



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA  
LABORATORIO DE ECOLOGIA

DINAMICA ESPACIO-TEMPORAL DE LOS PARAMETROS  
FISICOQUIMICOS, CONCENTRACION DE NUTRIENTES Y  
SU RELACION CON LA CLOROFILA  $a$  DEL SISTEMA  
LAGUNAR DE ALVARADO. VERACRUZ, DURANTE TRES  
TEMPORADAS CLIMATICAS (JULIO DE 2000 A JUNIO  
DE 2001).

T E S I S  
QUE PRESENTA:  
LUIS ANTONIO MARTINEZ FRANCO  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
B I O L O G O

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DIRECTOR: ANGEL MORAN SILVA



IZTACALA

TALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO

2003



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A Dios.

A mi madre que siempre ha creído en mí y por su ayuda muchas veces sacrificada.

A mi padre por su apoyo en los momentos mas importantes de mi vida.

A mis hermanos por todos los momentos que hemos vivido juntos y por su ayuda desinteresada sin la cual este trabajo nunca hubiera llegado a su fin.

A la pequeña que esta por llegar.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

D

### Agradecimientos

Quiero agradecer al Biol. Ángel Morán Silva por la oportunidad de realizar este trabajo. A mis revisores M. en C. Arturo Rocha Ramírez, M. en C. Rafael Chávez López, Dr. Alfonso Lugo y Dr. Francisco Gutiérrez por sus valiosos comentarios que sirvieron para enriquecer el texto. A todos ellos les agradezco también por su amistad y apoyo incondicional.

También quiero agradecer a mis hermanos y primos del laboratorio de ecología: Reynito, Reynita, Arte, Choro, Chapis, Anita, Jarocho, Mencar, Bomber, Paco, Dany, China y Henry.

Gracias a mis compañeros del laboratorio de Ecosistemas Costeros del la UAM-I: Benito, Bety, Francisco y Raúl, por su valiosa ayuda, ya que sin ellos las horas de trabajo se hubieran duplicado.

A mis amigos y compañeros de generación, ellos saben quienes son.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE	1
RESUMEN	2
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	7
JUSTIFICACION	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
ÁREA DE ESTUDIO	12
MATERIAL Y METODOS	15
RESULTADOS	17
DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	73
ANEXO	76
BIBLIOGRAFIA	81

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **RESUMEN**

Se realizaron 10 salidas con un intervalo aproximado de 30 días durante el periodo comprendido entre julio de 2000 a junio de 2001. Los parámetros que se tomaron *in situ* fueron: oxígeno disuelto, salinidad, temperatura y turbidez. Por otro lado se tomaron muestras de agua para la determinación de las concentraciones de amonio, nitritos, nitratos, ortofosfatos, fósforo total y clorofila *a*; así como sedimento para medir la concentración de materia orgánica. Los meses que abarcaron la temporada de lluvias fueron octubre y septiembre; para nortes noviembre, diciembre y enero; para secas febrero, marzo, mayo, junio y julio. Los nutrientes presentan una variación tanto espacial como temporal y están regulados por el aporte de los ríos que aumentan las concentraciones durante las temporadas de lluvias y nortes, las actividades humanas que descargan constantemente materia orgánica al sistema, los procesos de producción interna, la resuspensión de sedimentos principalmente durante la temporada de nortes así como las actividades biológicas propias de estos sistemas que asimilan los nutrientes disueltos en el agua.

El Sistema Lagunar de Alvarado presenta tres zonas diferentes según sus características fisicoquímicas. Las lagunas Camaronera y Buen País, la Laguna de Alvarado, y la zona comprendida entre las estaciones Rastro y Aneas.

## **INTRODUCCION**

Una laguna costera es un cuerpo de agua semicerrado que puede o no tener una conexión libre con el mar abierto, y dentro del cual el agua del mar se diluye con el agua dulce derivada del drenaje de los ríos (Mc Lusk, 1981).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Estas zonas tienen funciones ecológicas importantes, incluyendo la descomposición, reciclaje y producción de nutrientes (Levin *et al.*, 2001).

Cada sistema estuarino-lagunar tiene características específicas. En México los sistemas estuarinos del Pacífico difieren de los del Golfo ya que los primeros están influenciados por actividades tectónicas, las zonas de marismas son pequeñas o ausentes y los ríos que los forman tienen poca influencia en el océano, mientras que los estuarios del Golfo no presentan una influencia tectónica tan marcada, generalmente están bordeados por zonas de marismas bien desarrolladas y su influencia en el océano es más acentuada (Kennish, 1986).

Los trabajos publicados para los sistemas estuarino-lagunares en el Golfo de México mencionan la presencia de tres temporadas climáticas que definen el comportamiento hidrológico de estos sistemas (Gómez, 1974; Villalobos *et al.*, 1975; Botello, 1978). La temporada de lluvias que se caracteriza por el gran aporte terrígeno desplazado por el agua de las lluvias, por otro lado, en la temporada de secas el aporte de los ríos es mínimo (Villalobos *et al.*, 1975; Contreras, 1983), en la tercera temporada climática, "nortes", donde se presentan fuertes vientos provenientes del norte (Herrera y Comin, 1995; Barreiro y Aguirre, 1999).

Uno de los factores que varían más ampliamente según la estación climática es la temperatura, que se ve influenciada tanto por las variaciones estacionales como por las variaciones diurnas. De este modo vemos que en la época de nortes la temperatura disminuye notablemente mientras que en la temporada de secas se registran los valores de temperatura más altos. (Villalobos *et al.*, 1966; Contreras, 1983). Aunque de forma menos amplia, la temperatura

TESIS CON  
FALDA DE ORIGEN

también varía durante el ciclo de 24 horas en donde las temperaturas mas bajas se presentan en la madrugada y las mas altas durante el medio día (Kennish, 1986).

Otro parámetro con variación tanto espacial como temporal es la salinidad. La concentración de sal esta influenciada principalmente por la amplitud de las mareas, la descarga de los ríos y por las lluvias. El agua de mar es mas densa que el agua dulce, por lo tanto las dos masas de agua no se mezclan de forma inmediata desplazándose esta ultima por la parte superficial. Del mismo modo, es común encontrar un gradiente en donde la salinidad es mayor en los canales de comunicación con el mar y disminuye en dirección a los ríos (Villalobos *et al.*, 1966; Contreras, 1983). Las mayores salinidades se registran en la temporada de secas debido a las altas tasas de evaporación y a la escasa influencia de los ríos.

Por otro lado el oxígeno también presenta una importante variación, propiciada por algunos factores como la salinidad, temperatura, presión atmosférica, velocidad de la corriente, velocidad del viento, presencia de praderas de pastos y materia orgánica en descomposición (Basto *et al.*, 1996). Las concentraciones de oxígeno disminuyen en la época de secas, esta disminución puede deberse al aumento en la temperatura ya que el oxigeno como gas tiende a liberarse del cuerpo de agua por este efecto. En la temporada de lluvias la presencia de vientos asociados ocasiona mezcla en la columna de agua lo cual incrementa la concentración de oxígeno. En nortes la concentración de este gas puede presentar grandes variaciones aumentando a finales de esta época por la presencia de fuertes vientos del norte que ayudan a la oxigenación de la columna de agua (Barreiro y Aguirre, 1999).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



En este mismo sentido, los estuarios y lagunas costeras son generalmente ricos en nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, especialmente nitrógeno y fósforo, los cuales son aportados constantemente por los ríos y el mar; estos nutrientes también presentan variaciones estacionales en cuanto a su concentración dentro de las lagunas, por ejemplo, las concentraciones mas altas se sitúan después del periodo de lluvias, cuando además de los elementos autóctonos, se suman los provenientes del arrastre terrigeno originado por los ríos. Las concentraciones mas bajas se sitúan después del florecimiento fitoplanctonico primaveral. (Botello, 1978; Mc Lusk, 1981; Contreras, 1985 b). La acción de los vientos también afecta la concentración de nutrientes en la columna de agua, al resuspender los sedimentos hacen que sus concentraciones aumenten considerablemente (Marshall, 1987; Groen 1969).

Las variaciones estacionales en la concentración de las fuentes nitrogenadas se presentan principalmente en la capa superficial y son resultado de la actividad biológica e hidrológica (Contreras, 1983).

El amonio debe entenderse como la suma de amonio mas amoniaco, los cuales están en equilibrio dependiendo del pH. El amonio es la forma preferida para la asimilación de nitrógeno por parte del fitoplancton (Contreras, 1994). Las concentraciones altas de amonio son favorecidas por la presencia de materia orgánica en descomposición y por una circulación pobre, que no permite una mayor distribución. La estación de lluvias aporta una cantidad adicional de amonio, el cual es transportado por la descarga de los ríos (Botello, 1978).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La variación estacional de fósforo esta íntimamente ligada a procesos biológicos y geoquímicos. En los estuarios la introducción de fosfatos por medio de la acción de los ríos provoca constantes afloramientos fitoplanctónicos con la subsecuente formación de materia orgánica en cantidad importante, en este sentido podemos decir que, la cantidad de materia orgánica que puede formarse esta en relación directa con la concentración de fosfatos en el área (Contreras, 1993).

Marshall (1987) menciona que los factores mencionados anteriormente, afectan de una u otra forma la presencia de fitoplancton.

En la columna de agua, las algas son los únicos organismos que contienen clorofila a, esta molécula es ideal para estimar la cantidad de fitoplancton ya que se puede medir en bajas concentraciones y siempre permanece constante respecto de otros parámetros celulares ecológicamente importantes, además, tiene la ventaja de participar activamente en la fotosíntesis (Marshall, 1987).

Los estuarios generalmente presentan una mayor concentración de clorofila a que las lagunas costeras tal como lo demuestra Day *et al.* (1988), esto puede deberse a la presencia de bosques de mangle, los cuales están aportando constantemente materia orgánica que a su vez se degrada libera gran cantidad de nutrientes (Gómez, 1974; Berman y Pollinger, 1974).

La cantidad de clorofila a y sus variaciones son un reflejo de la variabilidad ambiental en los sistemas estuarino-lagunares, por ejemplo, los picos en la concentración de clorofila aparecen como respuesta al aumento de los nutrientes y la radiación solar (Day *et al.*, 1988; Berman, 1974), por el contrario, se sabe que un registro bajo en la cantidad de clorofila esta relacionado con una cantidad limitada en estos (Contreras, 1993).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **ANTECEDENTES**

Contreras (1983), realizó un trabajo en el área Estuarino-Lagunar de Tuxpam Tampamachoco, Veracruz, detectando la presencia de dos temporadas climáticas, una caracterizada por los aportes terrígenos desplazados por el agua de lluvia; y la otra, la de los llamados "nortes", que suministran a ambos sistemas hidrológicos una cantidad considerable de nutrientes. También se determinó que a partir del mes de febrero la cantidad de nutrientes empieza a disminuir al mismo tiempo que se registró un aumento en la cantidad de biomasa fitoplanctónica.

Contreras (1985), al comparar tres lagunas costeras del estado de Veracruz, Tampamachoco, Pueblo Viejo y Tamiahua, concluyó que la productividad primaria es la manifestación de numerosos factores e interacciones ecológicas y no puede interpretarse desde un solo punto de vista; también menciona que el régimen hidrológico local determina en gran medida el camino y el destino que la energía sigue y establece ciertas pautas para la integración de la trama trófica de cada laguna en particular.

En la Laguna de Tampamachoco, De la Lanza *et al.* (1998), analizaron temporal y espacialmente algunos de los aspectos fisicoquímicos mediante un análisis multivariado. Ellos establecieron el predominio de los silicatos en la explicación de la variación espacial en este sistema controlado por las características climáticas interanuales, que se reflejaron en mayor grado a través de la mezcla estuarina con predominancia mareal. Por otro lado establecieron que los fosfatos para esta laguna definieron una marcada variación estacional de origen biogeoquímico y una escasa influencia pluvial y fluvial. También

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

encontraron la presencia de tres temporadas climáticas: nortes, lluvias y secas, de estas tres temporadas las mas definidas fueron nortes y lluvias.

La hidrología e ictiofauna de la Laguna de Sontecomapan fue estudiada por Reséndez (1982), en este trabajo se menciona que las características hidrológicas de la laguna están determinadas por aguas que tienen un doble origen: por una parte, el agua marina que penetra permanentemente por los estratos inferiores hacia la laguna, a través de la Barra de Zontecomapan. Esta influencia marina se vuelve mas acentuada durante la época de primavera o temporada de sequía y, por otra parte, el flujo de agua dulce de arroyos hacia la laguna, el cual se ve incrementado considerablemente en la época de lluvias o de mayor precipitación pluvial.

Gómez (1974). En la Laguna de Términos en Campeche, reconoció los cambios estacionales en la hidrología y plancton. Este autor encontró que en esta laguna existe poca variación térmica y además, las variaciones estacionales son semejantes a las variaciones diarias. Así mismo, menciona que la laguna experimenta dos estaciones anuales reguladas por la salinidad, además, calificó de eurihalino a éste sistema. Explicó que los mayores valores de oxígeno disuelto son registrados en las praderas de fanerógamas marinas. Menciona también que la turbiedad fue baja comparada con la que puede presentarse en otras lagunas costeras lo cual obedece a la entrada de agua limpia a través de la Boca de Paso Real durante la primavera y el verano, y en segundo término a las grandes extensiones de praderas de *Thalassia testudinum*. La mayor turbiedad aparece en invierno en que prevalecieron los vientos del norte con lluvias torrenciales.

En la Laguna de Términos, Campeche, Botello (1978), observó la variación de los parámetros hidrológicos en las épocas de sequía y lluvias. El autor concluyó que el aspecto más importante de la hidrología fue la variación de la salinidad, encontró que las condiciones variaron de marinas en la sección sur, hasta salobres en la sección este y oeste, la temperatura está regulada por las condiciones meteorológicas imperantes. Los nutrientes presentaron variaciones estacionales en cuanto a su concentración dentro de la laguna, relacionándose principalmente con la regeneración interna de estos. La estación de lluvias aporta una cantidad adicional de nutrientes, principalmente de amonio, el cual es transportado a la laguna por la descarga de los ríos. Finalmente menciona que la laguna se mantiene como un ambiente estuarino oligotrófico, ligeramente alterado por las actividades humanas.

La distribución espacio-temporal de la biomasa fitoplanctónica en el sistema lagunar Pom-Atasta en el estado de Campeche fue analizada por Barreiro y Aguirre (1999). En este trabajo se establece que los registros de clorofila *a* son una medida confiable para la evaluación de la biomasa fitoplactóica. A través de un análisis de conglomerados se llegó a la conclusión de que existen tres temporadas climáticas: nortes, lluvias y secas. También se encontró una regionalización del sistema dependiendo de la estación del año.

Villalobos *et al.* (1966) realizaron un trabajo sobre la hidrografía y productividad de la Laguna de Alvarado, Veracruz. En este trabajo se distinguieron cinco áreas naturales dentro de la laguna de acuerdo con sus características: área con influencia marina, área con influencia de agua dulce, área de gradiente, área de calma y área adyacente. También establecieron que las características hidrológicas y biológicas de la laguna están claramente definidas por la

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

temporada de lluvias y secas. En esta laguna la productividad biótica es alta, la productividad primaria y el número de células fitoplanctónicas está en relación inversa con el valor de la biomasa fitoplánctónica y los estados postlarvales de camarón. En la temporada de secas la densidad de estados postlarvales de camarón fue alta. En contraste, durante la temporada de lluvias no se encontraron estos organismos.

Villalobos *et al.* (1975) realizaron un estudio hidrobiológico en la Laguna de Alvarado, Veracruz. En este trabajo se concluyó que la temperatura y la clorinidad son parámetros que determinan los caracteres propios de esta masa de agua. Se estableció que la laguna se manifiesta como polihalina con tendencia a ultrahalina en su comunicación al mar y de escasa influencia fluvial en un corto radio de la desembocadura de los ríos; por lo contrario, en la época de lluvias, debido principalmente a los enormes aportes de los ríos y en concomitancia con el pequeño vaso de la laguna, esta se convierte en un medio totalmente dulceacuicola con una limitada área oligohalina de influencia marina en las partes profundas de la boca.

Morán *et al.* (1996) revisaron los aspectos generales del comportamiento hidrológico del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. En este trabajo mencionan que las condiciones hidrológicas son el resultado directo de las descargas fluviales, dando por consecuencia que la salinidad en el sistema sea baja, presentándose como un cuerpo de agua predominantemente oligohalino. Los valores mas altos de salinidad se presentan durante la época de secas, así mismo los registros mas altos se encontraron en las bocas de comunicación con el mar. Por otro lado, la naturaleza somera del sistema y los vientos que permiten la mezcla de la columna de agua permiten que esta se encuentre bien

oxigenada, además del aporte de oxígeno proveniente de la productividad primaria. Los valores de temperatura registrados indican una fuerte dependencia de la estacionalidad. En cuanto a nutrientes estos autores mencionan la entrada de estos al sistema a través de los ríos, los manglares, la vegetación sumergida, degradación de materia orgánica y resuspensión de sedimentos.

### **JUSTIFICACIÓN**

Las lagunas costeras son sistemas dinámicos que están sometidos a constantes cambios, tanto naturales como provocados por el hombre, por esta razón es necesario contar con información confiable para conocer la dinámica hidrológica y al mismo tiempo entender los cambios que suceden en este tipo de sistemas.

### **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo principal de este trabajo es describir, analizar y caracterizar el sistema lagunar de Alvarado a través del estudio de la dinámica de los parámetros fisicoquímicos, nutrientes y su relación con las concentraciones de clorofila *a*, durante las temporadas climáticas de lluvias, secas y nortes.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Registrar los siguientes parámetros fisicoquímicos: temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y turbidez.
- Cuantificar las concentraciones de los siguientes nutrientes: amonio, nitritos, nitratos, ortofosfatos y fósforo total.
- Obtener la concentración de clorofila *a* y analizar su relación con los nutrientes.

