

101  
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

COMPARACION HIDROLOGICA ENTRE LA LAGUNA  
DE ALVARADO, VERACRUZ Y TERMINOS,  
CAMPECHE DURANTE EL CICLO ANUAL DE 1987

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 I  
HECTOR MANUEL LOZANO MONTES



MEXICO, D. F.

1993

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

	PAG.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	5
METODO	8
RESULTADOS	10
DISCUSION	22
CONCLUSIONES	37
BIBLIOGRAFIA	36

## RESUMEN

Los sistemas lagunares de Alvarado y Términos son de los más importantes en el Golfo de México. El incremento de las actividades antropogénicas y la escasa planeación de sus desechos han provocado cambios locales y regionales en las características hidrológicas de estos cuerpos acuíferos. Por lo anterior, se realizó una evaluación hidrológica de ambas lagunas, analizando variables como: temperatura, salinidad, nutrientes ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$  Y  $\text{PO}_4$ ), oxígeno disuelto, clorofila  $\alpha$  y producción primaria; para estimar los posibles cambios fisicoquímicos generados en la próxima década debido al aumento de la actividad antropogénica.

La Laguna de Alvarado registró las mayores fluctuaciones del ciclo, como lo señalaron los nitritos, con un intervalo mensual promedio de indetectable (marzo) a  $74.3 \mu\text{g at/l}$  (diciembre). El contenido de nutrientes (como los nitritos y nitratos) que fueron 35 y 140 veces mayores en el sistema lagunar de Alvarado que en la Laguna de Términos, lo que indica el grado de perturbación de los afluentes de la primera laguna.

Las zonas hidrológicas en que se han dividido ambas lagunas en base a las distribuciones de sus salinidades, se consideran como zonas permanentes. La Laguna de Términos fue poco más de dos veces productiva en promedio anual que la de Alvarado (205 contra  $95 \mu\text{g at/l}$ , respectivamente) reflejo de la estabilidad hidrológica que ha señalado Términos en los últimos 15 años. Los productos de excreción fueron 63 veces mayores en la Laguna de Términos, concentrándose más en la región central, hecho asociado a la presencia de aguas oligotróficas.

De continuar la descarga de materiales sedimentarios en la Laguna de Alvarado como durante 1987, se puede sobrepasar la capacidad de reciclamiento del sistema y provocar cambios en sus características hidrológicas que repercutan en las biológicas, con posibilidad de fenómenos como la eutroficación.

## INTRODUCCION

Una laguna costera puede ser considerada como una zona de mezcla, donde interaccionan dos masas de agua, una de origen epicontinental a través de los ríos tributarios y la otra de origen marino por medio de bocas naturales, canales artificiales o mareas. Lo que favorece la formación de diferentes ambientes para las especies biológicas, que representa un excelente hábitat de reclutamiento y crecimiento para un número significativo de especies de importancia comercial (De la Lanza y Rodríguez, 1991). Es un hecho conocido que las lagunas costeras se encuentran entre las zonas de más alta productividad en el mundo (Margalef, 1983), debido, en buena parte, de la producción primaria de la vegetación vascular circundante y macroalgas, y en menor grado por el fitoplancton (Arenas, 1979). Los sistemas estuarinos son áreas de importancia económica por su explotación pesquera y ostrícola, como criaderos de especies marinas o como sitios de recreación. Estos ricos sistemas que bordean el Golfo de México se encuentran interconectados con tres de los sistemas más productivos conocidos : manglares, pastos marinos y arrecifes coralinos.

En el Golfo de México existen 23 sistemas lagunares (Botello et al, 1992). De estos Alvarado y Términos son de los más importantes en el Golfo de México, tanto por sus dimensiones como por sus pesquerías y con anterioridad han sido objetos de diversos estudios con diferentes enfoques, tanto de su fauna y flora, como de su geología y condiciones fisicoquímicas. En la Laguna de Alvarado destacan los trabajos de De la Lanza (1965) con algunas características hidrográficas, Villalobos et al (1966) sobre hidrografía y productividad, Villalobos et al (1969) acerca de las relaciones entre las postlarvas planctónicas de *Penaeus* sp y los caracteres ambientales, Villalobos et al (1975), quienes analizaron la hidrobiología, Gómez-Aguirre (1975) que comparó el plancton de las lagunas de Alvarado, Términos y Tamiahua; Rosalez-Hoz y Alvarez-Léon (1979) en niveles de hidrocarburos en

sedimentos de lagunas del Golfo de México, Flores-Coto y Méndez-Vargas (1982) sobre ictioplancton, Rosales *et al* (1986) en sedimentología y química, Alvarez *et al*, (1986) con metales pesados en el Río Blanco, Tovilla y De la Lanza (1989) sobre pastos marinos, Reguero y García-Cubas, (1989) sobre moluscos, Raz-Guzmán y Sánchez (1992) con un estudio de cangrejos braquiúros, Sánchez (1992) con ictiofauna y Sánchez y Soto (1993) sobre distribución de camarones inmaduros.

La Laguna de Términos ha sido mas estudiada, ya que reviste gran importancia por su potencial pesquero. Entre los principales trabajos se pueden citar los de Gómez-Aguirre (1974) de plancton, Botello (1978) de hidrología, Ley-Lou (1979) de factores ecológicos abióticos, Botello (1980) de ecología de recursos costeros y contaminación, Mancilla-Peraza y Vargas-Flores (1980) y Graham y Daniels (1981) de circulación, Lizarraga-Partida y Pórras-Aguirre (1983) de impacto ambiental por petróleo, Yanez-Arancibia y Sánchez-Gil (1983) de comportamiento ambiental; Flores-Coto (1987) de la comparación ictioplanctonica de tres lagunas del Golfo de México, Paez *et al* (1987) de contaminación con níquel y plomo, Yanez-Arancibia *et al* (1988) del comportamiento ambiental, Yanez-Arancibia y Day (1988) de ecología, Raz-Guzmán y De la Lanza (1991) de evaluaciones fotosintéticas e isotópica del sedimento y De la Lanza y Rodríguez (1991) de ecología de los productores primarios.

El estudio de los ciclos hidrológicos en las lagunas costeras es de suma importancia debido a su alta dinámica, como resultado de la interacción de la zona terrestre con la marina y del incremento de las actividades antropogénicas; lo cual provoca que existan cambios locales y regionales en las características hidrológicas que repercuten en los aspectos tanto de producción primaria como pesquera. En el litoral del Estado de Veracruz, la Laguna de Alvarado registró los mayores niveles de plaguicidas organoclorados de un estudio de contaminación comparativo entre

algunos sistemas lagunares del Golfo de México, donde la Laguna de Terminos no ha sufrido grandes incrementos de plaguicidas de origen agroquímico (Botello *et al*, 1992). Aunado al desarrollo y la escasa planeación sobre tratamientos de los desechos, se ha provocado que estos cuerpos acuíferos sean vertederos de aguas residuales, de forma tal que estas descargas pueden sobrepasar la capacidad de reciclamiento del sistema, alterando sus características hidrológicas que repercuten en las producciones biológicas de los sistemas estuarinos.

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivos aportar mayores conocimientos de las variaciones temporales y espaciales de la hidrología, basado en el análisis de parámetros físicos (temperatura, salinidad, profundidad, salinidad y contenidos de oxígeno en el agua), químicos (contenidos de nitratos, nitratos, amonio, fosfatos y Demanda Química de Oxígeno) y biológicos (contenidos de clorofila *a* y producción primaria, vía C14) de dos lagunas del Golfo de México, sistema lagunar de Alvarado, Veracruz y Laguna de Términos, Campeche durante un ciclo anual, estimar los cambios fisicoquímicos a largo plazo, generados por el incremento de actividades antropogénicas en las áreas adyacentes a estos sistemas acuáticos, y hacer sobresalir las peculiaridades del análisis de los parámetros fisicoquímicos y biológicos locales de cada laguna.

## AREA DE ESTUDIO

El sistema fluvio-lagunar de Alvarado se encuentra localizado en la porción suroccidental del Golfo de México, al sureste del Estado de Veracruz, entre los paralelos 18 44 y 18 52 de latitud norte y los meridianos 95 44 y 95 57 de longitud oeste (Fig. 1 y 2A).

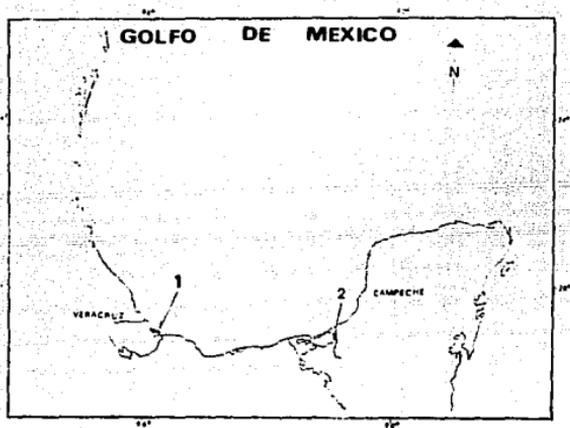
Es de forma alargada y corre paralelamente a la línea de costa, con una longitud aproximada de 26 Km desde la punta oeste de la Isla Vives hasta el extremo noroeste de la Laguna Camaronera (Flores-Coto y Méndez-Vargas, 1982) y 5 km de anchura máxima, con un área de 80.609 km, un volumen de 0.216 Km y una profundidad media de 2.5 m. El sistema lagunar de Alvarado tiene un clima del tipo AW 2 (1) (García, 1972) que corresponde al cálido subhúmedo, con una temperatura media anual de 26 C y la media del mes más frío por arriba de 18 C, con tres épocas del año bien definidas; temporada de secas de marzo a mayo cuando sólo la parte sureste del sistema lagunar recibe la influencia del agua dulce de los ríos Blanco y Papaloapan, temporada de lluvias de mayo a septiembre que en ocasiones se extiende hasta octubre, produciendo un descenso en la salinidad de la laguna, tanto por los aportes de los ríos como por las precipitaciones y temporada de nortes de noviembre a febrero, caracterizada por lluvias con descensos de la temperatura y fuertes vientos que provocan turbulencia y aumento de la turbidez. El sistema se encuentra delimitado por una barrera arenosa (Barrera de Alvarado) y tres cuerpos lagunares interiores. El cuerpo de agua central (Laguna de Alvarado) se comunica al sur con la Laguna de Tlalixcoyan donde desembocan los ríos Blanco y Limón, se comunica con el mar mediante la boca de Alvarado situada al sureste del sistema, pasando por la Laguna de Buen País y mediante un canal, se une al noroeste con la Laguna Camaronera que recibe agua marina mediante el canal construido en 1980 (Rosales et al, 1986).

Los principales ríos que desembocan en la laguna son el Papaloapan al sureste, con el mayor escurrimiento anual promedio, con  $2.1 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/año (Sria. de Comunicaciones y Edo. de Veracruz, 1976), el Blanco y el Limón al suroeste en la Laguna de Tlalixcoyan que cruzan zonas de agricultura de temporal y cultivo anual como *El jicote*, *Ignacio de la Llave*, *Piedras negras* y *Cocotte* (SEDAP, 1991). El Río Blanco es considerado como uno de los más contaminados del mundo (Rosales *et al.*, 1986) y el Río Acula que se conecta con el cuerpo de agua central. El sistema lagunar de Alvarado posee áreas someras, con máximos de profundidad de 4.5 m en el centro de la laguna, y con sedimentos calcareos, arenosos y limosos. Por el lado interno de la barrera de Alvarado se localizan grandes praderas de *Ruppia maritima* y la mayor parte del contorno de la laguna se encuentra cubierto por manglares.

El sistema fluvio-lagunar de Términos se sitúa en el sur del Golfo de México, en el Estado de Campeche entre los 18 25 y 19 00 de latitud norte y entre los 91 15 y 92 00 de longitud este (Fig. 1 y 2B).

La Laguna de Términos corresponde a una de las lagunas costeras más grandes del país con una longitud de 70 km y un ancho de 28 km, con un área de 1566.5 km<sup>2</sup>, un volumen de 3.917 km<sup>3</sup> y una profundidad media anual de 3.5 m (Flores-Coto, 1987). Esta laguna se encuentra ubicada frente a la Sonda de Campeche, que es una de las zonas más productivas del Golfo de México. La laguna es somera, su profundidad media es de 3.5 m y en áreas protegidas es de 1.9 m o menos (Ley-Lou, 1979). La Laguna de Términos está separada del mar por la Isla del Carmen, formada por una barrera de 37.5 km en sentido NE-SW (Gomez, 1975) y comunicada con el mar a través de dos bocas denominadas Boca de Puerto Real al noreste y Boca del Carmen al suroeste. Su clima es de tipo AMW (García, 1973), cálido húmedo isotermal, con una estación lluviosa de junio a octubre, una época de nortes de noviembre a marzo y una seca de abril a junio.

Los vientos dominantes presentan dirección NE y SE (4-6 m/s), provocando una circulación de este a oeste con un flujo neto de 1.35 m<sup>3</sup>/s (Paez-Osuna *et al.*, 1987). Sin embargo, durante los nortes se registran tormentas tropicales con huracanes y vientos del norte (Botello, 1978). Los tres ríos tributarios principales son el Río Palizada (70 %) que forma parte de la red hidrológica de los ríos Mexcalapa, Grijalva y Usumacinta con un aporte medio anual de  $9.6 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, el Río Candelaria (con 20 %) cuya cuenca se localiza en la Península de Yucatán y una pequeña porción de Guatemala con  $1.69 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/año, el Río Chumpan (5 %) que se forma en la planicie costera por los ríos San Joaquín y Salsipuedes con  $4.34 \times 10^6$  m<sup>3</sup>. La descarga promedio anual de los ríos es de  $6 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (Phleger y Ayala-Castanares, 1971). La laguna se encuentra en el área de transición sedimentológica entre la provincia terrígena y la carbonatada del suroeste del Golfo de México, creando un delta interno o de reflujos de sedimentos calcáreos en la Boca de Puerto Real y un delta externo o de flujo de sedimentos terrígenos la Boca del Carmen (Yanez- Arancibia y Sanchez-Gil, 1983). Dos provincias geológicas definidas limitan con la Laguna de Términos, al este la Península de Yucatán caracterizada por suelos calcáreos y al oeste y sur un área de suelos fluviales. Las principales fuentes de sedimento de Términos son de tipo fluvial y calcáreo, los primeros predominan al sur y oeste y los segundos en la Boca de Puerto Real (70 % de CaCO<sub>3</sub>) y adyacentes a la Isla del Carmen (Paez-Osuna *et al.*, 1987). Los márgenes de la Laguna de Términos están cubiertos de manglar que se vuelve más denso al suroeste y en la parte sur-sureste de la Isla del Carmen, con predominio de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* (Gomez, 1974; De la Lanza *et al.*, 1991). En la Laguna de Términos, *Thalassia testudinum* ha sido reconocida como la fanerogama acuática más abundante que se distribuye principalmente en la región oriental de la laguna (De la Lanza *et al.*, 1991).



