



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

CARACTERIZACION HIDROLOGICA DE LA  
LAGUNA DE SONTECOMAPAN, VERACRUZ.

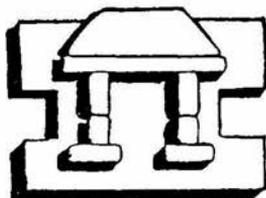
**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**B I O L O G A**

**P R E S E N T A**

**ALEJANDRA CASTELLANOS BALTAZAR**



DIRECTOR DE TESIS: BIOL. ASELA DEL CARMEN RODRIGUEZ VARELA  
ASESOR: M.C. ADOLFO CRUZ GOMEZ

IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEX.

2002



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.



UNAM IZTACALA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
IZTACALA  
JEFATURA DE LA CARRERA DE BIOLOGIA



2000.

**DR. FELIPE TIRADO SEGURA**  
**DIRECTOR**  
**PRESENTE.**

Atención Lic. América Landa Romero  
Jefa de la Unidad de Administración Escolar.

Los abajo firmantes, miembros de la Comisión Dictaminadora del trabajo de  
(X) Tesis de Investigación Tesis de experiencia Profesional ( )  
Titulado "Caracterización hidrológica de la laguna de Sontecomapan, Veracruz."

Que presenta el pasante de Biología **ALEJANDRA CASTELLANOS BALTAZAR**  
Para obtener el título de Biólogo.

Informan que después de haber revisado cuidadosamente el trabajo, consideramos que reúne las características de calidad académica que se requieren para aspirar a la obtención del título citado, razón por la cual otorgamos nuestros **votos aprobatorios** para la presentación del examen profesional correspondiente.

GRADO	NOMBRE	FIRMA	CARGO
M. EN C.	JONATHAN FRANCO LOPEZ	<i>[Firma]</i>	Presidente
BIOL.	A SELA RODRIGUEZ VARELA	<i>[Firma]</i>	Vocal
M. EN C.	SERGIO CHAZARO OLVERA	<i>[Firma]</i>	Secretario
M. EN C.	ADOLFO CRUZ GOMEZ	<i>[Firma]</i>	Suplente
BIOL.	MARIO CHAVEZ ARTEAGA	<i>[Firma]</i>	Suplente

Con base en lo anterior solicito su autorización para que los profesores que otorgan los votos aprobatorios funjan como sinodales del examen profesional en el cargo anotado, y a la Administración Escolar otorgue la fecha para la Réplica Oral del trabajo presentado.

Atentamente  
"Por mi raza hablará el espíritu"

*[Firma]*  
Dr. Sergio Vaca Pacheco  
Jefe de la Carrera

**VoBo Dr Felipe Tirado Segura**  
**Director**

Dedicada a mi Mamá Guadalupe, gracias por tu paciencia, por tu apoyo, por tu amor y comprensión. A mis hermanos, Elizabeth, Fabiola y Juan Carlos a quien agradezco su interés, paciencia, comprensión y cariño. Gracias a mis amigas Elizabeth A. Ramos y Angélica Ceja, por compartir toda una vida juntas; a Norma Angélica González, Luisa S. Sandoval, Karina Grajales, Rosario Pilar, Nicolás Álvarez y Leonardo Zamora por su ánimo, apoyo y sobre todo por su amistad.

Gracias a la Biol. Asela del Carmen Rodríguez y al M. C. Adolfo Cruz Gómez, por su paciencia y apoyo, como profesores durante la carrera y su dirección para la realización de este trabajo; a los revisores por sus comentarios y correcciones.

A los alumnos de las Biologías de Campo I y II de los periodos 95-2 y 96-1, de la optativa Introducción a la Oceanografía del periodo 96-1 por su participación y ayuda en los muestreos realizados en la zona de estudio.

ÍNDICE

IZT.

