

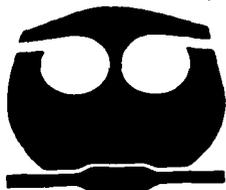


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

EVALUACION DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS DURANTE ESTIAJE Y LLUVIAS DEL 2001 DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO PRESENTA: EMILIO DIAZ TORRES



MEXICO, D. F.



EXAMENES PROFESIONALES FACULTAD DE QUIMICA

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

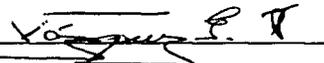
JURADO ASIGNADO.

**Presidente
Vocal
Secretario
1er. Suplente
2do. Suplente**

**Prof. Pedro Villanueva González
Prof. Josefina Viades Trejo
Prof. Felipe Gutiérrez Vázquez
Prof. Josefina Elizalde Torres
Prof. Evangelina Camacho Frías**

**Sitio donde se desarrolló el tema: INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y
LIMNOLOGÍA, UNAM.**

Asesor del tema:



Dr. Felipe Gutiérrez Vázquez

Sustentante:



Emilio Díaz Torres

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Emilio y Rosa Ma.

Por su ayuda en tanto tiempo.

A mi carnala: Laura

Por ser mi cómplice y por aquella infancia compartida.

A todos mis “carnales y carnalas” de la facultad por aquellos momentos.

A mis compañeros del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología:

Ruth, Maru, Chucho (Le Chuché), Carlos “el gato”, Toño (Le Toñé), y Héctor.

A Belén y Julio.

A mis profesores.

A mi mismo por pensar que no lo lograría.

A muchas personas más que sin saberlo; estuvieron presentes.

Esta tesis se realizó gracias al proyecto de “Evaluación integral de la Laguna de Mecoacán de Paraíso, Tabasco”.

ÍNDICE.

I.	Resumen.....	1
II.	Introducción.....	2
III.	Objetivos.....	3
IV.	Antecedentes.....	4
V.	Generalidades.....	6
VI.	Área de estudio.....	9
VII.	Método.....	11
VIII.	Resultados.....	13
IX.	Discusión.....	22
X.	Conclusiones.....	25
XI.	Bibliografía.....	26
XII.	Glosario.....	28
XIII.	Anexos: tablas y figuras.....	29

RESUMEN.

Se realizó un estudio hidrológico en la Laguna de Mecoacán, en el estado de , Tabasco durante dos épocas del año 2001: uno en el mes de abril que corresponde a estiaje (secas) y otro en el mes de agosto que corresponde a la época de lluvias. En ambos estudios se determinaron parámetros fisicoquímicos como pH, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, CO₂, alcalinidad, y también se cuantificaron nutrientes como nitratos, nitritos, amonio, ortofosfatos y silicatos.

Este estudio se realizó con la finalidad de generar datos con los cuales se pueda ver el estado actual de la laguna, es decir, la calidad de agua de dicho sistema, ya que esta región es un importante centro de producción ostrícola y puede estar en peligro debido a los asentamientos humanos, la agricultura y el desarrollo de la industria, entre la cual destaca la petrolera.

Los parámetros fisicoquímicos estudiados se compararon con los lineamientos de calidad de agua publicados en el Diario Oficial el 29 de diciembre de 1997, en los cuales se establecen los criterios acerca de la cantidad de dichos parámetros para la protección de la vida acuática en aguas costeras y estuarios.

Los resultados mostraron que las condiciones son adecuadas para la protección de dicho ecosistema, no obstante, la concentración de fosfatos sobrepasa los lineamientos, sin embargo, no se puede decir que la laguna se encuentra eutroficada, ya que para esto se necesitan datos acerca de la productividad primaria.

También se llevó a cabo una comparación con lagunas costeras de la región del Golfo de México con el fin encontrar si existe o no similitudes en los parámetros fisicoquímicos de éstos cuerpos de agua. Los datos muestran que estos ecosistemas son el resultado de una interacción geológica, física, química, biológica y ambiental.

INTRODUCCIÓN.

Las aguas naturales se caracterizan por sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Dentro de sus propiedades están la temperatura, densidad, viscosidad, conductividad, índice de refracción, pH, entre otras. La temperatura, salinidad y presión son factores que se relacionan entre sí y de éstos depende la solubilidad de los gases tales como el CO₂ y O₂, cuyas concentraciones están influenciadas también por procesos biológicos.

El marco ambiental de la zona costera (lagunas, estuarios, marismas, esteros, ensenadas, bahías, etc.) es el producto de una interacción entre factores geológicos, físicos, químicos, climáticos y biológicos, cuyo resultado es en términos generales, que cada rasgo morfológico sea único.

Dentro del ambiente químico de los sistemas costeros se lleva a cabo la transferencia y movimiento de un buen número de compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, cuyo ciclo es característico para cada cuerpo de agua, dependiendo de la interacción y equilibrio de los factores antes citados (de la Lanza, 1994).

El mecanismo más importante de equilibrio interno en la regulación de la composición de las zonas costeras es con mucho el que concierne al CO₂. En la práctica tiene mucha importancia porque define la concentración de carbono inorgánico que está a disposición de los productores primarios (Margalef, 1983).

El estudio biogeoquímico de los compuestos del nitrógeno y fósforo ha tenido una connotación asociada a la alta producción de recursos en las lagunas y esto se debe a que son esenciales para la micro y macro vegetación, que constituyen la base de las dos principales cadenas tróficas (de la Lanza, 1994).

El desarrollo demográfico en México y la escasa e inadecuada planeación urbana han provocado que los cuerpos de agua sean utilizados como vertederos de aguas residuales, las cuales carecen en general de tratamiento. En general los desechos domésticos, industriales y agrícolas son depositados en cuerpos de agua como las lagunas costeras provocando el fenómeno de eutrofización con el cual se alteran a sus elementos bióticos (Miles y Harris, 1971).

Los diversos cuerpos de agua de Tabasco tales como ríos, lagunas, estuarios y zonas costeras son importantísimas reservas naturales en las cuales día a día se acumulan numerosos contaminantes tanto en el sedimento como disueltos en el agua o adheridos a partículas en suspensión provocando así la distribución de sustancias tóxicas para la flora y fauna de la región.

Las lagunas costeras son áreas importantes de explotación, ya que sirven como criaderos naturales para algunas especies marinas y en Tabasco tienen gran productividad ostrícola (Iracheta, 1978; Castro, 1980; INP, 1997).

OBJETIVOS.

*** GENERALES:** Establecer estacionalmente la distribución y los cambios de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, pH, CO₂, Oxígeno disuelto, alcalinidad, nitritos, nitratos, amonio, ortofosfatos y silicatos) de la Laguna de Mecocacán, Tabasco.

*** ESPECÍFICOS:**

- Determinar las concentraciones de los nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, ortofosfatos y silicatos).
- Evaluar el sistema de alcalinidad, pH, salinidad, y temperatura para determinar la calidad del agua.
- Comparar los resultados obtenidos en el análisis con los parámetros publicados en el Diario Oficial el 29 de diciembre de 1997, Comisión Nacional del Agua.

ANTECEDENTES.

Se han realizado estudios hidrológicos en el sistema lagunar costero de Tabasco tales como los de *Aguilera, et al (1977)*, *Castelum, et al (1979)*, *Gómez., et al (1980)*, quienes determinaron los valores y distribución de los parámetros fisicoquímicos en la laguna de Mecoacán que posteriormente fueron publicados por CECODES en 1981.

	Media	Maxima
Temperatura (°C)	24.1	30.2
Salinidad (UPS)	1.3	14
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.2	6.3
Amonio (mg/L)	0.091	0.246
Ortofosfatos (mg/L)	0.042	0.351
Clorofila a (mg/m ³)	6.7	21.9

Por otro lado *Castro., et al (1980)* estudiaron los parámetros hidrológicos en los cuales obtuvieron los siguientes resultados:

* Los valores térmicos de la laguna de Mecoacán muestran las temperaturas más elevadas en el mes de octubre (32°C) localizándose en la parte central de la laguna. Los valores más bajos en el mes de enero (24 °C) también localizados en la parte central.

* En las cuatro épocas estudiadas se observaron que las salinidades son mayores en la boca de la laguna con un valor mayor en el mes de marzo (26 UPS) y un valor menor en el mes de octubre (2UPS).

* Los valores más bajos de oxígeno disuelto se observaron en las épocas con temperaturas mayores y esto se debe a que al incrementarse la temperatura, disminuye la solubilidad de dicho gas.

* Las concentraciones mayores de amonio se presentaron en el mes de enero y marzo con valores de hasta 0.435 mg/L, y las menores concentraciones se obtuvieron en los meses de octubre y junio con valores de 0.072 mg/L.

* Los valores de nitritos, se presentó una notable disminución en el mes de junio mientras que en las tres épocas restantes los registros fueron del mismo orden.

Los fosfatos en la laguna manifestaron poca variación durante octubre, enero y marzo mientras que en el mes de junio hubo una marcada disminución, además se observó que las concentraciones mayores se presentaron en las desembocaduras de los ríos debido a la influencia directa de éstos.

* Los silicatos presentaron los valores más elevados en el mes de octubre con registros de hasta 0.720 mg/L; en las épocas siguientes los valores disminuyeron presentando concentraciones de hasta 0.084 mg/L.

Contreras y Gutierrez, (1989), Lozano, (1993), estudiaron parámetros hidrológicos en las lagunas del Golfo de México y el Caribe Mexicano, los cuales obtuvieron intervalos de concentración de nutrientes en las diferentes lagunas de la región.

Vázquez, (1994), realizó un estudio hidrológico en el sistema lagunar El Carmen-Pajonal-La Machona, en Tabasco y para la laguna de Mecoaacán obtuvieron los siguientes resultados:

* Los valores de temperatura oscilaron entre 24.3°C y 32°C , la salinidad se encuentra entre 1 y 26; cuyos valores mas elevados se encuentran en la boca de la laguna, el oxígeno disuelto oscila entre 3 y 4.5ml/L cuyos valores más bajos corresponden con las temperaturas más elevadas.

* En cuanto a los nutrientes el amonio presenta variaciones que van de 0.055 a 0.435 mg/L, los fosfatos se encuentran desde 0.042 hasta 0.351 mg/L y los silicatos oscilan entre 0.084 y 0.720 mg/L.

GENERALIDADES.

Las lagunas costeras son cuerpos acuáticos litorales que tienen en su mayoría, una comunicación permanente o efímera con el mar y son el resultado del encuentro entre dos masas de agua: una que proviene del continente a través de los ríos y otra que proviene del océano por medio de las mareas (Fig 1). El resultado de este encuentro es un ecosistema que en su mayoría tiene una alta productividad y la energía disponible es mayor que en otros sistemas acuáticos.

Dentro de la clasificación de los ecosistemas costeros (Lankford, 1977), la laguna de Mecoacán pertenece al sistema de estuarios, los cuales son cuerpos de agua de mar, marginales y semicerrados en los que la salinidad es sensiblemente diluída por descargas fluviales.

La distribución de nutrientes y gases disueltos en aguas estuarinas están controlados por la naturaleza misma del estuario ya que están involucrados procesos físicos, biológicos, químicos y sedimentológicos.

Entre los procesos físicos involucrados en la distribución de los nutrientes y alcalinidad están la temperatura, salinidad, corrientes y mareas que ayudan a identificar masas de agua y afectan las constantes de disociación de ácidos, pH y distribución del dióxido de carbono. Dentro del aspecto biológico y químico está el consumo de nutrientes por parte de los organismos que lo habitan y su reciclamiento por los microorganismos y en cuanto a los sedimentos, tanto en época de lluvias como de sequía, son fuente permanente de los elementos esenciales.

Diversos autores han realizado estudios para evaluar las aportaciones de nitrógeno y fósforo de los sedimentos en lagunas y estuarios de zonas tropicales (Arenas y de la Lanza, 1990; Corredor y Morell, 1989) y todos concluyen que los procesos microbianos remineralizan la materia orgánica que se ha depositado en los sedimentos, enriqueciendo las aguas con formas solubles de nitrógeno (amonio, nitritos y nitratos) y fósforo (fosfatos). Estos iones son transportados hacia las aguas sobrenadantes por difusión originado por un gradiente de concentración entre el sedimento y el agua y por procesos físicos y biológicos (de la Lanza y Rodríguez, 1990; Arenas y de la Lanza, 1990).

En cuanto al sistema de pH y alcalinidad, sus valores están dados por el intercambio de CO_2 atmosférico y el agua generando ácido carbónico H_2CO_3 que es un compuesto inestable y su disociación genera carbonatos CO_3^{2-} y bicarbonatos HCO_3^- , dicha reacción puede ser descrita por un equilibrio termodinámico, el cual está en función de la temperatura, presión y concentraciones de las especies involucradas en la reacción (Gieskes, 1974; Lewis y Randall, 1961; Millero, 1996). Los iones carbonato y bicarbonato reaccionan con otros iones, particularmente el calcio para formar carbonatos sólidos los cuales son utilizados por ciertos organismos como los moluscos para la elaboración de sus exoesqueletos. Al existir un mayor número de compuestos con carga negativa provoca que el agua de mar resulte ligeramente alcalina con un pH de 8.2 promedio y el agua de origen

continental tiende a valores neutros de 7.0; debido a lo anterior, el pH de un estuario varía en este intervalo.