**Figura 1. Ubicación geográfica del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz (1) y la Laguna de Términos (2).**

## METODO

Durante el ciclo anual de 1986 se realizaron en la Laguna de Alvarado 4 muestreos en total : en marzo y mayo (época de secas), septiembre (lluvias) y diciembre (época de nortes) para determinar la variación espacial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos. En 1987 se muestreo en 3 ocasiones en la Laguna de Términos : abril (secas), junio (lluvias) y noviembre (nortes) de 1987. En la Laguna de Alvarado y Términos se establecieron 10 localidades de muestreo, cuyas ubicaciones se presentan en las figuras 2A y 2B, respectivamente. Las localidades se determinaron con el objeto de cubrir la mayor área posible de cada laguna, con la finalidad de realizar un análisis de la variación espacial de las variables fisicoquímicas y biológicas de cada laguna durante el ciclo anual.

Los muestreos en ambas lagunas se efectuaron sólo a nivel superficial del agua, determinándose *in situ* los siguientes parámetros : la salinidad registrada con un refractómetro de campo ( 1 o/oo), la temperatura del agua medida con un termómetro convencional ( 0.5 C) y la transparencia y profundidad medidas con un disco de Secchi, las muestras para las determinaciones fueron obtenidas por medio de una botella Van Dorn de un litro de capacidad.

Las muestras de agua de cada localidad en ambas lagunas se congelaron para su posterior análisis , en el que se cuantifico el oxígeno disuelto a través del método de Winkler descrito por la Asociación Americana de Salud Pública (APHA, 1973), los nutrientes ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$  y  $\text{PO}_4$ ) a través de la espectrofotometría según Strickland y Parson (1978), la demanda química de oxígeno (DQO) según la técnica descrita por la APHA (1973), la clorofila *a* según Steemann Nielsen (1967) y la productividad primaria en base al método del  $\text{C}^{14}$  de Steeman-Nielsen (1967). Los productos de excreción se determinaron en el agua filtrada procedente del análisis de la productividad , según lo propuesto por Sharp

(1977). Se utilizó el paquete estadístico Lotus 123 ver. 2.2 y Statgraphics 2.1 para la realización de promedios y correlaciones múltiples respectivamente.

Para la discusión se tomaron los promedios mensuales de las variables físicas (temperatura, salinidad, profundidad y visibilidad), químicas (nutrientes y DQO) y biológicas (contenidos de clorofila  $\alpha$ , producción primaria y productos de excreción) para realizar una comparación temporal de cada laguna y una variación espacial por localidad y por época de la laguna de Alvarado contra la Laguna de Términos y por último se comparó globalmente a ambas lagunas, para tratar de determinar con base en el análisis hidrológico la salud de cada sistema que repercute en la fauna y flora, de importancia vital en el manejo de los sistemas lagunares.

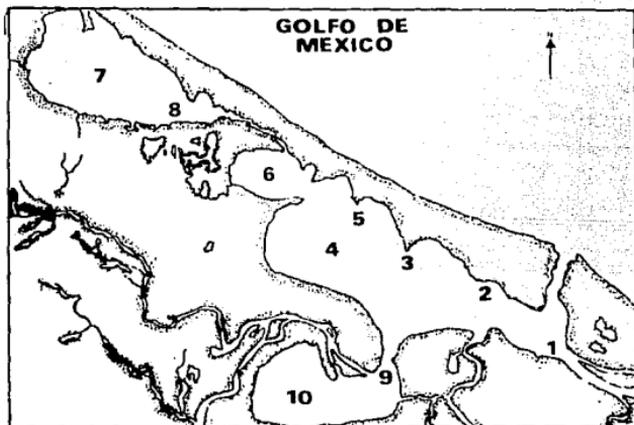


Figura 2A. Estaciones de muestreo. 1 Boca del Papaloapan, 2 Punta Chica, 3 Punta Grande, 4 centro de la Laguna de Alvarado, 5 Arbolillo, Buen Pais, 7 Laguna Camaronera, 8 orilla de Camaronera, 9 Tlalixcoyan, 10 Tlalixcoyan orilla.

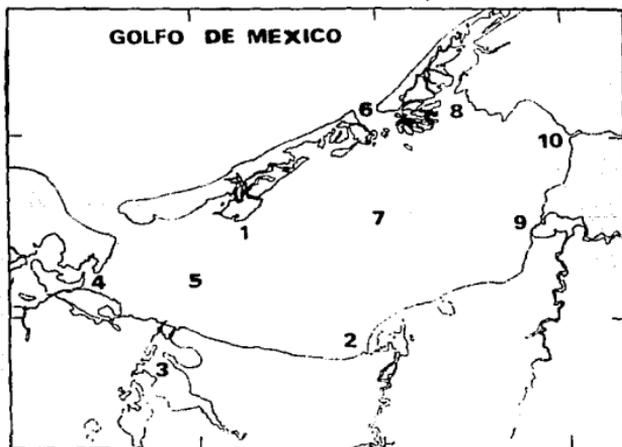


Figura 2B. Estaciones de muestreo. 1 El Cayo, 2 Boca del rio Papaloapan, 3 Laguna del Este, 4 Atasta, 5 Arbolillo, 6 Boca de Puerto Real, 7 Central Este, 8 Isla Pajaros, 9 Panlao, 10 Punta Piedra.

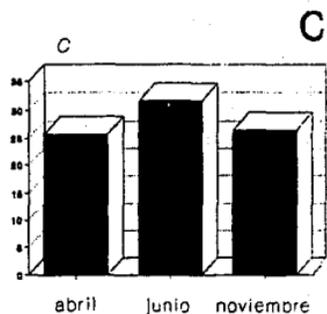
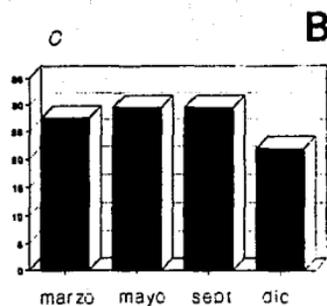
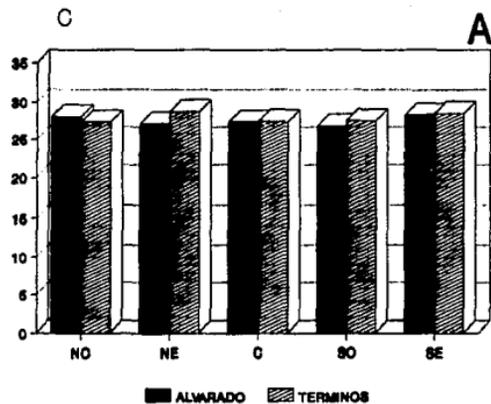
## RESULTADOS

**TEMPERATURA.** - Se registraron variaciones temporales y espaciales de temperatura para ambas lagunas. En Alvarado el promedio mensual fue de 29.5°C durante mayo (época de secas) y 21.8°C en diciembre (época de nortes) (Fig. 3B) (Tabla 1). En septiembre fue el mayor intervalo fue de 2.5°C entre la de boca del Papaloapan y la Laguna Camaronera, con un gradiente sureste-noroeste. La región más caliente correspondió al sureste con 28.3 C y la mínima al suroeste con 26.8°C anuales promedio. (Tabla 2-C). Espacialmente por localidad, la Laguna Camaronera la del mayor promedio anual con 29.5°C y la Laguna de Tlaxicoyan la mínima con 26.7°C (Tabla 2-A).

En la Laguna de Términos, la variación temporal fue de 31.6 C en junio (principio de lluvias) a 25.9 C en abril (secas) (Fig. 3C) (Tabla 3). Espacialmente, en noviembre se observó un intervalo de 7 C en dirección noroeste-noreste, entre la estación de El Cayo e Isla Pájaros (Tabla 3). La región más caliente correspondió al noreste con 28.7°C y la menor al noroeste con 27.3°C de promedio anual. (Tabla 2-D). Por localidad, Isla pájaros la estación de mayor promedio anual con 29.5 C y Atasta la del mínimo con 27.1°C (Tabla 2-B).

El ciclo térmico superficial anual mostró que ambas lagunas tuvieron un intervalo semejante de 9°C. Sin embargo, en Alvarado varió de 21°C en diciembre (época de nortes) a 30.5°C en mayo (sequías) y en Términos fue de 24 C en noviembre (época de nortes) a 33°C durante junio (lluvias) (Tablas 1 y 3).

**SALINIDAD.** - El comportamiento superficial de la salinidad en la Laguna de Alvarado registró el máximo durante mayo, el mes más caliente del ciclo (secas), con 14.3 o/oo y el mínimo en septiembre (lluvias) con 2.2 o/oo (Fig. 4B) (Tabla 1).



**Figura 3** a) Distribución de la temperatura por región en las lagunas de Alvarado y Términos.  
 B) Variación temporal de la temperatura promedio en la Laguna de Alvarado  
 C) Variación temporal de la temperatura promedio en la Laguna de Alvarado.

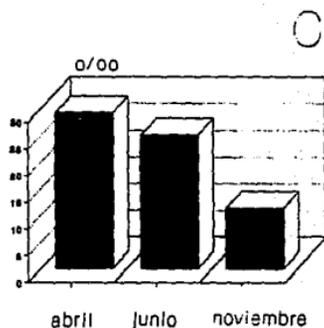
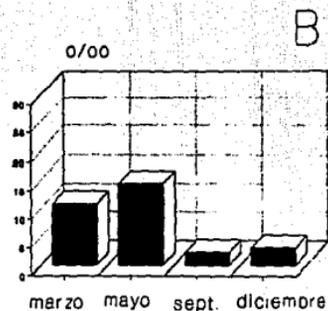
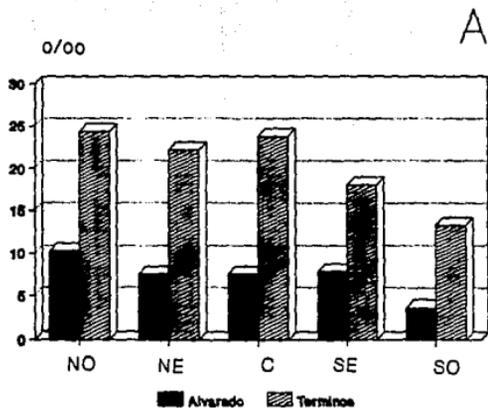
Espacialmente, la zona de mayor concentración salina promedio anual fue el noroeste con 13.1 o/oo y la menor al sureste con 3.7 o/oo, donde se encuentra la boca del Río Papaloapan (Fig. 4A) (Tabla 2-C). Anualmente la Laguna Camaronera fue la de mayor promedio con 13.1 o/oo y la Laguna de Tlalixcoyan la de menor promedio anual con 6 o/oo (Tabla 2-A).

La Laguna de Términos también registró un patrón temporal : el máximo durante abril (secas) con 29.1 o/oo y el mínimo en noviembre (nortes) con 11.3 o/oo (Fig. 4C), patrón diferente al de la temperatura (Tabla 3). Espacialmente, la región más salina correspondió al NE o Puerto Real e Isla Pájaros con 27.3 y 29.5 o/oo de promedio anual y la menos salina al suroeste en la boca de la Laguna del Este y Río Chumpán con 13.3 y 18 o/oo (Fig. 4A)(Tabla 2-D). Sólo para Isla Pájaros hubo una correspondencia (fue la estación más cálida anualmente y tuvo la mayor salinidad 29.5 o/oo) (Tabla 2-B).

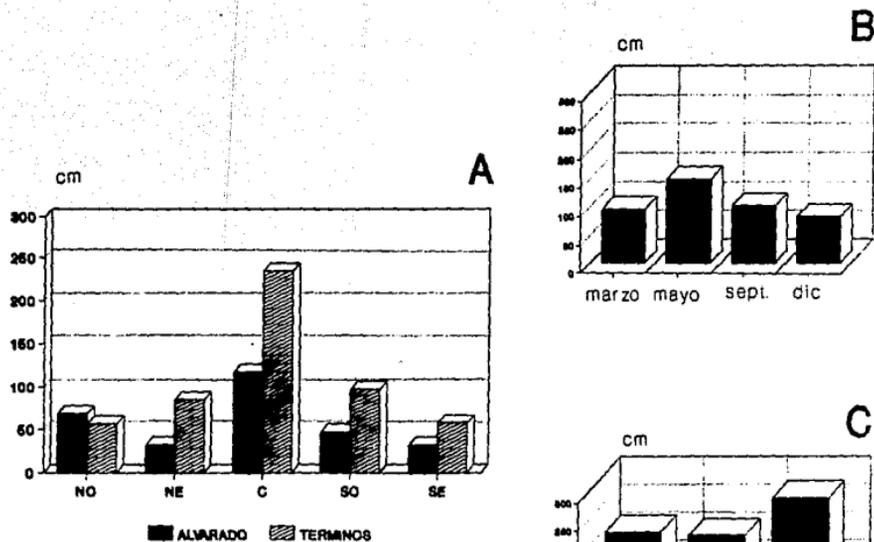
El promedio anual de Alvarado fue de 7.5 o/oo mientras el de Términos fue de 21.8 o/oo (Tabla 2-E)(Fig. 4A). Sin embargo, la primera laguna mostró mayor heterogeneidad en sus concentraciones durante el ciclo con 0.0 o/oo en la boca del Papaloapan (septiembre) y 18 o/oo en la Laguna Camaronera (mayo) (Tabla 1).

**PROFUNDIDAD.-** La profundidad señaló una variación temporal. En Alvarado se incrementó al máximo en mayo (secas) con 146.7 cm de promedio, con un mínimo en diciembre (nortes) con 80.7 cm de promedio (Fig. 5B)(Tabla 1). Términos, con un menor intervalo, mostró el máximo promedio en noviembre (nortes) con 283 cm y el mínimo promedio mensual en abril (secas) con 215 cm (Fig. 5C)(Tabla 3).

El promedio anual por región mostró que en ambas lagunas las zonas más profundas fueron las regiones centrales con 210 cm en Alvarado y 330.5 cm en términos (Fig. 5A)(Tabla 2-E).



**Figura 4** A) Distribución de la salinidad por región en las lagunas de Alvarado y Términos. B) Salinidad promedio mensual en la Laguna de Alvarado. C) Variación de la salinidad promedio mensual en la Laguna de Términos.



**Figura 5** A) Distribución de la profundidad promedio anual en las lagunas de Alvarado y Términos.

B) Variación temporal de la profundidad promedio en la Laguna de Alvarado.

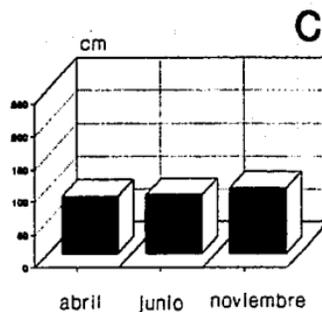
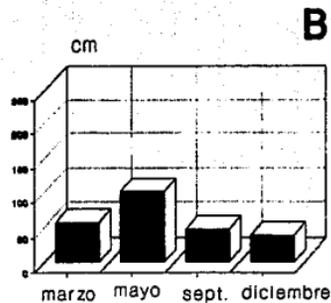
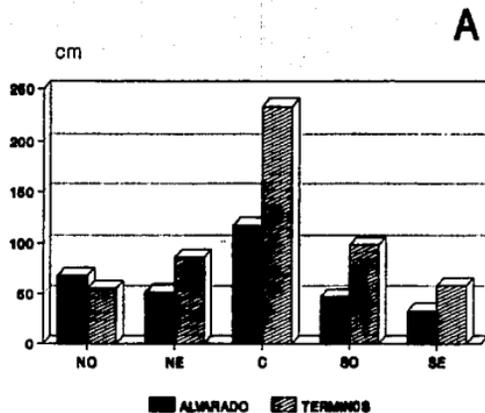
C) Variación temporal de la profundidad promedio en la Laguna de Términos.