- o Caracterizar el sistema lagunar de acuerdo con el comportamiento espacio-temporal de los parámetros fisicoquímicos, nutrientes y clorofila a.

## **AREA DE ESTUDIO**

La laguna de Alvarado Veracruz se ubica en la planicie costera del Golfo de México, a 63 Km al suroeste del puerto de Veracruz entre los paralelos 18° 46' y 18° 42' de latitud norte y el meridiano 95° 34' y 95° 58' de longitud oeste (Contreras 1985 b) (Fig. 1). El sistema ha sido clasificado según su origen como boca de valle inundado con barrera, ya que cuenta con barrera física presente; escurrimiento continuo; forma y batimetría modificada generalmente por deltas lagunares; además de formar sub-lagunas; la energía es debida tanto a la acción mareal como al flujo de los ríos; la salinidad generalmente muestra gradientes hiposalinos (Lankford, 1977).

Este sistema, según su tipo de circulación, está clasificado como positivo, ya que la evaporación de la superficie del agua es menor al volumen de agua que entra a través de los ríos (Mc Lusky, 1981).

Según Carranza-Edwards (1975), está ubicada en la unidad morfotectónica II, que se extiende desde Punta Delgada, Veracruz, hasta las inmediaciones de Coatzacoalcos, Veracruz; abarca aproximadamente 300 Km de la Cordillera Neovolcánica y, en sus porciones central y sur, cubre a la planicie costera de Sotavento. Fisiográficamente comprende la zona central del estado de Veracruz.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

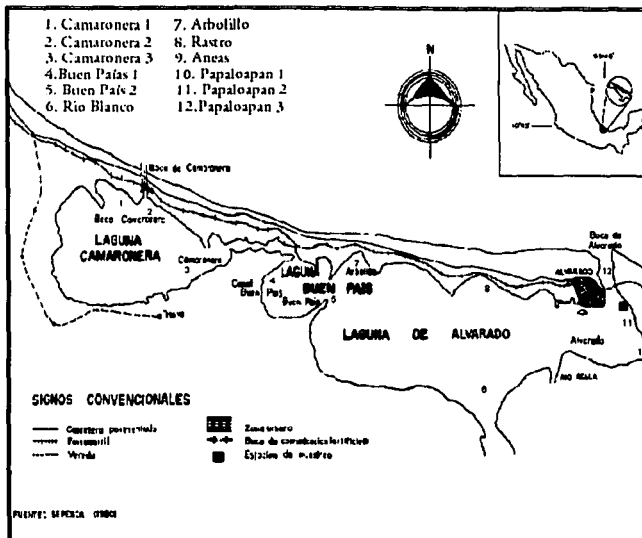


Figura 1. Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz.

Este sistema Lagunar está integrado por cuatro lagunas; tiene forma alargada y paralela a la línea de costa, su longitud total aproximada es de 17 Km y comprende un cuerpo de agua central que es el de la laguna de Alvarado, que se comunica mediante la boca de tragadero hacia el sur con la laguna de Tlalixcoyan; en mismo cuerpo central se continua hacia el noroeste con la laguna de Buen País, que a través de un estrecho canal se continua con la laguna Camaronera, cuya anchura no excede los 5 Km. El sistema lagunar tiene dos conexiones directas al mar, la primera es a través de la boca de Alvarado, situada en el extremo noreste y la segunda a través de un canal artificial construido en 1982, en la porción más estrecha de la barrera arenosa de la laguna Camaronera. La boca de comunicación con el mar tiene un ancho de 400 m y está orientada ligeramente hacia el norte. La superficie de la laguna de Alvarado es de 6 200 ha. El principal río que desemboca en el complejo Lagunar llega por el suroeste y es el Papaloapan. Este río tiene la particularidad de vencer siempre las barreras provocadas por la marea y tener un balance positivo de gasto: el río siempre aporta agua a la laguna, en un promedio diario aproximado de 40 millones de m<sup>3</sup> (Contreras, 1985 b).

El clima es de tipo Aw 2(i) cálido subhúmedo presentando más precipitaciones en el verano variando de 1 100 a 2 000 mm, con un promedio de temperatura media anual de 22°-26° C y la media del mes más frío alrededor de los 18 °C, con oscilaciones entre 5 y 7 °C (García, 1973).

Los vientos prevalecen durante una buena parte del año y tienen una dirección dominante de este hacia sureste con una velocidad máxima de 8 nudos

exceptuando el mes de octubre donde predominan del norte al noreste y varían de 50 a 72 nudos (Contreras, 1985 b).

La zona está caracterizada por presentar estaciones climáticas bien definidas, la época de lluvias se sitúa de junio a septiembre, mientras que la época de nortes y tormentas de octubre a febrero, en tanto que la de sequía comprende los meses de marzo a mayo (Contreras, 1985 b).

Prácticamente todo el contorno de la laguna esta rodeado de manglares, las especies predominantes en esta área son el "mangle rojo" *Rhizophora mangle*, el "mangle negro" *Avicennia germinans* y el "mangle blanco" *Laguncularia racemosa*; en pequeños tramos, se divisan pastos halófitos. Entre estos hay palmeras y algunos árboles medianos y grandes pertenecientes a la selva pantanosa (SARH,1972). En la época de lluvias invade a la laguna el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), llamado comunmente "pantano" por los habitantes. Finalmente, en las aguas someras con fondos lodosos, se presenta vegetación sumergida, del extremo occidental de la Isla Vives, laguna de Tlalixcoyan y cerca de la desembocadura de los ríos, se presentan con frecuencia, "praderas" de *Vallisneria americana*, así como de *Ruppia maritima*, ocasionalmente están presentes el carrizo (*Spartina* sp. ) y el tule (*Tipha* sp. ) ( Reséndez, 1973 ).

#### **MATERIAL Y METODOS**

Se estableció una red de 12 estaciones a lo largo del sistema, la determinación de los lugares de muestreo se realizó tomando en cuenta la presencia de ríos, la comunicación con el mar, la vegetación sumergida y las descargas urbanas. Los muestreos se realizaron con un intervalo aproximado de treinta días entre

una salida y otra durante el periodo comprendido entre los meses julio de 2000 a junio de 2001.

Los parámetros que se midieron *in situ* son los siguientes: Temperatura con un termómetro Taylor de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; Salinidad con un salinómetro YSI SCT, modelo 33; Oxígeno Disuelto con un oxímetro YSI modelo 51b y turbidez con un turbidímetro LaMotte modelo 2020.

Para la toma de la muestra de agua se utilizó una botella van Dorn de 3 litros de capacidad, la muestra se tomo a aproximadamente 30 cm de profundidad. Las muestras fueron llevadas al laboratorio en donde se obtuvieron las concentraciones de los siguientes nutrientes:

Amonio, por el método sugerido en Solórzano (1969); Nitritos y nitratos según la técnica Strickalnd y Parsons (1968); Ortofosfatos por el método descrito por Murphy y Riley (1962); Fosforo total según la técnica sugerida por Menzel y Corwin (1965).

La obtención de la concentración de clorofila  $a$  fue de acuerdo a la técnica propuesta por SCOR-UNESCO (1980).

Todas las técnicas fueron tomadas de Contreras (1994).

Se tomaron muestras de sedimentos de forma directa para determinar en el laboratorio el porcentaje de materia orgánica en sedimentos el cual fue utilizado para relacionarlo con la concentración de nutrientes y se realizó según la técnica desarrollada por Walkley y Black (1947) tomada de Muñoz *et al.* (2000). Para analizar la relación entre la concentración de nutrientes y la concentración de clorofila  $a$  se aplico una prueba de correlación por cada una de las estaciones, entre la concentración de clorofila  $a$  y cada una de las variables para saber con cual tiene una correlación mas alta (Daniel, 1977).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

estaciones, entre la concentración de clorofila  $a$  y cada una de las variables para saber con cual tiene una correlación mas alta (Daniel, 1977).

Para realizar la caracterización del sistema se utilizaron los datos de salinidad y oxígeno por estación de muestreo, por sistema y por mes, se realizó un análisis de clasificación temporal y espacial, utilizando el índice de distancia euclidiana. Los dendrogramas se elaboraron por el criterio de ligamiento promedio no ponderado. La clasificación del sistema según su salinidad se realizo bajo el criterio de Carriker (1967) citado en De la Lanza (1994).

Todos los cálculos, análisis y figuras se realizaron utilizando el programa computacional Statistica '98 (1998).

## **RESULTADOS**

### **Salinidad**

El valor mas alto de salinidad se presentó en el mes de julio en la estación Camaronera 1 con 21 ‰. Por otro lado, se registró 0 ‰ en los siguientes meses y estaciones: julio en las estaciones Camaronera 3, Río Blanco, Papaloapan 1 y Papaloapan 2; septiembre en las estaciones Río Blanco, Arbolillo, Rastro, Aneas y Papaloapan 1; octubre en la estación Río Blanco; Noviembre en la estación Papaloapan 1; y por ultimo en diciembre en las estaciones Papaloapan 1, Papaloapan 2 y Papaloapan 3 (Fig. 2).

### **Oxígeno**

El valor de oxígeno mas alto se encontró en la estación Camaronera 2 durante el mes de mayo con 14.4 mg/l, mientras que el valor mas bajo correspondió a la estación Río Blanco en el mes de septiembre con 2.4 mg/l (Fig. 3).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Temperatura**

Los valores mas altos de temperatura se registraron durante el mes de junio en las estaciones Camaronera 2 y Rastro, en ambos casos con 33 °C. El valor mas bajo se registró durante el mes de diciembre en la estación Camaronera 1 con 21 °C (Fig. 4).

### **Turbidez**

El valor de turbidez mas alto se registró en el mes de septiembre en la estación Papaloapan 3 con 94.8 unidades nefelometricas de turbidez (UNT); por otro lado, el valor mas bajo se registró en el mes de mayo en la estación Rastro con 2.3 UNT (Fig. 5).

### **Amonio**

La concentración mas elevada de amonio se encontró durante el mes de mayo en la estación Buen País 1 con 76.74  $\mu$  g-át/l, por el contrario en los siguientes meses y estaciones las concentraciones fueron no detectables: febrero en Camaronera 3; marzo en la estación Papaloapan 3 y junio en la estación Arbolillo (Fig. 6).

### **Nitritos**

La concentración mas elevada de nitritos se registró durante el mes de mayo en la estación Río Blanco con 13.06  $\mu$  g-át/l. Mientras que concentraciones no detectables se encontraron en los siguientes meses y estaciones: julio en Río Blanco y Rastro; septiembre en Camaronera 3 Aneas y Papaloapan 1; octubre en las estaciones Camaronera 2 y Arbolillo; noviembre en las estaciones Camaronera 3 y Papaloapan 1; septiembre en las estaciones Camaronera 2, Camaronera 3, Buen País 2, Arbolillo, Aneas, Papaloapan 1, Papaloapan 2 y Papaloapan 3 (Fig. 7).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN.

### **Nitratos**

La concentración mas elevada de nitratos se registró en el mes de diciembre en la estación Rastro con  $16.06 \mu \text{ g-át/l}$ . Por otro lado la concentración mas baja se encontró durante el mes de septiembre en la estación Aneas con  $0.07 \mu \text{ g-át/l}$  (Fig. 8).

### **Fósforo total**

La concentración de fósforo total mas elevada se registró durante el mes de octubre en la estación Camaronera 1 con  $26.53 \mu \text{ g-át/l}$ . Por otro lado la concentración mas baja se registró en el mes de diciembre en la estación Papaloapan 2 con  $0 \mu \text{ g-át/l}$  (Fig. 9).

### **Ortofosfatos**

La concentración mas alta de ortofosfatos se registró en el mes de enero en la estación Río Blanco con  $9.66 \mu \text{ g-át/l}$ , mientras que la concentración mas baja fue de  $0.17 \mu \text{ g-át/l}$  durante el mes de mayo para las estaciones Camaronera 1 y Camaronera 2 (Fig.10).

### **Clorofila**

Durante el mes de julio todas las estaciones presentaron una concentración de  $0 \text{ mg/m}^3$ , mientras que la concentración mas elevada se presentó en la estación Buen País 1 en el mes de febrero con  $181.98 \text{ mg/m}^3$  (Fig. 11).

### **Materia orgánica en sedimentos**

El porcentaje de materia orgánica mas bajo fue de  $0.07\%$  en la estación Arbolillo y se presento en el mes de mayo. Por otra parte el valor mas alto se encontró en el mes de diciembre con  $3.72\%$  (Fig. 12).

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

### Correlación

La prueba de correlación se realizó entre la clorofila y cada una de las variables, los resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes de correlación.  $\alpha = 0.05$

TEMPORADA	SAL	OXI	TEM	TUR	N-NH <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P-TOT	P-PO <sub>4</sub>
LLUVIAS	0.55	0.59	0.35	-0.42	-0.65	-0.14	-0.74	-0.20	-0.15
NORTES	-0.04	-0.15	-0.24	0.36	0.29	0.27	-0.13	-0.62	0.14
SECAS	0.43	0.02	0.29	0.11	0.10	-0.20	0.15	-0.47	-0.37



### Salinidad

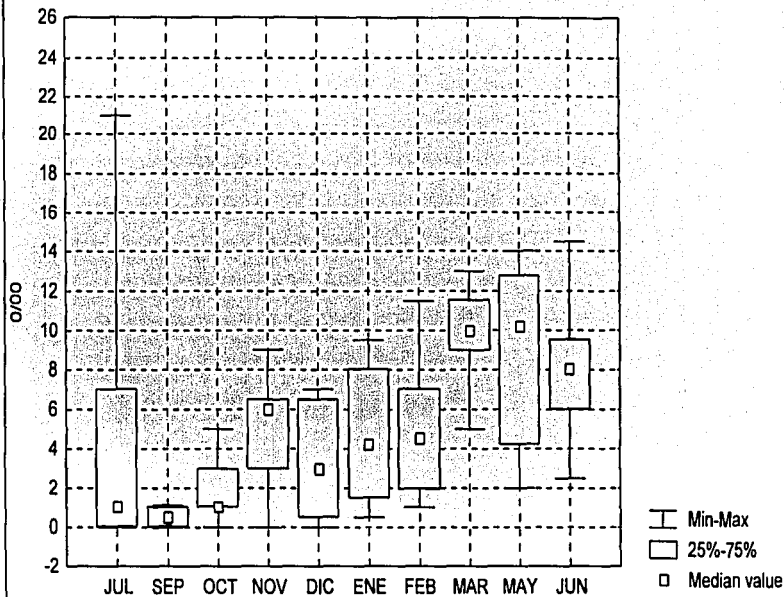


Figura 2. Se muestran los valores promedio de salinidad durante el ciclo de muestreo.

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

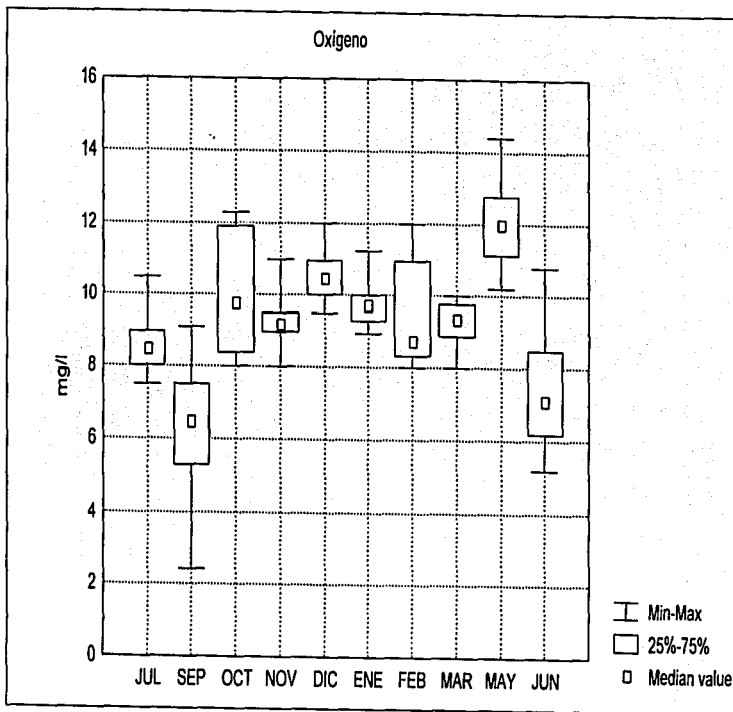


Figura 3. Se muestran los valores promedio de oxigeno disuelto durante el ciclo de muestreo.

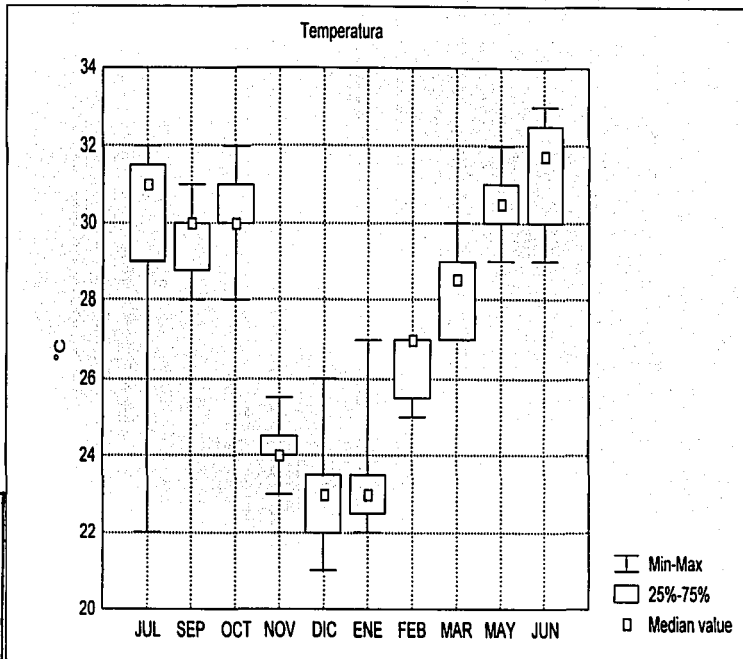


Figura 4. Se muestran los valores promedio de temperatura durante el ciclo de muestreo.