En cuanto a los gases disueltos, sus concentraciones y distribución dependen de factores fisicoquímicos (temperatura, salinidad y presión) que afectan su solubilidad; sin embargo, el CO_2 y O_2 están sujetos adicionalmente a procesos metabólicos como la fotosíntesis y respiración.

8

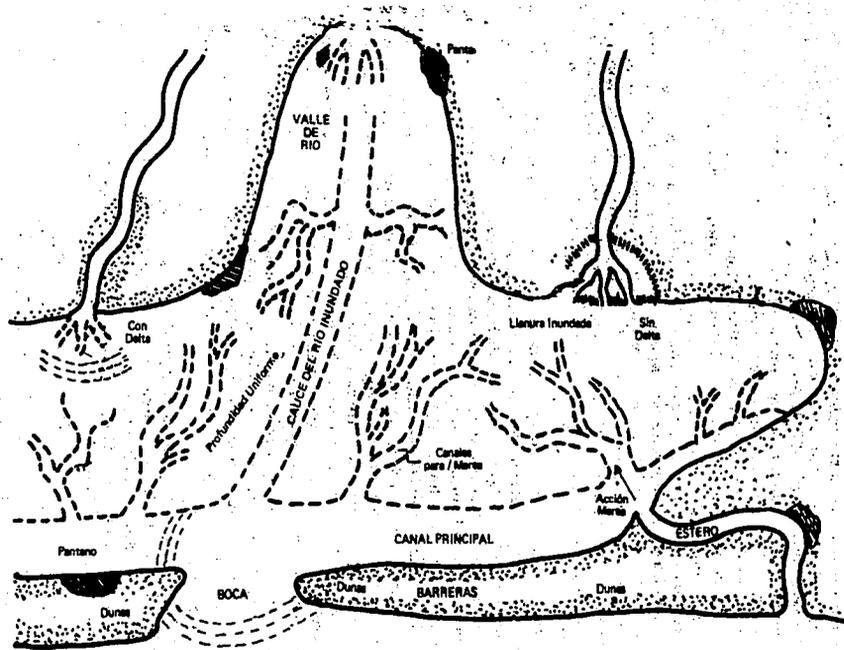


Figura 1. Esquema de las lagunas costeras.

ÁREA DE ESTUDIO.

El sistema lagunar de Mecocoacán está ubicado en la zona litoral de Tabasco (Fig. 2), en el Golfo de México entre los meridianos 93° 04' y 93° 14' y los paralelos 18° 16' y 18° 26', (Diario oficial de la Federación, agosto 2000). forma parte del cuerpo deltáico de los ríos Grijalva y Usumacinta. La laguna tiene un área aproximada de 5,168 ha. Su eje principal se orienta en dirección este-oeste y es paralelo a la línea de la costa; mide 11.5 km de norte a sur, y en su parte más ancha mide 7 km. El clima que predomina en la región es el cálido húmedo con lluvias en verano Amw` (1`g). Pertenece a la región hidrológica 30, cuyas características representativas son:

	Mínima	Máxima
Evaporación (mm/año)	916	2021.7
Precipitación (mm/año)	379	5394.0
Temperatura (°C)	2	38

La profundidad de éste cuerpo acuático oscila entre 0.3 y 2.30 m, el promedio es de 1 m, el canal de acceso al mar registra algunos tramos con honduras de 8 m y se localiza al norte.

La laguna es un par de canales en forma de pinza que se abren permanentemente al mar a través de la Barra de Dos Bocas. Por la parte este de la laguna desemboca el río Escarbado y tiene aprox. 15 m de ancho, el cual sirve de enlace a aquella con el río González, que llega al Golfo de México. En la parte sureste se localiza el río Cuxcuchapa con 15 m de ancho, el río Seco desemboca al noroeste de la laguna con un ancho de 100 m.

La boca de acceso de la laguna a los canales de intercomunicación con el Golfo de México se conoce como Boca Grande y se localiza en la parte norte del sistema.

En general la vegetación circundante es del tipo bosque de mangle y de pantanos. Los manglares prosperan en las orillas de los cuerpos de agua afectados por condiciones salinas, formando grandes superficies arboladas. La vegetación de los pantanos es refugio de un gran número de aves acuáticas.

La fauna más notable la constituyen los peces, moluscos y crustáceos, algunos reptiles y anfibios. Los moluscos ocupan un lugar importante ya que existe ostión el cual se reproduce en gran medida. (García Cubas, *et al.*, 1998).

10

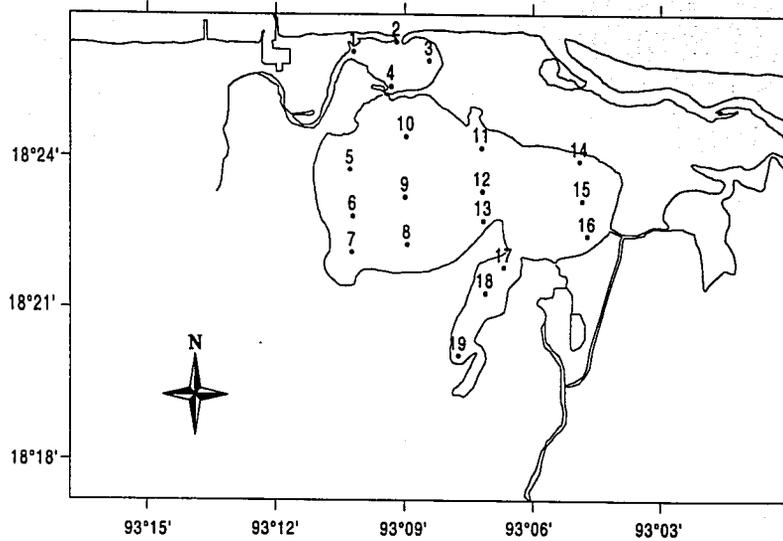


Figura.2. Área de estudio y localización de estaciones.

MÉTODO.

Se llevaron a cabo muestreos en dos estaciones del año: estiaje (Mecoacán I) y lluvias (Mecoacán II) realizados durante abril y septiembre del 2001 respectivamente.

Para este estudio se eligieron 19 estaciones de muestreo distribuidas en toda el área de la laguna y en cada una de las estaciones se realizaron dos tomas de muestra: superficie y fondo, recolectadas en botellas de plástico de 500 mL y botellas Niskin respectivamente para posteriormente determinar la concentración de nutrientes.

Las determinaciones de salinidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto se midieron *in situ* con equipo multisensor Hydrolab Surveyor-Data Sonde 3, el cual está compuesto por sensores de conductividad, termopar, electrodo combinado, sensor de turbidez y electrodo de oxígeno disuelto, calibrados con soluciones estándar de Hach.

La determinación de los nutrientes se llevó a cabo mediante técnicas colorimétricas:

Nitritos: su determinación se realizó según el método descrito por Bendschneider y Robinson (1952) en la cual el ion nitrito a pH de 1.5-2.0 se hace reaccionar con sulfanilamida, el compuesto diazo resultante reacciona con N-(1-naftil)-etilendiamina para formar un compuesto azo cuya absorbancia máxima es a una longitud de onda de 543nm; (Parson et al; 1984).

Nitratos: el procedimiento que se llevó a cabo es el método descrito por Morris y Ryley (1963) modificado por Grasshoff (1964) y Wood, et al. (1967) en el cual los nitratos son reducidos cuantitativamente (90-95%) a nitritos en una columna de limaduras de cadmio cubierta con cobre coloidal y el nitrito formado se determina como se describió anteriormente.

Amonio: la determinación se basa en el método propuesto por Riley, 1953; Emmet, 1968; Solorzano, 1969, en la que la muestra de agua se trata con hipoclorito de sodio y fenol en medio citrato-alcalino en presencia de nitroprusiato de sodio, el cual actúa como catalizador. El color azul del indofenol formado con el amonio es medido a una longitud de onda de 640 nm (Person, et al 1984).

Ortofosfatos: el método utilizado es de Murphy y Riley (1962) en donde los iones fosfato reaccionan con el molibdato de amonio en presencia de ácido ascórbico como reductor y antimonio trivalente para formar un complejo que se reduce a azul de molibdeno el cual tiene una absorbancia máxima de 882nm (Person, et al 1984).

Silicatos: su determinación se lleva a cabo con el método de Fanning, et al; (1973) y se basa en la formación de un heteropoliácido por tratamiento de la muestra con molibdato de amonio en solución ácida. El complejo resultante β -silicomolibdico se reduce al compuesto azul de molibdeno y descomponiendo simultáneamente cualquier fosfomolibdato o arsenomolibdato. Se lee a una longitud de onda de 882nm.

La determinación de la alcalinidad se llevó a cabo mediante una titulación potenciométrica con una bureta automática o dosificador Dosimat 665, un electrodo de calomel Metrohm, un pHmetro Brinkmanm con electrodo de pH Orion.

Alcalinidad total: La alcalinidad se define como la cantidad de iones H^+ necesaria para neutralizar bases débiles en un kg de agua y el método utilizado es el de titulación potenciométrica propuesta por Edmond (1970) y se basa en la adición de ácido clorhídrico 0.5 N previamente valorado a la muestra la cual esta contenida en una celda de vidrio provista de una camisa de circulación de agua para mantener constante la temperatura ($25 \pm 0.01^\circ C$), con agitación magnética constante. Posteriormente el HCl es añadido por medio de una bureta automática, se monitorea el cambio de potencial después de cada adición de 0.05 mL hasta alcanzar un valor de potencial de 250mV para obtener el punto de equivalencia por el método de Gran (1952).

Valoración del ácido clorhídrico: se realizó mediante un patrón primario el cual fue carbonato de sodio previamente secado a $100^\circ C$ antes de su titulación. El punto de equivalencia para cada determinación se realizó mediante el método de Gran (1952).

RESULTADOS.

Temperatura.

El valor máximo de temperatura superficie en Mecoacán I (estiaje) se presentó en la estación 14 con 30.04°C y corresponde a un punto de baja profundidad (tabla 3); el valor mínimo se localiza en la estación 2 con un valor de 24.15°C que corresponde al punto de mayor profundidad. En cuanto a la temperatura fondo, el máximo se localiza en la estación 12 con 29.93°C y una profundidad baja; el mínimo se presentó en la estación 1 con 23.07°C y es el punto de mayor profundidad.

En Mecoacán II (lluvias), el valor máximo de temperatura superficial se encuentra en la estación 14 con 32.31°C y corresponde al punto de menor profundidad (tabla 4); el valor mínimo se localiza en la estación 5 con 29.68°C y una profundidad media. La temperatura fondo presenta un valor máximo en la estación 14 con 32.33°C y es el punto de menor profundidad; el mínimo se localiza en la estación 2 con 27.3°C y una profundidad de 2.8 m. Se observa que los valores de temperatura mas altos se presentan durante el período de lluvias (Fig. 3).

Salinidad.

El valor máximo de salinidad en la superficie de Mecoacán I se presentó en la estación 2 con un valor de 32 UPS y corresponde la zona mas cercana al mar. El valor mínimo es de 12.6 UPS y se encuentra en la estación 14 y se encuentra en un punto cercano a la desembocadura del río. El valor máximo de salinidad fondo se localiza en la estación 1 con 35 UPS y se encuentra en un punto cercano al mar. El valor mínimo es de 12.9 UPS y corresponde a la estación 14, punto que se localiza cercano al río.

En Mecoacán II, el valor máximo de salinidad superficie es de 20.8 UPS y se localiza en la estación 1 que corresponde a un punto cercano al mar. El valor mínimo se encuentra en la estación 15 con 8.5 UPS y corresponde a una zona cercana al río.

El valor máximo de salinidad fondo se encuentra en la estación 1 con 33.6 UPS y el una zona cercana al mar. El valor mínimo se localiza en la estación 15 con 10.9 UPS y se encuentra en un punto cercano al río. También se observa que la salinidad en el fondo es mayor que en la superficie tanto en estiaje como en lluvias (Fig. 4).

pH.

El valor máximo de pH superficial en Mecoacán I es de 7.76 y se localiza en la estación 2, que corresponde a una zona cercana al mar. El mínimo se encuentra en estación 5 con un valor de 7.09. En cuanto al valor máximo de pH fondo se encuentra en la estación 1 con 7.76 y se localiza en una zona cercana al mar. El valor mínimo es de 7.1 y se encuentra en la estación 17, en el interior de la laguna.

En Mecoacán II el valor máximo de pH superficie se encuentra en la estación 1 con 7.43 y corresponde a una zona cercana al mar. El valor mínimo es de 6.44 y se encuentra en la estación 18, en el interior de la laguna. En cuanto al pH fondo, el valor máximo se encuentra en la estación 1 con 7.33 y se localiza cerca del mar. El mínimo se encuentra en la estación 9 con un valor de 6.73 (Fig. 5).

Oxígeno disuelto.

El valor máximo de oxígeno disuelto superficie en Mecoacán I fue de 8.27 mg/L en la estación 10 y el mínimo valor fue de 5.31 mg/L que se localiza en la estación 7. En cuanto al oxígeno disuelto fondo, el máximo se encuentra en la estación 10 con 9.2 mg/L y el mínimo se encuentra en la estación 1 con un valor de 4.47 mg/L.