**VISIBILIDAD.** - En ambas lagunas se registró una variación temporal y espacial de la visibilidad. En Alvarado el máximo fue en mayo (secas) con 100.4 cm lo cual coincide con las profundidades mayores y el mínimo en diciembre (nortes) con 38.5 cm (Fig. 6B)(Tabla 1). La región de mayor visibilidad anual fue el centro de la laguna con 117.5 cm y la sureste la menor con 38.6 cm (Fig. 6B)(Tabla 2-C).

En la Laguna de Términos la variación temporal señaló el máximo en noviembre (nortes) con 99.5 cm y el mínimo en abril (secas) con 88.7 cm, el máximo mensual coincidió con la mayor profundidad y contrario a lo esperado por la turbulencia generada por época (Fig. 6C) (Tabla 3). Espacialmente, la región de mayor visibilidad en promedio anual se localizó al centro de la laguna con 234.1 cm y la menor al noroeste con 55.5 cm (Tabla 2-D) (Fig. 6A).

El promedio de la visibilidad anual de Términos fue mayor que el de Alvarado, con 91.7 cm contra 60.1 cm, que se puede asociar en primera instancia a la profundidad, época y sistemas fluviales de las lagunas. Sin embargo, los promedios mensuales mostraron que Alvarado fue de mayor variación, de 38.5 cm (diciembre) a 100.4 cm (mayo) y Términos de menor variación, de 87 cm (abril) a 99.5 cm (noviembre) (Tablas 1 y 3, Fig. 6A).

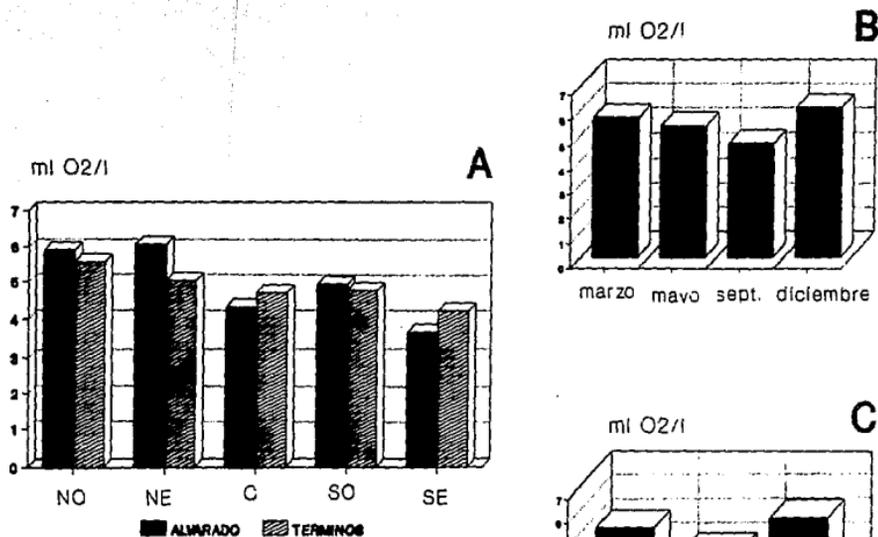
**OXIGENO DISUELTO Y SATURACION.** - En el sistema lagunar de Alvarado el máximo de oxígeno disuelto mensual promedio y su saturación fueron en marzo (secas) con 6.5 ml Oz/l y 129.5 % respectivamente y el mínimo durante el mes de menor salinidad, septiembre (lluvias), con 4.6 ml Oz/l y 86.9 % (Fig. 7B y 8B)(Tabla 1). La Laguna Camaronera fue la del máximo anual con 6.2 ml Oz/l y 124.4 % y la La Laguna de Tlalixcoyan la del mínimo con 4.4 ml Oz/l y 80.7 % (Tabla 2-A). Anualmente y por región, el noreste fue el mayor con 6.1 ml Oz/l y 115 % y el sureste el mínimo con 3.6 ml Oz/l y 84 % (Figs. 7A y 8A), lo cual coincide con la salinidad y visibilidad (Tabla 2-C).



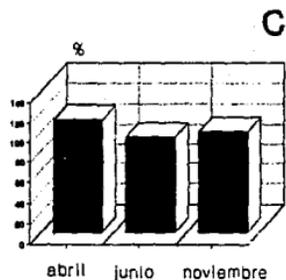
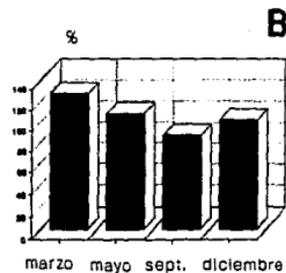
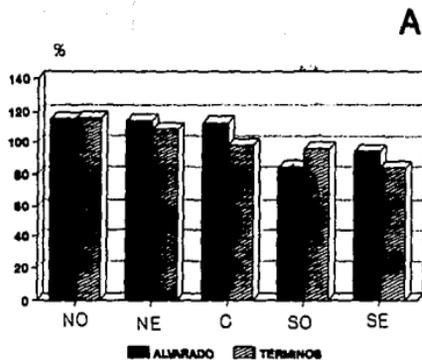
**Figura 6** A) Comparación de la visibilidad promedio por región en Alvarado y Términos.

B) Variación temporal de la visibilidad promedio en la Laguna de Alvarado.

C) Distribución temporal promedio de la visibilidad en la Laguna de Términos.



**Figura 7** A) Comparación del contenido promedio de oxígeno disuelto en Alvarado y Términos  
 B) Variación temporal de la concentración de oxígeno disuelto promedio en la laguna de Alvarado.  
 C) Distribución temporal de concentración de oxígeno disuelto promedio en la Laguna de Términos.



**Figura 8** A) Comparación de los porcentajes de saturación promedio mensual en Alvarado y Términos.

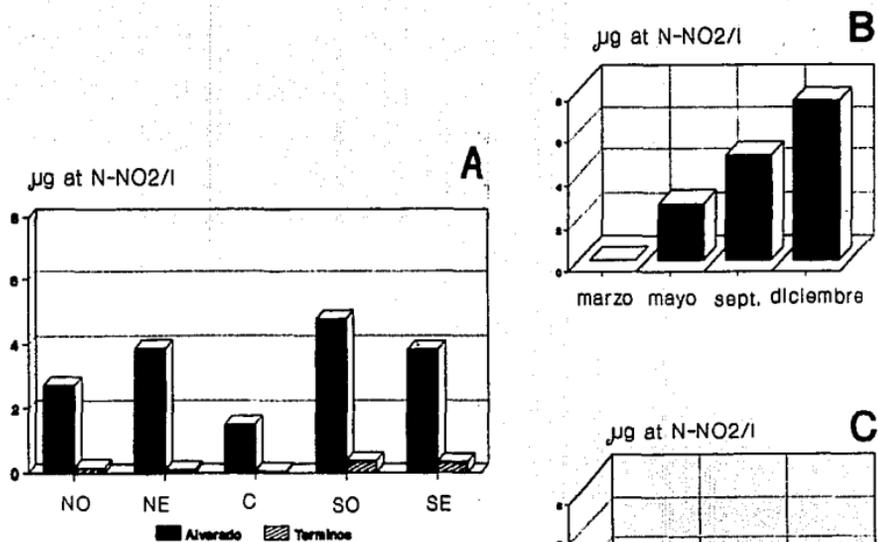
B) Variación temporal de los porcentajes promedio de saturación en la Laguna de Alvarado.

C) Distribución temporal de los porcentajes de saturación en la Laguna de Términos.

En la Laguna de Términos la variación temporal de contenido de oxígeno y su saturación tuvieron el máximo promedio mensual en abril (sequía) con 5.2 ml Oz/l y 110.3 % y el mínimo en junio (lluvias) con 4.1 ml Oz/l y 94.1 % (Figs. 7C y 8C)(Tabla 3). Espacialmente por localidad, Isla Pájaros y El Cayo fueron las estaciones con mayor promedio anual, ambas con 6.1 ml Oz/l y la menor el Río Chumpan con 4.2 ml Oz/l anual promedio (Tabla 2-D). Espacialmente por región, la región de mayor saturación fue la noroeste con 130 % (5.6 ml Oz/l) y la menor la sureste con 83.5 % (4.2 ml Oz/l) anual promedio (Figs. 7A y 8A) (Tabla 2-D). La variación temporal mostró un patrón similar al del sistema lagunar de Alvarado, pero con salinidades menores que en la laguna de Términos.

Ambas lagunas fueron semejantes en los contenidos promedios anuales de este gas durante el ciclo anual. Alvarado fue en promedio anual 105.8 % y Términos 101.7 % de saturación (Figs. 7A y 8A). Sin embargo, Alvarado fue más heterogénea, ya que en septiembre varió de 31.1 % (1.6 ml Oz/l) en la Laguna de Tlaxicoyan a 116 % (6.2 ml Oz/l) en Arbolillo (Tabla 1), lo que señaló la cercanía a la anoxia de las aguas de Tlaxicoyan durante este ciclo, lo que se relaciona con un impacto antropogénico de los afluentes del sistema lagunar de Alvarado.

**NITRITOS** .- La variación temporal promedio de Alvarado fue de indetectable a 7.4  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_2^-/\text{l}$ , con su máximo en diciembre (nortes) y su mínimo en marzo (secas) (Fig. 9B) (Tabla 1). Espacialmente por localidad, la Laguna de Tlaxicoyan señaló el mayor contenido anual promedio con 5  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_2^-/\text{l}$  y el centro de la laguna la menor con 1.5  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_2^-/\text{l}$  (Tabla 2-A). La región de mayor contenido correspondió al suroeste con 4.8  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_2^-/\text{l}$  y la menor al centro de la laguna con 1.5  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_2^-/\text{l}$  (Fig. 9A) (Tabla 2-C).

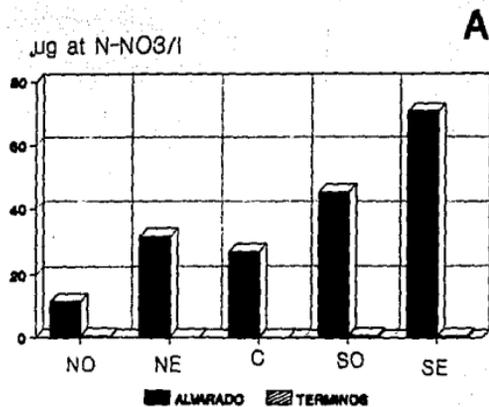


**Figura 9** A) Comparación regional del contenido promedio de nitratos en Alvarado y Términos.  
 B) Variación temporal de las concentraciones promedio de nitratos en la Laguna de Alvarado.  
 C) Distribución de los contenidos promedio de nitratos en la Laguna de Términos.

La variación temporal de la Laguna de Términos tuvo el máximo mensual promedio en junio (secas) con 0.2  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l y el mínimo en noviembre (lluvias) con 0.1  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l (Fig. 9C) (Tabla 3). La boca de la Laguna del Este que recibe el aporte del Río Palizada fue la de mayor concentración anual con 0.3  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l y Puerto Real fue la mínima con 0.02  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l (Tabla 2-B). Especialmente por región, la del mayor contenido anual promedio fue el suroeste con 0.3  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l y la de menor contenido el noroeste con 0.02  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l (Fig. 9A) (Tabla 2-D).

El promedio anual en la Laguna de Alvarado fue más de 26 veces mayor que el de Términos (Fig. 9A), con 3.7  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l y 0.14  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l respectivamente (Tabla 2-E). La primera laguna presentó una mayor heterogeneidad espacial y temporal, oscilando de indetectable (marzo) a 7.5  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l (diciembre) de promedio mensual (Tabla 1), incluso fue la de mayor variación regional, dado que en diciembre el contenido fue de 0.8  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l al centro de la laguna y 13.3  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>2</sub>/l en la Laguna de Tlalixcoyan (Tabla 1).

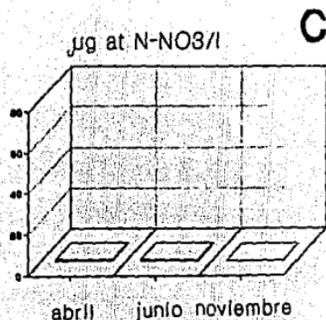
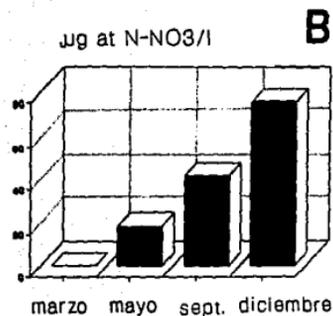
**NITRATOS.** - La variación temporal y espacial de este nutriente en la Laguna de Alvarado fue similar a la de los nitritos, oscilando de indetectable a 74.3  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>3</sub>/l de promedio mensual, alcanzando su máximo en diciembre (nortes) con 74.3  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>3</sub>/l y siendo indetectable en marzo (secas) (Fig. 10B) (Tabla 1). Especialmente por localidad, la desembocadura del Río Papaloapan fue la del mayor contenido anual con 70.8  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>3</sub>/l y la Laguna Camaronera la del menor con 6.7  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>3</sub>/l (Tabla 2-A). La variación espacial por región, señaló que la mayor concentración fue el sureste con 70.8  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>3</sub>/l y la de menor el noroeste con 11.4  $\mu\text{g}$  at N-NO<sub>3</sub>/l (Fig 10A)(Tabla 2-C). En diciembre (nortes) se determino un máximo en el centro de la Laguna de Tlalixcoyan con



**Figura 10** Comparación regional del contenido promedio de nitratos en Alvarado y Términos.

B) Variación temporal del contenido de nitratos en la Laguna de Alvarado.

C) Variación temporal de la concentración promedio de nitratos en la Laguna de Términos.

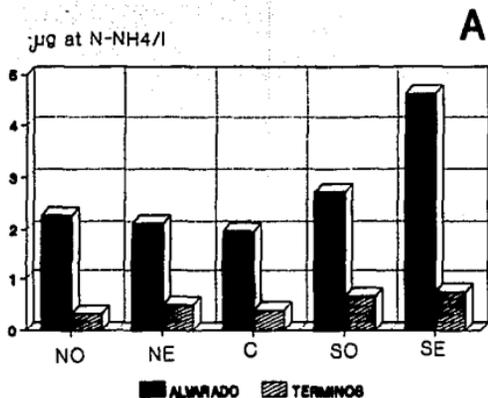


131.2  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_3/\text{l}$ , lo que señala la descarga de materiales nitrogenados de origen antropogénico a la laguna durante ésta época (Tabla 1).

Contrariamente, en términos el contenido de nitratos fue de indetectable a 0.5  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_3/\text{l}$ , con su máximo en junio (secas) y su mínimo en noviembre (lluvias) (Fig. 10C) (Tabla 3). Atasta y la boca de la Laguna del Este fueron las estaciones de mayor concentración anual con 0.6 y 0.6  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_3/\text{l}$  respectivamente y Puerto Real la de menor con 0.01  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_3/\text{l}$  (Tabla 2-B). La región de mayor concentración fue al igual que en el caso de los nitritos, el suroeste con 0.6  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_3/\text{l}$  y la de menor el noreste con 0.16  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_3/\text{l}$  (Fig. 10A) (Tabla 2-B).

