de Veracruz. Las concentraciones se mantuvieron relativamente homogéneas y estrechamente relacionadas con la actividad fotosintética, tanto en la columna de agua como en sedimento, así como a la temporada climática predominante.

Los registros se mantuvieron constantes debido, en gran parte, a la fotosíntesis y, en menor medida, a los vientos, los cuales mantienen ininterrumpidamente la mezcla en la columna de agua conservándola en condiciones homogéneas debido a su someridad (De la Lanza y Cantú, 1986).

De esta forma, el valor mínimo (Fig. 3) fue de 97% de saturación y el valor máximo (132 %) lo alcanzó durante la temporada de lluvias, lo que concuerda con los intervalos encontrados por Botello (1978) para la laguna de Términos, donde los valores obtenidos son el resultado de la mezcla y oleaje provocado por los vientos y el aumento de las corrientes de los ríos, así como de la temperatura y salinidad. Por otra parte, los altos porcentajes se deben a la actividad fotosintética del fitoplancton en la columna de agua y de la vegetación sumergida, sobretodo de pastos marinos, los cuales contribuyen de manera importante al aumento de la concentración de oxígeno en la columna de agua. Este hecho se ve respaldado por la amplia presencia de este tipo de vegetación en la zona sur de la laguna y en las riberas de ésta, lo cual permite que los porcentajes de saturación permanezcan constantes, aún cuando las concentraciones de clorofila a en la columna de agua sean bajas. Otro factor que posiblemente contribuya en menor medida a mantener los porcentajes de

saturación altos es el aumento de corrientes, consecuencia del efecto de las mareas, que tienen un impacto directo sobre el sistema haciendo que la circulación a través del canal hacia el interior sea muy dinámica (Botello, 1978). Por otro lado, la influencia de los afluentes contribuyen con una mayor captación del oxígeno por el agua debido a la generación de corrientes en las cercanías de las desembocaduras y además de que éste aporte proviene con una temperatura y salinidad menor que el agua de la laguna y por consiguiente con una mayor concentración de oxígeno (Fig.4b).

NUTRIENTES

Formas Nitrogenadas

Las formas amoniacales en los sistemas estuarino- lagunares, se encuentran ligadas a los aportes provenientes de la degradación de materia orgánica, pastos marinos y desechos de organismos (Tiejten, 1968; Botello, 1978). Los manglares y la vegetación sumergida aportan una cantidad considerable de materia orgánica a los fondos de estos sistemas, donde es transformada por la fauna bentónica y bacterias quedando a disposición en la columna de agua las formas amoniacales (Tietjen, 1968; De la Lanza y Arenas, 1986).

El amonio fue la forma predominante del nitrógeno inorgánico para todos los muestreos, observándose los valores máximos en la temporada de secas (Fig.5), debido tal vez, a que cuando se presentan las mayores temperaturas éstas favorecen una mayor degradación de materia orgánica que se encuentra en el fondo de la laguna, así como los desechos provenientes de organismos del zooplancton y necton. Aunado a estos procesos, se presenta una baja

concentración de clorofila a en la columna de agua (Fig. 9), la cual puede indicar que este nutriente no está siendo utilizado por los productores primarios.

Los valores más bajos se detectaron durante la temporada de lluvias y nortes (febrero, junio, agosto y octubre) (Fig. 5), estos se encuentran ligados a una mayor concentración de clorofila a en la columna de agua (Fig. 9), por lo que se infiere que es en este momento cuando está siendo utilizado el nutriente por los fitoplanctones, por lo que las concentraciones bajan en este instante (Perkins, 1974). Otro factor de menor importancia a considerar puede ser el hecho de que el aumento del caudal de los ríos posiblemente diluye este compuesto.

Los valores de amonio a través de las estaciones de muestreo reflejan, en gran medida, las condiciones hidrográficas del sistema (Fig. 6). Es así que las concentraciones se presentaron de forma homogénea para la Zona 1 (sur de la laguna), donde se presenta un aporte importante de ríos, además de que presenta mayor vegetación sumergida lo que permite una generación constante de este nutriente. Se presentó un ascenso conforme se pasa de la Zona 1 hacia las otras dos zonas (Fig. 6) lo cual puede indicar que el proceso de generación y acarreo de este nutriente se da desde la Zona 1 hacia la boca de comunicación abarcando todo el sistema. La Zona 3 presentó una mayor concentración a lo largo del ciclo (Fig. 6), lo cual puede deberse, además del acarreo y generación ya mencionados, a que las aguas que salen de la laguna se estacionan frente a la boca de comunicación, permitiendo que se concentren todos los nutrientes que provienen de este sistema y vuelvan a entrar a la laguna por efecto de las mareas. Prueba de este hecho son los registros de salinidad y mareas obtenidos mediante la implementación de ciclos de 24 hrs., los cuales muestran que la masa de agua que entra a la laguna por efecto de mareas no es totalmente marina, sino estuarina, ya que presentan salinidades entre 18 y 30‰ (Fig. 14) (Morán *et al.*, 1993). Además, la estación que se estableció fuera del sistema

muestra una concentración casi igual a la que se encuentra dentro de la Zona 3 (Fig. 6).