En Mecoacán II, el valor máximo de oxígeno disuelto superficie se encuentra en la estación 14 con 7.06 mg/L y el mínimo se localiza en estación 6 con 4.42 mg/L. En cuanto al oxígeno disuelto en fondo, el valor máximo fue de 6.89 mg/L localizado en la estación 14 y el mínimo fue de 2.95 mg/L localizado en la estación 1. Se observa también que los valores mas altos se presentan en estiaje (Fig. 6).

CO₂.

El intervalo en el que se encuentra este gas disuelto es de un valor máximo de 0.0037 mmol/kg en estiaje y un valor mínimo de 0.0021 mmol/kg en lluvias, encontrándose los valores más altos en el período de estiaje y no presenta patrón de distribución (Fig. 7).

Alcalinidad Total.

Este parámetro se encuentra en un intervalo que va desde un valor máximo de 3.62 mmol/kg hasta un valor mínimo de 2.19 mmol/kg, presentándose los valores mas altos durante estiaje. La alcalinidad total sigue un patrón de distribución tal, que los valores más bajos se encuentran situados en los puntos más cercanos al mar (Fig. 8).

Nitritos.

Para este parámetro los valores son superiores en lluvias tanto en superficie como en fondo y no presentaron patrón de distribución en las estaciones. En Mecoacán I, los valores máximos fueron de 0.0101 y 0.0121 mg/L superficie y fondo respectivamente y los mínimos fueron de 0.056 mg/L superficie y 0.051 mg/L fondo. En Mecoacán II los máximos fueron de 0.0158 y 0.0137 mg/L superficie y fondo respectivamente, los mínimos fueron de 0.084 y 0.089 mg/L superficie y fondo (Fig. 9).

Nitratos.

En este parámetro se observa que los valores son muy similares para los dos muestreos, tanto en superficie como en fondo. En Mecoacán I los valores máximos fueron de 0.1652 y 0.0469 mg/L superficie y fondo; los mínimos que se registran son de 0.0015 mg/L para superficie y fondo. En Mecoacán II los valores máximos fueron de 0.0698 y 0.0561 mg/L superficie y fondo; los mínimos fueron de 0.015 mg/L superficie y fondo (Fig. 10).

Amonio.

Este parámetro muestra valores similares en ambos muestreos, siendo ligeramente superiores en lluvias, tanto en superficie como en fondo. En Mecoacán I los máximos fueron de 0.0106 y 0.0098 mg/L superficie y fondo, mientras que los mínimos fueron de 0.0025 mg/L para superficie y fondo. En Mecoacán II los valores máximos fueron de 0.0097 y 0.0098 mg/L superficie y fondo; los mínimos fueron de 0.0017 mg/L para superficie y fondo (Fig. 11).

Ortofosfatos.

En este parámetro se observa que los valores son ligeramente superiores en lluvias, tanto en superficie como en fondo, con valores máximos durante estiaje de 0.3801 y 0.3995 mg/L superficie y fondo, los valores mínimos fueron de 0.0093 y 0.0131 mg/L superficie y fondo. En el período de lluvias los valores máximos fueron de 0.4184 y 0.4191 mg/L superficie y fondo; los valores mínimos fueron de 0.1485 y 0.216 mg/L superficie y fondo (Fig. 12).

Silicatos.

En este parámetro se observa que los valores son ligeramente mayores en estiaje, tanto en superficie como en fondo. En Mecoacán I, los valores máximos fueron de 4.865 y 6.495 mg/L en superficie y fondo respectivamente, y los mínimos fueron de 1.161 y 1.32 mg/L superficie y fondo. En Mecoacán II los valores máximos fueron de 3.618 y 3.843 mg/L superficie y fondo, los mínimos fueron de 0.953 y 1.184 mg/L superficie y fondo (Fig. 13).

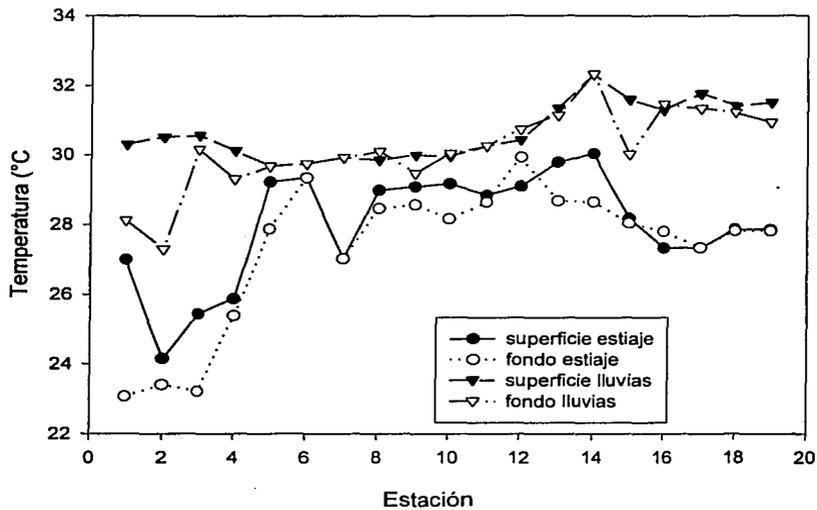


Fig. 3 Distribución de temperatura por estación, profundidad y época.

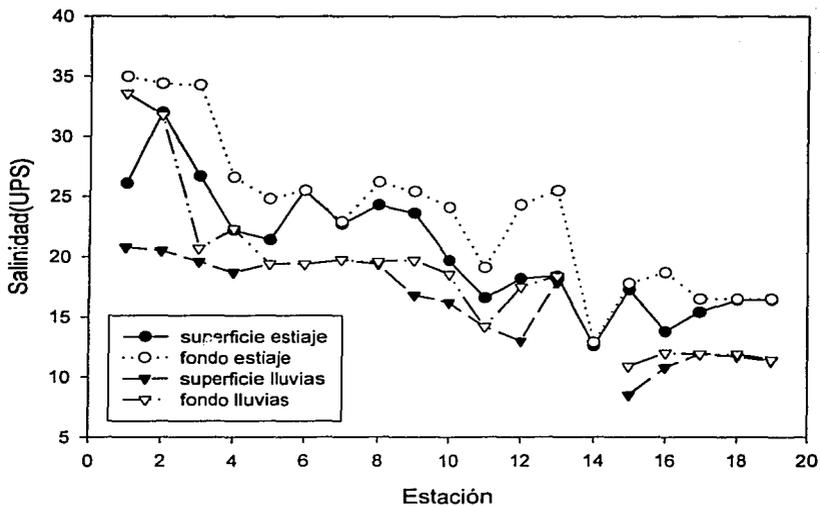


Fig. 4 Distribución de salinidad por estación, profundidad y época

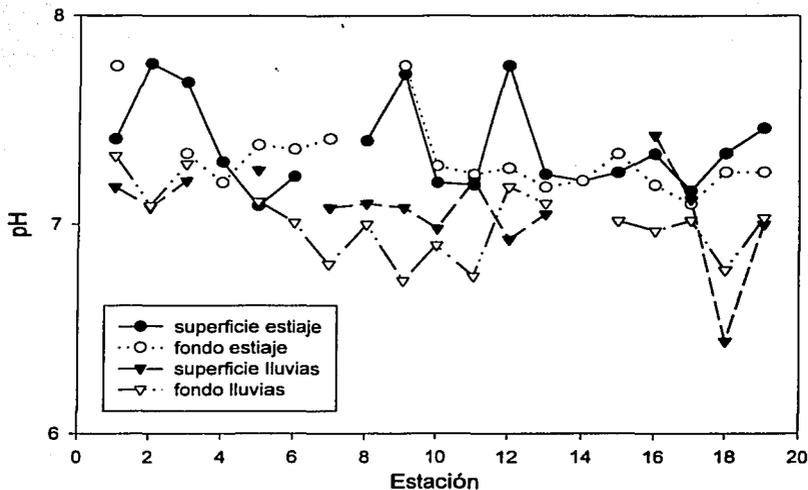


Fig. 5 Distribución de pH por estación, profundidad y época.

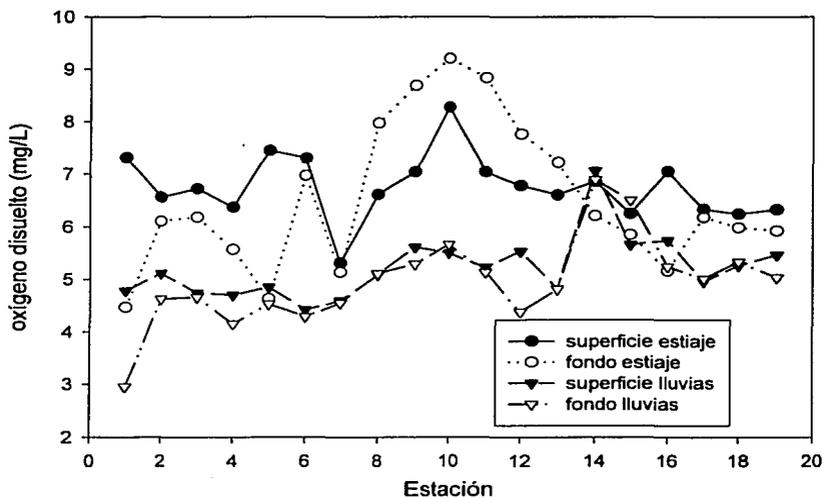


Fig. 6 Distribución de Oxígeno disuelto por estación, profundidad y época.

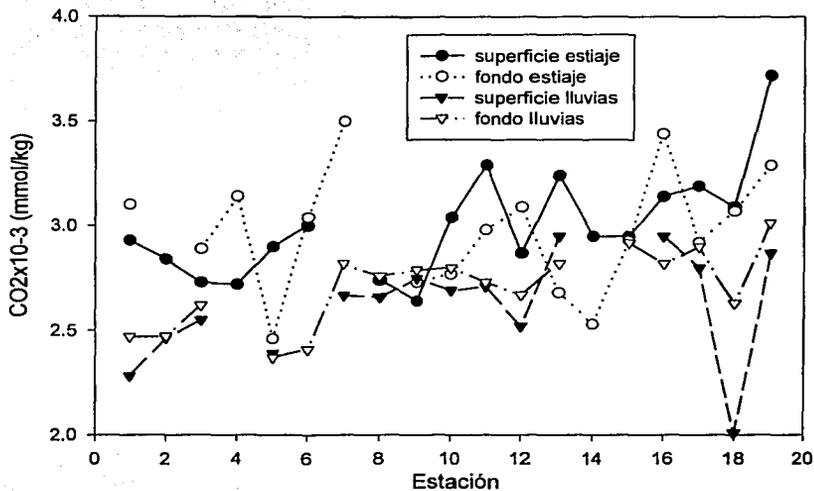


Fig. 7 Distribución de CO2 por estación, profundidad y época.

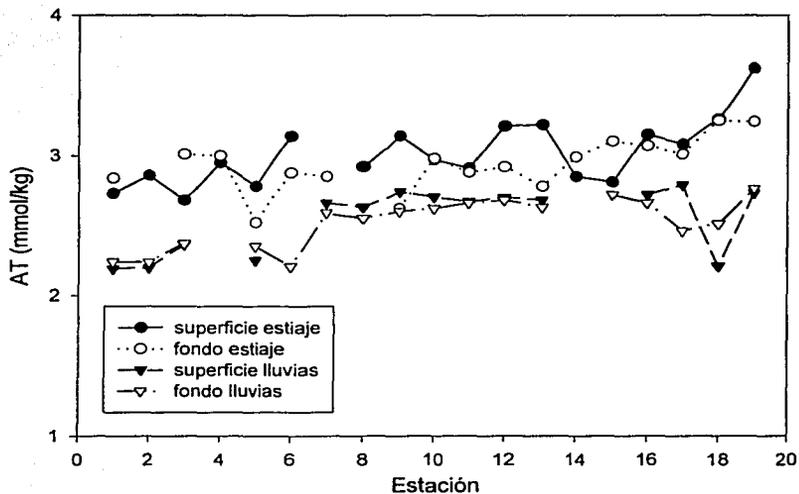


Fig. 8 Distribución de AT por estación, profundidad y época.

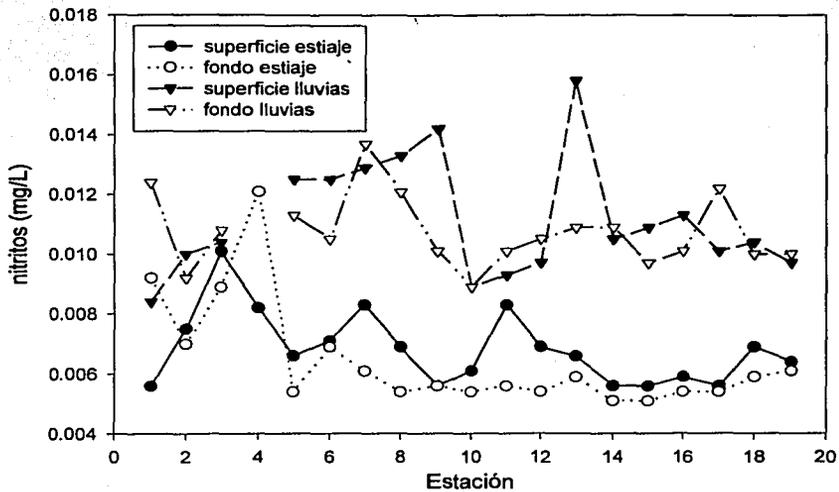


Fig. 9 Distribución de nitritos por estación, profundidad y época.