El promedio anual de las concentraciones de nitratos mostró que en Alvarado fue poco más de 100 veces mayor que en términos (Fig 10A), con 33.4  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_3/\text{l}$  contra 0.3  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_3/\text{l}$  (Tabla 2-E). Además Alvarado señaló mayor variación mensual promedio y mayor heterogeneidad con 21.2  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_3/\text{l}$  en Arbolillo y 131.2  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NO}_3/\text{l}$  en la Laguna de Tlalixcoyan (Tabla 1).

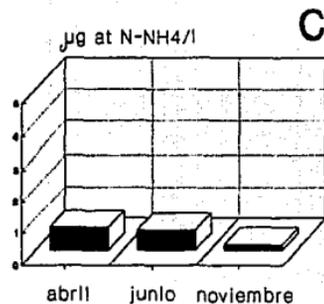
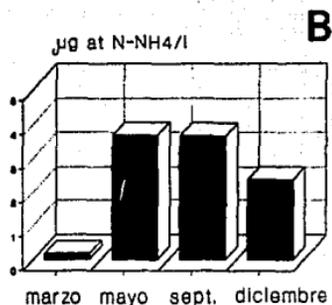
**AMONIO.** - El intervalo promedio mensual en el contenido de amonio en el sistema lagunar de Alvarado fue de 0.16 a 3.6  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/\text{l}$  durante la época de secas en marzo y mayo respectivamente (Fig. 11B)(Tabla 1). La variación espacial por localidad mostró que la boca del Papaloapan fue la del mayor contenido anual con 4.6  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/\text{l}$  y la del menor anual al centro de la laguna con 2.0  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/\text{l}$  (Tabla 2-A). La región de mayor contenido anual promedio se situó al igual que con los nitratos, al sureste con 4.63  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/\text{l}$  y la de menor al centro con 2.0  $\mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/\text{l}$  (Fig. 11A) (Tabla 2-C).



**Figura 11** A) Comparación regional del contenido promedio de amonio en Alvarado y Términos.

B) Variación temporal del contenido de amonio promedio en la Laguna de Alvarado.

C) Variación del contenido promedio de amonio en la Laguna de Términos.

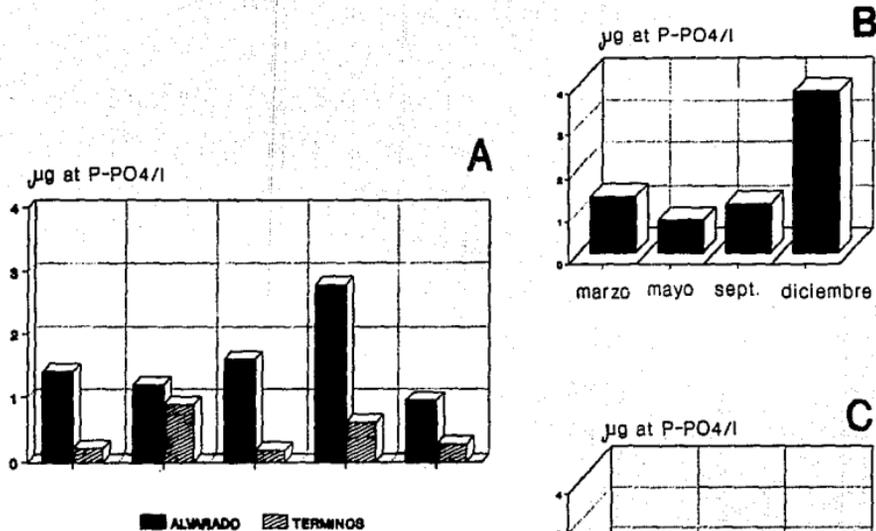


En la Laguna de Términos el máximo contenido promedio mensual de amonio fue en abril (secas) con  $0.7 \mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/1$  y el mínimo en noviembre (lluvias) con  $0.2 \mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/1$  (Fig. 11C)(Tabla 3). Espacialmente por localidad, Isla Pájaros fue la de mayor contenido de amonio anual promedio con  $0.8 \mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/1$  y la de menor correspondió a El Cayo con  $0.2 \mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/1$  (Tabla 2-B). La región de mayor contenido fue el sureste con  $0.7 \mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/1$  y la menor el noroeste con  $0.3 \mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/1$  (Fig. 11A)(Tabla 2-D).

En promedio anual, Alvarado fue cuatro veces mayor con  $2.4 \mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/1$  que Términos con  $0.5 \mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/1$  (Tabla 2-E, Fig. 11A) lo anterior se relaciona tanto con el aporte de los manglares como de los desechos antropogénicos que recibe la primera laguna, con una mayor heterogeneidad temporal. Espacialmente en septiembre se registró una variación de  $2.9 \mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/1$  en Punta Chica a  $7.0 \mu\text{g}$  at  $\text{N-NH}_4/1$  en la boca del Papaloapan (Tabla 1).

FOSFATOS.- La variación estacional promedio del contenido de en el sistema lagunar de Alvarado Laguna de Alvarado fue de  $0.8 \mu\text{g}$  at  $\text{P-PO}_4/1$  en mayo (secas) a  $3.8 \mu\text{g}$  at  $\text{P-PO}_4/1$  en diciembre (Fig. 12B), patrón similar al mostrado por los nitritos y nitratos (Tabla 1). La región de mayor contenido anual fue el suroeste con  $2.8 \mu\text{g}$  at  $\text{P-PO}_4/1$  y la de menor al sureste con  $0.95 \mu\text{g}$  at  $\text{P-PO}_4/1$  (Fig. 12A)(Tabla 3-C) . Buen País fue la estación de mayor promedio anual con  $3.7 \mu\text{g}$  at  $\text{P-PO}_4/1$  y la Laguna Camaronera la del menor con  $0.3 \mu\text{g}$  at  $\text{P-PO}_4/1$  (Tabla 2-A). Durante diciembre se presentó un máximo en Buen País de  $9.7 \mu\text{g}$  at  $\text{P-PO}_4/1$  (Tabla 1).

La variación temporal en el contenido de fosfatos promedio en la Laguna de Términos fue de  $0.05 \mu\text{g}$  at  $\text{P-PO}_4/1$  en noviembre (nortes) a  $1.51 \mu\text{g}$  at  $\text{P-PO}_4/1$  en abril (secas)



**Figura 12** A) Comparación regional del contenido promedio de fosfatos en Alvarado y Términos.

B) Variación temporal del contenido promedio de fosfatos en la Laguna de Alvarado.

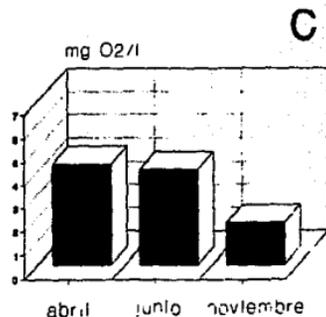
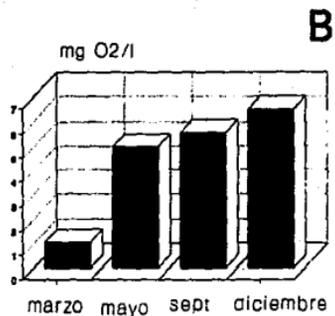
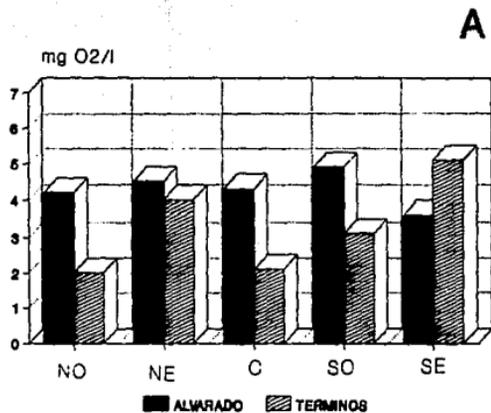
C) Variación temporal del contenido promedio de fosfatos en la Laguna de Términos.

(Fig. 12C), patrón similar al mostrado por el amonio (Tabla 3). La región de mayor concentración en promedio anual se situó al noreste con 0.9  $\mu\text{g at P-PO}_4/\text{l}$  y la menor al centro de la laguna con 0.2  $\mu\text{g at P-PO}_4/\text{l}$  (Fig. 12A) (Tabla 2-D). En abril se presentó en la laguna una alta concentración de 10.35  $\mu\text{g at P-PO}_4/\text{l}$  en Isla Pájaros .

La Laguna de Alvarado fue dos veces mayor en el contenido de fosfatos anual promedio que la de Términos, con 1.2  $\mu\text{g at P-PO}_4/\text{l}$  contra 0.7  $\mu\text{g at P-PO}_4/\text{l}$  en promedio anual (Tabla 2-E, Fig. 12A). Además, Alvarado fue más heterogénea con una variación mensual de 0.8  $\mu\text{g at P-PO}_4/\text{l}$  (mayo) a 3.8  $\mu\text{g at P-PO}_4/\text{l}$  (diciembre), que Términos de 0.05  $\mu\text{g at P-PO}_4/\text{l}$  (noviembre) a 1.5  $\mu\text{g at P-PO}_4/\text{l}$  (abril). (Fig. 12B .y 12C) (Tablas 1 y 3).

**DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) .-** El máximo de la DQO en la Laguna de Alvarado fue en diciembre (nortes) con 6.54 mg Oz/l y el mínimo en marzo (secas) con 1.06 mg Oz/l (Fig. 13B), patrón similar al mostrado por nitritos, nitratos y fosfatos (Tabla 1). Buen País fue la estación de mayor DQO anual promedio con 5.8 mg Oz/l, y la menor fue Camaronera con 2.8 mg Oz/l, estación de contenidos bajos de fosfatos (Tabla 2-A), lo que señala la relación de la DQO con los fosfatos. La región de máxima DQO anual promedio fue el suroeste con 4.9 mg Oz/l y la de mínima fue el noroeste con 4.2 mg Oz/l (Fig 13A).

En la Laguna de Términos, el máximo en DQO mensual promedio fue en abril (secas) con 4.3 mg Oz/l y el mínimo en noviembre (nortes) con 1.8 mg Oz/l (Fig.13C) , patrón similar al de los nitritos, amonio y fosfatos (Tabla 3) . Isla Pájaros fue la localidad que presentó la mayor DQO anual promedio con 6.7 mg Oz/l lo que se relacionó con el máximo de fosfatos



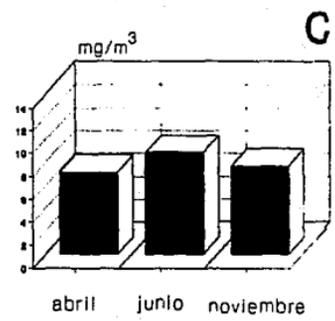
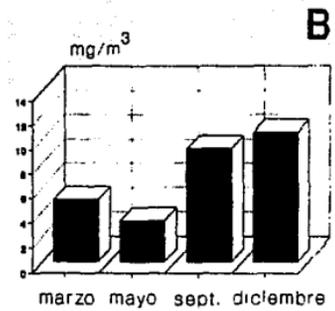
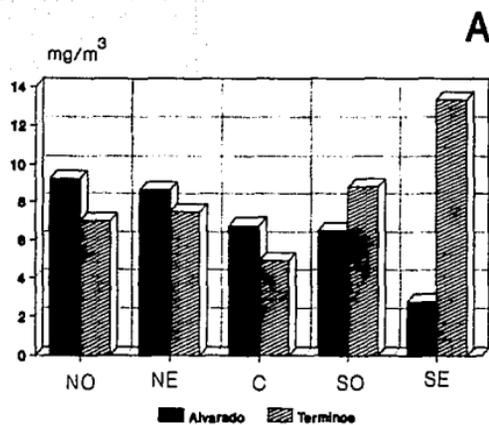
**Figura 13** A) Comparación regional de la DQO promedio en Alvarado y Términos.  
 B) Variación temporal de la DQO promedio en la Laguna de Alvarado.  
 C) Variación Temporal de la DQO promedio en la Laguna de Términos

presentado en abril con  $10.3 \mu\text{g at P-PO}_4/1$ , y la menor fue la de Boca de Puerto Real con  $0.9 \text{ mg Oz}/1$  (Tabla 2-B). La región con la mayor DQO fue la sureste con  $5.2 \text{ mg Oz}/1$  y la de menor la noroeste con  $2.0 \text{ mg Oz}/1$  (Fig. 13A). Esta última tuvo las menores concentraciones de fosfatos, amonio y nitritos (Tabla 2-D).

La Laguna de Alvarado tuvo un promedio anual ligeramente superior a Términos con  $4.5 \text{ mg Oz}/1$  y  $3.4 \text{ mg Oz}/1$  respectivamente (Tabla 3E, Fig. 13A), pero Alvarado fue más heterogénea (Tablas 1 y 3).

**CLOROFILA  $\alpha$**  .- Durante el ciclo anual, el promedio de la clorofila  $\alpha$  en la Laguna de Alvarado varió de  $3.2 \text{ mg}/\text{m}^3$  en mayo (secas) a  $10.6 \text{ mg}/\text{m}^3$  en diciembre (nortes) (Fig. 14B) (Tabla 1). La Laguna Camaronera fue la estación de mayor promedio anual con  $10.7 \text{ mg}/\text{m}^3$  coincidente con la mayor concentración de oxígeno y Arbolillo fue la del menor con  $4.7 \text{ ml}/\text{m}^3$  (Tabla 2-A). La zona de mayor concentración fue la noroeste con  $9.3 \text{ mg}/\text{m}^3$  y la de menor el sureste con  $2.7 \text{ mg}/\text{m}^3$  (Fig. 14A). Durante diciembre se presentó un máximo de  $15 \text{ mg}/\text{m}^3$  en a Arbolillo con 111 % de saturación de oxígeno, asociado a la presencia de nutrientes que, junto con características particulares de la zona, definida como área de reposo o de poca influencia de mareas o de agua proveniente del continente.

La variación temporal del contenido de clorofila  $\alpha$  promedio en la Laguna de Términos fue de  $7.1 \text{ mg}/\text{m}^3$  en abril a  $8.8 \text{ mg}/\text{m}^3$  en junio, coincidiendo con los máximos mensuales de amonio y fosfatos (Fig. 14C) (Tabla 3). El Río Chumpán fue el de mayor promedio anual con  $13.3 \text{ mg}/\text{m}^3$  y la estación Central la de menor contenido con  $4.9 \text{ mg}/\text{m}^3$  (Tabla 2-B). En junio, un máximo de  $19.9 \text{ mg}/\text{m}^3$  correspondió al Río Chumpán.

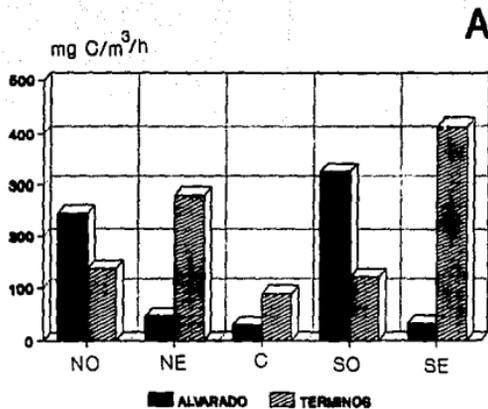


**Figura 14** A) Comparación regional del contenido promedio de clorofila a en ambas lagunas.  
 B) Variación temporal del contenido de clorofila a en la Laguna de Alvarado.  
 C) Variación temporal del contenido de clorofila a en la Laguna de Términos.