Los nitratos y nitritos siguen en orden de magnitud a las concentraciones observadas de amonio (Fig. 5). Los mayores registros se obtuvieron durante la transición de nortes a secas, esto puede deberse al aporte proveniente de las lluvias y acarreo fluviales que ocurren durante esta temporada. Otro factor es la remoción del sedimento por las corrientes, lo que permite la liberación de este compuesto, que se encuentra retenido, y su disponibilidad se ve facilitada por las altas concentraciones de oxígeno disuelto en la columna de agua (De la Lanza y Arenas, 1986). Las mayores concentraciones durante todo el ciclo se observaron en la Zona 1 y en la Zona 3 (canal y boca de comunicación) (Fig. 6). La primera refleja la influencia de los ríos debido a la depositación continua de sedimentos, siendo una trampa de nutrientes, además de la posible influencia de los campos de cultivo que se encuentran cercanos a la zona, los cuales al estar fertilizados pueden aumentar el aporte de estos nutrientes vía escurrimientos (Contreras y Gutiérrez, 1989). En el caso de la boca se presenta como efecto del estancamiento que se mencionó anteriormente (Fig. 14) (Morán *et al.*, 1993).

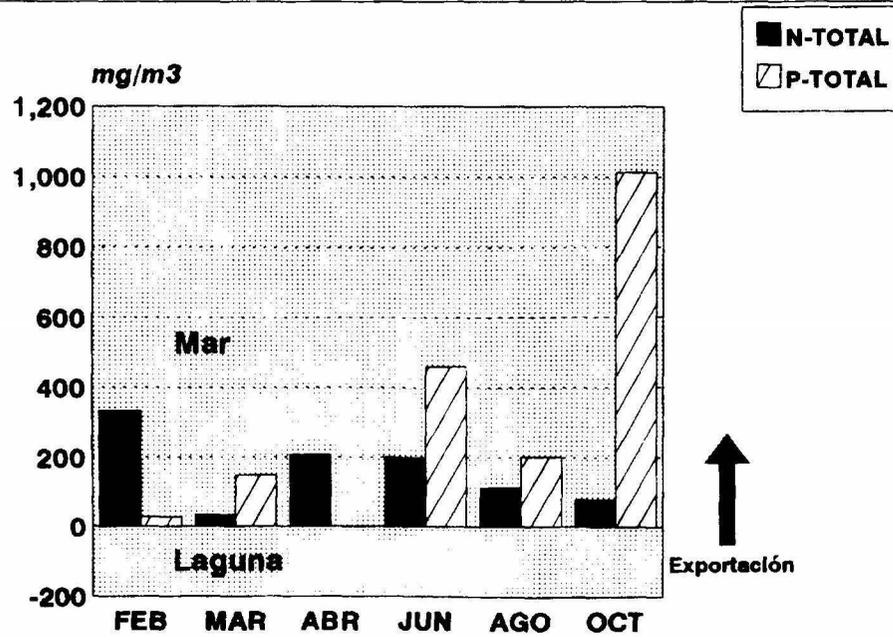
Formas Fosfatadas

Las lagunas costeras generalmente presentan elevadas concentraciones de fósforo en la época de lluvias debido principalmente al carreo de este nutriente así como de materia orgánica (Pomeroy *et al.*, 1965; Postma, 1969; Nixon, 1980), lo cual sucede también en la laguna de Sontecomapan. Esta registra sus mayores concentraciones en junio, agosto y octubre (Fig. 7), debido al aumento en la descarga de los ríos que aportan considerables cantidades de materiales terrígenos y, en menor medida, a los procesos autóctonos como son: la bioturbación del sedimento y la remoción de éstos por el aumento de

corrientes. Esto último permite la liberación de los fosfatos a la columna de agua, ya que parte del fósforo que interviene en el ciclo orgánico queda inmovilizado en los sedimentos, parte como fosfato cálcico o como fosfato férrico, dándose el intercambio entre el sedimento a partir de los grados de oxidación de las formas iónicas de hierro y calcio. Así, cuando se produce un ambiente reductor a nivel de sedimento, el fosfato férrico pasa a ferroso y por lo tanto es soluble en agua (Zeitzchel, 1980 y Margalef, 1981). Las menores concentraciones se presentaron durante la temporada de nortes y secas; esto puede ser debido a que no hay un aporte externo por ríos y en menor medida a la utilización por el fitoplancton.