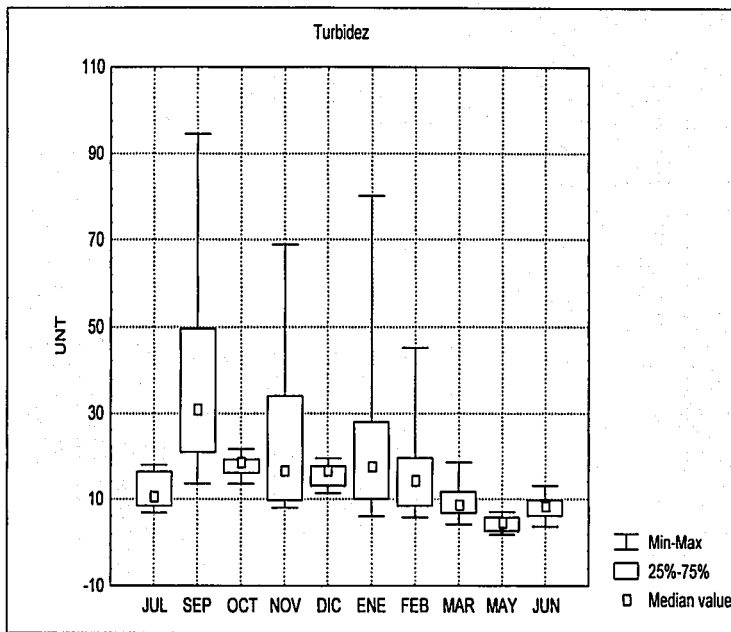


Figura 5. Se muestran los valores promedio de turbidez durante el ciclo de muestreo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

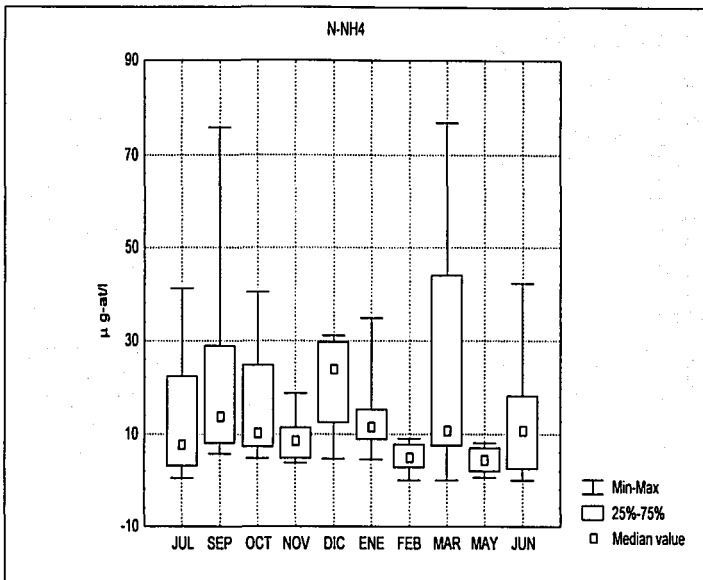


Figura 6. Se muestran los valores promedio de amonio durante el ciclo de muestreo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

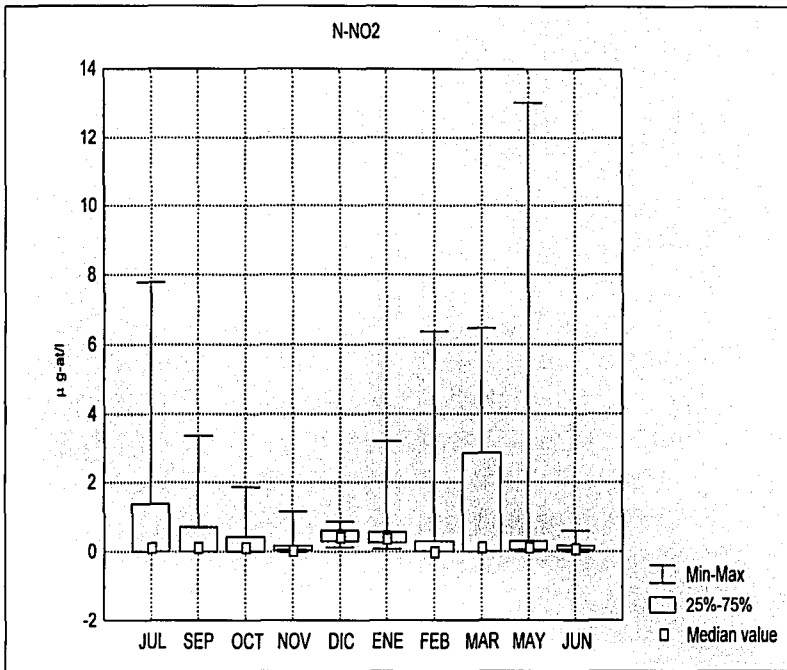


Figura 7. Se muestran los valores promedio de nitritos durante el ciclo de muestreo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

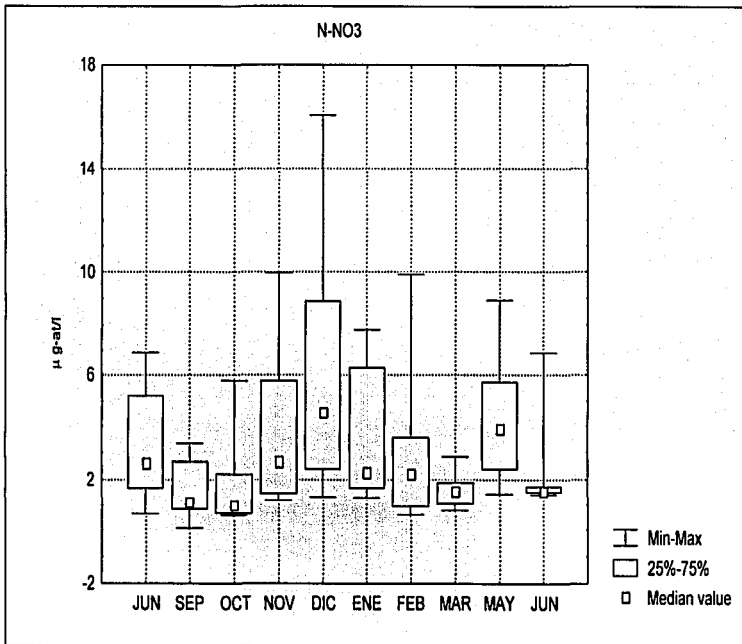


Figura 8. Se muestran los valores promedio de nitratos durante el ciclo de muestreo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

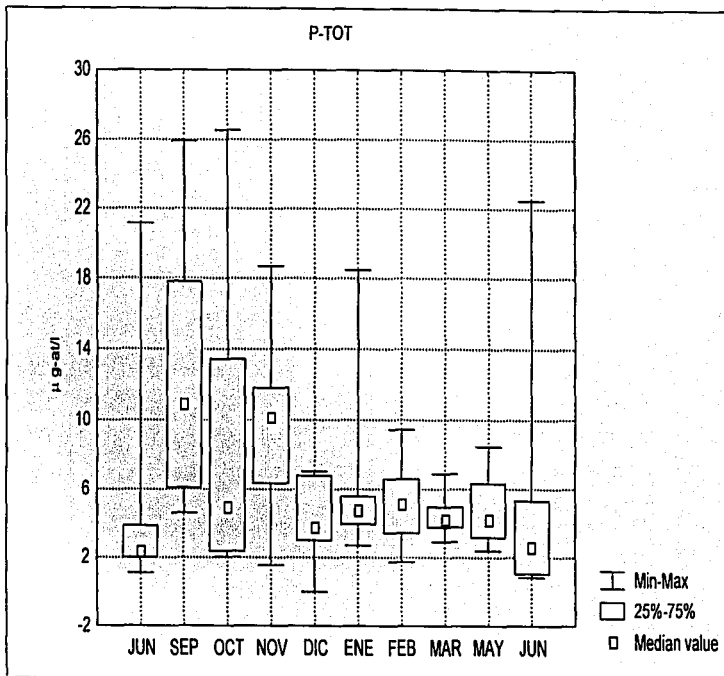


Figura 9. Se muestran los valores promedio de fósforo total durante el ciclo de muestreo.



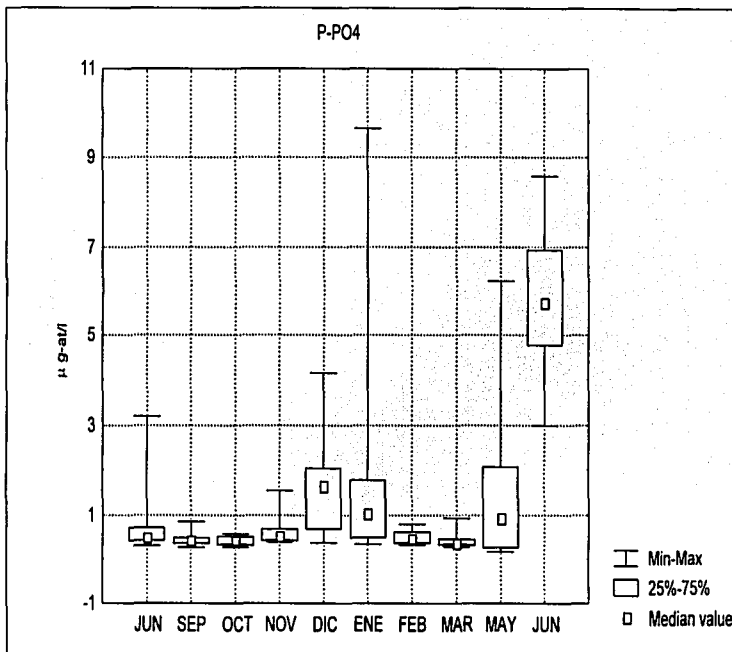


Figura 10. Se muestran los valores promedio de ortofosfatos durante el ciclo de muestreo.

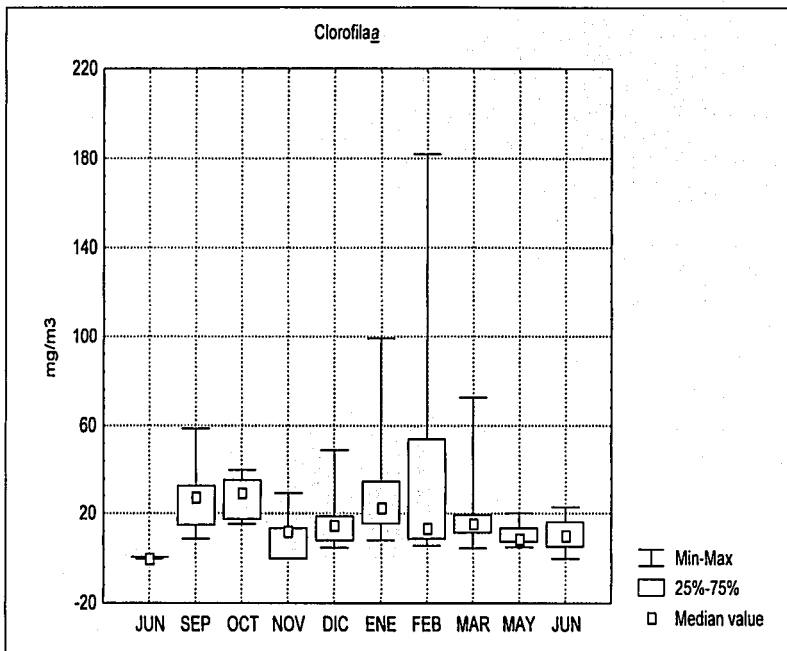


Figura 11. Se muestran los valores promedio de Clorofila <sub>a</sub> durante el ciclo de muestreo.

### MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS

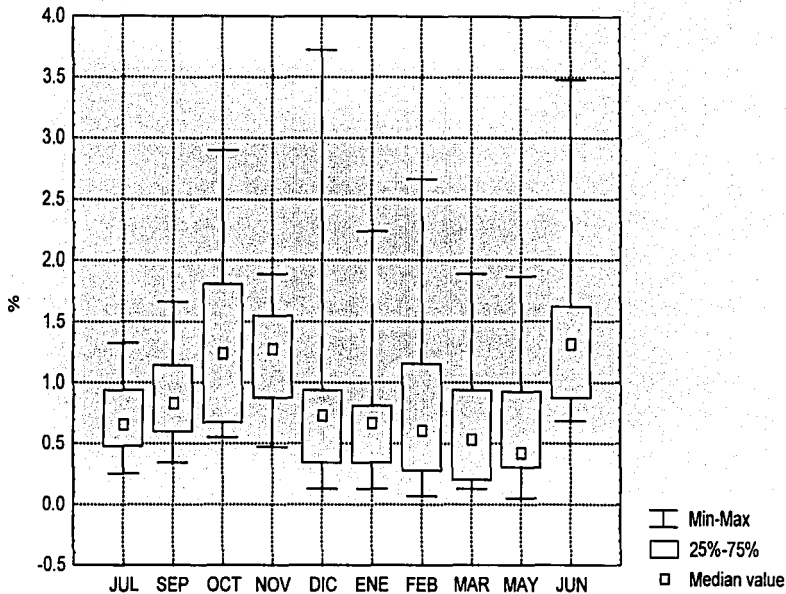


Figura 12. Se muestran los valores promedio de porcentaje de materia orgánica en sedimento.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

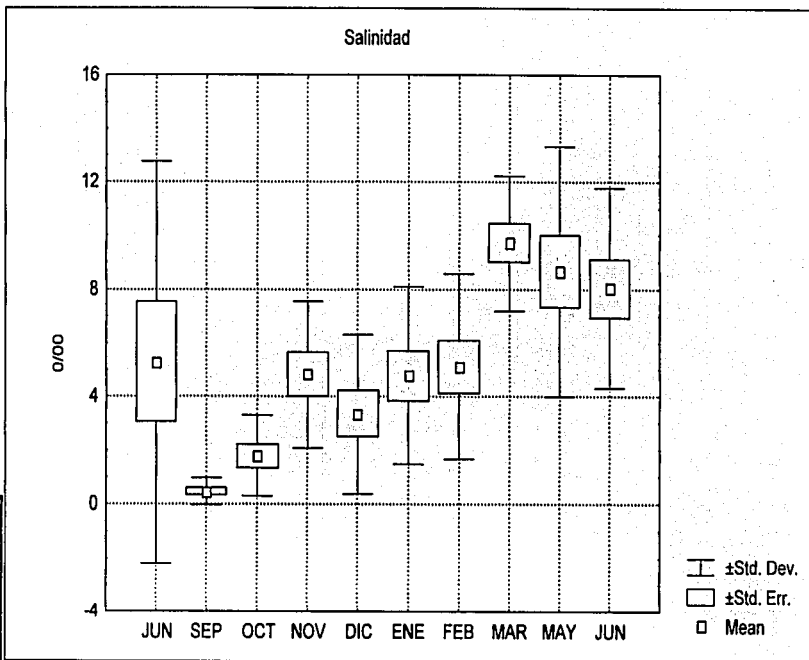


Figura 13. Se muestran los valores promedio, error estándar y desviación estándar de salinidad por mes.

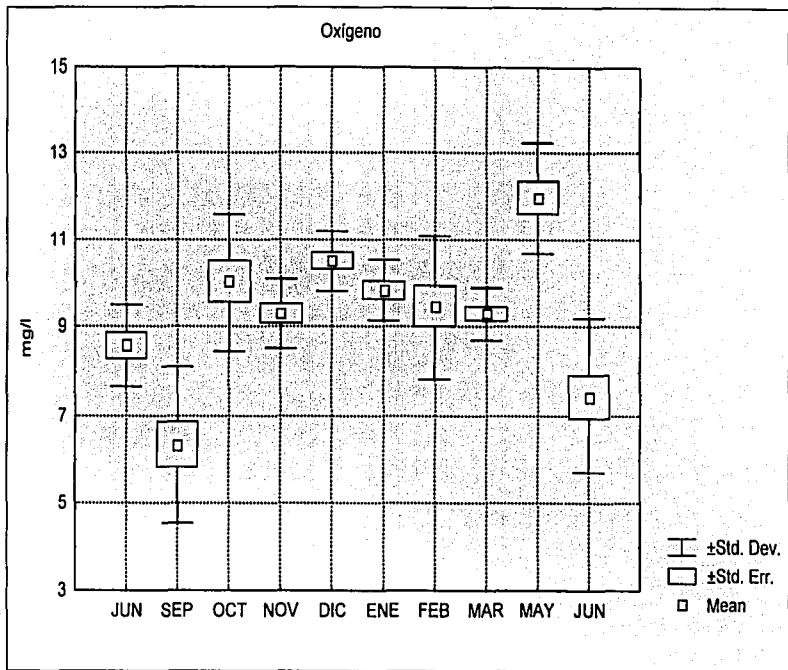


Figura 14. Se muestran los valores promedio, error estándar y desviación estándar de oxígeno por mes.