El promedio anual señaló que Alvarado y Términos fueron similares con  $7.3 \text{ mg/m}^3$  y  $7.9 \text{ mg/m}^3$  respectivamente (Tabla 2-E, Fig. 14A). A pesar de lo anterior, Alvarado fue más heterogénea con 3.2 en mayo y  $10.6 \text{ mg/m}^3$  en diciembre, en comparación con Términos con 7.1 en abril y  $8.8 \text{ mg/m}^3$  en junio (Tablas 2A y B).

**PRODUCCION PRIMARIA.** - La variación temporal de la producción primaria promedio mensual en el sistema lagunar de Alvarado fue de  $2.0 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  en mayo (secas) a  $272.6 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  en septiembre (lluvias) (Fig. 15B) (Tabla 1). La Laguna de Tlalixcoyan fue en promedio anual la estación más productiva con  $324.8 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  y la menos productiva la del centro de la laguna con  $28.6 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  (Tabla 1). Al igual que en el caso de los fosfatos y DCO, la región de mayor producción anual se situó al suroeste con  $324.8 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  y la menor (como con el amonio y nitritos) al Centro de la Laguna con  $28.6 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  (Fig. 15A). Durante el ciclo anual se presentaron dos máximos de producción en la estación de Buen País, el primero en septiembre (lluvias) con  $848 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  y el segundo en diciembre (nortes) con  $177 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  coincidentes con el máximo de  $\text{PO}_4$  de  $9.6 \text{ } \mu\text{g at P-PO}_4/\text{l}$  durante el mismo mes (Tabla 2-A).

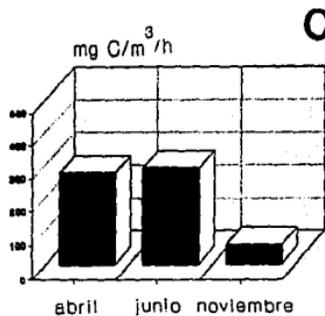
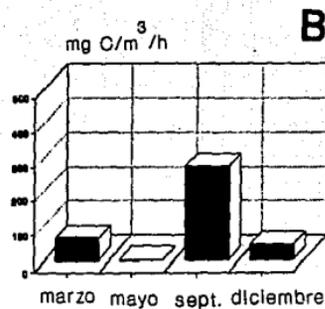
En la Laguna de Términos, el máximo se presentó, al igual que con los nitritos y nitratos, en junio con  $288.06 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  y el mínimo en noviembre con  $54.7 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  (nortes) (Fig. 15C) (Tabla 3). Isla Pájaros, anualmente fue la más productiva en promedio con  $803.3 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  (asociada a los mayores contenidos de oxígeno disuelto, saturación, amonio y DCO) y la localidad Central Este la menos productiva con  $30.5 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  y el menor contenido de clorofila  $a$  (Tabla 2-B). La región más productiva fue el sureste con  $414.8 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  y la menor el centro de la laguna con  $87.1 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  (Fig. 15A). Durante el ciclo se determinaron varios máximos de producción en la laguna durante la época de seca, el primero en abril con  $1660.2 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$



**Figura 15** A) Comparación regional de la producción primaria promedio en Alvarado y Términos.

B) Variación temporal de la producción primaria promedio en la Laguna de Alvarado.

C) Variación temporal de la producción primaria promedio en la Laguna de Términos.

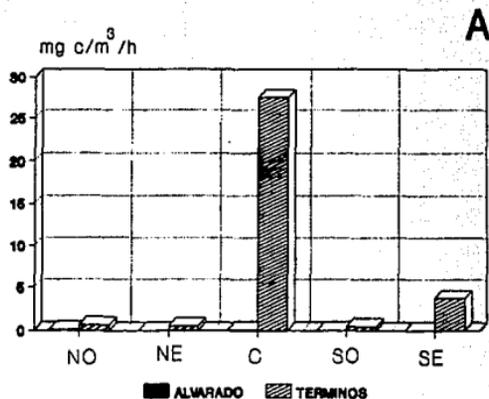


en Isla Pájaros y el segundo y tercero en junio con 882.2 y 679.3 mg C/m<sup>3</sup>/h en el Río Chumpán e Isla Pájaros, respectivamente (Tabla 3).

El promedio anual mostró que Términos tiene mayor producción que Alvarado a pesar de sus menores contenidos de nutrientes, con 205.3 mg C/m<sup>3</sup>/h contra 105.2 mg C/m<sup>3</sup>/h (Tabla 2-E, Fig. 15A). Términos mostró las mayores variaciones espaciales en la producción, como sucedió en abril, 8.1 mg C/m<sup>3</sup>/h (Boca de la Laguna del Este) y 1660.2 mgC/m<sup>3</sup>/h (Isla Pájaros)(Tabla 2-B). La variación espacial regional mostró que en ambas lagunas las regiones centrales son poco productivas, pero con una alta tasa de excreción (Tablas 2-C y 2-D), que se puede asociar a la presencia de ambientes oligotróficos (Hellebust,1965).

**PRODUCTOS DE EXCRECION.-** Igualmente que la producción primaria, los productos de excreción señalaron variaciones temporales. En la Laguna de Alvarado el máximo promedio mensual fue de 0.2 mgC/m<sup>3</sup>/h en diciembre (nortes) e indetectable en mayo (secas) (Fig. 16B) (Tabla 1). La variación espacial por localidad, señaló que Buen Pais fue la zona de mayor concentración anual con 0.3 mgC/m<sup>3</sup>/h, coincidente con el máximo de fosfatos durante diciembre con 9.6 µg at P-PO<sub>4</sub>/l (Tabla 1). La Laguna Camaronera fue la zona de menor contenido fosfatos, nitratos y DQO asociado con los menores o indetectables productos de excreción (Tabla 2-A). Las regiones de mayor contenido de productos de excreción promedio en el ciclo anual fueron la noroeste y la centro, ambas con 0.13 mg C/m<sup>3</sup>/h y la de menor se situó al noreste con 0.02 mgC/m<sup>3</sup>/h. (Fig. 16A)(Tabla 2-C).

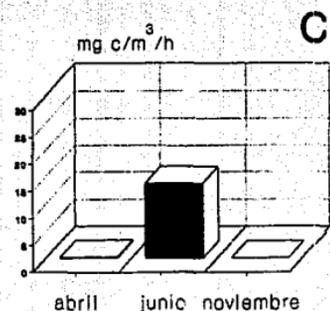
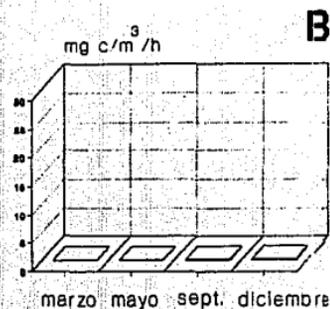
En Términos el máximo promedio mensual fue el de junio con 13.7 mgC/m<sup>3</sup>/h (lluvias) y el mínimo con 0.2 mg C/m<sup>3</sup>/h durante abril (secas) (Fig. 16C) (Tabla 3). La localidad Central Oeste fue



**Figura 16** Comparación regional de los productos de excreción promedio de ambas lagunas.

B) Variación temporal de los productos de excreción promedio en la Laguna de Alvarado.

C) Variación temporal de los productos de excreción promedio en la Laguna de Términos.



la mayor excreción anual promedio con 55.1 mg C/m<sup>3</sup>/h y Panlau la menor con una excreción indetectable (Tabla 3). La región con mayores productos de excreción se situó al Centro de la Laguna con 27.6 mg C/m<sup>3</sup>/h y la menor al noreste en Boca del Carmen con 0.5 mgC/m<sup>3</sup>/h en promedio anual (Fig. 16A) (Tabla 3); patrón que se puede asociar a condiciones de *stress*, donde según Hellebust (1965) es la presencia de ambientes oligotróficos que pueden provocar altos niveles de excreción. Se presentó un máximo en junio (secas) con 110.3 mgC/m<sup>3</sup>/h en la estación Central, asociado a las aguas oligotróficas de esta zona.

El promedio anual mostró que la Laguna de Términos fue 63 veces mayor en sus productos de excreción que la Laguna de Alvarado con 6.9 mg C/m<sup>3</sup>/h y 0.1 mg C/m<sup>3</sup>/h. La Laguna de Términos fue más heterogénea espacialmente en sus concentraciones de carbono excretado, como se observó en junio donde hubo un intervalo de indetectable (en Atasta) a 110.3 mg C/m<sup>3</sup>/h (Central Oeste) (Tabla 3). El ciclo anual mostró que en ambas lagunas las zonas centrales fueron las menos productivas, pero con las mayores tasas de excreción, coincidiendo con Watt (1966) quien indica que aguas poco productivas liberan grandes cantidades de productos extracelulares como resultado de una inhibición de la fotosíntesis, debida probablemente a la presencia de ambientes oligotróficos o altas intensidades lumínicas.



**Tabla 2**  
**A**

**COMPARACION DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS DE ALVARADO Y TERMINOS**

ESTACION	TEMP C	SAL ‰	PROF. cm	SECCHI cm	O.D. m/02/1	Z 0 ‰	DDO mg/02/lug	NO ug-at/lug	NO ug-at/lug	NH ug-at/lug	PO mg/a3	CLOR. A mgC/h/a3	C14 mgC/h/a3	P. Ev. mgC/h/a3
Arbúvillos	26.8	0.6	83.2	67.5	5.8	110.2	4.9	2.5	8.7	2.3	1	4.8	183.4	0.2
Buen País	27	10.1	89.5	51.5	5.7	108.2	5.8	4.3	14.1	2	3.7	7.3	343.6	0.3
Caecorrera orilla	29	13.1	153.3	80.3	6.2	124.5	2.8	2.6	16.3	2.1	0.3	10.7	217.3	0
Caecorrera centro	29.5	9.6	157.3	72.3	5.9	117	3.5	1.7	6.7	2.7	0.7	9.7		
Punta grande	27.2	7.5	58	46.5	6.3	120.5	3.8	4.1	28.2	2.1	1.2	9	43.7	0.02
Punta chica	27	6.7	84.7	56.2	5.8	108.2	5.3	3.6	35	2.1	1.2	8.4		
Papelmapan	28.3	3.7	38.6	32.6	5	94.3	3.6	3.6	70.1	4.6	1	2.7	32.6	0.05
Tlalixcoyan orilla	26.7	6	76.5	40.7	4.7	87.3	4.3	4.5	43	2.3	2.6	6.6	324.9	0.04
Tlalixcoyan	27	6	127.5	53.2	4.3	80.8	5.7	5	47.9	3.2	3	6.4		
Centro de la laguna	27.3	7.5	210	117.5	5.8	113.3	4.3	1.5	27	2	1.7	6.7	28.5	0.13

**B**

**PROMEDIOS ANUALES DE TERMINOS**

ESTACION	TEMP C	SAL D/00	PROF. cm	SECCHI cm	O.D. m/02/1	Z 0 ‰	DDO mg/02/lug	NO ug-at/lug	NO ug-at/lug	NH ug-at/lug	PO mg/a3	CLOR. A mgC/h/a3	C14 mgC/h/a3	P. Ev. mgC/h/a3
El Cajo	27.5	26.3	60	60	6.1	129.7	1.8	0.06	0.18	0.2	0.05	7	207.5	0.9
Río chumpan	28.5	13.3	153.4	58.3	4.2	83.5	5.1	0.3	0.63	0.7	0.3	13.3	414.9	3.7
Boca del Coraman	27.5	18	80	48.3	4.7	96.1	3.1	0.33	0.66	0.7	0.6	9.2	119	0.5
Riceta	27.1	22.3	146.7	50.7	5	102.2	2.2	0.21	0.67	0.5	0.4	8.8	62.1	0.4
Central Oeste	27.3	25.3	321.7	128.3	4.5	97.2	1.1	0.05	0.21	0.3	0.1	5	143.8	55.1
Boca de Puerto Real	27.3	28.7	415	161.6	4.3	99.1	0.9	0.02	0.01	0.3	0.1	7	151.7	0
Central Este	27.5	22.3	340	226	4.9	102.1	3.3	0.05	0.16	0.4	0.25	4.7	30.5	0
Isle Pajeros	29.5	22	360	50	6.1	129.7	6.7	0.1	0.13	0.8	2.6	7.4	803.4	2
Parlan	29	18.3	116.2	76.6	4.8	108.7	2.8	0.09	0.46	0.4	0.3	5.6	91.5	0
Punta Piedra	29.3	19.7	186.2	56.6	4.8	98.3	5.5	0.11	0.08	0.5	0.5	9.8	68	0

**C**

**PROMEDIOS ANUALES DE ALVARADO**

REGION	TEMP C	SAL ‰	PROF. cm	SECCHI cm	O.D. m/02/1	Z 0 ‰	DDO ug-at/lug	NO ug-at/lug	NO ug-at/lug	NH ug-at/lug	PO mg/a3	CLOR. A mgC/h/a3	C14 mgC/h/a3	P. Ev. mgC/h/a3
Noroeste	28	10.3	120.8	68.2	5.9	115.5	2.7	11.5	2.3	1.4	9.3	248.5	0.1	
Noreste	27.1	7.5	73.9	31.2	6	114.4	3.9	31.6	2.1	1.2	8.7	46.7	0.1	
Centro	27.4	7.5	210	117.5	4.3	113.3	1.5	27	2	1.6	6.7	28.7	0.1	
Suroeste	28.9	7.8	103.1	47	5	84.1	4.8	45	2.7	2.9	6.7	324.8	0.04	
Suroeste	28.3	3.7	39.6	32.7	3.6	94.4	3.9	70.9	4.6	0.9	2.8	32.6	0.05	

**D**

**PROMEDIOS ANUALES DE TERMINOS**

REGION	TEMP C	SAL ‰	PROF. cm	SECCHI cm	O.D. m/02/1	Z 0 ‰	DDO ug-at/lug	NO ug-at/lug	NO ug-at/lug	NH ug-at/lug	PO mg/a3	CLOR. A mgC/h/a3	C14 mgC/h/a3	P. Ev. mgC/h/a3
Noroeste	27.3	24.3	102	55.5	5.6	116	14.1	0.4	0.3	0.2	7	134.7	0.6	
Noreste	28.7	32.1	239.5	85.2	5	100.9	0.2	0.3	0.3	0.2	7.4	278.6	0.5	
Centro	27.4	29.8	330.5	234.2	4.7	96.3	0.2	0.4	0.2	4.9	87.1	27.5		
Suroeste	27.5	19	80	38.3	4.8	96.2	0.33	0.7	0.7	0.6	8.6	119	0.5	
Suroeste	28.5	18.3	153.3	58.3	4.2	83.6	0.3	0.6	0.7	0.3	13.9	414.9	3.7	

**E**

**COMPARACION ANUAL PROMEDIO DE ALVARADO Y TERMINOS**

Temp. C	Sal ‰	Prof. cm	Secchi cm	O.D. m/02/1	Z 0 ‰	DDO ug-at/lug	NO ug-at/lug	NO ug-at/lug	NH ug-at/lug	PO mg/a3	CLOR. A mgC/h/a3	C14 mgC/h/a3	P. Ev. mgC/h/a3	
Alvarado	27	7.5	105.2	60.2	5.6	115.8	3.6	33.44	2.4	1.2	4.54	7.3	95	0.1
Terminos	28	21.8	239.9	91.7	5	101.7	0.1	0.31	0.7	0.68	3.4	8	205.3	7