Las estaciones ubicadas al sur de la laguna (Zona 1 y 2) presentan una mayor influencia de las descargas fluviales y reflejan mayores concentraciones por aportes, captando éstos y almacenándolos en el sedimento o bien quedando a disposición de una forma directa a los productores primarios (Fig. 8). La Zona 3 presentó concentraciones más bajas que la Zona 1 y 2 debido tal vez a que carece de afluentes importantes y al ser un canal con corriente considerable, la producción autóctona de estos compuestos es baja. Por último destaca la boca de comunicación ya que registró un aumento de las concentraciones de las formas fosfatadas, esto puede ser debido al efecto de concentración de nutrientes fuera de la laguna y los cuales entran a ésta por el efecto de las mareas (Fig. 14) (Morán *et al.*, 1993).

Fig. 14 Balance obtenido a partir de 6 ciclos de 24 hrs. y basados en el intercambio mareal en la boca de comunicación de la laguna con el mar (tomado de Morán et al, 1993).



Clorofila a

La base trófica en todos los ecosistemas naturales, como es el caso de las lagunas costeras, está representada por los productores primarios (Russel-Hunter, 1970), los cuales son el principal reservorio de energía. Como es conocido la captación de la energía solar se realiza principalmente por la clorofila a contenida en las células vegetales (Steeman Nielsen, 1975).

La concentración de clorofila a en la columna de agua, constituye un buen indicador de la biomasa fitoplanctónica presente en un sistema (Lehman, 1981). Las mayores concentraciones de clorofila a en la columna de agua se presentaron durante los meses de junio y octubre, con 74.59 y 75.94 mg/m³ respectivamente (Fig. 9). Estos muestreos correspondieron a la temporada de lluvias, donde se presentaron altas concentraciones de formas fosfatadas (Fig. 7) y a su vez un decremento en las formas nitrogenadas (Fig. 5), principalmente de amonio, lo que puede indicar que estas últimas pueden ser las responsables de promover un aumento en las poblaciones fitoplanctónicas (Perkins, 1974). En tanto que el segundo pico de importancia se dió durante los meses de febrero y marzo, temporada de nortes (Fig. 9), cuando se presenta una baja sensible de las formas fosfatadas, lo cual indica el uso de estos nutrientes para la generación de biomasa. Lo anterior coincide a lo reportado por De la Lanza y Cantú (1986) quienes observaron que las mayores concentraciones de clorofila a se registran a finales del otoño, durante los meses de octubre y noviembre para la laguna de Pueblo Viejo, Ver. debido principalmente a que es el segundo florecimiento fitoplanctónico de los dos que se dan a lo largo de un año.

De acuerdo a las concentraciones obtenidas de clorofila a se observaron tres zonas (Fig. 10). La Zona 1 (estaciones 1, 2 y 3), al sur de la laguna, registró las mayores concentraciones de este pigmento, relacionadas posiblemente con

una mayor disposición de nutrientes, lo cual concuerda con lo reportado por Contreras y Kerekes (1993) quienes citan que generalmente el incremento de clorofila *a* es un efecto directo del aumento de fósforo, por lo tanto a mayor entrada o concentración de fósforo, mayor cantidad de clorofila *a*.

La Zona 2 (estaciones 4 y 5), se encuentra influenciada por la Zona 1 y las concentraciones obedecen a los valores de nutrientes que se encuentran en esta área, además de que abarca tanto estaciones con influencia de las descargas de ríos, así como la zona del canal, Zona 3 (estaciones 6, 7 y 8) la cual como se explicó anteriormente muestra un transporte de nutrientes de la zona sur a la boca de comunicación de la laguna con el mar, donde posiblemente es un área en donde las poblaciones fitoplanctónicas se desarrollan mejor por presentar un aporte considerable de nutrientes (Fig. 10) (Contreras, 1983; Morán *et al.*, 1993).

El término de nanofitoplancton ha sido definido por varios investigadores como el componente del fitoplancton que presenta un tamaño que se ubica en el rango de 10 a 22 μm (McCarthy *et al.*, 1974).

La fracción nanofitoplanctónica presentó sus máximas concentraciones durante los meses de marzo, junio, agosto y octubre, abarcando las temporadas de secas y lluvias (Fig. 9), representando en porcentaje de clorofila total de 50, 49, 75 y 50% respectivamente (Fig. 15). Sobresale de manera significativa el mes de agosto, el cual llega a contribuir con un 75% de la producción de la clorofila en la columna de agua, siendo un aporte importante por parte de este componente fitoplanctónico, debido quizás, a la ausencia de formas de mayor tamaño. Esto concide con lo reportado por McCarthy *et al.* (1974) quien menciona que esta fracción llega a contribuir hasta con el 93.4% de la producción de clorofila y también con lo reportado por Contreras y Castañeda

(1993) para lagunas costeras mexicanas, donde la proporción varió del 70 al 90%.