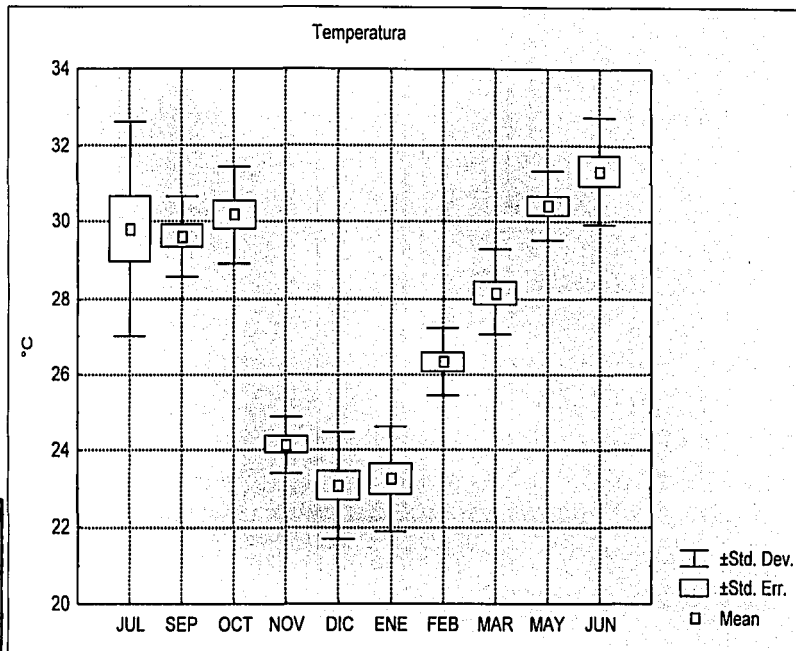


Figura 15. Se muestran los valores promedio, error estándar y desviación estándar de temperatura por mes.

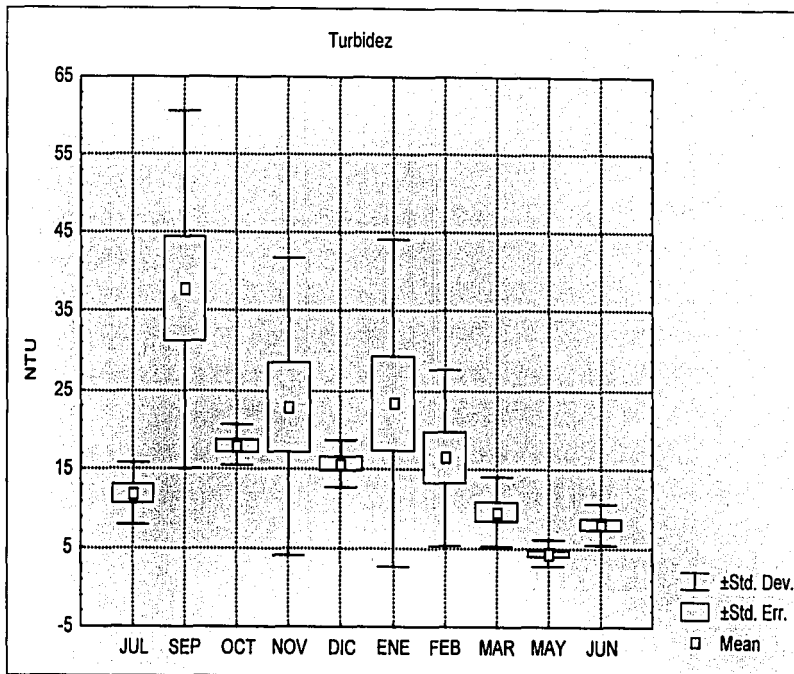


Figura 16. Se muestran los valores promedio, error estándar y desviación estándar de turbidez por mes.

## **DISCUSION**

Las variaciones meteorológicas estacionales y las influencias hidrológicas modulan sustancialmente los patrones de transporte mantenidos por la marea y los ríos (Smith, 2001). Por otra parte, la ubicación de los ríos con respecto a las bocas del sistema lagunar también influyen el patrón de transporte (*op. cit.*). Es por esto que el análisis de los resultados se realizó tomando en cuenta la ubicación de los ríos, los lugares en donde el sistema tiene conexión con el mar, presencia de vegetación sumergida y descargas urbanas.

### **Salinidad**

Las estaciones ubicadas en el Río Papaloapan registraron valores de salinidad menores que en el resto del sistema, a pesar de la cercanía de la boca de comunicación con el mar, el río acarrea un volumen importante de agua dulce, como mencionan Morán *et al.* (1996). Las estaciones con mayor salinidad fueron las ubicadas en la laguna Camaronera, esto debido a la cercanía del canal artificial que comunica a la laguna con el mar y a la poca influencia de los ríos, tal como explican Villalobos *et al.* (1966).

El mes en el cual se registró la salinidad mas baja fue septiembre, lo que sugiere un incremento de entrada de agua dulce debido a las lluvias como lo refiere Botello (1978). Los meses de junio, mayo y marzo fueron los meses en donde se registraron los valores de salinidad mas altos probablemente por un menor aporte de los ríos debido a las escasez de lluvias. Los meses de diciembre, enero y febrero mostraron valores similares de salinidad siendo el menor en diciembre, aumentando ligeramente debido probablemente al comienzo de la temporada de secas (Fig. 13). Lo anterior coincide con lo mencionado por Herrera-Silveira (1995) para la Laguna de Celestúm, Morán *et*



*al.* (1996) para el Sistema Lagunar de Alvarado y De la Lanza *et al.* (1998) para la Laguna de Tampamachoco quienes mencionan un comportamiento temporal en la salinidad similar al aquí descrito.

Los resultados indican que el sistema presenta un carácter de tipo oligohalino durante la temporada de lluvias y nortes y generalmente mesohalino durante la temporada de secas, sin embargo, durante la temporada de secas las estaciones ubicadas en los ríos Papaloapan y Blanco tuvieron valores de tipo oligohalino lo cual indica una pobre influencia del mar hacia la laguna (Moran *et al.*, 1996).

#### **Oxígeno**

Las estaciones Camaronera 1 y 2 tuvieron valores similares de oxígeno disuelto ya que son estaciones cercanas y existen praderas de pastos sumergidos, las cuales incrementen la concentración de este elemento en la columna de agua (Aguirre, 1974; Morán *et al.*, 1996). Las estaciones ubicadas en el Río Papaloapan, en la laguna Buen País y la estación Camaronera 3 tuvieron valores similares, con fluctuaciones espaciales similares. La estación ubicada en el Río Blanco y las de la laguna de Alvarado también presentan valores similares esto pudo deberse a la presencia de praderas de pastos en estas estaciones (*op cit.*).

En las estaciones Rastro y Aneas durante la época de nortes, a pesar de que se encontraron valores elevados de materia orgánica en sedimentos, las concentraciones de oxígeno disuelto fueron mayores que en el resto del sistema, esto puede deberse a la entrada de vientos provenientes del norte que mezclan la columna de agua, otro factor que puede contribuir a este aumento en la concentración de oxígeno es la profundidad ya que esta es una zona

somera, por lo tanto se facilita la disolución de este gas. Morán *et al.* (1996) señalan un fenómeno similar en este mismo sistema lagunar.

El mes que presentó las concentraciones de oxígeno mas bajas fue septiembre, posiblemente influenciado por el comienzo de la temporada de lluvias y el consecuente aumento en materia orgánica en suspensión, (Kennish 1986) menciona que al resuspenderse la materia orgánica, los microorganismos comienzan a descomponerla y toman oxígeno de la columna de agua. El resto de los meses con excepción de mayo y junio fueron similares (Fig. 14).

### **Temperatura**

Las estaciones ubicadas en la laguna de Alvarado mostraron los valores de temperatura mas altos, esto posiblemente porque las corrientes son mas lentas que en el resto del sistema. Por otro lado las estaciones ubicadas en el Río Papaloapan tuvieron los valores mas bajos de temperatura, posiblemente porque las corrientes son mas rápidas, como explica Groen (1969), en las zonas donde la corriente es mas fuerte la temperatura tiende a disminuir, aunque cabe señalar que las diferencias entre sistemas son pequeñas.

Los meses mas fríos fueron noviembre, diciembre y enero; en estos meses la presencia de vientos fríos del norte es frecuente, lo cual influye notablemente en la temperatura del ambiente y de la laguna. A partir de febrero la temperatura comenzó a aumentar gradualmente hasta el mes de mayo en el cual se estabiliza (Fig. 15), tal como mencionan Gómez (1974) y Botello (1978) las condiciones meteorológicas imperantes regulan considerablemente la temperatura del agua.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Turbidez**

En general las estaciones que se encuentran en los ríos tuvieron valores mas elevados de turbidez, por otro lado, las estaciones ubicadas en la laguna Camaronera y Buen País mostraron valores mas bajos, esto es debido a que las corrientes de los ríos tienden a resuspender los sedimentos aumentando la turbidez.

Los valores de turbidez mas bajos se registraron en los meses de marzo, mayo y junio, posiblemente por la ausencia de vientos fuertes y de lluvias que mezclen el agua. En septiembre se registraron los valores mas elevados, debido al aumento de las corrientes por parte de los ríos. En noviembre, diciembre y enero los valores también fueron altos debido a la presencia de vientos del norte (Fig. 16).

Gómez (1974) mencionó que la turbidez es menor en las estaciones ubicadas en praderas de pastos sumergidos ya que estas plantas tienden provocar la sedimentación de las partículas suspendidas en la columna de agua, así mismo, menciona que durante la temporada de secas, la turbidez es menor que durante la temporada de nortes ya que los fuertes vientos tienden a resuspender los sedimentos, por otro lado, durante esta misma temporada los ríos acarrean una gran cantidad de material terrigeno incrementando el valor de este parámetro.

### **Formas nitrogenadas**

En la laguna Camaronera el amonio fue el compuesto que mostró las mayores concentraciones durante todo el ciclo de muestreo, siendo los nitratos los segundos en cantidad y los menos abundantes fueron los nitritos (Fig. 17).

Kennish (1986) señaló que en las aguas estuarinas el amonio es la forma predominante, lo cual coincide con lo reportado por Contreras (1983; 1992) para la Laguna Tampamachoco y el Sistema Lagunar-Estuarino de Carretas-Pereyra respectivamente. Kennish (*op. cit.*) indicó que las concentraciones de compuestos nitrogenados aumenta con el flujo de los ríos lo cual se puede observar en el mes de septiembre en donde hay un aumento de estos.

En el mes de diciembre el lirio (*Eichhornia crassipes*) que entra a la laguna proveniente de los ríos comienza a descomponerse lo cual posiblemente aumenta las concentraciones de amonio, ya que como menciona Føyn (1969), cuando la materia orgánica comienza su descomposición uno de los principales productos es el amonio. Petrucio y Esteves (2000), mencionan que el lirio es una macroflita acuática que puede asimilar grandes cantidades de nitrógeno y fósforo, por otra parte Poi de Neiff *et al.* (1994) indican que la tasa de descomposición de esta misma especie es lenta (porcentaje de decaimiento por día = 0.02); sin embargo, puede alterar significativamente las concentraciones de nutrientes a su alrededor, debido a la materia orgánica retenida en sus raíces. El valor mas elevado de estas concentraciones se presenta en el mes de marzo debido posiblemente a una resuspensión de los sedimentos quizá por factores antropogénicos, ya que en este mes el porcentaje de materia orgánica en estos disminuye considerablemente. De la Lanza (1996), menciona que al resuspenderse los sedimentos por efecto de las corrientes aumenta la concentración de nutrientes en la columna de agua.

La Laguna de Buen Pais también presentó una dominancia de amonio sobre los nitritos y nitratos. Así mismo se registró el incremento en el mes de septiembre debido a las lluvias, como también en diciembre y marzo De la

Lanza (1996) también menciona que los ríos aportan cantidades significativas de amonio a los estuarios lo que probablemente aumentó las concentraciones de estos nutrientes en esta laguna. En febrero se registró una disminución que coincide con un aumento en la concentración de clorofila *a*; lo cual puede deberse, como sugiere Kennish (1986) a que el fitoplácton está consumiendo a este compuesto rápidamente. El hecho de que las concentraciones de amonio hayan sido ligeramente superiores al resto de sistema puede deberse a la lenta circulación del agua en esta laguna (*op. cit.*) (Fig. 18).

En la laguna de Alvarado no se registró el aumento de formas nitrogenadas en el mes de septiembre; sin embargo, además de los incrementos mencionados anteriormente, en enero se presenta también un aumento en la concentración de formas nitrogenadas, debido posiblemente a un aumento en las descargas urbanas del Puerto de Alvarado, como mencionan Barreiro y Aguirre (1999), las descargas urbanas tienden a aumentar la concentración de nitrógeno. Durante el mes de junio también se registró un aumento de formas nitrogenadas ya que en la estación ubicada cerca del Rastro aumento considerablemente el porcentaje de materia orgánica en el sedimento y esto pudo influenciar el aumento en la concentración de estos compuestos (Fig. 19).

En los ríos Papaloapan y Blanco también se mostró un predominio del amonio sobre los nitritos y nitratos, siendo en la temporada de lluvias cuando las concentraciones son mayores. En las estaciones ubicadas en los ríos la concentración de formas nitrogenadas es mayor que en el resto de las estaciones lo que se puede explicar al considerar que el agua proveniente de la cuenca contiene una gran cantidad de estas formas, ya que como menciona De la Lanza (1996), los ríos no solo aportan nutrientes provenientes de la

transformación de la fase sedimentaria si no que también otros de naturaleza vegetal y, además, los desechos humanos llevados a los ríos de manera accidental o intencional, ya sea como afluente de áreas urbanas, desechos agrícolas e industriales (Fig. 20).

### **Formas fosfatadas**

En la Laguna Camaronera las formas fosfatadas se ven incrementadas durante el mes de septiembre, como ya se mencionó anteriormente, por efecto de la entrada de agua proveniente de los ríos así como la resuspensión de los sedimentos provocada por el aumento de las corrientes (Groen, 1969); sin embargo, en esta laguna existe una cooperativa pesquera que vierte sus desechos cerca de la estación Camaronera 1, lo cual pudiera aumentar la concentración de formas fosfatadas, Føyn (1967) menciona que las descargas de materia orgánica tienen un efecto local. Las concentraciones disminuyen gradualmente hasta presentar solo variaciones ligeras a partir del mes de enero. En el mes de junio se registró un ligero aumento, principalmente de ortofosfatos, ese mismo mes hay una reducción en la concentración de clorofila  $a$  lo que sugiere que el fósforo dejó de ser utilizado por las poblaciones fitoplanctónicas durante ese mes, algo similar fue reportado por Contreras (1992) para el Sistema Lagunar-Estuarino de Carretas-Pereyra en el estado de Chiapas, en donde durante los meses de junio y septiembre las concentraciones de fósforo total y clorofila  $a$  se ven aumentadas. Contreras y Castañeda (1992) señalan que al analizar estos parámetros, no se aprecian patrones claros de variabilidad. Cabe mencionar que las concentraciones de formas fosfatadas en la Laguna Camaronera es ligeramente menor que en el resto del sistema lo cual pueda ser efecto de que las corrientes son mínimas y

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

la mayoría de estos compuestos se depositan en el sedimento, como menciona De la Lanza (1996) (Fig. 21).

En la Laguna Buen País el aumento en la concentración de formas fosfatadas se registró durante los meses de octubre y noviembre, posteriormente en diciembre disminuye y se mantiene estable hasta los meses de mayo y junio en donde también se registró un aumento en los ortofosfatos, con la disminución de clorofila *a*, que ya se mencionó anteriormente (Fig. 22). Este aumento en la concentración de ortofosfatos puede deberse, como menciona De la Lanza (1996), al aporte de los estuarios, procesos de resuspensión de sedimentos y actividad de las plantas halófitas además de la influencia del canal que comunica a esta laguna con la Laguna Camaronera.

En la Laguna de Alvarado las concentraciones de formas fosfatadas es mayor durante los meses de lluvias y secas que en la época de nortes; sin embargo, la variación no es tan amplia como en el resto del sistema (Fig. 23). Estas variaciones pueden deberse también a la influencia directa de los ríos sobre esta laguna. En los ríos Papaloapan y Buen País no se muestra un patrón espacial tan claro como en el resto del sistema; sin embargo, en los meses de septiembre, enero y junio se muestra un aumento considerable de estos compuestos debido probablemente al aumento de las corrientes. En el mes de junio se presentó el ya mencionado incremento de ortofosfatos con respecto al fósforo total (Fig. 24). Correll *et al*, (1992); menciona que las tierras de cultivo son fuentes importantes de fósforo debido a los procesos de erosión a los que están sujetos ese tipo de suelos, además, es común la adición de fertilizantes ricos en fósforo, estos compuestos son transportados por los ríos hacia los estuarios y pueden ser causantes del aumento de ortofosfatos, lo cual, puede

presentarse en el sistema lagunar en todo el sistema, lo cual puede aumentar durante el mes de junio.

#### **Clorofila a.**

Dos características globales del fitoplácton lagunar son su alta producción y su baja diversidad, es por eso que si consideramos a las lagunas costeras como ecosistemas con caracteres intermedios entre el mar y los ríos, resulta evidente utilizar estas características en su evaluación (Margalef, 1969). Para este fin, el utilizar la clorofila a resulta ideal ya que en la columna de agua las algas son los únicos organismos que la contienen y se mantiene constante con respecto a otros componentes celulares ecológicamente importantes (Marshall, 1987).

Los coeficientes de correlación no muestran relación significativa entre la concentración de clorofila a y los parámetros fisicoquímicos .

En el mes de junio no se registro clorofila a, debido posiblemente a un error de colecta o a que las concentraciones de este pigmento no fueron detectables. Posteriormente en los meses de septiembre y octubre se registró un incremento en la concentración de este pigmento, lo cual coincide con lo reportado por Contreras *et al.* (1992); Contreras y Castañeda (1992) ambos para es Sistema Estuarino-Lagunar de Carretas-Pereyra en Chiapas y por Barreiro y Aguirre (1999) en el sistema lagunar Pom-Atasta en el estado de Campeche; en los meses de noviembre y diciembre disminuyó la concentración no obstante que los niveles de amonio subieron, lo cual también coincide con lo reportado por los autores antes mencionados. En los meses de enero, febrero y marzo se incremento la concentración lo cual coincide con la disminución de nutrientes en esos meses. Li *et al.* (2000); mencionan que durante el fin de la



temporada de nortes y comienzo de secas se registra un florecimiento fitoplanctónico lo cual correspondería a los encontrado en el mes de febrero en donde aumentaron las concentraciones de clorofila  $\underline{g}$ . Para mayo y junio disminuye la cantidad de clorofila  $\underline{g}$  registrada a pesar de el aumento en las formas fosfatadas lo cual sugiere que el fósforo inorgánico no fue un factor limitante para el crecimiento del fitoplánton (Fig.25) Marshall (1987) indica que el aumento significativo de algún nutriente, ya sea fósforo o nitrógeno, incluso podría resultar tóxico para estos organismos.