TABLA 3

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DE LA LAGUNA DE TERMINOS

ABRIL

ESTACION	TEMP. C	SAL o/oo	PROF. ca	SECCHI ca	O.D. ml O2/l	% O2	NO ug	NO at/lug	NO at/lug	NH at/lug	PO at/lug	DOO O2/l	CLOR. mg/a3	A mg/l	14 C mg/l	P. Ex.
EL CAYO	26	33	60	60	6.6	144.1	0.03	0.23	0.4	0.04	1.2	4.7	212.8	0.4		
R. CHAMPAN	26	25	260	100	4.8	100.4	0.2	0.26	0.7	0.3	2	8.2	360.2	0.01		
BOCA DEL CARMEN	25	24	95	55	5.4	108.1	0.2	1.21	0.8	0.4	1.4	10	8.1	0		
ATATSA	25	33	150	45	5.1	109.4	0.12	0.76	0.6	0.4	1	8.8	129.5	0.04		
CENTRAL OESTE	25	33	370	120	5	104.7	0.04	0.32	0.5	0.2	0.6	3	107.7	0		
PUERTO REAL	26	38	80	4.1	106.7							8.8	82.6	0		
CENTRAL ESTE	25	27	450	250	5.8	119.2	0.04	0.46	0.8	0.6	4.6	8.8	22.6	0		
ISLA PAJAROS	27	25	260	40	4.7	95.8	0.3	0.27	1.3	10.3	15.8	8.8	1640.2	0.93		
PINLLO	27	28	170	70	5.1	188.3	0.08	0.18	0.5	0.4	2.8	5.9	61.2	0		
PUNTA PIEDRA	27	25	180	50	5.1	107.1	0.07	0.2	0.7	0.7	9.4	5.9	87.1	0		

JUNIO

ESTACION	TEMP. C	SAL o/oo	PROF. ca	SECCHI ca	O.D. ml O2/l	% O2	NO ug	NO at/lug	NO at/lug	NH at/lug	PO at/lug	DOO O2/l	CLOR. mg/a3	A mg/l	14 C mg/l	P. Ex.
EL CAYO	31.5	33	50	50	5.3	126.2	0.1	0.3	0.4	0.05	2.4	5.9	702.1	1.3		
R. CHAMPAN	31.5	10	90	35	2.9	59.4	0.6	1.6	1.4	0.5	11.4	19.4	180.2	7.4		
BOCA DEL CARMEN	31.5	20	55	50	4.3	91.1	0.5	0.8	1	1.2	5.8	8.8	39.7	0.4		
ATATSA	31.5	22	120	57	4.3	91.3	0.2	1.2	0.7	0.6	3.4	11.0	1	0		
CENTRAL OESTE	31	32	425	145	3.9	89.5	0.1	0.3	0.4	0.15	1.8	5.9	94.2	110.3		
PUERTO REAL	31	35	560	230	4.2	99.3	0.03	0.03	0.4	0.2	1.4	7				
CENTRAL ESTE	31.5	26	360	120	4.3	97.3	0.09	0.02	0.6	0.15	4.4	4.7	67.4	0		
ISLA PAJAROS	30.5	26	190	80	4.2	92.7	0.2	0.1	0.6	0.4	2.8	7.1	675.3	3.21		
PINLLO	33	22	100	80	4.4	98.4	0.2	0.7	0.7	0.3	3.2	5.0	125.3	0		
PUNTA PIEDRA	32	24	200	40	4.3	96.2	0.2	0.03	0.6	0.9	4.2	10.5	100.3	0		

NOVIEMBRE

ESTACION	TEMP. C	SAL o/oo	PROF. ca	SECCHI ca	O.D. ml O2/l	% O2	NO ug	NO at/lug	NO at/lug	NH at/lug	PO at/lug	DOO O2/l	CLOR. mg/a3	A mg/l	14 C mg/l	P. Ex.
EL CAYO	28	5	110	40	4.7	90.9	0.12	0	0.09	0	2.1	11.8	2.2			
R. CHAMPAN	26	10	90	40	4.7	89.3	0.26	0	0.21	0.2	2.1	8.8	59.7			
BOCA DEL CARMEN	26	12	170	50	5.6	108	0.33	0	0.06	0.2	2.4	5.9	55.8			
ATATSA	26	11	150	40	4.7	88.3	0.07	0	0.25	0	0.6	6.4	89.7			
CENTRAL OESTE	25	18	600	175	4.7	91.1	0.02	0	0.15	0	0.04	5.2	136.7			
PUERTO REAL	26	14	450	110	4.7	89.3	0.04	0	0.09	0	0.4	4.7	28.1			
CENTRAL ESTE	31	15	630	80	9.6	200.6	0.08	0	0.25	0.05	1.65	5.9	70.61			
ISLA PAJAROS	27	5	80	80			0.02	0	0.13	0	2.41	5.3	8.1			
PINLLO	20	11	180	80	4.7	91.5	0.08	0	0.27	0.07	3.16	12	8.7			

## DISCUSION

La distribución de la temperatura en ambas lagunas es influenciada principalmente por tres factores: el primero es la comunicación con aguas marinas através de patrones de circulación naturales o por canales artificiales, el segundo es el aporte de aguas frías continentales y es tercero es las variaciones estacionales de cada región.

Durante el ciclo anual de 1986, la máxima térmica en el Sistema Lagunar de Alvarado fue en mayo (secas) con 29.5°C y la mínima en diciembre (nortes), patrón típico de las regiones tropicales (Flores-Coto y Méndez-Vargas, 1982 ; Alvarez-Rivera et al., 1986). La variación espacial mostró sus aguas más calientes al sureste con 28.3°C, debido a que aquí se encuentra la Boca del Tragadero, entrada de agua marina (Fig. 1) y la mínima al suroeste con 26.8°C, que se asoció al aporte de aguas frías provenientes de los ríos Blanco y Limón, principalmente, coincidiendo con lo registrado en 1975 y 1986 (Villalobos et al., 1975; Flores-Coto y Méndez-Vargas, 1982). Este patrón de variación espacial se corroboró con una correlación estadística positiva entre la temperatura y la salinidad de marzo ( $r=0.757, \alpha < 0.05$ ) (Tabla 4).

En la Laguna de Términos, la variación temporal de la temperatura promedio mensual mostró el máximo en junio (lluvias) con 31.6°C y el mínimo en abril con 29.5°C, lo cual confirma la observación hecha en 1974 por Gómez (1974) en el sentido de la escasa variación térmica de la laguna. A semejanza de Alvarado, la variación espacial mostró las aguas de mayor temperatura al noreste con 28.7°C y las frías al noroeste, patrón que se asoció a la entrada de aguas calientes de origen marino al NE por Puerto Real que interaccionan con las frías del Río Palizada, Chumpán y sistema Pom-Atasta del NO de la laguna. El noreste y noroeste que

fueron las regiones de máxima y mínima temperatura anual promedio no han cambiado en 20 años en la distribución de la temperatura en la Laguna de Términos. Al igual que en Alvarado, no se encontró en ningún mes de muestreo relación estadística significativa entre la temperatura y la profundidad (Tablas 4 y 5).

En ambas lagunas los nortes incidieron en la misma época (diciembre en Alvarado y noviembre en Términos), pero con diferente magnitud. En la Laguna de Alvarado el descenso de la temperatura con respecto a la época de lluvias, fue mayor (en 3°C) que en Términos.

La variación temporal y regional de la salinidad en ambas lagunas, al igual que en el caso de la temperatura, es determinada principalmente por la entrada de agua salada de origen marino que se mezcla con el agua epicontinental y que se diluye durante la época de lluvias. La salinidad de ambas lagunas es principalmente resultado de los cambios climáticos de cada región.

La variación temporal de la salinidad superficial en el Sistema Lagunar de Alvarado es resultado de las precipitaciones alcanzando su máximo en mayo (secas) con 14.1 o/oo y el mínimo en septiembre (lluvias) con 2.2 o/oo. No se encontró relación con la profundidad a diferencia de lo determinado por Gómez (1975). Debido a la entrada de agua marina a través del canal artificial que se construyó en 1980 (Rosales et al, 1986) el noroeste se considera la zona más salina anualmente promedio con 17.6 o/oo (Tabla 3C) y la menos salina el sureste frente al Río Papaloapan con 3.7 o/oo anual promedio. En la Boca Tragadero frente al Papaloapan, la interacción de agua marina y con dulce forman una cuña salina que emerge a ocho km aproximadamente, entre el centro de la laguna y Punta Grande. Las aguas superficiales de la Laguna de Alvarado tienen una mayor influencia de aguas dulces y, según la clasificación de Carriker (1967), son mesohalinas (5-18 o/oo).

durante marzo y mayo (secas) con un máximo de 14.3 ‰ (Fig. 17) y oligohalinas (0.5-5 ‰) en septiembre y diciembre (lluvias y nortes) con un promedio de 3.8 ‰ (Fig. 18). La distribución de la salinidad diferenció cuatro zonas hidrológicas permanentes que como lo propusieron Rosalez-Hoz *et al* (1986) a diferencia de lo propuesto por Villalobos *et al* (1975) antes de la apertura artificial en Laguna Camaronera :

a) *Zona de influencia dulcoacuícola*: áreas cercanas a las bocas de los ríos, incluyendo la Laguna de Tlalixcoyan y Boca del Papaloapan, con salinidades no mayores a 6 ‰ de promedio anual (Tabla 3A).

b) *Zona de reposo hidrológico*: Buen País y Arbolillo, con una salinidad de 9 y 10 ‰ de promedio anual (Tabla 3A).

c) *Zona de gradiente y estratificación*: área de la laguna que recibe aportes de agua dulce y marina, como Punta Grande, Punta Chica y centro de la laguna de Alvarado, con salinidades cercanas a 10 ‰ de promedio anual (Tabla 2A).

d) *Area de influencia nerítica*: Laguna Camaronera, con 13 ‰ de promedio anual (Tabla 2A).

En la Laguna de Términos, la variación climática definió la variación anual promedio de la salinidad, a semejanza de Alvarado, pero con un aumento halino, de máximo mensual promedio en secas (29.1 ‰) y el mínimo en nortes (11.3 ‰) (Tabla 3) parecido a lo determinado por Gómez (1975). La distribución espacial de la salinidad mostró la existencia de una corriente marina que entra por Boca Puerto Real que se mezcla con las aguas dulces aportadas principalmente por los ríos Palizada, Candelaria y Chumpán, que origina una masa de agua de menor salinidad que sale de la laguna por Boca del Carmen, patrón que es inducido principalmente por la acción de los vientos predominantes que presentan dirección noreste, hecho que coincide con lo registrado en 1974 por Botello, (1978) . La variación espacial de la salinidad es más estrecha; ya que en Términos la variación espacial mostró sólo dos épocas al año y, según la clasificación de Carriker (1967), es polihalina



Figura 17. Distribución de la salinidad en la Laguna de Alvarado en marzo (época de secas).

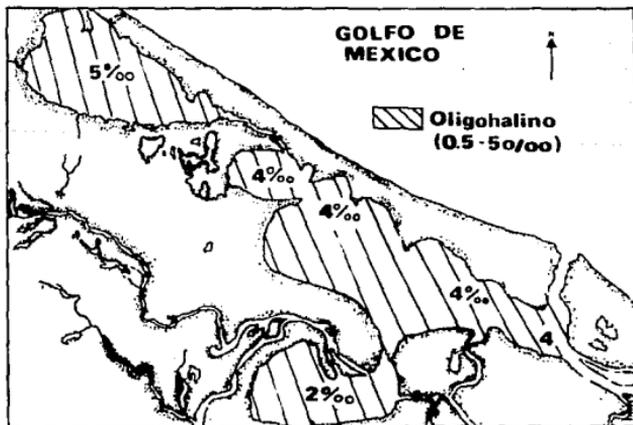


Figura 18. Distribución de la salinidad en la Laguna de Alvarado en diciembre (época de nortes).

(25-30 o/oo) en abril y junio (secas y principio de lluvias) (Fig. 19) y mesohalina (5-18 o/oo) en noviembre (nortes) con 11.8 o/oo (Fig. 20). El patrón de distribución de la salinidad señala que la laguna se divide en 3 áreas con base en lo propuesto por Botello (1978):

a) *Area de influencia nerítica*: Puerto Real e Isla Pájaros, con 29 y 22 o/oo de promedio anual (Tabla 2B).

b) *Area de gradiente hidrológico*: con zonas de mezcla de agua dulce y marina, Punta Piedra, El Cayo y región central, con un máximo anual promedio de 26 o/oo (Tabla 2B).

c) *Area de influencia dulceacuícola*: Río Chumpán, Panlau, Laguna del Este y Ataata, con un máximo anual promedio de 18 o/oo (Tabla 2B).

La variación temporal y espacial de la visibilidad en ambas lagunas es consecuencia de varios factores como: la descarga de sedimentos y material en suspensión a través de los ríos, fenómenos naturales climáticos (vientos y lluvia) de cada laguna y producción primaria, como lo señalaron Yañez-Arancibia *et al* (1983) para la Laguna de Términos. Con base en la comparación de los porcentajes de visibilidad de 3 años antes y después del presente estudio (1986), en Alvarado se ha incrementado más el material suspendido y una razón puede ser el impacto por la industria en los márgenes del Papaloapan y zonas agrícolas de Tlalixcoyan.

La variación espacial y temporal de la visibilidad en el Sistema Lagunar de Alvarado se relaciona con los aportes de las aguas continentales (Villalobos *et al.*, 1975) como lo mostraron los meses de mayor aporte fluvial-pluvial con la menor visibilidad (septiembre y diciembre) con 46.2 y 38.5 cm respectivamente. Esto es resultado de los ríos Papaloapan y Blanco, en este último se descargan aguas residuales de industrias y aguas negras, que lo convierten en uno de los más contaminados de México (Rosales *et al.*, 1986). Los porcentajes de transparencia fueron de 69 % en las secas y 52.4 % en las lluvias, valores mayores a los

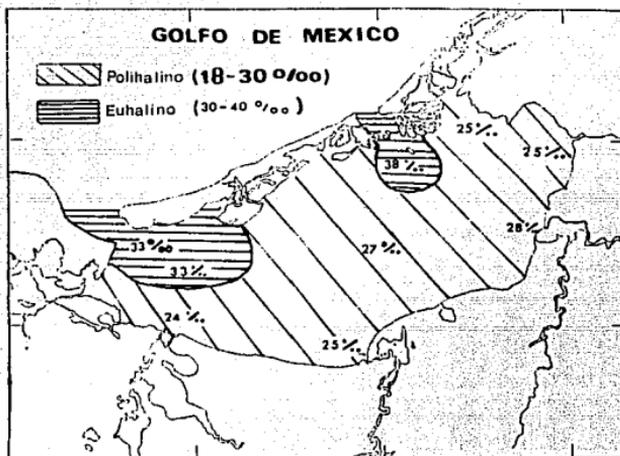


Figura 19 Distribución de la salinidad en la Laguna de Términos en abril (época de secas).