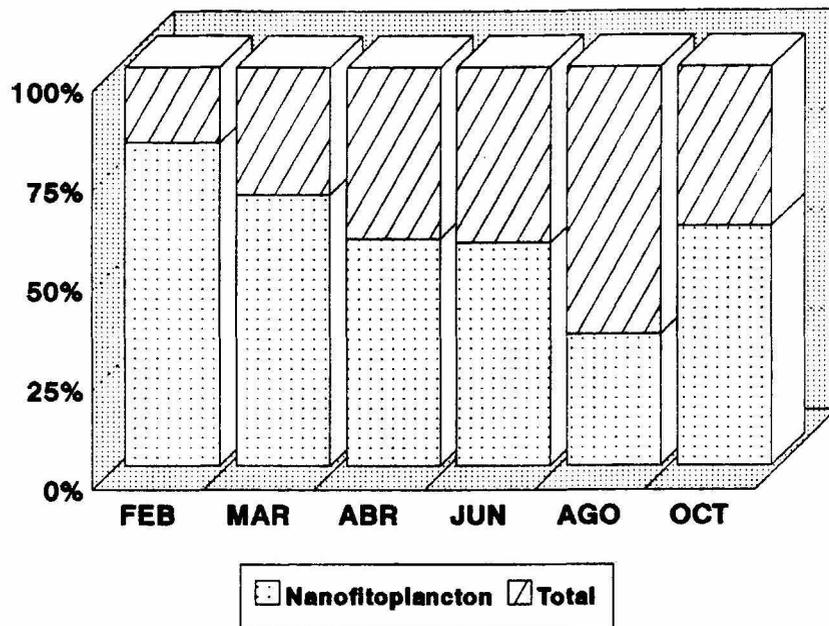
La fracción nanofitoplanctónica se comportó de forma similar a las evaluaciones de clorofila *a* total presentando las mayores concentraciones en la zona sur (estaciones 1 y 2) (Fig. 10), la cual está influenciada por las descargas de los diferentes ríos, dando como consecuencia una mayor disponibilidad de nutrientes. La segunda zona es el canal y la boca de comunicación, donde se presenta el mismo comportamiento que la clorofila *a* total.

Las estimaciones de clorofila *a* en sedimento corresponden sólo a las primeras siete estaciones, ya que la estación de la boca al presentarse un intercambio constante de agua no permite el establecimiento y precipitación de formas fitoplanctónicas. Estas respondieron a variaciones espacio-temporales, además de las condiciones hidrológicas, presentándose una mayor concentración en la zona sur, la cual presentó un mayor estancamiento de las aguas lo que permite que tanto las formas fitoplanctónicas que se establecen en el sedimento así como otras formas que se precipitan se encuentren en esta zona. Se presentó una disminución de este pigmento conforme se acerca al canal y la boca de comunicación, debido principalmente a que las corrientes generadas en estas áreas no permiten la precipitación y el establecimiento de formas fitoplanctónicas (Fig. 10).

Por otro lado, a lo largo de los seis muestreos las menores concentraciones se presentaron en la temporada de secas (Fig. 11) esto se debe, posiblemente, a que hay una mayor descomposición de materia orgánica aunado a altos registros de temperatura y a un aporte reducido de los afluentes que no proveen de nutrientes en esta época (Propp *et al.*, 1979).

De forma general la concentración de clorofila a en sedimento fue mayor que en la columna de agua. Este hecho se debe a la gran variedad de formas fitoplanctónicas que se encuentran sobre el sedimento o bien que se precipitan y permanecen activas, constituyendo un aporte importante de oxígeno en la columna de agua y sobre el sedimento para estos sistemas (Perkins, 1974). Al mismo tiempo el fondo sirve como depósito del fitoplancton que se encuentran en la columna de agua, aumentando con esto la concentración de clorofila a así como de otros pigmentos fotosintéticos producto de la degradación (Tiején, 1968).

Fig. 15 Proporción de clorofila a obtenida del nanofitoplancton con respecto a clorofila a Total expresada en porcentaje, promedios mensuales.



Las características hidrológicas de la laguna de Sontecomapan estuvieron determinadas por aguas de un doble origen: por una parte, el agua de la zona costera que penetra por la influencia de las mareas en la boca de comunicación y en la zona del canal, y por la otra el flujo de agua dulce de arroyos y ríos en la zona sur, además de que estas dos condiciones se ven fuertemente influenciadas por la estacionalidad climática (nortes, secas y lluvias). De esta forma, las condiciones hidrológicas y productivas de la laguna determinan la distribución y abundancia de los organismos, tanto vegetales (Menéndez, 1976) como animales (Reséndez, 1982; De la Cruz y Franco, 1981; Chinolla 1984).