Barreiro y Aguirre (1999) mencionan que durante la temporada de lluvias un aumento en la concentración de nitratos es una condición previa para el florecimiento fitoplanctónico a comienzo de la temporada de secas; sin embargo, en este trabajo el aumento de nitratos se encontró durante la temporada de nortes, este incremento puede ser en parte causante de este florecimiento como mencionan Aminot y Chaussepied, 1983; citado en Barreiro y Aguirre, 1999.

Como mencionan Barreiro y Aguirre (*op. cit.*), los patrones espaciales de concentración de la clorofila  $\underline{g}$ , responden a la regionalización dada por las condiciones ambientales. Li *et al.* (2000) indican que las corrientes en un estuario distribuyen la biomasa fitoplanctónica de forma asimétrica. Por otro lado, Revilla *et al.* (2000) indican que la mayor concentración de clorofila  $\underline{g}$  se registra en las partes altas del estuario en donde la influencia de la marea es mínima, lo cual puede coincidir por lo encontrado en este trabajo ya que las estaciones ubicadas en la Laguna Buen País, que no reciben una influencia mareal directa, presentaron los valores mas altos. Aunque en las estaciones ubicadas en los ríos Papaloapan y Blanco tienen menos influencia por parte de

las mareas, las corrientes posiblemente acarrear a las poblaciones de fitopláncton y el registro de clorofila  $a$  es bajo. Revilla *et al.* (*op. cit.*) también mencionan que las poblaciones de fitopláncton en el mar adyacente puede penetrar a la laguna con la incursión de las mareas, un fenómeno parecido pudiera estarse presentando en las estaciones de la Laguna Camaronera ya que en los meses de septiembre, enero y febrero las concentraciones en estas estaciones fueron mayores al resto del sistema.

Los florecimientos fitoplanctónicos en la temporada de secas pueden deberse a que las poblaciones que crecen bajo la superficie por varias semanas emergen repentinamente a la superficie durante los periodos de clima tranquilo (Marshall, 1987).

Los valores de la relación N:P durante el ciclo de muestreo (Fig. 26) son en su mayoría menores que 5, y sólo los meses de diciembre y marzo presentaron proporciones de 6.79 y 6.25 respectivamente; esto coincide con lo mencionado por Varona y Gutiérrez (en prensa) quienes mencionan que para las lagunas costeras el elemento limitante de la producción fitoplanctónica es el nitrógeno. Estos mismos autores señalan que aun con un incremento ligeramente mayor el elemento limitante sigue siendo el nitrógeno.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Nitrogeno en la Laguna Camaronera ( $\mu\text{g-atl}$ )

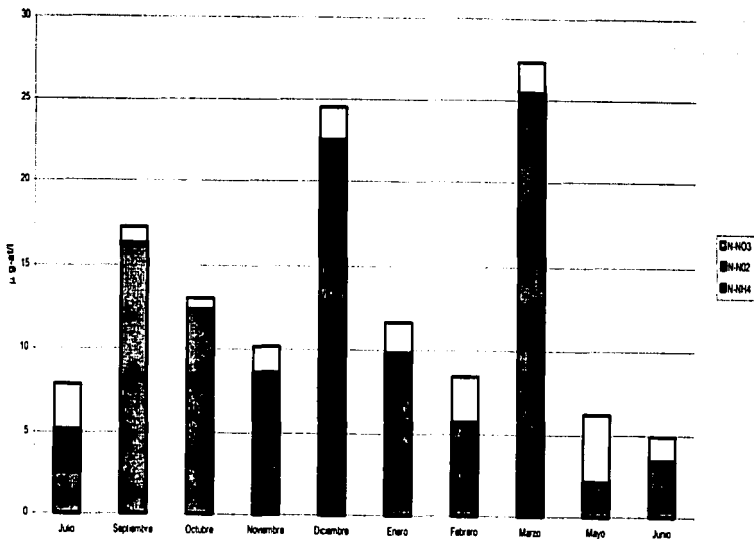


Figura 17. Se muestran los valores de concentración de los compuestos nitrogenados en la Laguna Camaronera durante el ciclo de muestreo.

Formas nitrogenadas en la Laguna Buen País ( $\mu\text{g-l}^{-1}$ )

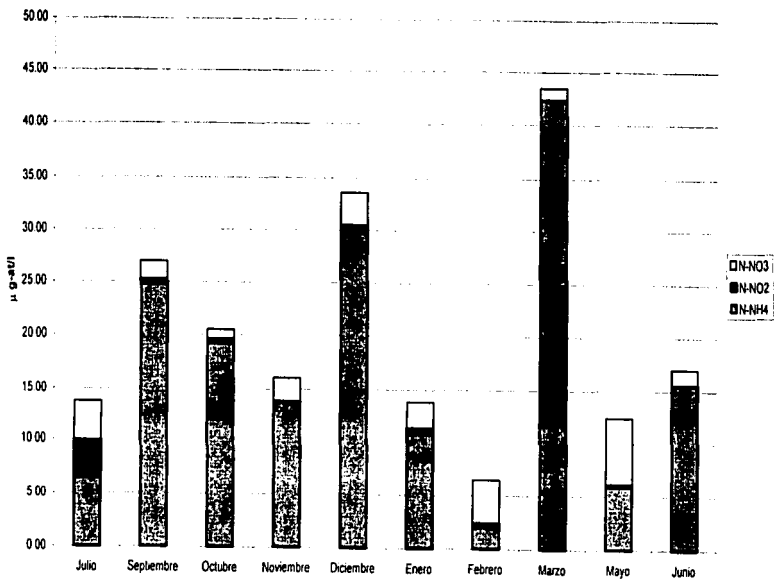


Figura 18. Se muestran las concentraciones de formas nitrogenadas en la Laguna de Buen País.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Formas nitrogenadas en la Laguna de Alvarado ( $\mu$  g- $lit^{-1}$ )

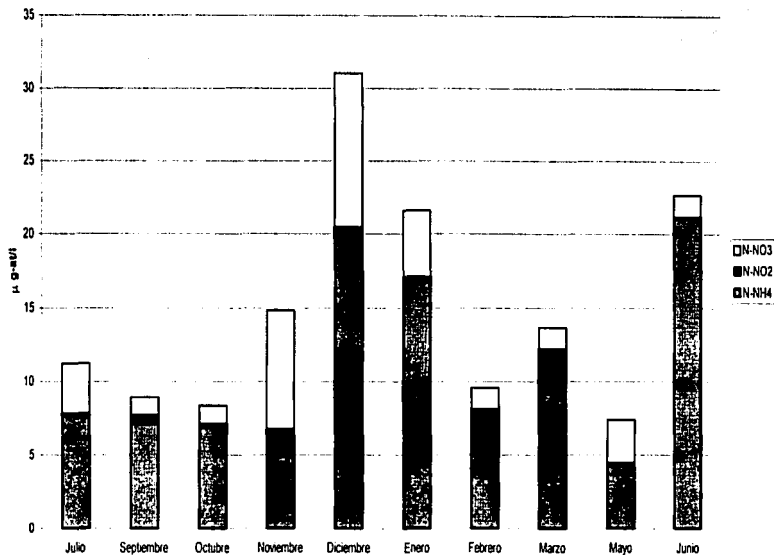


Figura 19. Se muestran las concentraciones de compuestos nitrogenados en la Laguna de Alvarado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Formas nitrogenadas en Papaloapan y Río Blanco ( $\mu\text{g-at/l}$ )

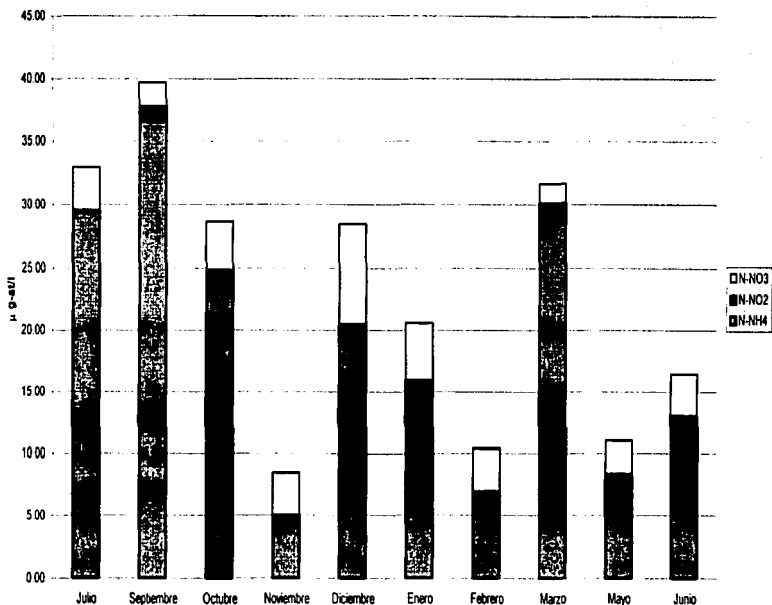


Figura 20. Se muestran las concentraciones de formas nitrogenadas en los ríos Papaloapan y Blanco

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fósforo en la Laguna Camaronera ( $\mu\text{g-at/l}$ )

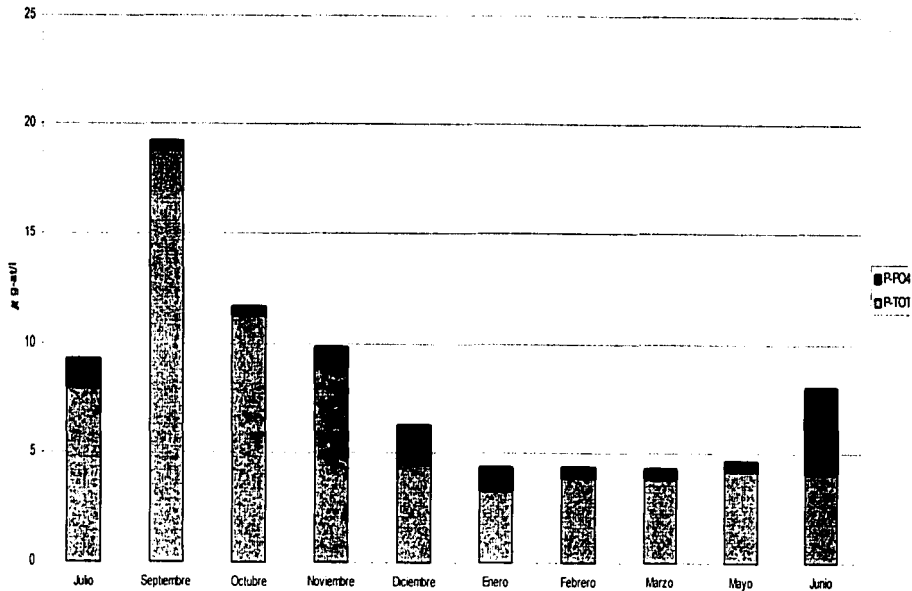


Figura 21. Se muestran las concentraciones de formas fosfatadas en la Laguna Camaronera.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fosforo en la Laguna Buen Pais ( $\mu$  g-at/l)

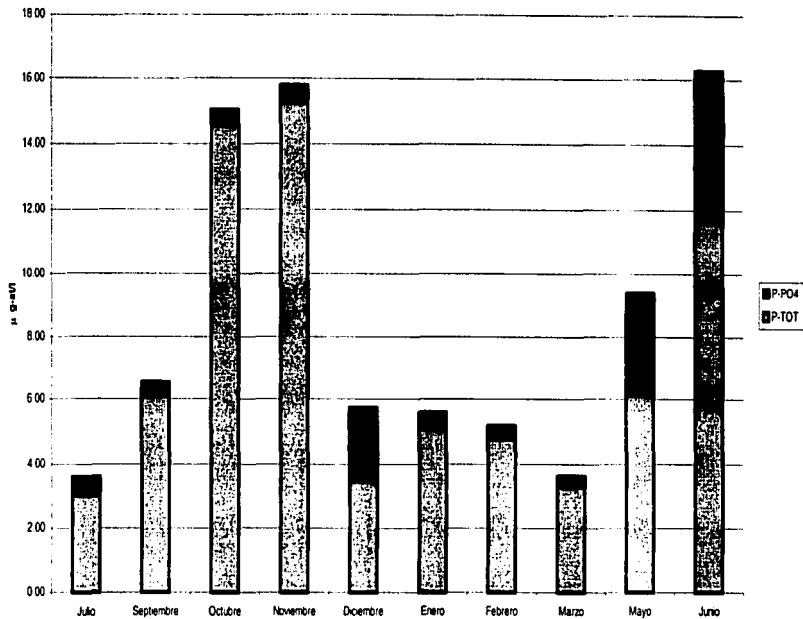


Figura 22. Se muestran las concentraciones de formas fosfatadas en la Laguna Buen Pais.

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN



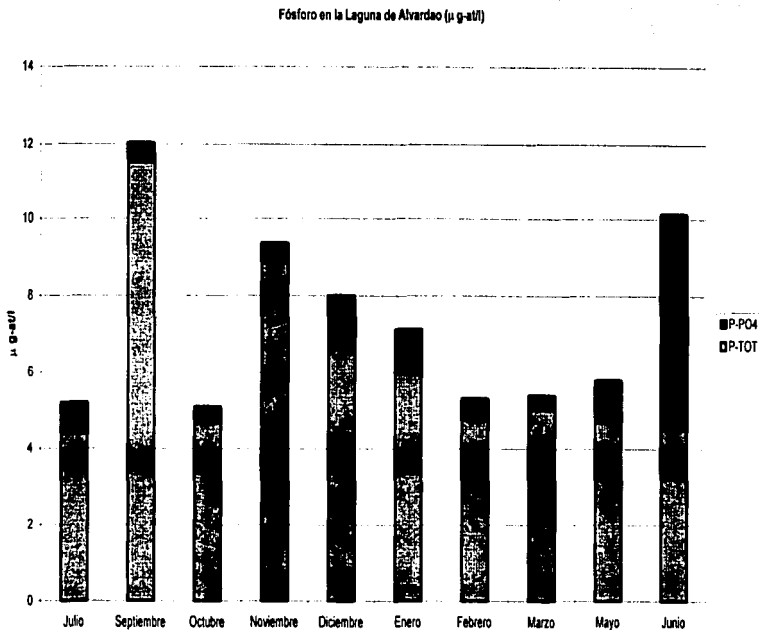


Figura 23. Se muestran las variaciones de las formas fosfatadas en la Laguna de Alvarado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

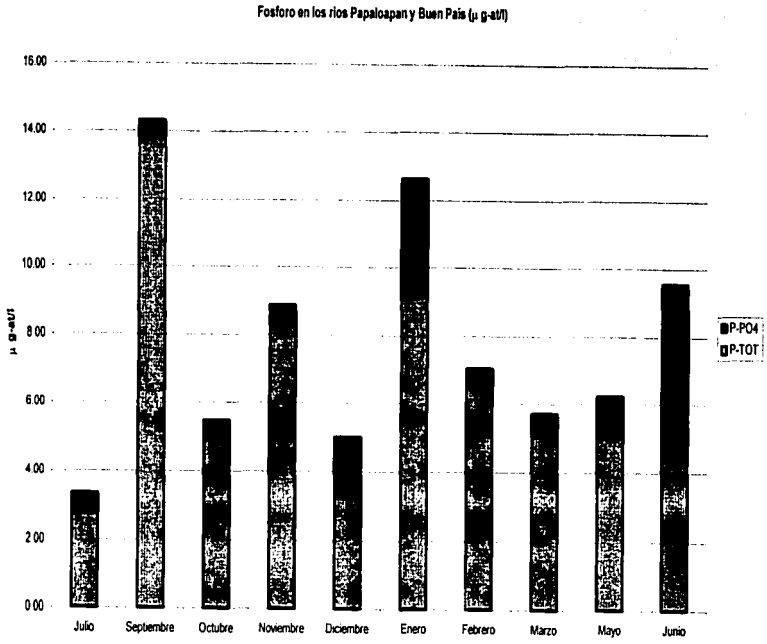


Figura 24. Se muestran los valores de formas fosfatadas en los rios Papaloapan y Buen Pais.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

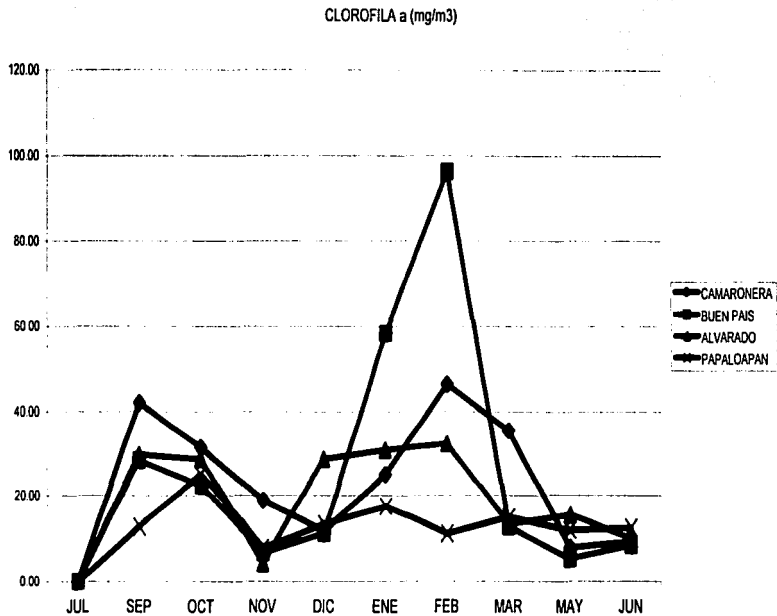


Figura 25. Se muestran los valores de clorofila  $a$  en el Sistema Lagunar de Alvarado.