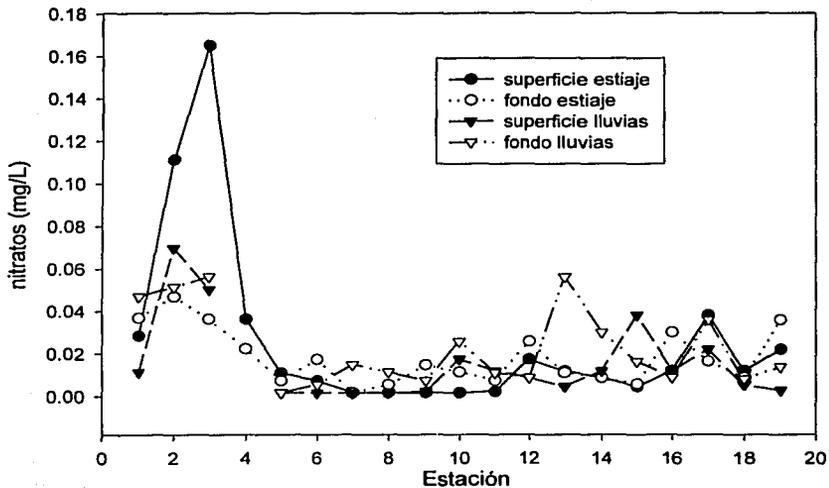


Fig. 10 Distribución de nitratos por estación, profundidad y época.

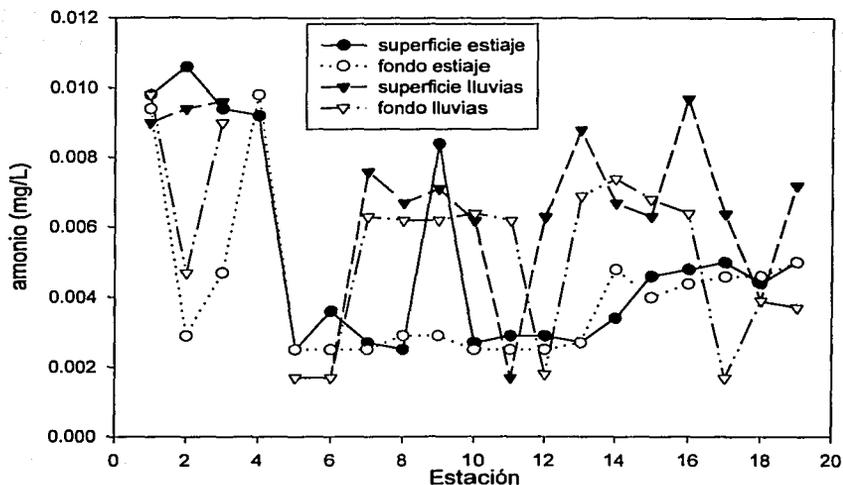


Fig. 11 Distribución de amonio por estación, profundidad y época.

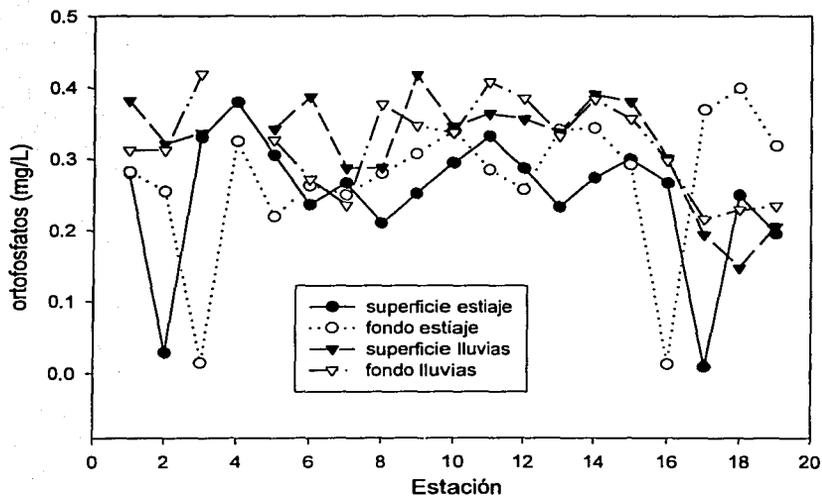


Fig. 12 Distribución de ortofosfatos por estación, profundidad y época.

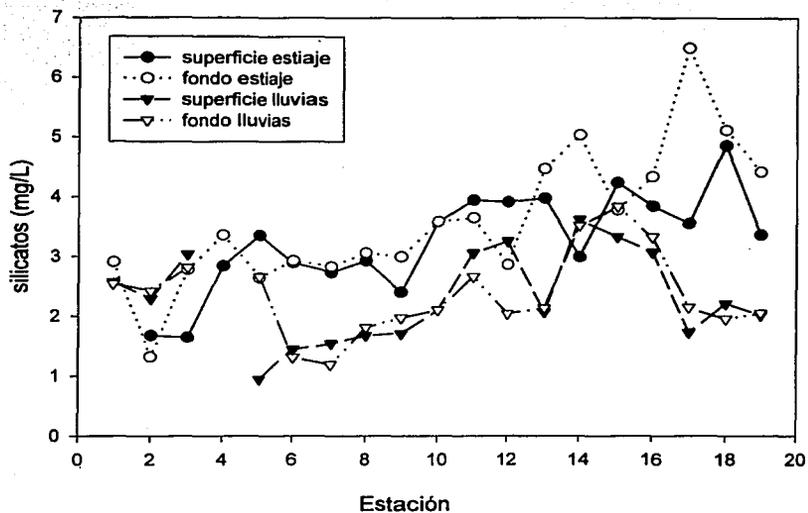


Fig. 13 Distribución de silicatos por estación, profundidad y época.

DISCUSIÓN.

Las temperaturas mas elevadas se registran en el período de lluvias (Fig. 3) dado a que la área de estudio se encuentra en una zona tropical con temperaturas relativamente altas sobretodo en el verano, y esto concuerda con lo observado por Contreras, (1981).

En cuanto a la salinidad, se observa en la figura 4, que es mayor en estiaje debido a que los aportes fluviales diluyen la concentración de las sales y el aporte de agua dulce proveniente de los ríos es mayor; también se observa que las concentraciones mayores de salinidad se encuentran en la zona cercana al mar debido al aporte de éste y además son mayores en fondo, esto es debido a que el agua de mar es más densa que el agua dulce.

Con respecto al pH no se observa un cambio drástico en cuanto a su distribución (Fig 5), y en su mayoría estan cercanos a 7.0, siendo ligeramente más bajos en el período de lluvias. Esto se debe a que los aportes fluviales acarrear agua dulce que tiene un valor menor de pH que el agua de mar. Por otra parte Millero y Shon, (1992) encontraron que los procesos biológicos afectan al pH debido a la respiración, fotosíntesis y actividad microbiana. Además el pH disminuye con el incremento de temperatura.

Los valores de oxígeno disuelto (Fig. 6) fueron mayores en estiaje y esto se debe a que los aportes fluviales incrementan la cantidad de sólidos en suspensión que disminuyen la disolución del gas. También se incrementa la materia orgánica con altas biomasas de vegetación que consumen oxígeno en su descomposición. Además la solubilidad de los gases disminuye cuando se incrementa la temperatura.

La concentración del CO₂ total se ve influenciada por la temperatura, salinidad, y procesos biológicos como la fotosíntesis, respiración, descomposición de materia orgánica por parte de microorganismos.

Millero y Shon, (1991) encontraron que el incremento en el contenido de CO₂ se debe principalmente a la oxidación de la materia orgánica y a la respiración, mientras que su disminución es debido a la fotosíntesis.

En los resultados (Fig. 7) se observa que los valores de CO₂ son menores en lluvias y esto se debe a que el incremento de temperatura disminuye la solubilidad del gas. También la materia en suspensión que acarrear los ríos y que son mayores en lluvias, afectan la disolución del CO₂. El incremento de organismos fotosintéticos en lluvias, también disminuye la concentración del CO₂.

La alcalinidad total esta dominada principalmente por los iones HCO₃⁻ ya que los boratos no ejercen su influencia hasta que el pH es mayor a 8. Stumm y Morgan, (1981) encontraron que las variaciones en los valores de alcalinidad total pueden deberse a los siguientes factores:

La respiración y fotosíntesis, la precipitación del carbonato cuando se une al calcio, la nitrificación así como también la disolución de las conchas de los organismos calcáreos.

En los resultados (Fig. 8) se observa que la alcalinidad total es menor en lluvias debido a que el aumento en la temperatura origina una disminución en la capacidad de disolución del

CO₂ disminuyendo así la alcalinidad. Además el crecimiento de organismos fotosintéticos se incrementa en lluvias y con esto el consumo de CO₂ es mayor.

Con respecto al nitrógeno, este se presenta en el agua como N₂ disuelto, compuestos orgánicos, NH₄⁺, NO₂⁻ y NO₃⁻ y su distribución varía en tiempo y espacio. Alexander, (1965) observó que las variaciones en las concentraciones de los compuestos nitrogenados se debe a los procesos de fijación por parte de algas y bacterias, asimilación, materia orgánica en descomposición, nitrificación por parte de bacterias y hongos y desnitrificación por algas y bacterias que devuelven el N₂ a la biosfera.

En los resultados obtenidos observamos que los nitritos (Fig. 9) y el amonio (Fig 11) se encuentran en mayor concentración durante las lluvias debido a los aportes fluviales que acarrear los ríos.

En el caso de los nitratos observamos que las concentraciones son similares en las dos épocas estudiadas (Fig. 10); esto puede ser debido a que los organismos fotosintéticos utilizan preferentemente este compuesto como fuente principal de nitrógeno.

En cuanto a los ortofosfatos encontramos que la concentración de estos es mayor en época de lluvias (Fig. 12) debido al aporte fluvial ya que gran parte del fosfato introducido a la laguna a través de los ríos proviene de la erosión de las rocas.

Riley y Chester, (1989) encontraron que los ortofosfatos se incrementan con la profundidad como resultado de la oxidación del detritus que cae de la superficie. La presencia de este nutrimento en el agua se debe principalmente al producto de la descomposición y excreción de los organismos, es decir, cuando estos mueren y se precipitan al fondo.

El nivel tan alto de este nutrimento se debe a la descarga de aguas negras conteniendo detergentes fosfatados, además el escurrimiento de tierras de cultivo a las cuales se han aplicado excesivas cantidades de fertilizantes; tienden a incrementar la concentración de fosfatos.

El silicio se encuentra presente en aguas naturales tanto particulado como disuelto en forma de ácido silícico y constituye el esqueleto de organismos como diatomeas y radiolarios. De la Lanza, (1994) observó que la principal fuente de silicatos procede de la intemperización de las rocas y del escurrimiento de tierras y en consecuencia son mayores en aguas fluviales y menores en las salobres y marinas.

En los resultados obtenidos (Fig. 13) se observa que la concentración de este elemento es mayor en estiaje y puede deberse a que los organismos que lo asimilan son más abundantes en lluvias y al filtrar las muestras para ser analizadas, el silicato de los organismos no se cuantifica.

En los valores obtenidos se observa que en general se encuentran dentro de los criterios establecidos por la normatividad nacional (Tabla 1) en cuanto a la protección de la vida acuática.

En el caso de la Alcalinidad total, no se han reportado valores en el área de estudio, pero en la bibliografía y junto con estudios realizados en la laguna de Términos, Campeche por

Vázquez G, (1985) en la que se obtuvieron valores máximos de alcalinidad de 3.075 mmol/kg en estiaje y 3.068 mmol/kg en lluvias; tenemos una referencia acerca de este parámetro.

En el caso de los nutrientes, sólo los ortofosfatos sobrepasan los criterios de calidad de agua y esto se debe a que en la región existe gran cantidad de desechos animales y humanos, abuso en el consumo de detergentes y escurrimiento de aguas para uso agrícola.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo y de acuerdo a la clasificación de los niveles tróficos en un cuerpo de agua (Nürnberg, 1996), la laguna de Meacoacán se encuentra en un estado mesotrófico para los nutrientes nitrogenados e hipereutrófico para el fósforo. No obstante, no se puede decir que la laguna se encuentra eutrofizada, ya que para esto se necesitan datos de parámetros biológicos como productividad primaria principalmente.

Generalmente las formas fosfatadas son frecuentes en las lagunas costeras, su presencia y cantidad son considerablemente mayores a las reportadas en sistemas similares de otras latitudes. Mee, (1977) encontró que los fosfatos son la causa principal en los fenómenos de eutrofización tan comunes en los sistemas costeros.

En la tabla 2, se encuentran parámetros hidrológicos de lagunas costeras del Golfo de México y con base a los datos podemos observar que estos ecosistemas presentan características similares cuyas variaciones dependen de factores geológicos, físicos, químicos y biológicos. Además el asentamiento humano juega un papel muy importante en estos cuerpos de agua que al igual que la laguna de Meacoacán muestran también tendencias a la eutrofización.