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>4</b>
Objetivos Particulares.....	4
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>6</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>9</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>11</b>
Características Generales .....	11
<b>Características por Temporada Climática</b> .....	<b>15</b>
SECAS .....	15
LLUVIAS .....	16
NORTES.....	17
<b>Clima</b> .....	<b>26</b>
<b>Parámetros Hidrológicos</b> .....	<b>30</b>
TEMPERATURA DEL AGUA.....	30
SALINIDAD.....	31
OXÍGENO DISUELTO .....	34
PROFUNDIDAD Y TRANSPARENCIA .....	35
VELOCIDAD DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL .....	36
DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL Y DE FONDO.....	37
SEDIMENTOS (ARENA, LIMO, ARCILLA).....	42
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>44</b>
SALINIDAD Y TEMPERATURA .....	44
OXIGENO DISUELTO .....	52
PROFUNDIDAD Y TRANSPARENCIA .....	53
VELOCIDAD DE LA CORRIENTE.....	54
VIENTO Y DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL Y DE FONDO.....	54
SEDIMENTOS .....	90
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>107</b>
<b>ATLAS HIDROLÓGICO</b> .....	<b>48</b>
Mapas Isotermas.....	48
Mapas Isoahalinas.....	55
Mapas Oxilineas.....	60
Mapas Isolineas de Profundidad.....	65
Mapas Isolineas de Transparencia.....	70
Mapas Velocidad de la Corriente.....	75
Mapas dirección del viento.....	80
Mapas Dirección de la Corriente.....	85
Mapa Sedimentos.....	91
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>108</b>
<b>APENDICE</b> .....	<b>114</b>

## **RESUMEN**

Las lagunas costeras son sistemas que revisten gran importancia por las interrelaciones e interacciones físicas y químicas del agua continental y marina; por lo cual el objetivo del presente trabajo fue caracterizar hidrológicamente el sistema lagunar de Sontecomapan Veracruz, realizándose muestreos de Abril de 1995 a Septiembre de 1996. Se realizaron registros climáticos y meteorológicos utilizando los criterios de Chávez (1980). Con técnicas convencionales se registraron los parámetros hidrológicos de: temperatura ambiente y del agua, salinidad, oxígeno disuelto, sedimentos, velocidad y dirección de la corriente; así como la profundidad y transparencia del agua. De manera general, Sontecomapan presentó un clima cálido con vientos predominantes del N-NE, con humedad relativa promedio de 76.3 %, temperatura ambiente de 29.7 °C, temperatura del agua de 27.8 °C, salinidad de 12.4 ‰, una concentración de oxígeno disuelto de 7.3 ppm; la textura del sedimento fue Arena-Limosa con un 48.6% de arena, 36.8% de limo y 14.6% de arcilla; la dirección de la corriente predominante fue W-SW con una velocidad de la corriente promedio de 0.11 m/s; una profundidad promedio de 144.6 cm y una transparencia del agua de 76.9 cm; lo que caracteriza al sistema como somero, de agua cálida, bien oxigenado y de carácter mesohalino. Los promedios de temperatura del agua (31.7°C) y salinidad (13.6‰) más altos corresponden a la temporada de Lluvias; mientras que para la temporada de Secas se obtuvo una temperatura promedio de 28.8°C y salinidad de 12.5‰; así como una profundidad de 140.3 cm para Secas y 120.4 cm para Lluvias, esto debido a la falta de precipitación durante esta temporada, lo que disminuyó el aporte dulceacuícola de sus numerosos afluentes y aumentó la influencia marina por la presencia de un canal natural en comunicación permanente con el mar. Para la temporada de Nortes se registró un abatimiento de la salinidad y temperatura del agua; aumento en la concentración de oxígeno disuelto, profundidad y turbidez del agua y por lo tanto una renovación del sistema.

## **INTRODUCCIÓN**

La Hidrología es el estudio de las interrelaciones e interacciones entre el agua y su ambiente en el ciclo hidrológico; estudia la presencia, distribución, movimiento y propiedades de las aguas de la tierra y sus relaciones ambientales; así como los procesos involucrados en la producción de las corrientes superficiales y otros fenómenos relacionados con el origen y ocurrencia de las aguas en varios estados del perpetuo ciclo hidrológico en el cual el agua es transportada del mar a la atmósfera, con su subsecuente precipitación en tierra antes de retornar al mar (Viessman y col., 1977; Gordon y col., 1995).

La zona costera se caracteriza por ser un ecosistema en el que interactúan las características físicas y químicas de sus aguas, por las relaciones entre los sedimentos, la línea de costa, el clima, los organismos vivos y los movimientos de materia y energía provenientes de las aguas y tierras continentales próximas y del ambiente marino. La transición de estas fases incide profundamente en las condiciones y en la dinámica ambiental a la cual se agrega la influencia del hombre; quien las utiliza para diversas actividades relacionadas con la alimentación, la energía, el transporte, la recreación y el urbanismo.