La dinámica del sistema se ve también influenciada por el gradiente generado por la salinidad, siendo mayor en la boca y decreciendo hacia el interior de la laguna, permitiendo la mezcla de la columna de agua junto con la acción de los vientos, el transporte de los nutrientes y la distribución de la clorofila. Por último, auspicia la exportación de material biogénico, fitoplancton y desechos al mar.

Las temporadas climáticas así como los florecimientos fitoplanctónicos juegan un importante papel para la dominancia tanto de las formas nitrogenadas como las fosfatadas, predominando las primeras en la época de secas y las segundas en la de lluvias. De esta forma y aunado a la naturaleza semi-cerrada del sistema, sobretodo en la zona sur, éste funciona como un receptáculo y regenerador de nutrientes y el cual se refleja en la producción de clorofila *a*. Muestra de ello son los altos porcentajes de saturación de oxígeno, los más altos registrados al momento para lagunas costeras del Golfo de México (Contreras, 1993). Esta productividad puede ser debida a una alta eficiencia en la transformación de nutrientes, prueba de esto es que la laguna presenta valores bajos de éstos (sobretodo de formas fosfatadas) y bajas concentraciones de clorofila *a* en la columna de agua. Otra razón a la que se puede deber la alta

productividad es a la presencia de vegetación sumergida, la cual está presente sobretodo en la zona sur de la laguna y en las riberas, además del aporte importante que se da por la depositación de fitoplancton de la columna de agua al sedimento, donde se acumula, así como de las comunidades fitobentónicas, ya que las concentraciones de clorofila a en sedimento se mantuvieron constantes durante los muestreos.

En contraste, la zona del canal se distinguió por ser un corredor de la zona sur hacia la boca de comunicación, tanto de nutrientes como de fitoplancton, y no presentar una importante producción local de estos.

Por último, en la boca de comunicación se presentó tanto la exportación como importación de nutrientes y clorofila, siendo la Zona 3, la segunda con mayores registros de estos dos componentes contrastando con la zona del canal que no presentó concentraciones considerables como para que se reflejaran en zonas cercanas de la boca de comunicación. Este hecho pudo deberse al acúmulo de los constantes aportes de la laguna justo enfrente de la boca debido a un estacionamiento de la masa de agua, la cual funciona como esponja y con el efecto del ciclo mareal vuelve a introducir a esta zona nutrientes y clorofila, lo que sería una importación al sistema lagunar.

CONCLUSIONES

- * Se presentó una variación espacio-temporal a lo largo de los seis muestreos para la temperatura, oxígeno disuelto, pero sobretodo para la salinidad, presentando los mayores registros en la temporada de secas y los menores durante la temporada de lluvias. Al mismo tiempo se reflejó un gradiente de mayor salinidad de la boca de comunicación con respecto al interior de la laguna.
- * Se delimitaron dos temporadas reflejo de la estacionalidad climática: la primera se caracterizó por una dominancia de las formas nitrogenadas durante la temporada de secas, predominando el $N-NH_4^+$ sobre las otras formas; la segunda por una dominancia de las formas fosfatadas durante la temporada de lluvias.
- * La zona sur de la laguna se distinguió por ser receptáculo y trampa de nutrientes, esto debido a las condiciones hidrográficas del área, en tanto que la zona de la boca de comunicación se diferenció por ser la segunda zona con mayores concentraciones de nutrientes y clorofila *a*, siendo un reflejo del estancamiento de las aguas provenientes de la exportación de la laguna y que entran de nuevo a ésta por efecto de las mareas.
- * En la mayoría de los casos, las concentraciones de clorofila *a* total y del nanofitoplancton respondieron a las concentraciones de nutrientes, presentando los mayores registros durante la época de lluvias y en la zona sur de la laguna.
- * Se detectó una importante aportación de clorofila *a* proveniente del nanofitoplancton para la temporada de lluvias, y de forma general se observó

una dominancia de la clorofila *a* en sedimento, sobre las concentraciones en la columna de agua a lo largo del ciclo.

- * Por último, la laguna reflejó tres diferentes zonas delimitadas por la salinidad, morfología y la producción de nutrientes y clorofila *a*: 1) La zona sur identificada por ser oligohalina, tener una marcada influencia dulceacuícola, generación y trampa de nutrientes así como una mayor producción de clorofila *a*. 2) La zona del canal que se caracterizó por ser una área de transición con los menores registros de nutrientes y clorofila *a* y 3) La zona de la boca de comunicación, la cual se comporta como un área de intercambio de nutrientes y fitoplancton con la zona costera adyacente, con la característica de manifestar un relativo estacionamiento de aguas.