### RELACION DE FOSFORO Y NITROGENO EN PORCENTAJE

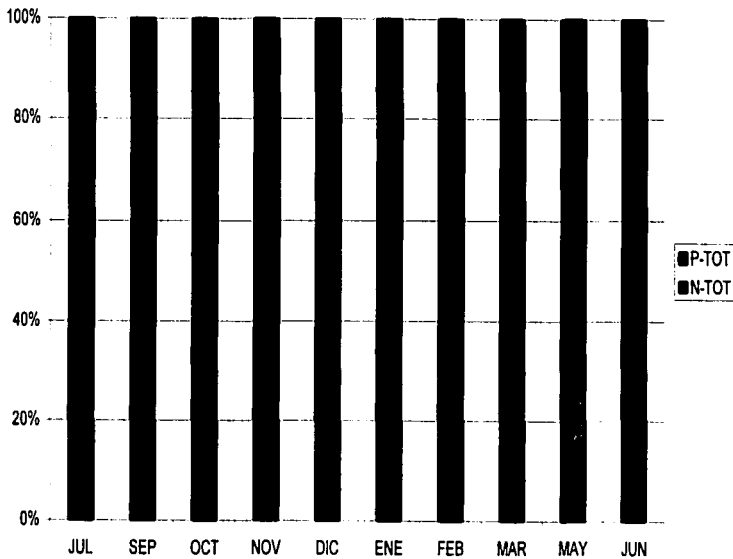


Figura 26. Se muestran los valores de la relación N:P en porcentaje durante el ciclo de muestreo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Variación espacio-temporal**

Al analizar la variabilidad de los parámetros registrados, se encontró que esta se refleja principalmente en la salinidad y el oxígeno disuelto, debido a que estos dos parámetros son modificados rápidamente por las lluvias, la influencia mareal, los vientos y la actividad biológica en el caso del oxígeno.

En el mes de julio el análisis de clasificación mostró la formación de tres grupos, el primero formado por las estaciones Camaronera 1 y 2 que presentaron un hábitat polihalino debido principalmente a un aumento en la marea y una escasa influencia por parte de los ríos. El segundo grupo se formó por las estaciones Buen País 1 y 2 así como en Papaloapan 3 en las cuales se presentó un hábitat de tipo mesohalino, las estaciones en la Laguna Buen País pudieron verse influenciadas por la elevada salinidad en las Laguna Camaronera ya que el agua salina, al ser mas densa que el agua dulce se mueve por la parte baja y en la laguna Buen País pudo presentarse una mayor dilución de las dos masa de agua. El tercer grupo estuvo formado por las estaciones Río Blanco y Rastro las cuales presentaron un carácter limnético debido a la notable influencia del agua proveniente del Río Blanco. Las estaciones Papaloapan 1 y 2 aunque en el análisis de clasificación fueron ubicadas en el grupo mesohalino debido a las concentraciones de oxígeno disuelto que presentaron, en realidad tuvieron un carácter limnético (Figs. 27 y 28).

En el mes de septiembre se formaron dos grupos; el primero correspondió a la Laguna de Alvarado y la estación Buen País 2 en donde se presentó un hábitat de tipo oligohalino, ya que estas zonas no reciben la influencia directa de los ríos. El segundo grupo tuvo características limnéticas y estuvo formado por el

resto de las estaciones las cuales reciben la influencia directa de los ríos (Figs. 29 y 30).

En el mes de octubre el análisis de clasificación indicó la formación de tres grupos, el primero estuvo formado por las estaciones Camaronera 1 y 2, el segundo grupo se formó por las estaciones Camaronera 3, las dos estaciones de la Laguna Buen País, las estaciones del Río Papaloapan así como la estación Arbolillo, el tercer grupo lo formaron las estaciones Río Blanco, Rastro y Aneas. Los grupos I y II se caracterizan por ser oligohalinos sin embargo la concentración de oxígeno disuelto es diferente entre ambos ya que en el grupo I es mayor que en el grupo II. El grupo III presentó características limneticas debido a la influencia del Río Blanco (Figs. 31 y 32).

En el mes de noviembre se formaron dos grupos, el primero correspondiente a las estaciones ubicadas en los ríos Papaloapan y Blanco, así como en las estaciones Camaronera 1 y Rastro; estas estaciones tuvieron un comportamiento de tipo oligohalino debido a la influencia de los ríos. El resto de las estaciones mostraron un carácter mesohalino a excepción de Camaronera 3 en la cual la elevada concentración de oxígeno disuelto con respecto a las otras hizo que el análisis la colocara separada del los dos grupos. Durante este mes comenzó la temporada de nortes lo cual ocasiona un desajuste en los patrones ya explicados durante la temporada de lluvias (Figs. 33 y 34).

Durante el mes de diciembre el análisis de clasificación formó dos grupos. El primero, mesohalino, correspondiente a las lagunas Camaronera y Buen País, posiblemente influenciado por la entrada de agua de mar por la Laguna Camaronera. El segundo grupo correspondió a los ríos Papaloapan y Blanco así como a la Laguna de Alvarado, sin embargo, las estaciones ubicadas en el

Río Papaloapan fueron limneticas y el resto oligohalinas, el hecho de que quedaran ubicadas en el mismo grupo puede deberse a la similitud en la concentración de oxígeno disuelto. En este mes también fue importante la influencia del Río Papaloapan (Figs. 35 y 36).

Durante el mes de enero el análisis de clasificación indicó la formación de dos grupos. El primer grupo fue de tipo mesohalino y abarca desde la Laguna Camaronera, la Laguna Buen País, la laguna de Alvarado y la estación Papaloapan 3. Este grupo posiblemente recibió influencia de la entrada de agua por el canal de la Laguna Camaronera así como por el canal del Río Papaloapan. El segundo grupo, formado por las estaciones Papaloapan 1 y 2, así como la estación Río Blanco. Este grupo se caracterizó por ser oligohalino así como por tener un intervalo de concentración de oxígeno disuelto de 0.5 ppm (Figs. 37 y 38).

El análisis de clasificación para el mes de febrero indicó la formación de cuatro grupos. El primero estuvo formado por las estaciones del Río Papaloapan, Río Blanco y Arbolillo, este primer grupo tuvo un carácter oligohalino debido a la influencia de los ríos. El segundo grupo abarcó las dos estaciones de la Laguna de Buen País así como a la estación Camaronera 3, en este grupo la salinidad fue de tipo mesohalino, sin embargo quedaron ubicadas en el mismo grupo por los valores similares de oxígeno disuelto que fue de 8 a 8.2 ppm. El tercer grupo formado por las estaciones Camaronera 1 y 2, a pesar de presentar un ambiente de tipo mesohalino sus valores de salinidad fueron mayores que en el resto del sistema, esto por la ya mencionada influencia del agua marina proveniente de la boca de comunicación con el mar. El cuarto grupo estuvo formado por las estaciones Arbolillo y Rastro, estas estaciones también

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

presentaron un carácter mesohalino; sin embargo, sus elevadas concentraciones de oxígeno disuelto las ubicaron en un grupo aparte, este aumento en la concentración de oxígeno disuelto estuvo propiciado por la entrada de vientos del norte que aumentan la disolución de este gas (Figuras 39 y 40).

El análisis de clasificación indicó que durante el mes de marzo se formaron dos grupos. El primero fue el más extenso, abarcando a las estaciones de la Laguna Camaronera, la Laguna de Buen País, Arbolillo, Rastro y Aneas. Este grupo es de tipo mesohalino debido posiblemente al comienzo de la temporada de secas. El segundo grupo abarca a las estaciones Papaloapan 1 y 2, estas estaciones presentaron un carácter oligohalino tendiente a ser mesohalino, sin embargo, las salinidades más bajas se presentaron en estas estaciones debido al gran aporte del Río Papaloapan aun en la temporada de secas (Figs. 41 y 42).

Para el mes de mayo el análisis indicó la formación de dos grupos, el primero de carácter oligohalino conformado por las tres estaciones ubicadas en el Río Papaloapan, esto debido a la gran cantidad de agua que acarrea este río. En el segundo grupo se ubican las estaciones Río Blanco, Aneas y Camaronera 2; este grupo es de carácter mesohalino tendiente a oligohalino; sin embargo, las elevadas concentraciones de oxígeno disuelto atribuibles posiblemente a la presencia de pastos marinos en esta zona hacen que se localicen en un mismo grupo. El tercer grupo lo integran las estaciones de la Laguna Buen País, Camaronera 1 y 3, así como Arbolillo y Rastro, estas estaciones mostraron un carácter netamente mesohalino, las estaciones de la Laguna Buen País

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

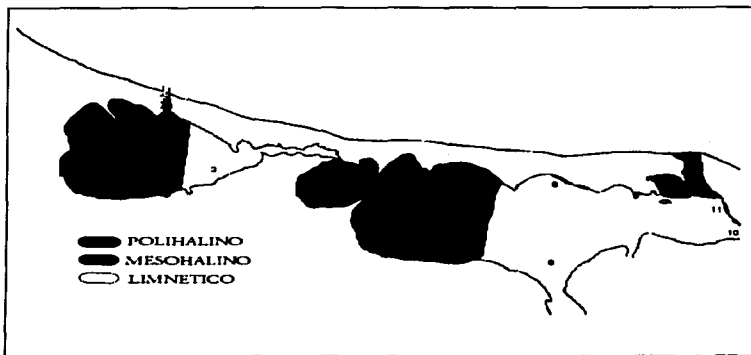


presentan las concentraciones de oxígeno disuelto mas elevadas debido a la presencia de densas poblaciones de pastos marinos (Figs. 43 y 44).

En el mes de junio se formaron dos grupos, el primero comprendió a las estaciones del Río Papaloapan las cuales tuvieron un carácter oligohalino debido a la influencia del río Papaloapan. El segundo grupo lo formaron las estaciones Aneas, Camaronera 2 y Río Blanco, aunque las dos primeras fueron mesohalinas y Río Blanco oligohalina este grupo se caracteriza porque el intervalo de salinidad es apenas de 2 ‰, además, las tres estaciones presentan valores de oxígeno disuelto similares ya que cuentan con extensas zonas de pastos marinos. El tercer grupo lo integran las estaciones Camaronera 1 y 3, así como las dos estaciones de la Laguna de Buen País, Arbolillo y Rastro. La salinidad mas elevada se presento en las estaciones de la Laguna Buen País debidas posiblemente a un afloramiento de una lengua de salinidad (Figs. 45 y 46).

Los resultados encontrados no corresponden a lo reportado por otros autores, ya que Villalobos (1996) menciona cinco zonas diferentes en la laguna, mientras en este trabajo solo se encontraron tres.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



ESCALA 1:100,000

Figura 27. Influencia marina y dulce acuicola durante el mes de julio.

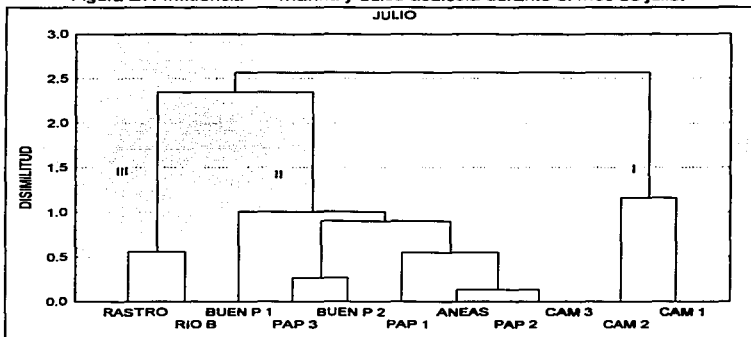


Figura 28. Diagrama de árbol correspondiente al mes de julio

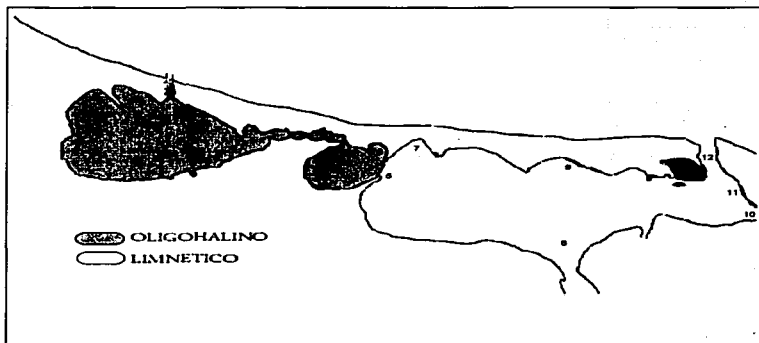


Figura 29. Influencia marina y dulce acuicola durante el mes de septiembre.

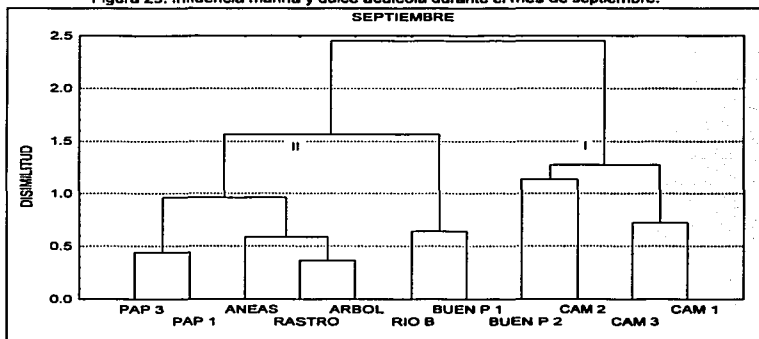


Figura 30. Diagrama de árbol correspondiente al mes de septiembre.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

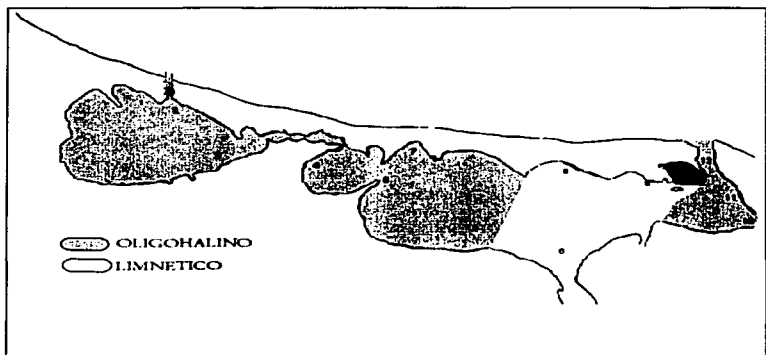


Figura 31. Influencia marina y dulce acuícola durante el mes de octubre.

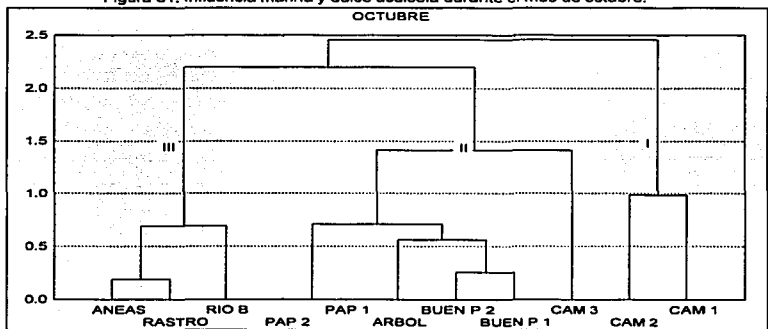


Figura 32. Diagrama de árbol correspondiente al mes de octubre.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

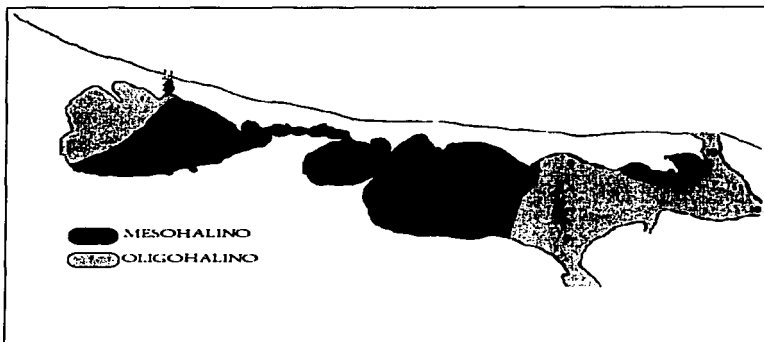


Figura 33. Influencia marina y dulce acuícola durante el mes de noviembre.

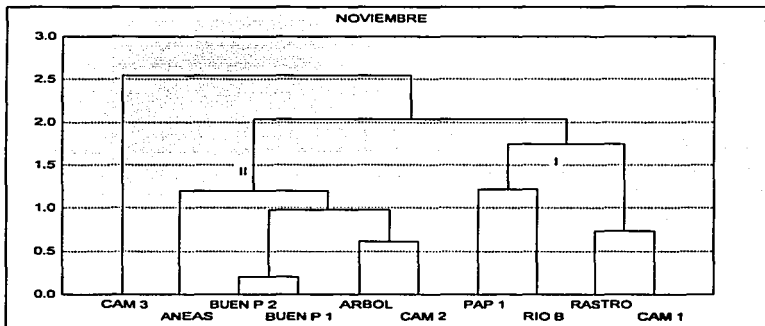


Figura 34. Diagrama de árbol correspondiente al mes de noviembre.

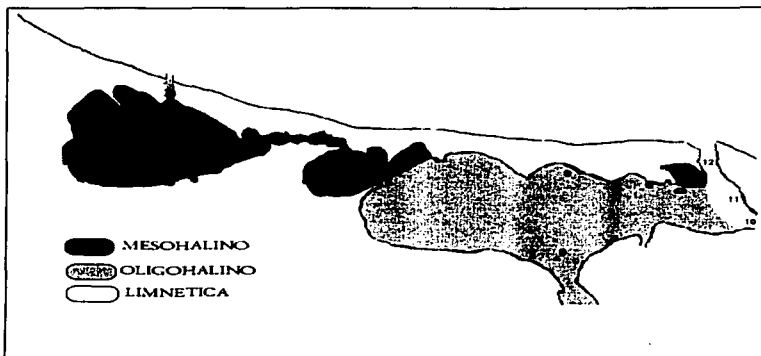


Figura 35. Influencia marina y dulce acuícola durante el mes de diciembre.