Como ecosistema, es altamente productivo y complejo, ecológicamente estable, pero a la vez frágil y con numerosas fronteras; son áreas idóneas de reproducción, crianza y alimentación de diferentes moluscos, peces y crustáceos marinos, por lo que en estas zonas existen importantes centros de comercio (Yáñez-Arancibia, 1986).

Los ambientes lagunar-estuarinos que forman parte de la zona costera en México constituyen del 30 al 35% de su litoral en el Pacífico, el Golfo de México y el Caribe.

Las lagunas costeras son cuerpos de agua interiores, generalmente orientados paralelos a la costa, separados del océano por una barrera y conectada a éste por

una o más entradas restringidas que permanecen abiertas al menos intermitentemente, y tienen profundidades que muy rara vez exceden algunos metros (Kjerfve, 1994).

En términos generales en una laguna costera coinciden dos masas de agua, una proveniente de los escurrimientos dulceacuícolas y otra de origen marino por medio de la marea; la distribución espacial y temporal de esta mezcla de aguas depende de los cambios climáticos estacionales (Botello, 1978), de los movimientos biogeoquímicos, del tamaño de su comunicación con el océano, de su profundidad, de las corrientes interiores, del grado de intensidad de calor solar y de los vientos, dando como resultado una condición estuarina y consecuentemente un considerable aumento de nutrientes. La salinidad puede ser variable, comprende desde aguas dulces hasta aguas hipersalinas (más de 35 partes por mil). El sustrato puede ser rocoso, arenoso, lodoso, o combinado, y los nutrientes distribuirse en concentraciones variables (Contreras, 1993).

En conjunto, los fenómenos hidrológicos constituyen y/o regulan los flujos energéticos del sistema encaminados a obtener una elevada productividad primaria, la cual puede ser detectada de diversas formas. La complejidad de las lagunas costeras se incrementa cuando se conjunta el efecto de las mareas, las corrientes, el viento y las descargas de agua dulce provenientes de los ríos. Los movimientos de agua y su mezcla turbulenta generan condiciones heterogéneas que son asociadas a procesos de transferencia de alta energía (De la lanza 1993).

Las lagunas costeras por sus características propias, presentan algunos de los recursos litorales de mayor potencial productivo del país (Contreras y Zabalegui, 1988, citado por Contreras 1993), por lo que el estudio sistemático de las áreas estuarino lagunares es cada vez más importante por los recursos biológicos que representan; aunado a esto la distribución espacio temporal de los parámetros hidrológicos de un sistema lagunar se puede facilitar mediante el uso de mapas, como una herramienta auxiliar, que muestren de una manera mas clara la distribución de estos parámetros así como la morfología del sistema.

## **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo del presente trabajo fue determinar las características hidrológicas espacio-temporales del sistema lagunar de Sontecomapan Veracruz, por promedio general, por temporada climática de Secas, Lluvias y Nortes correspondientes al periodo de abril de 1995 a Septiembre de 1996, y por mes con la finalidad de contribuir con un atlas hidrológico para la zona.

## ***OBJETIVOS PARTICULARES***

Determinar las condiciones climáticas y meteorológicas con base en los criterios propuestos por Chávez (1980): clima, tipo y cantidad de nubes, dirección del viento, tipo de olas y visibilidad.

Registrar la humedad relativa y temperatura ambiental máxima y mínima durante la temporada de muestreo.

Determinar el comportamiento espacio-temporal de los parámetros hidrológicos de la laguna: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, profundidad, transparencia, velocidad de la corriente superficial, dirección de la corriente superficial y de fondo, así como el tipo y textura del sedimento.

Evaluar la influencia de la dinámica ambiental sobre el comportamiento hidrológico del sistema.

Realizar un atlas hidrológico del sistema por promedio general, por temporada climática y por mes.

## **ANTECEDENTES**

Las lagunas costeras poseen características propias que las hacen ser sistemas ecológicos particulares que merecen una atención mayor a la otorgada hasta fechas recientes. Para la laguna costera de Sontecomapan se han efectuado las siguientes investigaciones: Salgado (1982) y Salgado-Maldonado (1983) que hacen referencia a parásitos de peces. De la Cruz y Franco (1981 a, b) y De la Cruz y col. (1985) que hacen referencia al necton; en la misma área pero cubriendo aspectos fisicoquímicos están los de Jiménez (1984), Abarca (1987) y Clayén (1988).