REFERENCIAS

- AYALA-CASTAÑARES, A. y F.B. PHLEGER. 1969. **Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras**. UNAM-UNESCO. Nov. 28-30. México, D.F. 545-562.
- ACOSTA RUIZ, M.J. y S. ALAVAREZ BORREGO. 1974. Distribución superficial de algunos parámetros hidrológicos, físicos y químicos en el estero Punta Banda, B.C., en otoño e invierno. **Ciencias Marinas 1(1):16-45**.
- ALAVAREZ-BORREGO, A., J.R. LARA LARA y M.J. ACOSTA RUIZ. 1977. Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California Norte. **Ciencias Marinas 4 (1):1-11**.
- BENDSCHNEIDER, K. y R.J. ROBINSON. 1952. A new spectrophotometric method for determination of nitrite in sea water. **Mar.Res. 11:87-96**.
- BOTELLO V., A. 1978. Variación de los Parámetros Hidrológicos en las Epocas de Sequias y Lluvias (Mayo y Noviembre de 1974) en la Laguna de Términos, Campeche, México. **An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 5(1) 159-178**.
- CARRANZA, E.A., M. GUTIERREZ E. y R. RODRIGUEZ T., 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. **An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 2(1):81- 88**.
- CASTRO, G. M. Y J. FRANCO L. 1985. **Mem. del IX Simp. de Biología de Campo**. UNAM ENEP Iztacala. Relación de nutrientes y producción secundaria en una laguna costera.

CASTRO, G. M.A.P. 1986. Comportamiento estacional de nitratos fosfatos y amonio en la laguna de Sontecomapan, Ver. Tesis Profesional. UNAM ENEP Iztacala. 70 pp.

CELIS, C.R., y S. ALVAREZ-BORREGO. 1975. Distribución superficial de algunos parámetros físicos y químicos en el estero Punta Banda B.C. (primavera y verano). **Ciencias Marinas 2 (1):98-105.**

COLOMBO, G. 1977. Lagoons. En: BARNES, R.S.K. (ED.). **The coastline.** 63-81. Wiley Interscience. New York.

CONTRERAS, E.F. 1983. Variación en la Hidrología y Concentraciones de Nutrientes del Area Estuarino-lagunar de Tuxpan Tampamachoco, Ver., México. **Biótica Vol. 8 (2) México. pp. 201-213.**

CONTRERAS, E.F. 1985. **Lagunas Costeras Mexicanas.** CECODES y SEPESCA. México. 253.

CONTRERAS, E.F. 1987. Algunos Indices de la Productividad Primaria en la Laguna de Tamiahua, Ver., México. **Mem. VII Simp. Latinoamericano Oceanogr. Biól. 183-200.**

CONTRERAS, E.F. y F. GUTIERREZ M. (1989). Hidrología, Nutrientes y Productividad Primaria en Lagunas Costeras. Cap. 3: 57-78. En: ROSA-VELEZ, J. DE LA y F GONZALEZ-FARIAS (EDS.). **Temas de Oceanografía Biológica en México.** Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada. 337.

CONTRERAS, E. F. y O. CASTAÑEDA L. 1993. Contribución del nanofitoplancton en la cantidad de clorofila a de dos sistemas lagunares del Estado de Chiapas. **Investigaciones Marinas CICIMAR 17(2):61-73.**

CONTRERAS, E.F. and J. KERKES. 1993. Total phosphorus- chlorophyll relationships in tropical coastal lagoons in Mexico. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** (en prensa)

CHINOLLA, R.C. 1984. Contribución al Conocimiento de la Macrofauna Bentónica Intermareal en Sontecomapan, Ver. Tesis Profesional. ENEP Iztacala. 65 p.

DAY, J.W. 1982. Primary production in the Laguna de Terminos, a tropical estuary in the Southern Gulf of Mexico. **Oceanol. Acta, 1982.** SCOR/UNESCO, Bordeaux, France. 269-276.

DE LA CRUZ, A.G. y FRANCO, L.J. 1981. Ecología de las Comunidades Nectónicas y Bentónicas de la Laguna de Sontecomapan, Ver. **Mem. del V Simp. de Biologías de Campo.** ENEP Iztacala UNAM.

DE LA CRUZ, A.G. 1994. ANACOM. CINVESTAV. MERIDA.

DE LA LANZA, E.G. 1965. Estudio preliminar de algunos factores físicos y químicos de las aguas costeras de Veracruz, Ver. Tesis Profesional. Facultad de Química. UNAM. 17 p.