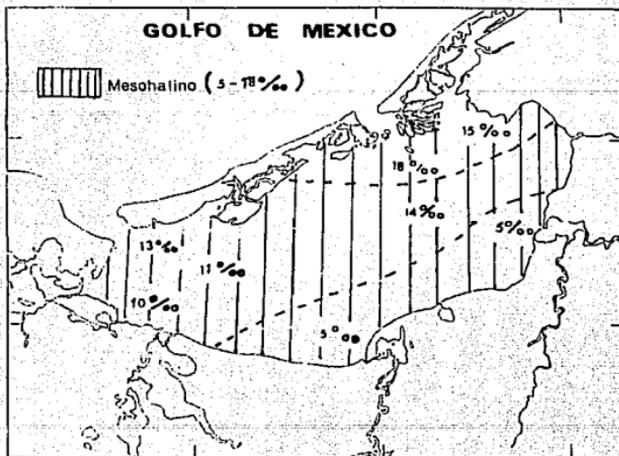


Figura 20 Distribución de la salinidad en la Laguna de Términos en noviembre (época de nortes).

registrados en 1989 (Reguero y García, 1989) de 38.8 % en secas y 16.5 % en las lluvias, la visibilidad de 1986 coincidió con lo referido en 1982 por Flores-Coto y Méndez-Vargas (1982), lo que muestra un probable incremento de los materiales depositados en la laguna de origen continental a partir del presente estudio.

Los valores puntuales de la visibilidad en la Laguna de Términos son semejantes a los registrados por Gómez (1974), cuando la laguna era considerada en una etapa de preindustrialización. En el cual se cita, por ejemplo en abril de 1974 se registraron 55 cm en Atasta, 90 cm en Panlao, 75 cm en Río Chumpán y 180 cm al centro de la laguna, en abril de 1987 fueron: 45, 70, 100 y 250 cm respectivamente, en la época de nortes (noviembre) de 1974 se registraron en las mismas estaciones: 97, 140, 87 y 265 cm ; en el mismo mes de 1987 fueron: 50, 80, 40 y 450 cm respectivamente. Estas diferencias de visibilidades señalan que el material suspendido que recibe la laguna a través de los afluentes no se ha incrementado significativamente en los últimos 15 años por la actividad industrial y asentamientos urbanos.

En ambas lagunas existió una asociación entre la visibilidad y la profundidad, donde en las zonas profundas (regiones centrales) se favoreció la depositación del material en suspensión ( $r=0.968$  en Alvarado y  $r=0.0.869$  en Términos,  $\alpha < 0.05$ ).

La variación temporal y espacial de los contenidos de oxígeno y su saturación en ambas lagunas es determinada principalmente por la actividad fitoplanctónica, con las variaciones temporales naturales de cada localidad y los procesos de oxidación del material autóctono y alóctonos de cada laguna. En el caso de Alvarado, los altos contenidos recibidos de desechos han provocado la existencia de aguas cercanas a la anóxia (Laguna de Tlalixcoyan) durante la época de mayor aporte alóctono de materiales (septiembre, época de lluvias) con su posterior recuperación en los nortes, alcanzando 103 % puntual (Tabla 1)

El Sistema Lagunar de Alvarado es un ambiente de condiciones óxicas adecuadas en general, a pesar de que reciba descargas industriales y urbanas por la región suroeste y sureste. El ciclo anual señaló sobresaturaciones promedios mensuales en marzo (secas) de 129.5 % y de 6.5 ml O<sub>2</sub>/l y el mínimo en septiembre (lluvias) con 4.6 ml O<sub>2</sub>/l y de 86.9 %, patrón que se asoció a la actividad fitoplanctónica como lo señalaron las correlaciones significativas de septiembre y diciembre ( $r = 0.937$  y  $r = 0.71$   $\alpha < 0.05$ ) (Tablas 1). La variación espacial del ciclo fue marcada, contrastando áreas de alto contenido del gas, como Punta Grande (159 %) en marzo, hasta cerca de la anóxia como en la Laguna de Tlalixcoyan (31 %) en septiembre, lo que se atribuye a las altas cargas de materia orgánica y el consumo implicado en los procesos de oxidación.

En la Laguna de Términos la variación temporal del oxígeno, y su saturación tuvo su máximo en abril con 5.18 ml O<sub>2</sub>/l que representó 110.3 % mensual promedio, lo que se asocia a la actividad fitoplanctónica, donde se correlacionó positivamente con la producción primaria ( $r = 0.78$ ,  $\alpha < 0.05$ ) (Tabla 5). El mínimo en junio (lluvias) con 4.17 ml O<sub>2</sub>/l y 94.1 %, que se asocia con los mayores contenidos de nutrientes (nitritos y amonio) procedentes de la descomposición cíclica o estacional de la materia orgánica autóctona y el consumo de oxígeno en el proceso, como se comprobó con las correlaciones significativas entre estas variables ( $r = 0.63$  y  $r = 0.69$ ,  $\alpha < 0.05$ ) (Tabla 5).

En ambas lagunas se presentó un florecimiento de organismos fitoplanctónicos durante la época de secas (marzo en Alvarado y abril en Términos) que corresponde a la primavera en latitudes diferentes a las tropicales, hecho que favorece el contenido de oxígeno en la laguna.

Las concentraciones de algunos nutrientes, como los nitritos y nitratos fueron en promedio anual 35 y 140 veces mayores en la Laguna de Alvarado que en la de Términos, lo que muestra la perturbación de los afluentes en la primera, que señala un impacto en las características fisicoquímicas del sistema lagunar de Alvarado. En la Laguna de Términos el intervalo de la variación temporal es más estrecho y con menores concentraciones, con base en la comparación hecha con un estudio de 1978 (Botello, 1978) cuando la laguna era considerada en una etapa de preindustrialización. Lo que muestra que los afluentes de la Laguna de Términos no han sido tan perturbados por la industria y asentamientos urbanos como los del Sistema Lagunar de Alvarado.

El aporte de nutrientes en el Sistema Lagunar de Alvarado tiene una preponderancia fluvial en especial en la época de nortes, asociado a los cambios de salinidad. Los niveles cuantificados rebasaron en más de 4 y 10 veces para el fósforo en la Boca del Papaloapan y Laguna de Tlalixcoyan con sus aguas provenientes del Río Blanco; que cruzan los poblados de *Piedras negras*, *Cocoite* e *Ignacio de la Llave* que son zonas de agricultura de riego y temporal (SEDAP, 1992) además de recibir residuos industriales y aguas negras de ciudades como Orizaba, que señalan un nivel de impacto sobre la laguna, donde las altas concentraciones de nutrientes son más por la agricultura que por los asentamientos urbanos. La Laguna Camaronera, Arbolillo y centro de la laguna pueden ser considerados como de condiciones normales, aunque escasamente altas.

Cuando los desechos de las actividades antropogénicas eran vertidos en baja escala a los ríos, la vía fluvial aportaba concentraciones bajas y constantes de nutrientes a los ambientes lagunares, posteriormente se estimó el importante papel que representa el sedimento en la disponibilidad de estos compuestos vitales (Margalef, 1983). Sin embargo, lagunas como Términos han permanecido sin grandes fluctuaciones en sus características hidrológicas, como lo muestran los contenidos de nitrógeno amoniacal, nitritos y fósforo (ortofosfatos) al ser comparados con un estudio de 1978 cuando la laguna estaba considerada en una etapa de preindustrialización (Botello, 1978), donde el amonio fue de 4.48  $\mu\text{g at/l}$  contra 0.51  $\mu\text{g at/l}$  de 1987, los nitritos de 0.28 y 0.14  $\mu\text{g at/l}$  respectivamente. El fósforo, en ambos estudios se mantuvo dentro de los niveles normales de 0.32-1.12  $\mu\text{g at/l}$  (De la Lanza, 1990) con 0.10  $\mu\text{g at/l}$  de 1978 y 0.68  $\mu\text{g at/l}$  de 1987.

Las variaciones espaciales y temporales de la DQO en ambas lagunas se relaciona con los materiales autóctonos, donde sus promedios anuales no variaron ampliamente (Tabla 3E), lo que señala que los procesos de oxidación química tienen una capacidad máxima en las cargas orgánicas, con correlaciones significativas entre la DQO y  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ , y  $\text{PO}_4$  ( $r=0.812$ ,  $r=0.869$  y  $r=0.903$ ;  $<0.05$  respectivamente) (Tabla 4), que manifiesta la asociación que guarda la materia orgánica y su descomposición con los movimientos y disponibilidad de nutrientes a nivel ecológico (De la Lanza y Rodríguez, 1991).

En el Sistema Lagunar de Alvarado se cuantificó un máximo de DQO en Buen País de 11 mg  $\text{O}_2/\text{l}$  durante diciembre (Tabla 1) que se asoció al máximo de 9.6  $\mu\text{g at/l}$  P- $\text{PO}_4$ , relacionado con la presencia de pastos marinos (fundamentalmente *Ruppia maritima* de alta biomasa promedio de 5.688  $\text{g/m}^3$ ) (Tovilla-Hernández y De la Lanza, 1989) que es uno de los elementos aporta material orgánico durante su descomposición dentro de los ciclos biogeoquímicos.

liberando carbono, nitrógeno y fósforo en una proporción estequiometrica de (C:O-N:P) (De la Lanza, 1991).

En la Laguna de Términos el máximo de 15.8 mg Oz/l de Isla Pájaros durante abril tambien se asoció al máximo mostrado en fosfatos (10.3 µg at/l P-PO<sub>4</sub>) ( $r=0.87 \alpha < 0.05$ ) (Tabla 5); estación que muestra características peculiares que la hacen altamente productiva, siendo una zona de alta turbulencia que favorece la resuspensión de los materiales.

Las variaciones espaciales y temporales de la clorofila  $\alpha$  en ambas lagunas se puede relacionar con las variaciones temporales de cada región y con los aportes de nutrientes para la actividad fitoplanctónica. sin embargo no existió una relación estadística directa. Se observó que un alto contenido de clorofila  $\alpha$  no implica necesariamente una alta actividad de fitoplanctónica, ya que el proceso de producción por esta vía involucra variables como la temperatura, salinidad, elementos traza (Margalef, 1983). La Laguna de Alvarado señaló una disminución en sus contenidos de este pigmento con respecto a un estudio previo (Villalobos *et al*, 1975) que se puede justificar por el impacto provocado de los afluentes a la laguna. La Laguna de Términos se ha mantenido sin grandes fluctuaciones con base en la comparación de 1974 (Gómez, 1974).

La variación temporal de la clorofila  $\alpha$  en el Sistema Lagunar de Alvarado se asocia más a la variación temporal de la localidad que al contenido de nutrientes, ya que presentan altos niveles que no son limitantes. Espacialmente, la distribución del pigmento fue mayor en las regiones de influencia marina, lo cual se puede justificar por una invasión de organismos neríticos. En este sistema lagunar se encontró una baja en el contenido de este pigmento con respecto a lo registrado en 1975 (Villalobos *et al*, 1975) donde la Laguna de Tlalixcoyan, Camaronera y Buen Pais tuvieron : 24.2, 39.5 y 70.6 mg/m<sup>3</sup> respectivamente, en el presente

estudio fueron : 6.7, 10.5 y 11.7 mg/m<sup>3</sup> respectivamente, hecho que se puede asociar a la perturbación que se realiza en los afluentes del sistema.

La variación especial de la clorofila  $\alpha$  en la Laguna de Términos se relacionó con la lixiviación y aporte de nutrientes que se incrementa durante la época de lluvias. Estadísticamente se asoció la variación de este pigmento con los máximos de nutrientes (nitritos, nitratos, amonio y fosfatos) en junio ( $r=0.76$ ,  $r=0.76$ ,  $0.83$  y  $0.84$ ,  $\alpha < 0.05$  respectivamente)(Tabla 5). La laguna ha permanecido sin grandes fluctuaciones en sus contenidos con base en lo analizado en 1991 (De la Lanza *et al*, 1991).

Las variaciones temporales de la producción primaria de ambas lagunas estan en función de las variaciones estacionales naturales de cada localidad, al igual que la clorofila  $\alpha$ . Alvarado mostró concentraciones de nutrientes mayores de 140 y 35 veces (nitratos y nitritos) que Términos. Sin embargo, la producción media anual fue dos veces mayor en la segunda (95 contra 205 mg C/m<sup>3</sup> /h), lo que señala que el proceso fotosintético depende tambien de otros factores. Espacialmete, las regiones centrales de ambas lagunas fueron en general poco productivas, pero mostraron las mayores tasas de excreción anuales promedio, coincidiendo con lo propuesto por Watt (1966), donde la presencia de aguas oligotróficas favorece la mayor excreción (Hellebust, 1965; Anderson y Zeuschel, 1970), como lo señalan la relación estadística de la excreción con la atenuación de la luz o visibilidad ( $r=0.824$  y  $r=0.69$ ,  $\alpha < 0.05$ ) en diciembre y junio de la Laguna de Alvarado y Términos, respectivamente.

La variación promedio de la producción primaria en el Sistema Lagunar de Alvarado se relacionó más con la variación temporal que con los altos contenidos de nutrientes, donde sólo los máximos de fosfatos produjeron altas producciones, como en Buen País en septiembre con 848 mgC/m<sup>3</sup>/h que fue la estación de mayor contenido promedio anual de fósforo (3.7  $\mu\text{g at P-PO}_4/1$ )(Tabla 3A) y que

representó 44.5 % de la producción mensual. Los productos de excreción fueron asociados a bajos contenidos de nutrientes ( $r=0.612, \alpha < 0.05$ ) en el centro del sistema con 2 % de la producción total.

La variación temporal de la producción primaria en la Laguna de Términos se asoció a la variación temporal natural de la localidad. Espacialmente, el máximo de  $1660.2 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  presentado en Isla Pájaros y que representó el 60.8 % de la producción de abril, se asoció al igual que en Alvarado al máximo de fosfatos de  $10.3 \text{ } \mu\text{g at/l P-PO}_4$  (Tabla 2). Los productos de excreción sólo fueron significativos en la región central, con una excreción de  $110.3 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  que representó 89.5 % de la excreción de la laguna durante junio (Tabla 2).

La Laguna de Términos fue 70 veces mayor en sus productos de excreción en promedio anual (con  $7 \text{ } \mu\text{g C/m}^3/\text{h}$ ) que la Laguna de Alvarado ( $0.1 \text{ } \mu\text{g C/m}^3/\text{h}$ ).

#### CONCLUSIONES

La distribución espacial y temporal de la temperatura y salinidad de ambas lagunas es resultado de la mezcla de los escurrimientos dulceacuícolas con los aportes de origen marino a través de mareas o comunicación con canales, donde esta mezcla estuvo sujeta a los cambios estacionales (secas, lluvias y nortes) de cada localidad. Esta interacción de masas de agua provocó en la Laguna de Alvarado la formación de una cuña salina frente a la desembocadura del Papaloapan, que emerge entre Punta Grande y el centro de de la laguna a unos ocho km. del canal natural (Boca Tragadero) del sistema. En la Laguna de Términos el patrón de circulación mostrado fue de Este-Oeste asociado a la acción de los vientos dominantes del Este.