CONCLUSIONES.

La temperatura presenta los valores más altos durante la época de lluvias y en cuanto al nivel, es ligeramente mayor en superficie que en fondo.

La salinidad presenta los valores más altos durante estiaje, en cuanto a su distribución, los valores mas altos se localizan en la desembocadura al mar y en cuanto al nivel, este parametro es mayor en fondo.

Los valores de pH se encuentran mayores durante estiaje y no se observa patron de distribución en cuanto a la zona ni en cuanto al nivel.

El oxígeno disuelto es mayor durante estiaje. En cuanto al nivel, se observa que es mayor en superficie y con respecto a su distribución no se observa tendencia alguna.

Los valores de CO₂ y de Alcalinidad Total se encuentran más elevados durante estiaje y no presentan patrones de distribución en cuanto a nivel y en cuanto a zona.

En cuanto a los nutrientes nitrogenados como el amonio y nitritos, sus valores más altos se presentan durante la época de lluvias y no presentan patron de distribución en cuanto a zona y en cuanto a nivel.

En el caso de los nitratos, se observa que los valores son muy similares en las dos épocas estudiadas y los valores más altos se encuentran en la desembocadura al mar .

Los ortofosfatos presentan los valores más altos durante la época de lluvias y no se observa que tengan un patron de distribución en cuanto a zona y en cuanto a nivel.

Generalmente las formas fosfatadas son frecuentes en las lagunas costeras, y su presencia y cantidad son considerablemente mayores a cualquier otro nutriente.

En el caso de los silicatos, se observa que los valores más altos se presentan durante estiaje y se encuentran en la parte este de la Laguna.

Las cantidades normales en la concentración de los nutrientes en las lagunas costeras, sitúan a estos ecosistemas con tendencias a la eutrofia, por lo que un suministro adicional de éstos, pone en serio peligro su relativa estabilidad.

Además de lo anterior y debido a la importancia que como recurso natural poseen estos ecosistemas, es de gran importancia contar con un tratamiento efectivo contra la eutroficación como plantas de tratamiento de aguas residuales, control en los procesos de agricultura y ganadería.

BIBLIOGRAFÍA.

- *ANDERSON, D., ROBINSON, R. 1948. "Electrometric Determination of Alkalinity of Sea Water." *Ind. Eng. Chem.* 18: 767-769.
- *CASTELLAN, G. 1994. "Fisicoquímica." 2da. Edición, Addison-Wesley-Iberoamericana. 332-337.
- *CENTRO DE ECODesarrollo. 1981. "Las Lagunas Costeras de Tabasco: un ecosistema en peligro." México. 1-46.
- *CONTRERAS, F. 1993. "Ecosistemas Costeros Mexicanos." CONABIO-UAM Iztapalapa, México. 15-36, 148-182, 370-375.
- *CONTRERAS, F., CASTAÑEDA, O., GARCÍA-NAGAYA, A., GUTIÉRREZ, F. 1995. "Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas." UAM-Iztapalapa, México, D.F.
- *CHESTER, ROY. 2000. "Marine Geochemistry." 2da. Edición. Academic Press. 137-236.
- *DE LA LANZA, G. 1991. "Oceanografía de Mares Mexicanos." A.G.T. Editor, S.A. México.
- *DE LA LANZA, G y CÁCERES, C. 1994. "Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano." UABCS, México. 75-190.
- *DIARIO OFICIAL. Lunes 29 de diciembre 1997. LINEAMIENTOS DE CALIDAD DE AGUA. Segunda Sección. 91-94.
- *DICKSON, A. 1994. "The development of the alkalinity concept in marine chemistry." *Marine Chemistry*, 40: 49-63
- *GRASSOFF, K., EHRTHARDT, M., KREMLING, K. 1983. "Methods of Seawater Analysis". ed. Verlag Chemie. 99-123.
- *KEELING, D. 1968. "Carbon dioxide in surface ocean waters, global distribution." *Journal Geophysics Research*, 73: 4543-4553.
- *LANKFORD, R. 1977. "Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification." Academic Press Inc. 182-215.
- *MARGALEF, R. 1983. "Limnología". Omega. Barcelona. 250-298 p.
- *MILLERO, F. 1986. "The pH of estuarine waters." *Limnology & Oceanography*, 31(4): 839-847.

- *MILLERO, F. 1979. **"The thermodynamics of the carbonate system in seawater."** *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 43: 1651-1661.
- *MILLERO, F. y SHON, M. 1992. **"Chemical Oceanography"**. N.W., Florida. 269-319.
- *NÜRNBERG, G. 2001. **"Eutrophication and trophic state."** *Lakeline spring*. 29-33.
- *OLAUSSON & CATO, 1981. **"Chemistry and biogeochemistry of estuaries"**. John Wiley & Sons. New York. 37-305.
- *RILEY, J y CHESTER, R. 1989. **"Introducción a la Química Marina."** AGT EDITOR, S.A. México. 11-180.
- *ROSALES, L. 1979. **"Manual de laboratorio de Oceanografía Química."** UNAM, Centro de Ciencias del Mar y Limnología, México, D.F. 41-101.
- *SALAS, R. 1986. **"Estudio Hidrológico y nivel de alteración causado por organoclorados en las Lagunas de Meacoacán y Carmen-Machona, Tabasco, México."** Tesis Prof.. ENEP Zaragoza. 143.
- *SKOOG/WEST/HOLLER. 1995. **"Química Analítica"**. 6ta. Edición, McGraw Hill. 167-222.
- *TRUJILLO, O. 1997. **"Análisis de la distribución de los parámetros fisicoquímicos en el Pacífico Central Mexicano."** Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM. 81.
- *VALDÉS, D. y REAL, E. 1994. **"Flujos de amonio, nitrito, nitrato y fosfato a través de la interfase sedimento-agua, en una laguna tropical."** *Ciencias Marinas*, 20(1): 65-80.
- *VAN DEN BERG, C y ROGERS, H. 1986. **"Determination of alkalinities of estuarine waters by a two-point potentiometric titration."** *Marine Chemistry*, 20: 219-226.
- *VÁZQUEZ, F. 1994. **"El sistema lagunar El Carmen-Pajonal-La Machona del estado de Tabasco: su hidrodinámica, la estabilidad de sus bocas y de su línea de costa."** UNAM, México. 19-34.
- *VÁZQUEZ, F. DORANTES, H. y ALEXANDER, H. 1988. **"El sistema del Dióxido de Carbono en la Laguna de Términos."** UNAM, México. 131-158.
- *WEIHAPUT, J. 1979. **"Exploración de los Océanos: introducción a la Oceanografía."** C.E.C.S.A. México. 209-261.p
- *WETZEL, R. 2001. **"Limnology: lake and river ecosystems"**. 3ra. Edición, Academic Press, San Diego. 151-328.p

GLOSARIO

Productor primario. Organismos que forman el primer nivel energético accesible a otros organismos superiores, es decir, son los organismos capaces de transformar la energía luminosa en energía química y ponerla a disposición de otros seres vivos.

Cadenas tróficas. Cadenas alimenticias, esto es, los organismos están entrelazados como los eslabones de una cadena en la que las plantas forman el primer eslabón y posteriormente se encuentran los demás seres vivos.

Eutrofización. Es un proceso en el que existe un enriquecimiento excesivo de nutrientes que afectan a los cuerpos de agua y se manifiesta con un crecimiento rápido de maleza acuática, algas y bacterias que consumen grandes cantidades de oxígeno y por tanto ponen en peligro al ecosistema. Este enriquecimiento se debe al vertimiento no controlado de desechos sólidos, aguas domésticas e industriales y uso excesivo de fertilizantes.

Productividad ostrícola. Producción de ostras y ostión para consumo humano.

Elemento biótico. Son todos los seres vivos que conforman un ecosistema.

ANEXOS.

Tabla 1. **LINEAMIENTOS DE CALIDAD DEL AGUA.** Publicados en el Diario Oficial el 29 de diciembre de 1997.
Comisión Nacional del Agua.

Parámetros químicos	
Alcalinidad	La alcalinidad natural no debe reducirse en más del 25% ni cuando esta sea igual o menor a 20 mg/L.
Nitratos (NO_3)	0.04
Nitritos (NO_2)	0.01
Nitrógeno amoniacal	0.01
Oxígeno disuelto	5.0 (valor mínimo admisible)
Fosfatos (PO_4^{3-})	0.002
pH	6.0-9.0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	CN+1.5
Gases disueltos	La concentración de gases disueltos no debe exceder a 1.1 veces al valor de saturación en las condiciones hidrostáticas y atmosféricas prevalentes

Tabla 2. Parámetros hidrológicos en lagunas costeras de México.

	T	salinidad	oxígeno dis.	amonio	nitritos	nitratos	fosfatos	referencias
	°C	UPS	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Laguna El Carmen, Tabasco	23.8-31.8	2.3-35.0	2.0-8.0	0.025-1.63			0.037-0.655	Vázquez G, 1994
Laguna La Machona, Tabasco	23.8-32.5	2.7-36.9	2.38-8.84	0.012-0.673			0.018-1.728	Vázquez G, 1994
Laguna de Términos, Campeche	25.0-30.5	1.62-37.65	2.9-7.8	Ind-0.025	Ind-0.027	Ind-0.099	Ind-0.712	Vázquez et al, 1988
Laguna de Tamiahua, Veracruz	18.6-30.2	24.0-29.8	5.8-9.4	0.084-0.156		0.032-0.271	0.057-0.189	Lozano, 1993
Estuario de Tuxpan, Veracruz	19.0-26.0	5.2-36.6	1.7-7.6	0.014-0.682	Ind-0.069	Ind-1.20	Ind-0.237	Contreras, 1983
Laguna de Mecocacán, Tabasco	24.3-32	1.0-26	4.21-6.31	0.055-0.435			0.042-0.351	Vázquez G, 1994
Laguna de Tamiahua, Veracruz	21.0-31.2	16.0-37.0	5.0-8.0	0.064-0.156			0.079-0.188	Gutiérrez-Contreras, 1983
Laguna de Términos, Campeche	26.3-31.6	0.20-38-21	3.1-7.3	Ind-0.065			Ind-0.060	Vázquez B, 1978
Laguna La Machona, Tabasco	23.8-32.5	2.83-35.8	2.38-8.84	0.012-0.673			0.018-1.72	CECODES, 1981
Laguna El Carmen, Tabasco	23.8-31.8	1.5-36.7	2.34-7.93	0.025-0.163			0.037-0.654	CECODES, 1981

Ind: indetectable

Tabla 3. MECOACÁN I, Parámetros fisicoquímicos.

Estación	coordenadas			Z m	temperatura superficie	temperatura fondo	salinidad superficie	salinidad fondo		
	Latitud N	Longitud W								
1	18	26.217	93	9.657	7	27	23.07	26.1	35	
2	18	26.405	93	8.51	2.7	24.16	23.4	32	34.4	
3	18	26.077	93	7.896	1.7	25.44	23.22	26.7	34.3	
4	18	25.548	93	8.854	1.8	25.88	25.39	22.2	26.6	
5	18	24.123	93	9.705	0.8	29.22	27.87	21.4	24.8	
6	18	23.166	93	9.611	1.2	29.34	29.34	25.6	25.5	
7	18	22.629	93	9.68	1.1	27.03	27.02	22.7	22.9	
8	18	22.845	93	8.504	1.6	28.98	28.46	24.3	26.2	
9	18	23.519	93	8.545	1.5	29.09	28.57	23.6	25.4	
10	18	24.559	93	8.558	1.2	29.17	28.17	19.7	24.1	
11	18	24.494	93	6.791	1.5	28.84	28.65	16.6	19.1	
12	18	23.515	93	6.753	1.2	29.1	29.93	18.2	24.3	
13	18	22.892	93	6.861	1.4	29.79	28.68	18.4	25.5	
14	18	24.46	93	5.113	0.9	30.04	28.65	12.6	12.9	
15	18	23.531	93	5.114	1.1	28.18	28.05	17.3	17.8	
16	18	22.865	93	4.888	1.5	27.33	27.8	13.8	18.7	
17	18	22.248	93	6.296	0.8	27.34	27.34	15.4	16.5	
18	18	21.894	93	6.707	1.1	27.87	27.82	16.4	16.5	
19	18	20.787	93	7.38	0.8	27.86	27.82	16.4	16.5	
						valor máximo	30.04	29.93	32	35
						valor mínimo	24.15	23.07	12.6	12.9
						promedio	27.09	26.5	22.3	23.95

Estación	pH		Oxígeno disuelto		CO ₂ x10 ⁻³		AT	
	superficie	fondo	superficie	fondo	superficie	fondo	superficie	fondo
1	7.41	7.76	7.31	4.47	2.93	3.1	3.16	2.84
2	7.76		6.56	6.11	2.84		2.86	
3	7.68	7.34	6.72	6.18	2.73	2.89	2.68	3.01
4	7.3	7.2	6.37	5.57	2.72	3.14	2.95	3.00
5	7.09	7.38	7.44	4.63	2.90	2.46	2.78	2.52
6	7.23	7.36	7.3	6.97	3.00	3.04	3.14	2.88
7		7.41	5.31	5.14		3.5		2.85
8	7.4		6.61	7.97	2.74		2.92	
9	7.72	7.76	7.04	8.69	2.64	2.73	3.14	2.62
10	7.2	7.28	8.27	9.2	3.04	2.77	2.97	2.98
11	7.19	7.24	7.04	8.83	3.29	2.98	2.91	2.88
12	7.18	7.27	6.78	7.76	2.87	3.09	3.21	2.92
13	7.24	7.18	6.6	7.22	3.24	2.68	3.22	2.78
14	7.21	7.21	6.86	6.21	2.95	2.53	2.85	2.99
15	7.25	7.34	6.25	5.85	2.95	2.93	2.81	3.10
16	7.34	7.19	7.05	5.16	3.14	3.44	3.15	3.07
17	7.16	7.1	6.33	6.18	3.19	2.92	3.08	3.01
18	7.34	7.25	6.24	5.98	3.09	3.07	3.26	3.25
19	7.46	7.25	6.32	5.92	3.72	3.29	3.62	3.24
valor máximo	7.76	7.76	8.27	9.2	3.72	3.5	3.62	3.25
valor mínimo	7.09	7.1	5.31	4.47	2.64	2.46	2.68	2.52
promedio	7.42	7.43	6.79	6.83	3.18	2.98	3.15	2.93

O₂ dis: mg/L
 CO₂: mmol/kg
 AT: mmol/kg
 salinidad: UPS
 temperatura: °C
 Z: profundidad

Tabla 4. MECOACAN II, Parámetros fisicoquímicos.