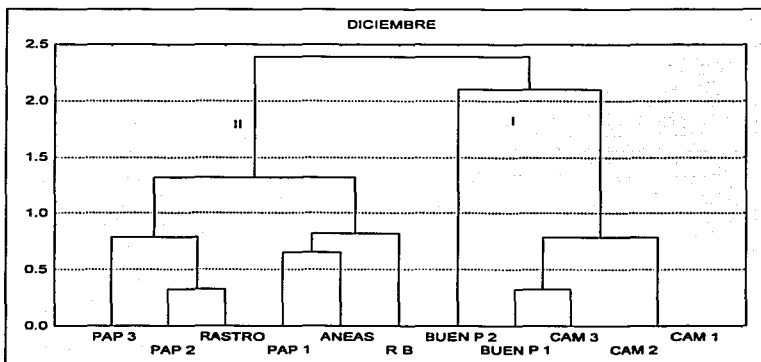


Figura 36. Diagrama de árbol correspondiente al mes de diciembre.

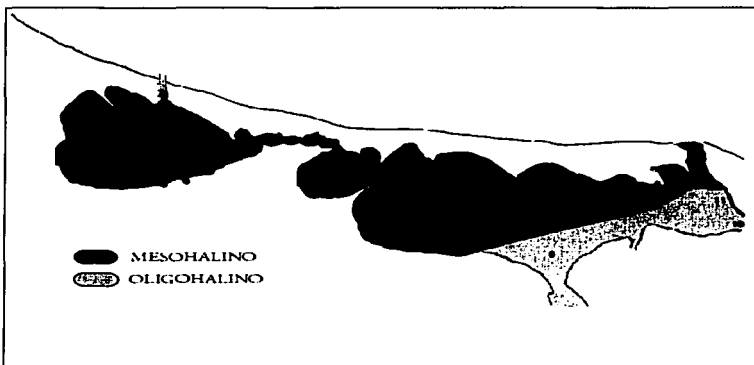


Figura 37. Influencia marina y dulce acuícola durante el mes de enero.

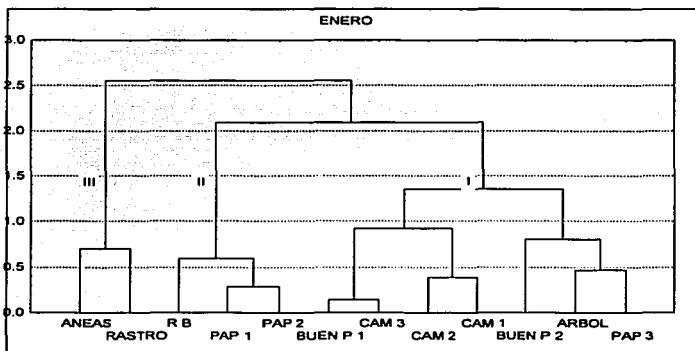


Figura 38. Diagrama de árbol correspondiente al mes de enero.

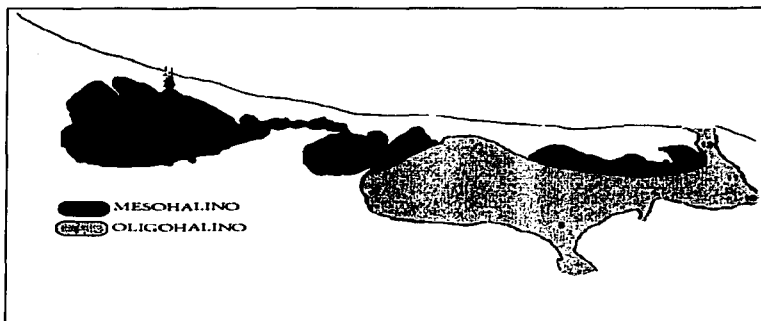


Figura 39. Influencia marina y dulce acuícola durante el mes de febrero.

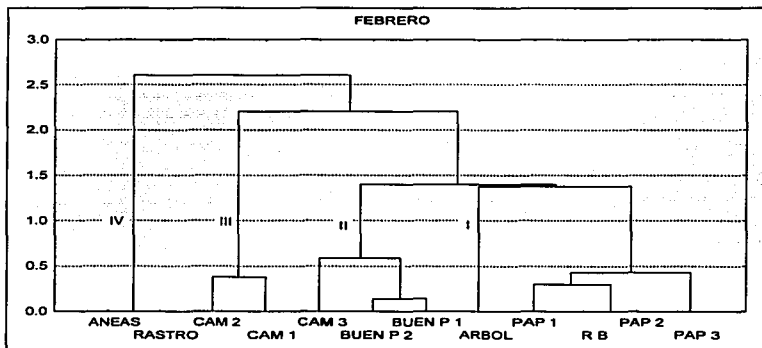


Figura 40. Diagrama de árbol correspondiente al mes de febrero.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



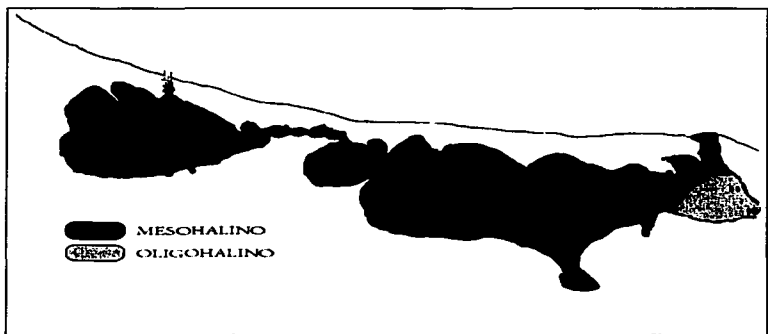


Figura 41. Influencia marina y dulce acuícola durante el mes de mayo.

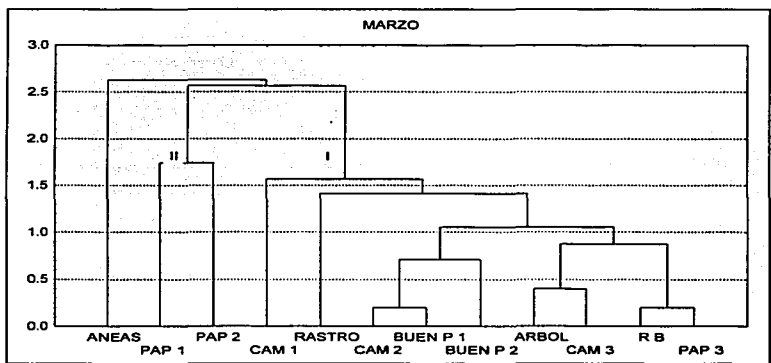


Figura 42. Diagrama de árbol correspondiente al mes de marzo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

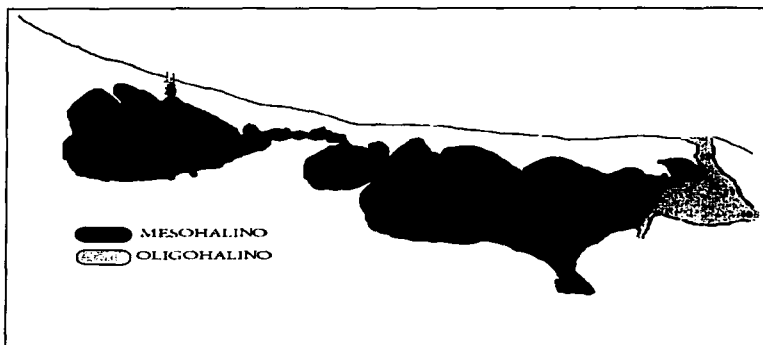


Figura 43. Influencia marina y dulce acuícola durante el mes de junio.

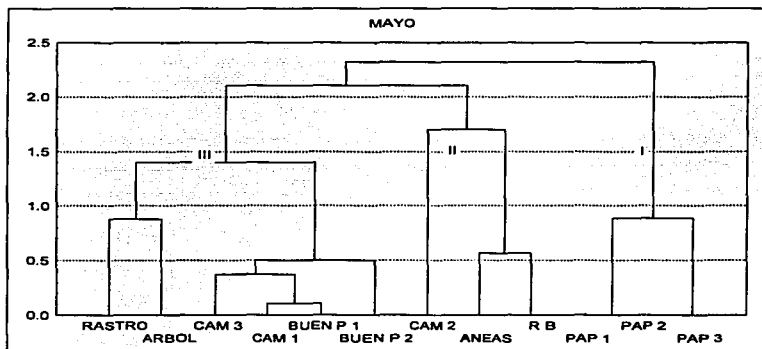


Figura 44. Diagrama de árbol correspondiente al mes de mayo.

TESIS CON  
FALLA DE CUBIEN

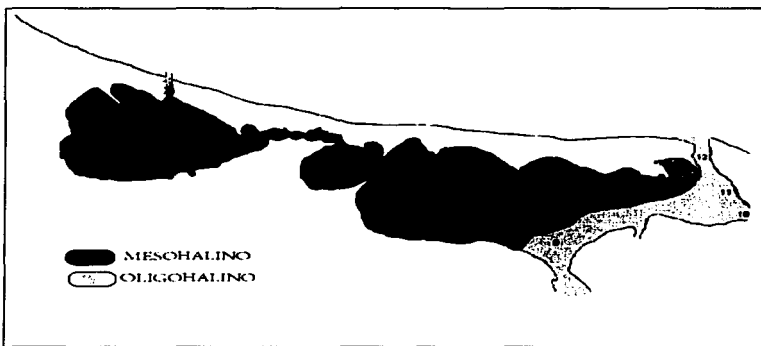


Figura 45. Influencia Marina y dulce acuícola para el mes de junio.

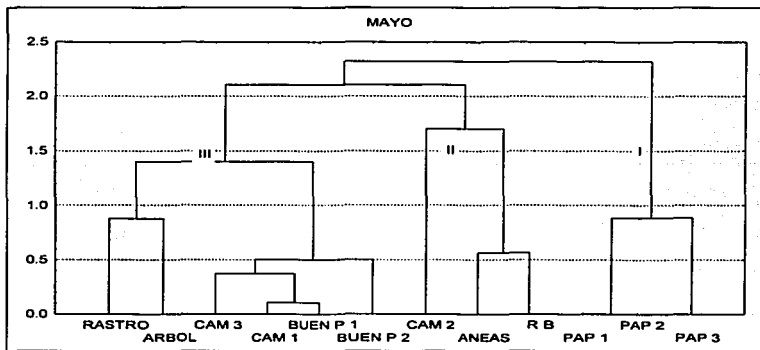


Figura 46. Diagrama de árbol correspondiente al mes de junio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

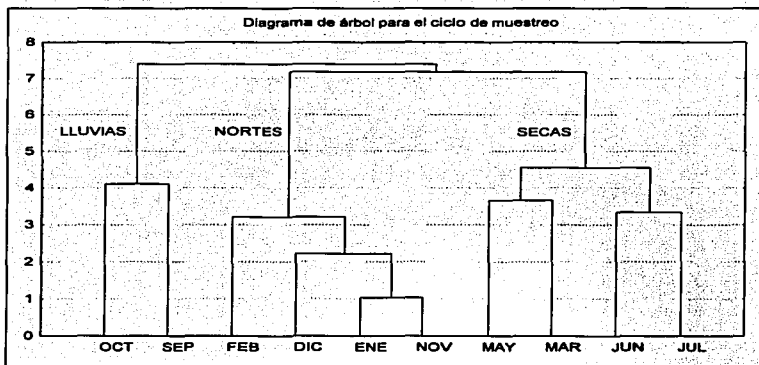


Figura 47. Diagrama de árbol correspondiente a todos los meses.

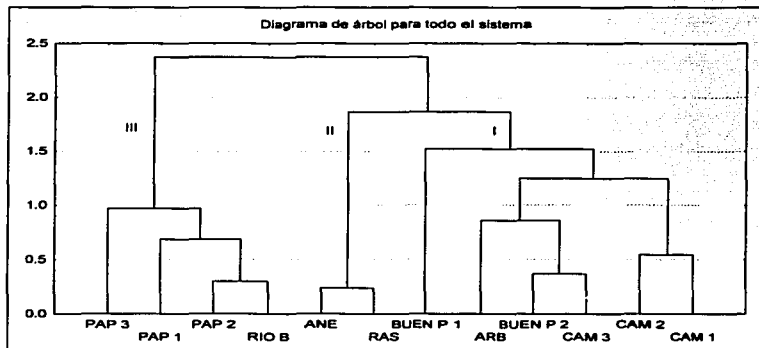


Figura 48. Diagrama de árbol correspondiente a todo el sistema.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## CONCLUSIONES

- o El Sistema Lagunar de Alvarado presenta tres temporadas climáticas que son lluvias, nortes y secas. Durante el ciclo de muestreo los meses que abarcaron estas temporadas fueron: para lluvias, septiembre y octubre; para nortes noviembre, diciembre y enero; y para secas febrero, marzo, mayo, junio y julio.
- o La estación de lluvias se caracteriza por presentar elevadas temperaturas, baja salinidad en todas las estaciones del sistema y turbidez elevada. La estación de nortes se caracteriza principalmente por un descenso en la temperatura, la salinidad es mayor que en la temporada de lluvias pero menor a la de secas y la turbidez del agua es mayor que en las otras dos estaciones, la concentración de los nutrientes es mayor. La temporada de secas se caracteriza por altas temperaturas, aumento en la salinidad en todo el sistema, baja turbidez así como florecimientos fitoplanctónicos ocasionales.
- o Los nutrientes presentan una variación tanto espacial como temporal y están regulados por el aporte de los ríos que aumentan las concentraciones durante las temporadas de lluvias y nortes, las actividades humanas que descargan constantemente materia orgánica al sistema, los procesos de producción interna, la resuspensión de sedimentos principalmente durante la temporada de nortes así como las actividades biológicas propias de estos sistemas que asimilan los nutrientes disueltos en el agua.
- o La concentración de clorofila *a* también presentó una variación temporal, siendo mayor durante la temporada de lluvias y principio de secas.

TESIS CON  
FALLA DE OPCIÓN

mientras que disminuye en nortes y finales de secas. Las mayores concentraciones fueron encontradas en la Laguna Buen País, mientras que en la Laguna Camaronera las elevadas concentraciones de clorofila a se deben a la entrada de fitopláncton de origen marino posiblemente por un intercambio de origen mareal. En la zona de ríos hay una gran variación en la concentración de este pigmento ya que las corrientes acarrean constantemente a las poblaciones de fitopláncton, disminuyendo los tiempos de residencia.

- o El Sistema Lagunar de Alvarado presenta tres zonas diferentes. Las lagunas Camaronera y Buen País que se caracteriza por tener un canal abierto de comunicación con el mar lo cual le proporciona un carácter de tipo mesohalino y en ocasiones polihalino, praderas de pastos marinos y en la zona de colecta, una incipiente actividad humana; por otro lado, la Laguna Buen País que por encontrarse en medio de las lagunas Camaronera y Alvarado recibe influencia de ambos cuerpos de agua, presenta una elevada concentración de clorofila a y abundantes pastos marinos; la influencia de estas zonas abarca hasta la estación Arbolillo la cual presenta características similares a las dos lagunas antes mencionadas. La Laguna de Alvarado al tener influencia directa tanto por parte de los ríos como del mar presenta dos zonas, la primera cerca de los ríos Papaloapan y Blanco la cual presenta características que varían de limneticas a oligohalinas, es una zona de entrada de los nutrientes, además, las concentraciones de clorofila a son muy variables. La tercera zona formada por las estaciones, Rastro y Aneas presenta características oligohalinas y mesohalinas, presenta influencia

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

de las descargas urbanas, así como importantes concentraciones de nutrientes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# ANEXO

TESIS CON 76  
FALLA DE ORIGEN



Jul-00

Camaronera 1	21	9	31	8.26	0.49	0.09	0.65	21.15	3.20	0
Camaronera 2	18	8	31	6.71	1.36	0.00	4.52	1.08	0.31	0
Camaronera 3	0	8	22	7.22	5.79	7.78	2.92	1.78	0.41	0
Buen Pais 1	5.2	7.5	31	13.4	3.04	5.23	5.94	3.91	0.72	0
Buen Pais 2	5	8.5	31	10.3	10.15	1.37	1.77	2.13	0.46	0
Río Blanco	0	10.5	31.5	10.27	24.85	0.00	6.89	3.56	0.67	0
Rastro	1	10	32	16.6	9.35	0.00	5.24	2.00	0.45	0
Aneas	1	8	31.5	10.6	6.06	0.14	1.64	6.82	1.14	0
Papaloapan 1	0	8.5	29	16.3	22.10	0.37	1.19	2.30	0.49	0
Papaloapan 2	0	8	29	18	41.09	0.11	2.32	2.47	0.51	0
Papaloapan 3	7	8.5	29	13						0

Sep-00

Camaronera 1	1	9.1	30	20.6	21.02	0.25	0.67	25.93	0.36	30.64
Camaronera 2	1.1	7.2	29	21.3	11.76	0.06	1.00	23.06	0.51	58.64
Camaronera 3	1.1	7.8	30	23	15.92	0.00	1.12	7.55	0.28	37.20
Buen Pais 1	0.5	5.2	30	34.8	42.70	0.72	2.24	5.77	0.44	30.66
Buen Pais 2	1	6.4	30	26.9	7.00	0.00	1.12	6.43	0.41	26.28
Arbolillo	0	7	31	51.6	9.95	0.70	3.34	15.46	0.44	34.26
Rastro	0	6.2	31	45.5	5.72	0.66	0.30	14.46	0.44	26.22
Aneas	0	6.6	30	54.6	5.92	0.00	0.07	4.58	0.74	28.94
Río Blanco	0	2.4	30	13.5	9.35	3.34	1.15	14.81	0.86	14.96
Papaloapan 1	0	5.4	28	47.9	75.78	0.00	3.12	6.38	0.31	14.20
Papaloapan 3	0	4.6	28	94.8	24.85	0.03	1.54	20.24	0.36	13.05