Las distribuciones de las salinidades anuales dividieron a ambas lagunas en cuatro zonas hidrológicas, que se consideran como zonas permanentes con base en las comparaciones hechas con estudios previos de 20 años. Por más de 20 años la zonación halina se ha conservado en las aguas superficiales del Sistema Lagunar de Alvarado, con zonas de influencia dulceacuñcola (Laguna de Tlalixcoyan y Boca del Papaloapan), zona de reposo hidrológico (Buen País y Arbolillo), zona de gradiente (Punta Grande, Punta Chica y Centro del sistema) y área nerítica (Laguna Camaronera). Muestran tres variantes al año: son mesohalinas (5-18 ‰) durante marzo y mayo (secas) con un máximo de 14.3 ‰ y oligohalinas (0-0.5 ‰) en septiembre y diciembre (lluvias y nortes) con un promedio de 3.8 ‰. La Laguna de Términos se divide en: área nerítica (Puerto Real e Isla Pájaros), área de gradiente hidrológico (Punta Piedra, Los Cayos y región central) y área de influencia dulceacuñcola (Río Chumpán, Panlau, Laguna del Este y Atasta). Las aguas superficiales se clasifican en polihalinas (25-30 ‰) en abril y junio (secas y principio de lluvias) y mesohalinas (5-18 ‰) en noviembre (nortes) con un promedio mensual de 11.8 ‰.

En ambas lagunas la época de nortes se presentó en la misma estación (diciembre en Alvarado y noviembre en Términos), pero con diferente magnitud. En la Laguna de Alvarado el efecto de abatimiento de la salinidad y temperatura en esta época fue mayor que en Términos; la primera se definió como un cuerpo de agua oligohalino (con un máximo de 5 ‰) y un descenso de 8 °C; con respecto a la Laguna de Términos que fue mesohalina (con un máximo de 18 ‰) y 5 °C de disminución.

En el sistema Lagunar de Alvarado, los altos contenidos de desechos agroindustriales recibidos han provocado la existencia de aguas cercanas a la anóxia en la Laguna de Tlalixcoyan con 1.7 ml O<sub>2</sub>/l (31 % de saturación) durante las lluvias con una posterior recuperación en los nortes (4.7 ml O<sub>2</sub>/l y 80 %); sin embargo, en

promedio el Sistema Lagunar de Alvarado se presentó como un ambiente de condiciones óxicas adecuadas durante el ciclo (105 % promedio). La Laguna de Términos señaló una estabilidad de sus condiciones óxicas, con un 15 % de variación entre su máximo y mínimo mensual promedio de saturación de oxígeno. Las aguas de ambas lagunas presentaron su máxima condición óxica durante la época primavera (que corresponde a marzo en Alvarado con 130 % y abril en Términos con 125 % de saturación promedio), debido al florecimiento de organismos fitoplanctónicos en esta época.

La Laguna de Alvarado esta más perturbada por los aportes continentales de origen agroindustrial donde los  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$  fueron 35 y 140 veces mayor que en Términos, que se ha mantenido sin grandes cambios en sus contenidos desde finales de los 80's, además de una mayor difusión y dilución por su mayor número de afluentes y a su gran dimensión /volumen que guarda en relación con el sistema lagunar de Alvarado.

El material orgánico alóctono (residuos agroindustriales y aguas negras principalmente) aportado en el sistema lagunar de Alvarado se estima mayor que en la Laguna de Términos; sin embargo sus DQO promedios no variaron grandemente (4.5 mg  $\text{O}_2$ /l en Alvarado y 3.4 mg  $\text{O}_2$ /l en Términos), lo que señala la alta capacidad de oxidación e incorporación de materia orgánica a través de procesos geológicos como biológicos.

La Laguna de Alvarado ha reducido su producción primaria con un decremento cercano al 40 % de clorofila  $\alpha$  en poco más de 20 años, lo que puede ser resultado del impacto agroindustrial del área circundante. Términos se ha mantenido sin grandes fluctuaciones en el mismo período, lo que señala la escasa influencia de las actividades antropogénicas en sus áreas adyacentes.

Las zonas de stress en la Laguna de Alvarado y Términos corresponden al centro de los sistemas, con producciones primarias bajas o de ambientes oligotróficos y mayores excreciones de 2 % y 32 % promedio anual respectivamente. La estabilidad ambiental (físicoquímica) de la Laguna de Términos la coloca como más productiva (205.3 mg C/m<sup>3</sup>/h) que Alvarado (95 mg C/m<sup>3</sup>/h).

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarez-Rivera, U., L. Rosales-Hoz y A. Carranza-Edwards. 1986. Heavy metals in Blanco River sediments, Veracruz, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13(2) : 1-10.
- American Public Health Association, 1980. Standard Methods for the examination of water and wastewater, 14th ed. Inc. USA.
- Amezcua-Linares, F. y A. Yañez-Arancibia, 1980. Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos. El hábitat y la estructura de las comunidades de peces. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 7(1) : 69-118.
- Anderson, G. y R. Zeutschel, 1970. Release of dissolved organic matter by marine phytoplankton in coastal and offshore areas of the northeast Pacific Ocean. Limnol. and Oceanogr. 15: 402-497.
- Arenas-Fuentes, V., 1979. Balance anual del carbono orgánico, nitrógeno y fósforo en el sistema lagunar Huizache-Camimanero, Sinaloa, México. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM, 102 p.
- Botello, A., 1978. Variación de los parámetros hidrológicos en las épocas de sequía y lluvias (mayo y noviembre de 1974) en la Laguna de Términos, Campeche, México. An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 5(1): 159-178.
- Botello, A. 1980. Cuantificación de un derrame de petróleo ocurrido en la Laguna de Términos, Campeche, México, 1976. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 7(1):

169-173.

- Botello, A., G. Ponce., A. Toledo., G. Díaz y S. Villanueva, 1992. Ecología de recursos costeros y contaminación en el Golfo de México. Ciencia y Desarrollo, 17 (102): 28-48. México.

- Calvario, O., 1982. Estudio de la productividad marina en base a los productos extracelulares en aguas adyacentes a la Isla Isabel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México. 66 p.

- Carriker, M. R., 1967. Estuaries. In : Lauff, G. H., (Ed) Publ. 83, American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C.. 442 p.

- Contreras, F., 1991. Hidrología y nutrientes en las lagunas costeras. In : Figueroa, G., C. Alvarez, A. Esquivel y E. Ponce. 1991. Físicoquímica y Biología de las Lagunas Costeras Mexicanas. Universidad Autónoma Metropolitana : 16-24 pp.

- Day, J.W., 1982. Primary production in the Laguna de Términos. a tropical estuary in the southern Gulf of México. Oceanol. Acta; 5 (4) suppl : 431-440.

- Day, J. Jr., F. Ley-Lou, C.J. Madden, R.L. Wetzel y Machado, 1988. Aquatic primary productivity in Términos Lagoon, Chap. 13 :221-226. In : Yañez-Arancibia, A. and J. W. Day, Jr. (Eds). 1988. Ecology of Coastal Ecosystem in the southern Gulf of México: Términos Lagoon Region. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Coast. Ecol. Inst., LSV Editorial Universitaria, México D.F.

- De la Lanza, G., 1965. Algunas características hidrográficas del sistema litoral de Veracruz, Ver. An. Inst. Biol. Univ. Nal.

Autón. México. Tomo XXXVI, Nos. 1 y 2, Mexico.

- De la Lanza, G. y J. L. Arredondo, 1990. La acuicultura en México : de los conceptos a la producción. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. 315 p.

- De la Lanza, G. y M. Rodríguez. 1991. Análisis Ecológico de los Productores primarios en la Laguna de Términos, Campeche, México. Universidad y Ciencia. 8(15) : 15-25.

- Donnals, S. y P. Daniels, 1981. A preliminary model of the circulation of Laguna de Términos, Campeche, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 8(1): 51-62.

- Flores-Coto y Méndez-Vargas, 1982. Contribución al conocimiento del ictioplancton de la Laguna de Alvarado, Veracruz. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 9(1) : 141-160.

- Flores, C. 1987. Comparative study of the structure of the ichthyoplanktonic community of the three coastal lagoons from the south of the Gulf of México. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México, 58 (2) : 707-726.

- García, A., 1972. Los climas del Estado de Veracruz (según el sistema de clasificación de Köppen modificado por la autora). An. Inst. Biol. Ser. Bot. Univ. Nal. Autón. México, 41 (1): 3-42.

- García, A., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo para las condiciones de la República Mexicana). Inst. Geografía. Univ. Nal. Autón México, 55 (2) : 2130-2140.

-Gómez, S., 1974. Reconocimientos estacionales de hidrología y plancton en la Laguna de Términos, Campeche, México (1964/1965). An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México,

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

S (1) : 158-178.

-Gómez, S. 1975. Observaciones comparativas de resultados de estudios del plancton de las lagunas costeras del Golfo de México. *Memorias del II Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica*. Universidad del Oriente. 24 al 28 de noviembre de 1975. CUMANANA-VENEZUELA.

- Graham. D. y J. Daniels, 1981. A preliminary model of circulation of Laguna de Términos, Campeche, México. *An. Centro Cien. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 8(1) : 52-62.

- Hellebust, J.A., 1965. Excretion of some organic compounds by cultured a natural population of marine phytoplankton. *Estuaries AAAS. Publ.* 83: 361-366.

- Kennedy, V. 1982. *Estuarine Comparisons*. Academic Press. New York, N.Y. 717 p.

- Kennedy, V. 1984. *Estuary as a filter*. Academic Press. New York, N.Y. 515 pp.

- Ley-Lou, 1979. Algunos factores ecológicos abióticos en Estero Fargo, Campeche, México. Tesis profesional. *Fac. Ciencias. Univ. Nal. Autón. México*. 39 p.

- Lizarraga-Partida, L. y J. Porras-Aguirre, 1983. Tasa bacteriana hidrocarbonoclastica/heterotrofa como índice de impacto ambiental por petróleo crudo en la sonda de Campeche. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 10(1): 177-186.

- Mancillas-Peraza, M. y M. Vargas-Flores, 1980. Los primeros estudios sobre circulación y el flujo neto de agua a través de la Laguna de Términos, Campeche. *An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 7(2): 1-12.

- McDowell, D. y A. O. Connor, 1977. Hydraulic behaviour of estuaries. A Halsted Press book. New York, N.Y. 291 p.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Omega. Barcelona. 1003 p.
- Páez, F., D. Valdés, D. Alexander, H. Fernández y J. Ozuma, 1987. Níquel y plomo en las fracciones disueltas y particuladas del sistema fluvio-lagunar de Términos, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 14 (1): 79-86.
- Pleleger y Ayala-Castañares, 1971. Processes and history of Términos lagoon, México. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 55 (2): 2130-2140.
- Raz-Guzmán, A. y G. De la Lanza, 1991. Evaluation of photosynthetic pathways of vegetation, and of sources of sedimentary organic matter through  $\delta^{13}C$  in Términos Lagoon, Campeche, México. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. Ser. Bot. 62 (1) : 39-63.
- Reguero, M. y A. García-Cuba, 1989. Moluscos de la Laguna de Alvarado, Veracruz: Sistemática y Ecología. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. Ser. Zool. 16(2): 279-306.
- Rosales, L. y R. Alvarez, 1979. Niveles actuales de hidrocarburos organoclorados en sedimentos de las lagunas costeras del Golfo de México. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 6(2) : 1-6.
- Rosales, L., A. Carranza y U. Alvarez, 1986. Sedimentological and chemical studies in sediments from Alvarado Lagoon system, Veracruz, México. An. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13 (3) : 19-28.

- Santoyo, H. 1991. Fitoplancton y Productividad de las Lagunas Costeras. In: Figueroa, G., C. Alvarez, A. Esquivel y E. Ponce. 1991. Fisicoquímica y Biología de las Lagunas Costeras Mexicanas. Universidad Autónoma Metropolitana. 31-45 p.

- Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero (SEDAP). 1992. Mapa de uso de suelo del Estado de Veracruz E15-A51. Escala 1:250 000. Gobierno del Estado de Veracruz-LLave. México.

- Secretaría de Comunicaciones y Estado de Veracruz, 1976. Estudio geográfico del Estado de Veracruz. Instituto de Geología, Univ. Nal. Autón. México. 258 p.

- Sharp, J., 1977. Excretion of organic matter by marine phytoplankton: Do healthy cells do it ?. Limnol. y Oceanogr. 2: 381-399.

- Steemann-Nielsen, E., 1967. The use of radio-active carbon (C14) for measuring organic production in the sea. J. Cons. Int. Explor. Mer., 18: 117-140.

- Strickland, J. D. y R. Parson, 1978. Practical handbook of sea water analysis. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167: 311 p.

-Tovilla, C. y G. De la Lanza, 1989. Contribución a la biología de *Neritina virginea* (Mollusca) en comunidades de pastos marinos de *Ruppia maritima* (Ruooiaceae) en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, México. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. Ser. Zool. 60(2) 143-158.

- Vargas-Maldonado, I. y A. Yañez-Arancibia, 1987. Estructura de las comunidades de peces en sistemas de pastos marinos (*Thalassia testudinum*) de la Laguna de Términos, Campeche, México. An. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 14 (2): 181-196.

-Vera-Herrera, F., J. Rojas-Galaviz, C. Fuentes-Yaca, L. Ayala-Pérez, H. Alvarez-Guillén y C. Coronado-Molina. 1988. Descripción ecológica del sistema fluvio-lagunar-deltaico del Río Palizada. Cap. 4:51-88. In: Yañez-Arancibia, A. and J. W. Day, Jr. (Eds). Ecology of Coastal Ecosystems in the southern Gulf of Mexico : the Términos Lagoon Region. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst., LSU. Editorial Universitaria, México, D.F.

-Villalobos, A., J. Suárez., S. Gómez., G. De la Lanza., M. Acéves y J. Cabrera. 1966. Considerations on the hydrography and productivity of Alvarado Lagoon, Veracruz, México. Proceeding of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Nineteenth Annual Sesion. 75-85 pp.

-Villalobos, A., J. Cabrera, F. Manrique, S. Gómez, V. Arenas, G. De la Lanza, 1969. Relaciones entre poslarvas planctónicas de *Penaeus sp.* y caracteres ambientales en la laguna de Alvarado, Veracruz, México. Lagunas Costeras, un Simposio. Mem. Simp. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, Nov.28-30, 1967. México :601-620.

- Villalobos, A., S. Gómez, V. Arenas, J. Cabrera., G. De la Lanza y F. Manrique. 1975. Estudios hidrobiológicos en la Laguna de Alvarado (febrero-agosto, 1966). An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México, 46 (1) : 1-34.

- Watt, W. D., 1966. Release of dissolved organic material from the cells of phytoplankton populations. Proceeding of the Royal

Society of London, Ser. B. 164: 521-551.

- Yañez-Arancibia, A. y P. Sánchez-Gil, 1983. Environmental behavior of Campeche Sound Ecological System, off Términos Lagoon, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México, 10 (1) :117-136.

- Yañez-Arancibia, A., A. Lara, P. Chavance y D. Flores, 1983. Environmental behavior of Términos Lagoon ecological system, Campeche, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 10(1): 137-176.

-Yañez-Arancibia, A., A. L. Lara-Domínguez, P. Chavance y D. Flores Hernández, 1988. Comportamiento ambiental de la Laguna de Términos, 27-40 In: Yañez-Arancibia, A. y J. W. Day, Jr. (Eds.). 1988. Ecology of Coastal Ecosystems in the southern Gulf of México: The Términos Lagoon Region. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., UNAM., Coast. Ecol. Inst., LSU. Editorial Universitaria, México, D.F.