Estación	coordenadas				Z m	temperatura		salinidad		
	Latitud N	Longitud W				superficie	fondo	superficie	fondo	
1	18	26.217	93	9.657	7	30.3	28.12	20.8	33.6	
2	18	26.405	93	8.51	2.8	30.51	27.3	20.6	31.8	
3	18	26.077	93	7.896	1.1	30.56	30.16	19.6	20.7	
4	18	25.548	93	8.854	6	30.12	29.3	18.7	22.3	
5	18	24.123	93	9.705	1.1	29.68	29.67	19.4	19.4	
6	18	23.166	93	9.611	1	29.75	29.85	19.4	19.4	
7	18	22.829	93	9.68	0.8	29.92	29.92	19.7	19.7	
8	18	22.845	93	8.504	1.5	29.85	30.1	19.4	19.6	
9	18	23.519	93	8.545	1.3	30	29.47	18.8	19.7	
10	18	24.559	93	8.558	1.8	29.96	30.04	16.2	18.5	
11	18	24.494	93	6.791	0.9	30.26	30.26	14.2	14.2	
12	18	23.515	93	6.753	1.2	30.43	30.75	13	17.5	
13	18	22.892	93	6.861	1	31.36	31.16	17.9	18.4	
14	18	24.46	93	5.113	0.4	32.31				
15	18	23.531	93	5.114	1.2	31.59	30.01	8.5	10.9	
16	18	22.865	93	4.888	1.1	31.29	31.46	10.8	12	
17	18	22.248	93	6.296	0.9	31.77	31.34	11.9	11.9	
18	18	21.894	93	6.707	1.1	31.41	31.22	11.7	11.9	
19	18	20.787	93	7.38	1.3	31.51	30.94	11.3	11.4	
						valor máximo	32.31	32.33	20.8	33.6
						valor mínimo	29.68	27.3	8.5	10.9
						promedio	30.99	29.81	14.85	22.25

Estación	pH		Oxígeno disuelto		CO ₂ x10-3		AT	
	superficie	fondo	superficie	fondo	superficie	fondo	superficie	fondo
1	7.43	7.33	4.78	2.65	2.28	2.47	2.19	2.24
2	7.08	7.09	5.12	4.63	2.46	2.47	2.20	2.24
3	7.21	7.29	4.74	4.68	2.55	2.82	2.36	2.37
4			4.7	4.15				
5	7.28	7.11	4.85	4.53	2.39	2.37	2.25	2.35
6		7.01	4.42	4.29		2.41		2.21
7	7.08	6.81	4.59	4.55	2.67	2.82	2.68	2.59
8	7.1	7	5.08	5.11	2.66	2.76	2.63	2.55
9	7.08	6.73	5.61	5.29	2.75	2.79	2.74	2.60
10	6.98	6.9	5.5	5.66	2.69	2.8	2.70	2.62
11	7.21	6.75	5.22	5.13	2.71	2.73	2.67	2.66
12	6.93	7.18	5.53	4.38	2.52	2.67	2.70	2.88
13	7.05	7.1	4.82	4.81	2.95	2.82	2.68	2.63
14			7.08	6.89				
15		7.02	5.66	6.5				2.72
16	7.18	6.97	5.74	5.24	2.95	2.82	2.72	2.66
17	7.12	7.02	4.96	5.01	2.8	2.9	2.79	2.48
18	6.44	6.78	5.26	5.33	2.01	2.63	2.21	2.51
19	7	7.03	5.46	5.03	2.87	3.01	2.73	2.76
valor máximo	7.43	7.33	7.06	6.89	2.95	3.01	2.79	2.76
valor mínimo	6.44	6.73	4.42	2.95	2.01	2.41	2.19	2.21
promedio	6.93	7.03	5.74	4.92	2.48	2.71	2.49	2.48

O2 dis: mg/L
 CO₂: mmol/kg
 AT: mmol/kg
 salinidad: UPS
 temperatura: °C
 Z: profundidad

Tabla 5. MECOACAN I, Concentración de nutrientes. (mg/L)

Estación	Nitratos		Nitritos		Amonio		Ortolosfatos		Silicatos	
	Sup	Fondo	Sup	Fondo	Sup	Fondo	sup	londo	sup	londo
1	0.0066	0.0092	0.0284	0.0369	0.0098	0.0094	0.2802	0.2825	1.1618	2.9061
2	0.0075	0.007	0.1113	0.0469	0.0106	0.0029	0.0291	0.2551	1.6763	1.3203
3	0.0101	0.0089	0.1652	0.0361	0.0094	0.0047	0.3304	0.0154	1.644	2.7766
4	0.0082	0.0121	0.0361	0.0222	0.0092	0.0098	0.3801	0.3253	2.8414	3.3592
5	0.0066	0.0054	0.0108	0.0072	0.0025	0.0025	0.3059	0.2201	3.3552	2.6444
6	0.0071	0.0069	0.0072	0.0172	0.0036	0.0025	0.2368	0.263	2.8947	2.9276
7	0.0083	0.0061	0.0016	0.0015	0.0027	0.0025	0.2667	0.2499	2.7302	2.8289
8	0.0069	0.0054	0.0015	0.0053	0.0025	0.0029	0.2107	0.2797	2.9276	3.0592
9	0.0056	0.0056	0.0015	0.0145	0.0084	0.0029	0.2518	0.3077	2.4013	2.9934
10	0.0061	0.0054	0.0015	0.112	0.0027	0.0025	0.2947	0.3394	3.5855	3.5868
11	0.0083	0.0056	0.0021	0.0072	0.0025	0.0025	0.332	0.2853	3.9473	3.6513
12	0.0069	0.0054	0.0172	0.0256	0.0029	0.0025	0.2872	0.2574	3.9144	2.8618
13	0.0066	0.0059	0.0116	0.0108	0.0027	0.0027	0.2331	0.3413	3.9802	4.4736
14	0.0056	0.0051	0.0086	0.0085	0.0034	0.0048	0.2742	0.3432	2.9934	5.0328
15	0.0056	0.0051	0.0044	0.0056	0.0046	0.004	0.3003	0.2928	4.2434	3.7828
16	0.0059	0.0054	0.0117	0.0298	0.0048	0.0044	0.2667	0.0131	3.8486	4.3421
17	0.0056	0.0054	0.038	0.0162	0.005	0.0046	0.0093	0.369	3.5559	6.4952
18	0.0069	0.0059	0.0118	0.0086	0.0044	0.0046	0.2499	0.3995	4.8658	5.1214
19	0.0064	0.0061	0.0218	0.0357	0.005	0.005	0.1958	0.3189	3.3642	4.4185
valor máximo	0.0101	0.0121	0.1652	0.0469	0.0106	0.0098	0.3901	0.3995	4.8658	6.4952
valor mínimo	0.0056	0.0051	0.0015	0.0015	0.0025	0.0025	0.0093	0.0131	1.1618	1.3203
promedio	0.0078	0.0086	0.0833	0.0242	0.0065	0.0061	0.1947	0.2063	3.0138	3.9077

Tabla 6. MECOACAN II, Concentración de nutrientes (mg/L).

Estación	Nitratos		Nitritos		Amonio		Ortolosfatos		Silicatos	
	Sup	Fondo	Sup	Fondo	Sup	Fondo	sup	londo	sup	londo
1	0.0084	0.0124	0.0113	0.0489	0.009	0.0098	0.382	0.3128	2.582	2.55
2	0.01	0.0092	0.0698	0.0515	0.0094	0.0047	0.3213	0.3128	2.291	2.42
3	0.0104	0.0108	0.05	0.0561	0.0096	0.009	0.3364	0.4191	3.035	2.809
4										
5	0.0125	0.0113	0.0016	0.0015	0.0017	0.0017	0.3426	0.3271	0.953	2.664
6	0.0125	0.0105	0.0015	0.0053	0.0017	0.0017	0.3874	0.2721	1.447	1.315
7	0.0129	0.0137	0.0015	0.0145	0.0078	0.0063	0.2876	0.2359	1.546	1.184
8	0.0133	0.0121	0.0015	0.0112	0.0067	0.0062	0.2876	0.3771	1.677	1.809
9	0.0142	0.0101	0.0021	0.0072	0.0071	0.0062	0.4184	0.3461	1.71	1.973
10	0.0089	0.0089	0.0172	0.0256	0.0062	0.0064	0.3461	0.3375	2.105	2.105
11	0.0093	0.0101	0.0116	0.0108	0.0017	0.0062	0.3633	0.408	3.059	2.664
12	0.0097	0.0105	0.0086	0.0085	0.0063	0.0018	0.3564	0.3857	3.256	2.039
13	0.0158	0.0109	0.0044	0.056	0.0088	0.0069	0.3375	0.3323	2.072	2.138
14	0.0105	0.0108	0.0117	0.0298	0.0087	0.0074	0.3908	0.3839	3.618	3.519
15	0.0109	0.0097	0.038	0.0161	0.0063	0.0068	0.3805	0.3564	3.332	3.843
16	0.0113	0.0101	0.0118	0.0086	0.0097	0.0064	0.3013	0.2979	3.076	3.342
17	0.0101	0.0122	0.0218	0.0357	0.0064	0.0017	0.1946	0.216	1.734	2.15
18	0.0104	0.01	0.0053	0.0079	0.0039	0.0039	0.1485	0.2295	2.214	1.958
19	0.0097	0.01	0.0025	0.0135	0.0072	0.0037	0.2059	0.2345	2.022	2.054
valor máximo	0.0158	0.0137	0.0698	0.0561	0.0097	0.0098	0.4184	0.4191	3.618	3.843
valor mínimo	0.0084	0.0089	0.0015	0.0015	0.0017	0.0017	0.1485	0.216	0.953	1.184
promedio	0.0121	0.0113	0.0356	0.0288	0.0057	0.0057	0.2834	0.3175	2.285	2.513

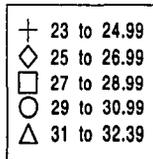
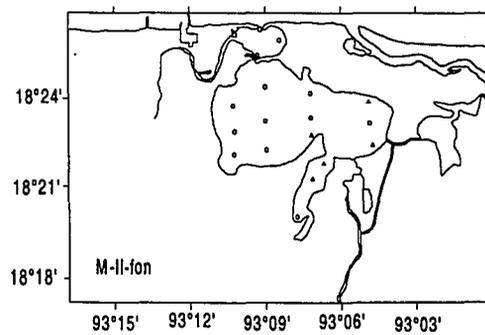
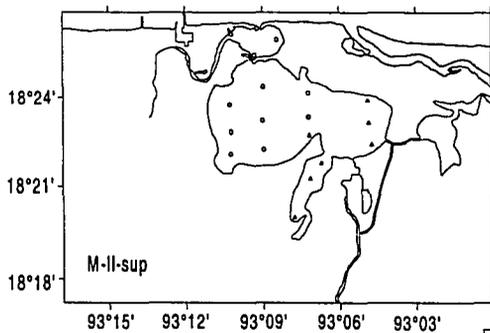
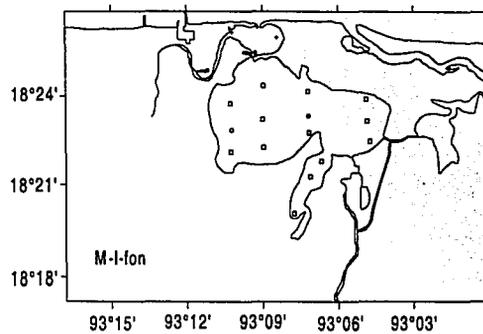
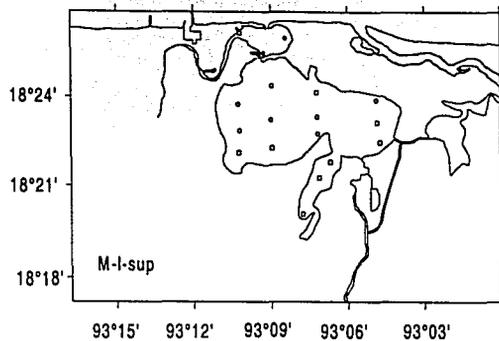


Fig. 14 Distribución de Temperatura por intervalos.