DE LA LANZA, E.G. 1966. Algunas características hidrográficas del sistema litoral de Veracruz, Ver. **An. Inst. Biól. UNAM 36 (1-2):47-52.**

DE LA LANZA, E.G. y ARENAS, F.V. 1986. Disponibilidad de nutrimentos a partir de materia orgánica en un sistema lagunar. **Ciencia 37 247-254.**

DE LA LANZA, E. y M. CANTU R. 1986. Cuantificación de clorofilas y aplicación del índice de diversidad de pigmentos (D430/D665) para estimar el estado biótico de la laguna de Pueblo Viejo, Ver. **Universidad y Ciencia. Vol. 3 No. 5.**

DOREMUS, C.M., S.W. NIXON, P.F. ROQUES y S.K SEITZINGER. 1980. Nitrogen limitation in the Ocean versus phosphorus limitation in lakes. Poster Session **En: FALKOWSKI, P.G., (ED). Primary productivity in the sea.** Plenum Press 285 p.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. 1983. Methods for chemical analysis of water and wastes. **EPA-600/479-4-79-020.**

GARCIA, E. 1973. **Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koeppen.** Inst. Geog. UNAM. México. 244 p.

GOMEZ-AGUIRRE, S. 1974. Reconocimientos Estacionales de Hidrología y Plancton en la Laguna de Términos, Campeche. México (1964/1965). **An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 1(1):61-32.**

GUADARRAMA, R. 1977. Variación estacional de la biomasa fitoplanctónica en la laguna de Alvarado, Ver. México. **V. Congreso Nacional de Oceanografía. Guaymas, Son. México.**

GUTIERREZ, M.F. y F. CONTRERAS E. 1981. Variación estacional de los parámetros hidrológicos y nutrientes en la laguna de Tamiahua, Ver., México. **Mem. VII Simp. Latinoamer. Oceanogr. Biól.**

LANKFORD, R.R. 1977. Coastal lagoon of Mexico. Their origin and classification. En: **WILEY, M. (ED). Estuarine Process. Academic Press Inc. 182-215.**

LEHMAN, P. W. 1981. Comparison of Chlorophyll *a* and carotenoid pigments as predictors of phytoplankton biomass. **Mar. Biol. 65:237-244.**

LUNA, R.M.M., D. MARTINEZ A. y F.J. RAMOS D. 1979. Estudio preliminar de algunos parámetros hidrológicos de la laguna de Mandinga, Ver. México. Durante dos épocas climáticas diferentes. Tesis Profesional. ENEP-Zaragoza. UNAM. 68 p.

MARGALEF, R. 1969. Comunidades Planctónicas en Lagunas Costeras. En: **AYALA-CASTAÑARES (ED.) Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO.** Nov. 28-30, 1967. México, D.F. 545-562.

MARGALEF, R. 1981. **Ecología.** Ed. Planeta. 2a. edición. España 252 p.

MATTEUCCI, S.D. y A. COLMA. 1982. **Metodología para el estudio de la vegetación.** Secretaría Gral. de la OEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C.

McCARTHY, J.J.; W. ROWLAND T. and M.E. LOFTUS 1974. Significance of Nanoplankton in the Chesapeake Bay Estuary, and Problems Associated with the Measurement of Nanoplankton Productivity. **Mar. Biol. 24 7-16.**

MEE, J.D. 1978. Coastal lagoons. En: **RILEY, J.P. y R. CHESTER (ED.). Chemical Oceanography.** 2nd. ed. 7:441-490. Academic Press.

MENENDEZ, L.F.J. 1976. Los Manglares de la Laguna de Sontecomapan, los Tuxtlas, Ver. Estudio Florístico-ecológico. Fac. Ciencias UNAM. Tesis Profesional. 89 p.

MENZEL, D.W. y N. CORWIN. 1965. The measurements of total phosphorus in seawater based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. Limnol. Oceanogr. **10**: 280-282.

MORAN, S. A.; A. GARCIA N. y F. CONTRERAS E. 1993. Algunas consideraciones sobre el intercambio mareal entre la laguna de Sontecomapan, Ver. y el océano adyacente. Mem. del V Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. La Paz Baja California Sur. México.

NIXON, W.S. 1980. Between coastal marshes and coastal waters. A review of twenty years of speculation and research on the role of salt marshes in estuarine productivity and water chemistry. Rhode Island 02881. Kingston, USA. 502 p.

ODUM, J. 1972. Ecología. Ed. Interamericana. 639 p.

PERKINS, E. J. 1974. The biology of estuaries and coastal waters. Academic Press Inc. London LTD. 678 p.

PHLEGER, F.B. 1969. Some general features of coastal lagoons. En: AYALA-CASTAÑARES, A. y F.B. PHLEGER (EDS.). Coastal Lagoons: A Symposium. Mem. Symp. Intern. Coastal Lagoons. UNAM-UNESCO. México, D.F. Nov. 28-30.