Oct-00

Camaronera 1	5	10.1	30	19.3	15.72	0.02	0.65	26.53	0.28	28.34
Camaronera 2	3.8	11	30	13.5	10.42	0.00	0.65	2.26	0.55	30.71
Camaronera 3	3	8	31	16.5	11.02	0.15	0.70	4.95	0.30	35.56
Buenpais 1	1.5	9.4	30	15.9	30.69	0.20	0.60	15.63	0.52	15.19
Buenpais 2	1.5	9	30	19	7.84	0.46	1.17	13.50	0.44	29.56
Arbolillo	0.9	9.8	31	18.2	7.37	0.00	1.00	2.04	0.36	15.61
Río Blanco	0	11.9	31	18.7	6.93	0.84	1.17	8.08	0.59	39.68
Rastro	1	12.3	32	21.7	4.75	0.32	0.62	9.73	0.45	39.74
Aneas	1	12	31	19.1	8.67	0.08	2.24	2.34	0.34	30.72
Papaloapan 1	1	8.4	28	15	40.21	0.06	5.79	3.86	0.33	17.24
Papaloapan 2	1	8.4	28	21.2	24.75	1.87	4.32	3.08	0.42	18.39

77

TRISIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Nov-00

Camaronera 1	4	8.5	23	20.1	10.42	0.20	1.32	10.29	1.54	29.15
Camaronera 2	6	10	24	7.9	9.08	0.03	2.14	10.16	0.51	15.11
Camaronera 3	6	11	24.5	11.8	6.12	0.00	1.19	6.38	0.69	12.31
Buenpais 1	6.5	9	23	16.8	18.67	0.08	2.67	11.85	0.61	13.61
Buenpais 2	7	9	24	9.55	8.67	0.03	1.97	18.67	0.46	0.00
Arbolillo	6	9.5	25	11.2	4.78	0.06	9.96	10.77	0.41	0.00
Río Blanco	3	9.2	24.5	9.61	4.51	0.81	5.76	7.29	0.64	3.39
Rastro	5	8	24	68.9	3.78	0.05	8.58	13.46	0.70	12.90
Aneas	9	9.5	24	34.1	11.43	0.06	5.76	2.30	0.42	0.00
Papaloapan 1	0	9.2	24	42.8	4.65	0.00	1.42	9.38	0.42	6.91

## Dic-00

Camaronera 1	7	11	21	14.6	25.96	0.50	2.23	4.51	2.13	15.28
Camaronera 2	7	11	22	11.6	31.15	0.43	1.32	1.78	1.64	5.09
Camaronera 3	7	10.5	22	11.6	9.27	0.43	2.23	7.03	1.64	14.55
Buen País 1	6	10.5	22	19.3	29.27	0.69	2.57	3.82	1.72	16.35
Buen País 2	4	12	23	11.4	30.39	0.59	3.68	3.17	2.78	6.25
Río Blanco	1	9.5	23	19.6	17.15	0.86	8.89	6.82	1.56	28.29
Aneas	2	10	26	17	15.89	0.30	16.06	6.77	0.75	20.05
Rastro	1	10.5	25	14.1	24.39	0.28	5.14	6.51	1.97	48.81
Papaloapan 1	0	10	23	18.3	23.36	0.30	8.89	3.25	4.15	9.93
Papaloapan 2	0	10.5	23	17.1	8.42	0.42	3.93	0.00	0.67	4.86
Papaloapan 3	0	11	23	16.5	30.61	0.66	10.25	2.95	0.51	9.93

## Ene-01

Camaronera 1	9	10	23	10.72	14.51	0.64	1.67	2.69	1.40	13.34
Camaronera 2	9.5	9.75	23	23.5	5.45	0.39	1.61	3.99	1.16	38.48
Camaronera 3	8	9.25	23	12.6	8.14	0.37	2.30	3.17	0.51	23.15
Río Blanco	0.5	8.95	23	32.2	17.06	3.18	2.08	5.30	9.66	31.25
Buen País 1	8	9.35	23	20.2	11.63	0.34	2.12	5.56	0.51	99.17
Buen País 2	6.5	10	24	15.1	9.82	0.60	3.06	4.64	0.51	17.27
Arbolillo	4.5	9.75	23	23	4.51	0.19	1.29		0.35	42.55
El Rastro	4	11.25	27	40.3	34.78	0.58	7.82	5.51	2.29	27.54
Aneas	2	11	24	9.38	10.98	0.15		4.26	0.78	22.60
Papaloapan 1	1	9.25	22	80.3	11.69	0.45	3.55	4.73	0.91	12.66
Papaloapan 2	1	9.45	22	5.93	15.32	0.08	6.59	8.03	1.64	8.06
Papaloapan 3	3.5	10	22	7.23	15.39	0.59	6.25	18.46	1.89	17.69

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Feb-01

Camaronera 1	11	9	27		8.04	0.14	2.25	4.45	0.70	35.59
Camaronera 2	11.5	8.5	27		9.05	0	3.57	4.60	0.37	71.87
Camaronera 3	5	8	27		0.00	0	2.25	2.58	0.36	31.75
Rio Blanco	2	8.4	26		3.46	6.21	9.90	6.01	0.42	9.05
Buen País 1	7	8	26		2.07	0	0.94	6.25	0.34	10.44
Buen País 2	7	8.2	27		2.18	0.51	7.30	3.34	0.49	181.98
Arbolillo	5	10	27		4.40	0	2.21	5.56	0.33	85.11
Rastro	4	12	27		7.35	6.37	0.82	6.97	0.50	6.27
Aneas	4	12	27		6.07	0		1.74	0.81	5.70
Papaloapan 1	1	8.5	25		5.87	0	1.54	7.10	0.78	15.39
Papaloapan 2	2	8.4	25		3.59	0	1.52	3.54	0.39	11.26
Papaloapan 3	2	9	25		8.94	0	0.60	9.42	0.60	8.90

## Mar-01

Camaronera 1	13	10	29	5.99	52.58	2.81	1.76	3.80	0.95	17.58
Camaronera 2	12	9.4	30	5.13	11.04	2.85	1.85	3.78	0.29	16.56
Camaronera 3	11	9.8	29	16.7	7.28	0.00	1.90	3.75	0.35	72.55
Rio Blanco	9	9.4	27	9.84	35.40	0.00	2.83	5.21	0.33	24.95
Buen País 2	11.5	9	27	8.57	8.19	0.00	0.94	3.65	0.35	10.19
Buen País 1	11.5	9.4	27	8.6	76.74	0.00	1.23	2.91	0.36	15.51
Arbolillo	10	9.8	29	13.1	10.64	0.44	0.78	4.32	0.31	20.77
Rastro	9	8.8	29	18.6	7.91	6.04	1.94	6.01	0.39	14.54
Aneas	10	8	29	7.5	11.20	0.29	1.65	4.73	0.38	4.60
Papaloapan 1	5	8.6	27	9.95	1.87	6.46	0.89	6.92	0.67	12.99
Papaloapan 2	5	9.6	27	7.31	76.71	0.00	1.52	4.06	0.42	15.28
Papaloapan 3	9.5	9.4	28	4.14	0.00	0.00	1.14	4.73	0.50	6.49

## May-01

Camaronera 1	13.5	12	31	4.4	2.43	0.28	2.40	2.40	0.17	8.57
Camaronera 2	12	14.4	31	5.03	1.72	0.06	4.28	4.28	0.17	8.58
Camaronera 3	12	12	31	5.53	1.85	0.00	5.74	5.74	1.06	6.93
Rio Blanco	4.5	13.6	30	6.16	4.77	13.06	2.33	7.28	2.60	19.73
Buen País 2	13.5	12.6	31	5.07	7.35	0.18	8.48	8.48	6.22	5.14
Buen País 1	14	12	31	3.08	4.56	0.17	3.83	3.83	0.23	5.78
Arbolillo	11.5	10.2	30	6.9	0.63	0.02	4.25	4.25	1.54	13.84
Rastro	9	11.1	30	2.3		0.12	2.91	2.91	1.18	20.14
Aneas	6	13	32	3.5	8.09	0.05	8.91	6.93	0.59	12.51
Papaloapan 1	2	11.2	29	5.56	5.29	0.10				7.92
Papaloapan 2	2	11.2	29	2.6	2.60	0.30	3.88	4.78	0.83	8.82
Papaloapan 3	4	10.2	30	1.95	6.97	0.73	1.44	2.99	0.29	11.48

Jun-01

Camaronera 1	10	5.6	30	11	5.18	0.20	1.57	0.82	6.93	4.19
Camaronera 2	9	7.6	33	5.5	2.19	0.03	1.54	1.03	6.27	1.40
Camaronera 3	8.5	8.2	32	13	2.55	0.06	1.43	3.91	5.02	22.74
Río Blanco	5	5.2	31	9.6	11.47	0.61	1.82	9.35	4.75	8.38
Buen País 2	14	7.4	33	8	20.34	0.02	1.41	22.47	5.74	0.00
Buen País 1	14.5	6.8	32	3.7	10.88	0.00	1.54	1.03	3.35	17.18
Arbolillo	8	10.8	31.5	8.6	0.00	0.08	1.65	5.30	7.20	6.98
Rastro	7.5	8.8	33	9		0.08	1.49	4.34	2.99	14.88
Aneas	8	10	32	4.6	42.19	0.02	1.54	1.99	8.57	8.38
Papaloapan 1	2.5	6.6	30	6.7	6.75	0.12	6.87	2.63	5.80	17.52
Papaloapan 2	2.5	6	29.5	9.9	14.61	0.20				11.74
Papaloapan 3	7	6.4	29	7.3	17.99	0.15	1.74	1.25	4.81	12.26

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

## **BIBLIOGRAFIA**

- Barreiro G., M. A., Aguirre L., A. 1999. Distribución espacio-temporal de la biomasa fitoplanctónica en el sistema lagunar Pom-Atasta, Campeche, México; Revista de Biología Tropical. 47 (Supl. 1) 27-35.
- Basto R., M.E., Martínez G., M.D. Tapia P., L.C. 1996. Parámetros fisicoquímicos y grupos zooplanctónicos en Bahía de Banderas, Nayarit, México, en un ciclo anual. Oceanología Dirección de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar; 2(10):17-64.
- Berman, T., Pollinger, U. 1974. Annual and seasonal variations of phytoplankton chlorophyll *a* and photosynthesis in Lake Kinneret. Limnology and Oceanography 19(1):31-53.
- Botello V., A. 1978. Variación de los parámetros hidrológicos en la época de sequía y lluvia (Mayo y Noviembre de 1974) en la Laguna de Términos, Campeche, México. An. Centro Cien. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mex. 5(1): 159-178.
- Daniel, W. 1977. Bioestadística. Limusa. México D.F. 485 p.
- De la Lanza E., G. 1994. OQuímica de las lagunas costeras y el litoral mexicano.; en Lagunas costeras y el litoral mexicano. Eds: De la Lanza E., G. y Caceres M., C. Universidad Autónoma de Baja California Sur; 129-190.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- De la Lanza E., G. 1996. Importancia ecológica de los ciclos biogeoquímicos en los sistemas lagunares costeros. Eds.: Figueroa T., M.G., Alvarez S., C., Esquivel, H., Ponce, M.E. Físicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas. UAM-I División de Ciencias Biológicas y de la Salud; 7-15.
- Carranza A., A.; Gutierrez E., M.; y Rodriguez T., R.; 1975. Unidades morfoestructurales continentales de las costas mexicanas; An. Centro Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM 2(1): 81-88.
- Contreras E., F. 1983. Variaciones en la hidrología y concentraciones de nutrientes del área estuarino - lagunar de Tuxpam Tampamachoco, Veracruz, México. Biotica 8(2):201-213.
- Contreras E., F. (a) 1985. Comparación hidrológica de tres lagunas costeras del estado de Veracruz, México. Universidad y Ciencia, 2(3):47-56.
- Contreras E., F. (b) 1985. Lagunas Costeras Mexicanas; Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca. México D.F. 263 pp.
- Contreras E., F. 1994. Manual de técnicas hidrobiológicas. Editorial Trillas. México D.F. 69-113
- Contreras E., F. Castañeda L., O. 1992. Contribución del nanofitoplancton en la cantidad de clorofila "a" de dos sistemas lagunares del estado de Chiapas, México. Inv. Mar. CICIMAR, 7(2):61-73.

TESIS CON  
FALLA DE ORIG.

- Contreras E., F., García, A., Castañeda, O. 1992. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en el Sistema Lagunar-Estuarino de Carretas-Pereyra, Chiapas, México. *Universidad y Ciencia* 9(17):43-51.
- Contreras E., F. Kerekes, J. 1993. Total phosphorus – chlorophyll relationships in tropical coastal lagoons in México. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 91:1-4.
- Correl, D., Jordan, T., Weller, D. 1992. Nutrient flux in a landscape: Effects of coastal land use and terrestrial community mosaic on nutrient transport to coastal waters. *Estuaries* 15(4):431-442
- Føyn, E. 1967. Waste disposal and pollution in coastal lagoon. *Mem. Simp. Inter. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO México D.F.:* pp 281-290.
- Gómez A., S. 1974. Reconocimientos estacionales de hidrobiología y plancton en la laguna de términos, Campeche, México. (1964-1965) *An. Cent. Cien. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mex.* 1(1):61-82.
- Groen, P. 1969. Physical hydrology of coastal lagoons. *Mem. Simp. Inter. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO México D.F.:* pp 275-280.
- Herrera-Silveira, J.A., Comin, F.A. 1995. Nutrient fluxes in a tropical coastal lagoon. *OPHELIA* 42:127-146.
- Kennish, M. J. 1986. *Ecology of estuaries. Vol 1, Physical and chemical aspects.* CRC Press; Boca Raton, FL; 254 pags.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Kennish, M. J. 1992. Ecology of estuaries: Anthropogenic effects.  
Marine Science Series. CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor  
London. pp.33-61.
- Lankford R., R.1977. Coastal lagoon of México. Their origin and  
classification, en: Contreras, E.F. 1985 Lagunas Costeras  
Mexicanas. Centro de Ecodesarrollo, Secretaria de Pesca.  
México D.F. 263 pp.
- Levin, L.A. Oesch, D.F. Covich, A. Dahm, C. Erseus, C. Ewel,  
K.C. Kneib, R.T. Moldenke, A. Palmer, M.A. Snelgrove, P.  
Strayer, D.; Weslawski, J.M. 2001. The Function of Marine  
Critical transition zones and the importance of sediment  
Biodiversity. Ecosystems 4:430-541.
- Li, M., Gargett, A., Denman, K. 2000. What determines seasonal  
and interannual variability of phytoplankton and zooplankton in  
strongly estuarine systems? Application to the semi-enclosed  
estuary of Strait of Georgia and Juan de Fuca Strait.  
Estuarine, Coastal and Shelf Science. 50,467-488.
- Margalef, R 1969. Comunidades planctónicas en lagunas litorales.  
Mem. Simp. Inter. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO  
México D.F.: pp 275-280.
- Marshall D., W. 1987. Biología de las algas, enfoque fisiológico.  
Editorial Limusa México D.F.: 236 pags.
- Mc Luscky, D.S. 1981. The estuarine ecosystem. 2nd. Edition  
Blackie USA: Chapman & Hall. New York: pp 2-71.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- Mc Carthy Rowland T., W. Loftus M.,E. 1974. Significance of nanoplankton in the Chesapeake Bay Estuary and problems associated with the measurement of nanoplankton productivity. *Marine Biology* 24:7-16.
- Morán S., A., Franco L., J., Chavez L., R., Altamirano, A., T., De Sucre M., A. 1996. Aspectos generales del comportamiento hidrológico del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. *Rev. Zool. Num. Esp.* (2):1-16.
- Muñoz I., D. J., Mendoza C. A., Lopez G., F., Soler A., A., Hernandez M., M. M. 2000. Edafología: Manual de métodos de análisis de suelo. ENEP Iztacala, UNAM, Tlalnepantla, Estado de México; pp 41-42.
- Petrucio, M., Esteves, F.A. 2000. Uptake rates of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. [petrucio@mono.icb.ufmg.br](mailto:petrucio@mono.icb.ufmg.br)
- Poio de Neiff, A., Neiff, J., Orfeo, O., Carignan, R. 1994. Quantitative importance of particulate matter retention by the roots of *Eichhornia crassipes* in the Paraná floodplain. *Aquatic Botany* 47:213-223.
- Resendiz M., A 1982. Hidrología e ictiofauna de la Laguna de Zontecomapan, Veracruz, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nat. Auton. Mex. Ser. Zoologia* (1): 385-417.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Revilla, M., Iriarte, A., Madariaga, I. 2000. Bacterial and phytoplankton dynamics along a trophic gradient in a shallow temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 50,297-313.
- Smith, N. P. 2001. Seasonal-scale transport patterns in a multi-inlet coastal lagoon. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science* 52,15-28.
- Varona, C. F., Gutiérrez M., F. Estudio multivariado de la fluctuación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas. *Hidrobiológica*. En prensa.
- Villalobos F., A; Gómez, S. Arenas, V. Cabrera, J. De la Lanza, G. Manrique, F. 1975. Estudios hidrobiológicos en la Laguna de Alvarado (Febrero – Agosto, 1966) *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Auton. Mex. Ser. Zoología* (1): 1-34.
- Villalobos F., A. Suarez C., J. De la Lanza, G. Aceves F., M. Cabrera, J. 1966. Considerations on the hydrography and productivity of Alvarado Lagoon, Veracruz, México. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute, Nineteenth Annual Session*, 75-85.