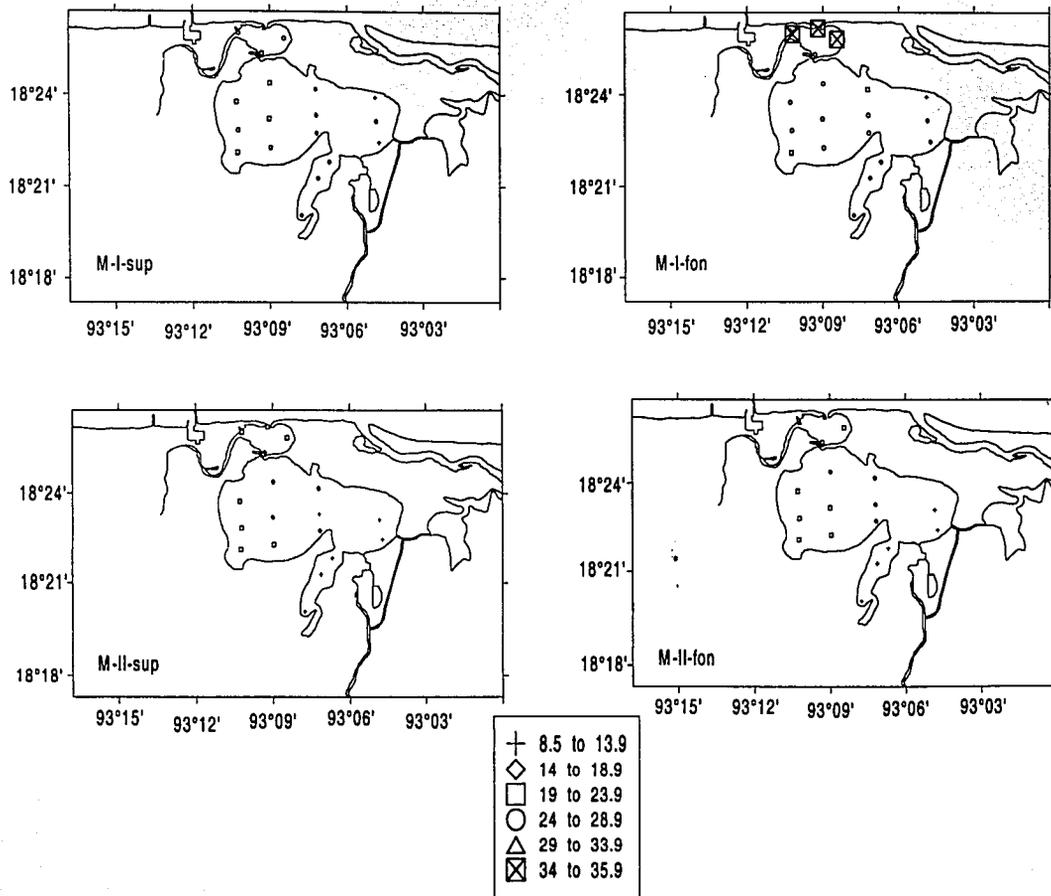


Fig. 15 Distribución de Salinidad por intervalos.

36

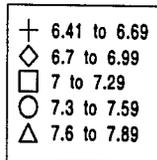
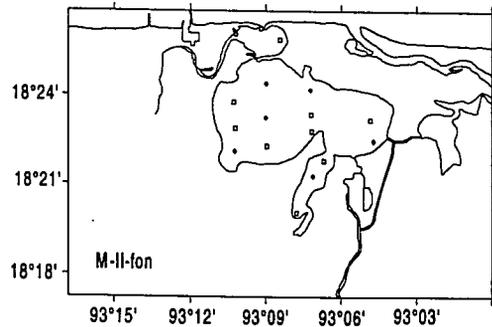
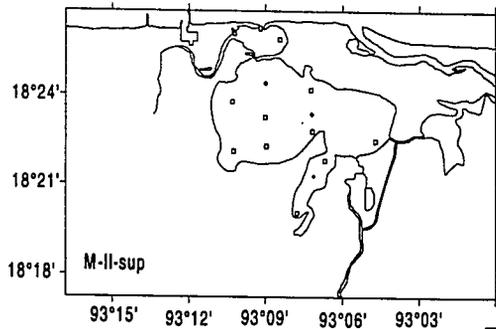
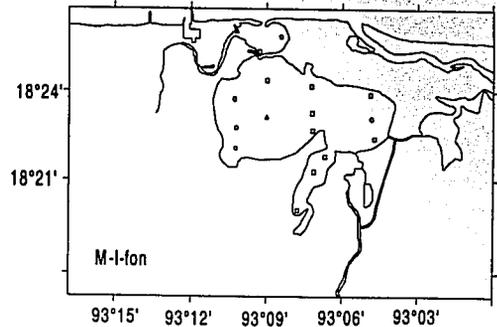
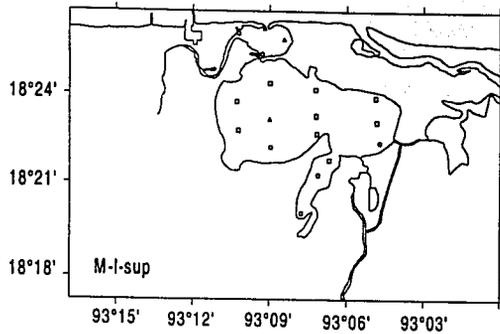


Fig. 16 Distribución de pH por intervalos.

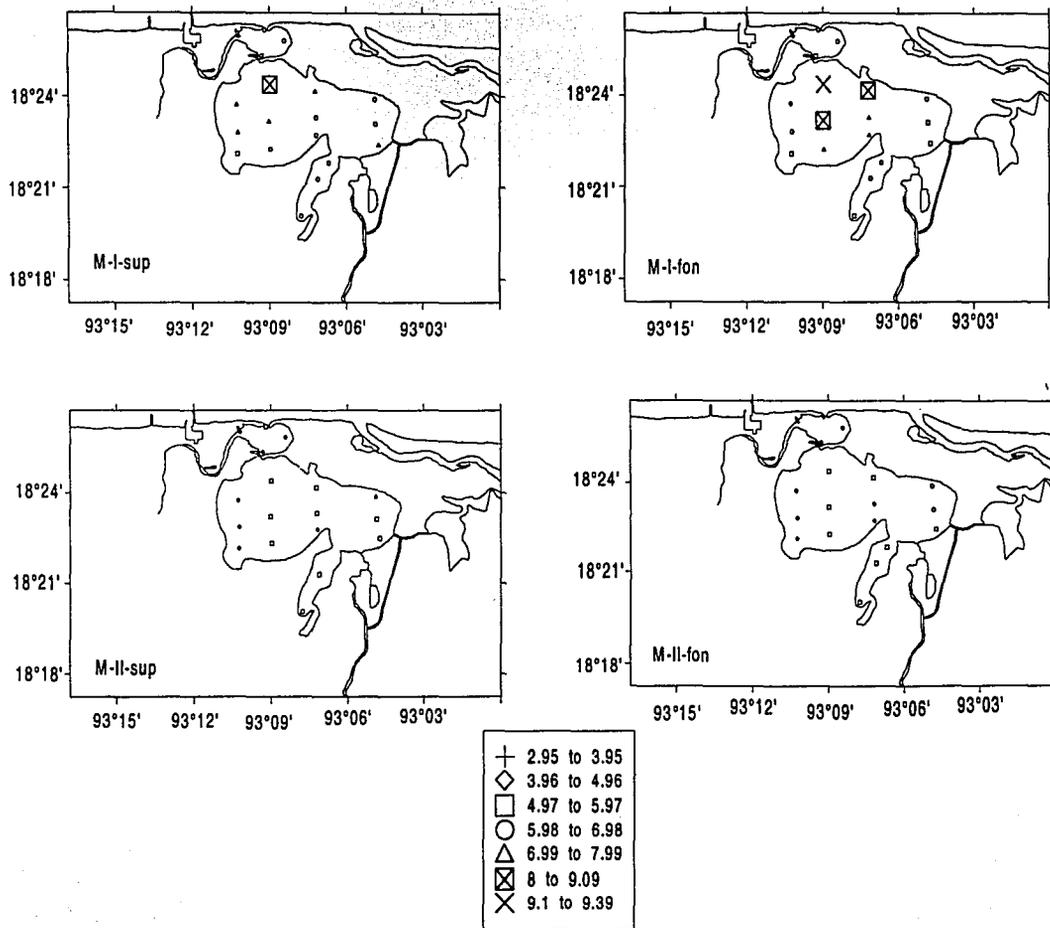


Fig. 17 Distribución de Oxígeno disuelto por intervalos.

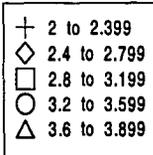
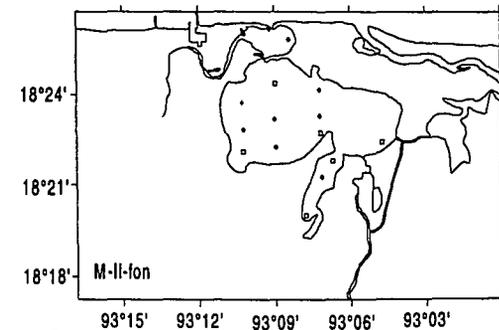
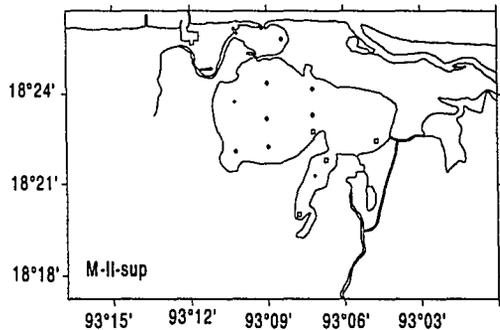
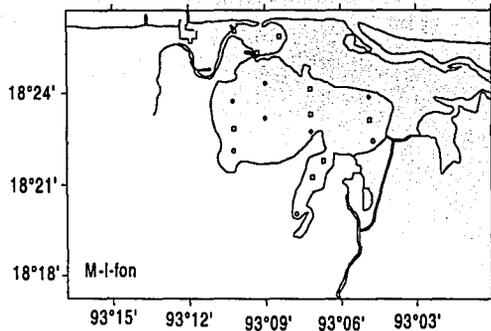
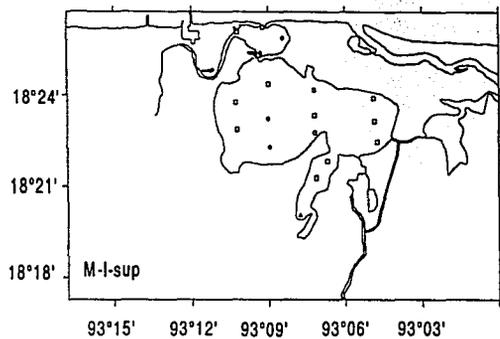


Fig. 18 Distribución de CO₂ por intervalos.

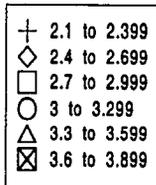
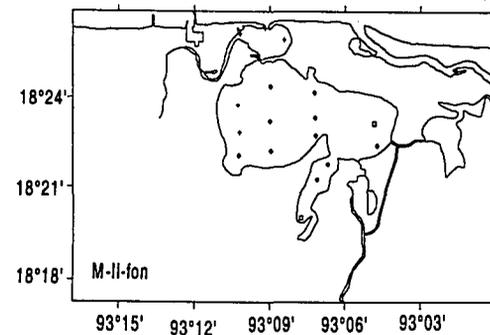
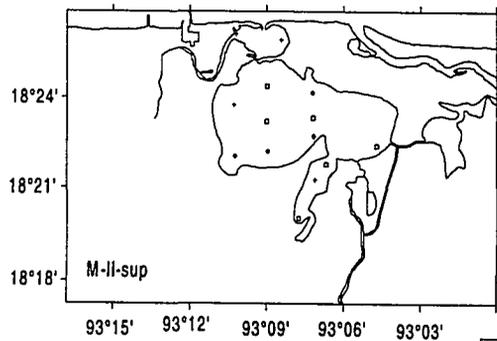
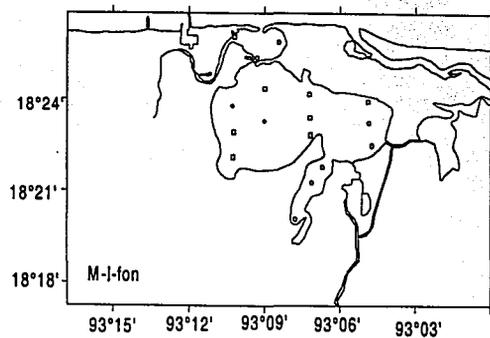
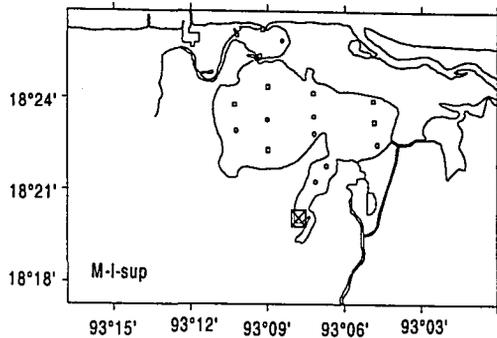


Fig. 19 Distribución de Alcalinidad Total por intervalos.