POMEROY, L.R.; E. E. SMITH AND CAROL M. GRANT. 1965. The Exchange of Phosphate Between Estuarine Water and Sediments. Limnol. Oceanogr. **10**. 167-172.

POSTMA, H. 1969. Chemistry of Coastal Lagoons. En: AYALA- CASTAÑARES, A. y F.B. PHLEGER (EDS.), Coastal Lagoons: A Symposium. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras UNAM- UNESCO. Nov. 28-30. México, D.F. Nov. 28-30.

PRITCHARD, D.W. 1967. What is an estuary: physical viewpoint. En: LAUFF, G.H. (ED.), Estuaries. Ass. Ame. Adv. Scienc. 3-6.

PORPP, M. V.; V. TARASOFF G.; I. CHERBADGI I. y N. LOOTZIKV. 1979. Benthic pelagic oxygen and nutrient exchange in a coastal region of the Sea of Japan. In: Marine Benthic Dynamics. Edited by KENNETH R. TENORE and BRUCE C. Coull. University of South Carolina Press 451 p.

RESENDEZ, M.A. 1982. Hidrología e ictiología de la laguna de Sontecomapan, Ver. Mex. An. Inst. de Biología. UNAM 53 Ser. Zool. (1):385-417.

REDFIELD, A.C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. Am. Sci. **46:205-221.**

RINALDI, A.; G. MONTANARI; A. GHETTI; C.R. FERRARI AND A. FERRARI. 1992. Eutrophy and dystrophy in the Goro lagoon (Italy). In: VOLLENWEIDER, R.A. 1992. Marine Coastal Eutrophication. Elsevier Science Pub. Amsterdam. Netherlands. 1310 p.

RUSSEL-HUNTER, W. D. 1970. **Aquatic productivity. An introduction to some basic aspects of biological oceanography and limnology.** Mac Millan. New York. 306 p.

SCOR-UNESCO. 1980. Determination of chlorophyll in sea water. UNESCO technical papers in marine science. 36 pp.

SISTEMA DE VENECIA. 1957. **En:** CONTRERAS, E.F. 1985. **Lagunas Costeras Mexicanas.** CECODES y SEPESCA. México. 253.

SOLORZANO, L. 1969. Determination of ammonia in natural water by the phenolhypoclorite method. **Limnol. Oceanogr. 14:799- 801.**

STEEMAN NIELSEN, E. 1975. Marine photosynthesis with special emphasis on the ecological aspects. **Elsevier Oceanography. Series 13.** Amsterdam. 141 p.

STRICKLAND, J.D.H. and PARSONS, T.R. 1972. **A Practical Handbook of Seawater Analysis.** Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167, 2o. ed. Ottawa. pp. 309.

TIETJEN, H. J. 1968. Chlorophyll and Pheo-Pigments in estuarine sediments. **Limnol. Oceanogr. 13:189-192.**

VILLALOBOS, F.A.; J. A. SUAREZ-CAABRO; S. GOMEZ; G. DE LA LANZA; M. ACEVES; F. MANRIQUE AND J. CABRERA. 1966. Consideration on the hidrography and productivity of Alvarado lagoon, Ver., México. **Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst. 75- 85.**

VILLALOBOS, F.A. y G. DE LA LANZA. 1969. Relación entre postlarvas planctónicas de *Penaeus* sp. y caracteres ambientales en la laguna de Alvarado, Ver. México. En: **AYALA- CASTAÑARES, A. y F.B. PHLEGER (EDS), Coastal Lagoons: A Symposium.** Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras UNAM-UNESCO. Nov. 28-30. México, D.F. Nov. 28-30.

VILLALOBOS, F.A.; M. E. ZAMORA; R. DE LA PARRA V.; O. CACHO R.; V. GALVAN P. Y M.A. IZAGUIRRE. 1982. Estudios Hidrobiológicos en la laguna de la Mancha, Mpio. de Actopan, Ver. 1979-1980. **INIREB 15:51.**

WITTAKER, R.H. 1975. **Communities and Ecosystems.** McMillan Pub. Co. New York.

YAÑEZ-ARANCIBIA, A. 1986. **Ecología de la zona costera.** AGT Editor, S.A. México.

YAÑEZ-ARANCIBIA & J.W. DAY (EDS.). 1988. **Ecología de los ecosistemas costeros en el Sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos.** Inst. de Ciencias del Mar y Limnol. UNAM/OEA 518 pp.

ZEITZSCHEL, B. 1979. Sediment-water interactions in nutrient dynamics. In: **Marine Benthic Dynamics.** Edited by KENNETH R. TENORE and BRUCE C. Coull. University of South Carolina Press 451 p.