AD

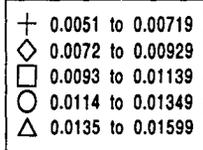
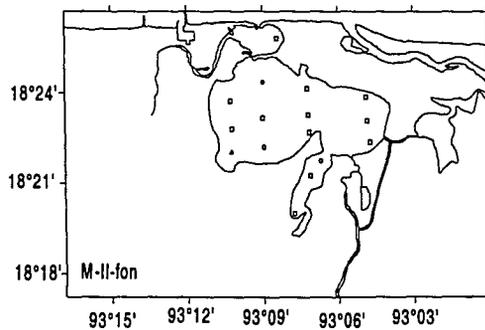
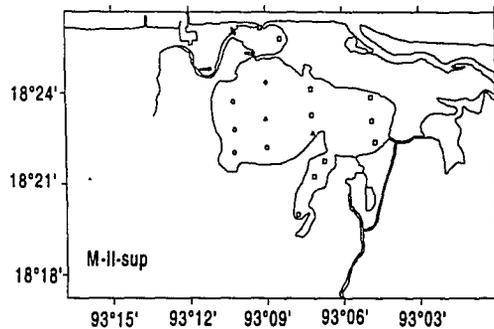
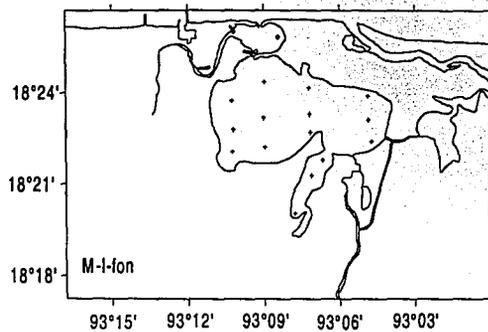
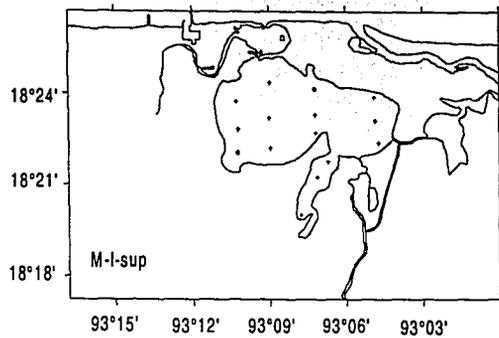


Fig. 20 Distribución de Nitritos por intervalos de concentración.

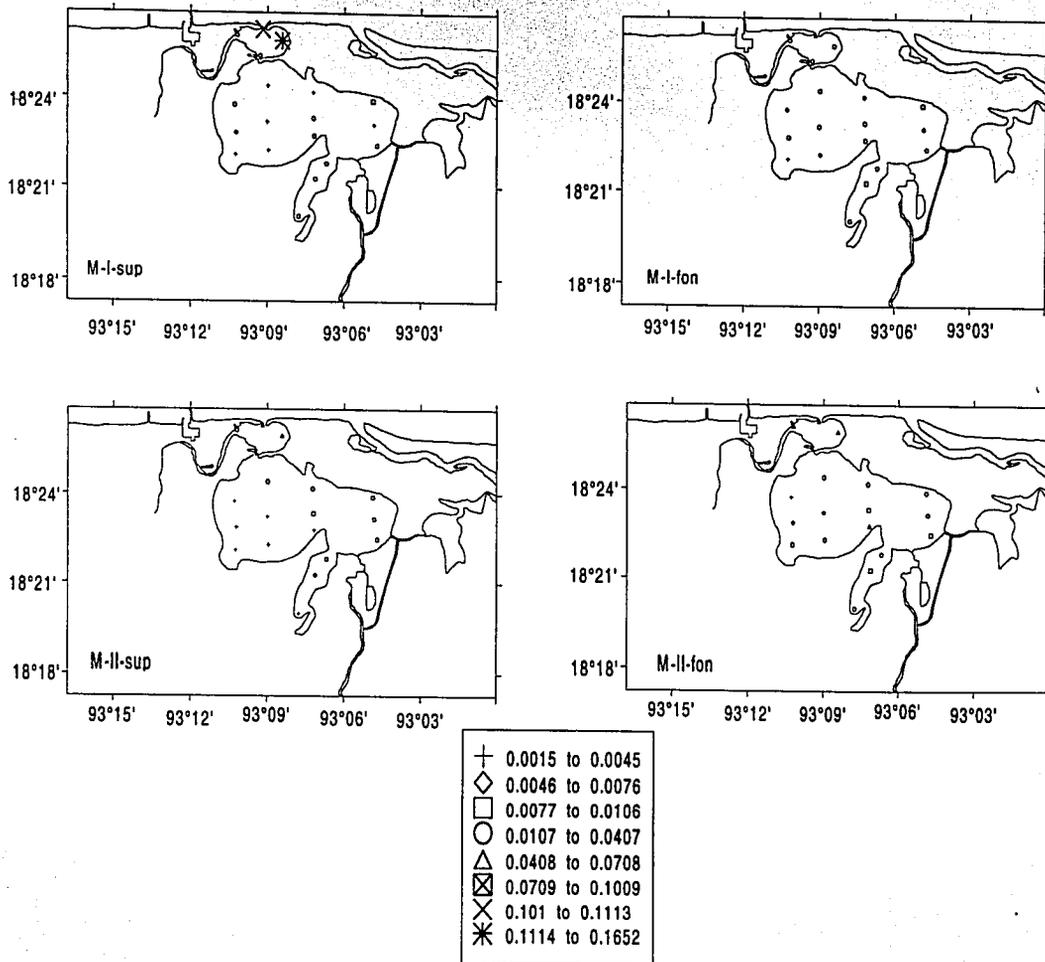


Fig. 21 Distribución de Nitratos por intervalos de concentración.

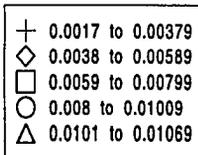
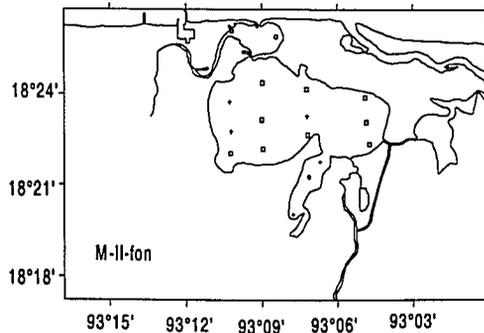
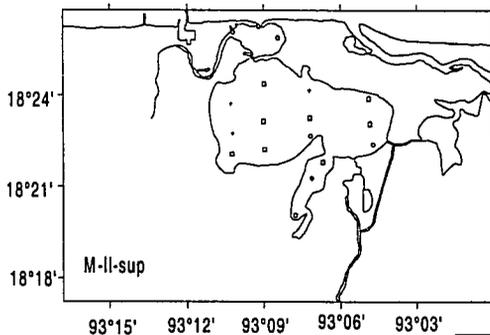
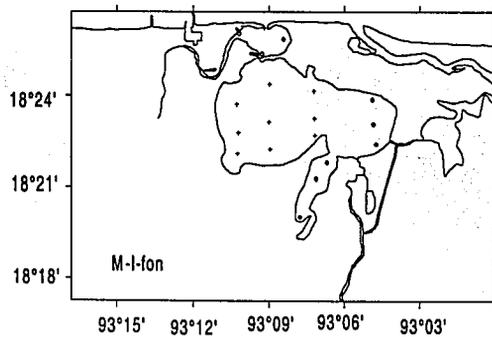
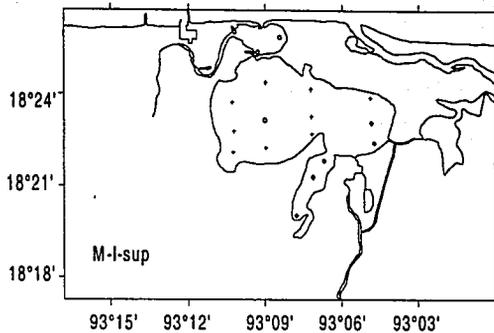


Fig. 22 Distribución de Amonio por intervalos de concentración.

1/3

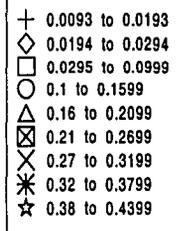
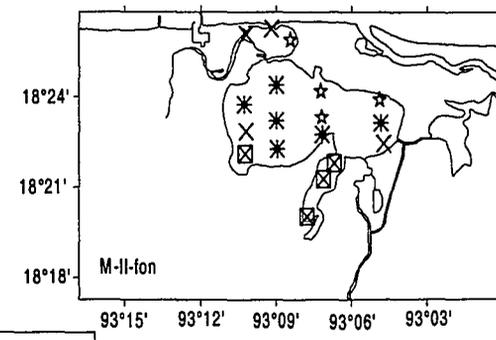
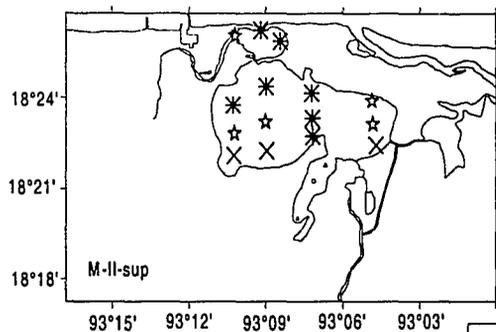
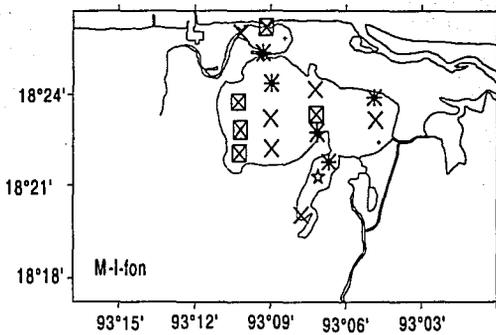
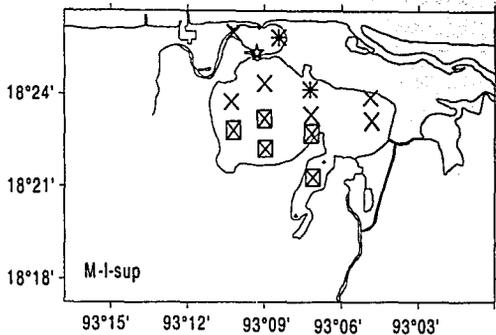


Fig. 23 Distribución de Ortofosfatos por intervalos de concentración.

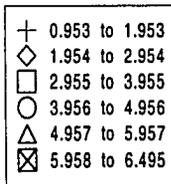
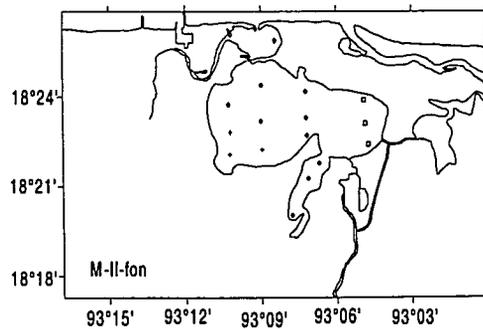
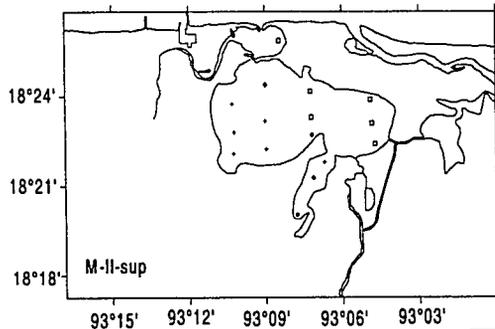
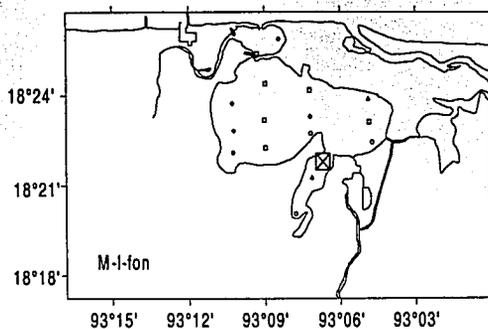
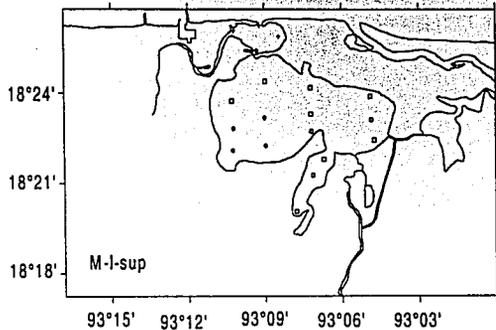


Fig. 24 Distribución de Silicatos por intervalos de concentración.