Para los estudios de bentos solo Chinolla (1984) no evalúa los aspectos fisicoquímicos como lo hacen Chinolla-Rey y col. (1985), De la Rosa (1986) y Winfield (1987).

En los estudios referentes a plancton tanto Martínez (1987), como Suchil (1990) y Padilla y col. (1994) tratan aspectos fisicoquímicos.

En cuanto a los estudios de vegetación se pueden citar a Menéndez-Liguori (1976), y González (1977), éste último considera aspectos fisicoquímicos.

En estudios sobre contaminación, se encontró el de Calva y col. (1994) que también abarcó aspectos fisicoquímicos.

Estudios hidrológicos particulares para la laguna son escasos, encontrándose los de Reséndez (1983), Castro-Gutiérrez y col. (1985), Castro (1986), Ponce y col. (1992), Morán y col. (1993) y Morán (1994).

## DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La laguna de Sontecomapan se localiza en la región de la cuenca que forman el volcán de San Martín Tuxtla y la Sierra de Santa Marta, al sureste del estado de Veracruz a una distancia de 16 km dirección noreste del municipio de Catemaco, entre los paralelos  $18^{\circ} 30' 19''$  y  $18^{\circ} 34'$  de latitud Norte y los meridianos  $94^{\circ} 59'$  y  $95^{\circ} 02' 13''$  de longitud Oeste (SPP, 1981, 1982) (Figura 1).

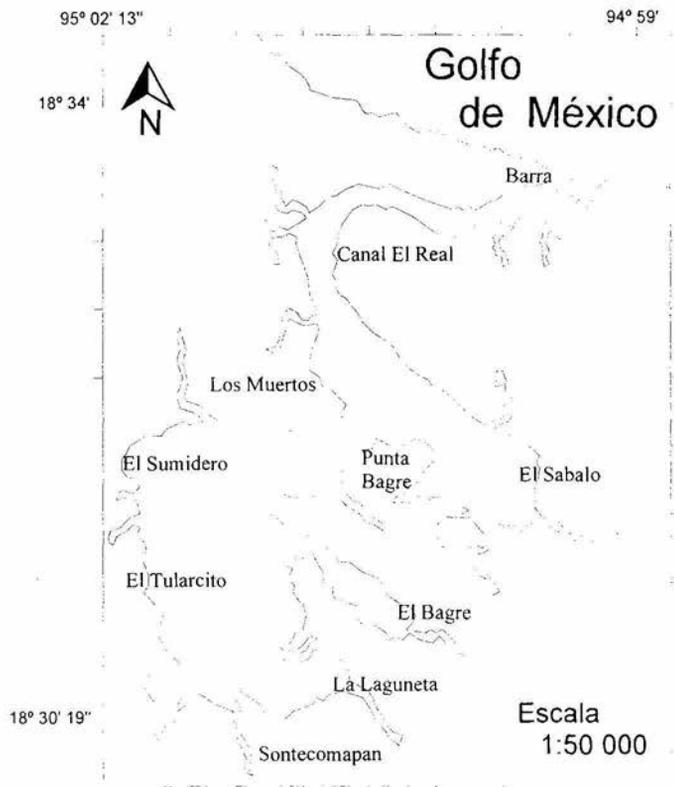


Figura 1. Área de estudio. Laguna de Sontecomapan Veracruz.

La laguna de Sontecomapan se encuentra dentro de la cuenca denominada Los Tuxtlas, la cual se incluye en el listado de Regiones Hidrológicas Prioritarias, establecido por la CONABIO; dentro de esta misma cuenca se encuentran como recursos hídricos principales el lago de Catemaco, La Escondida, El Zacatal, Laguna el Ostión y el Lago Cráter de San Martín (Arriaga *et al*, 1998).

La laguna de Sontecomapan tiene alrededor de 12 km de longitud por 1.5 km de anchura en promedio, su única conexión con el mar se establece a través de un canal profundo, aproximadamente 5.5 m, denominado Barra de Sontecomapan, el resto de la laguna es somero con un fondo fangoso que se vuelve arenoso en el canal de desembocadura (Reséndez, 1983).

El sistema presenta en su fondo cenizas volcánicas provenientes de la actividad del macizo de los Tuxtlas, por acarreo fluvial de las áreas cercanas o por procesos eólicos de cenizas volcánicas preexistentes. La boca se localiza en la parte noreste de la laguna en cuyo extremo existe un derrame basáltico denominado "Roca Morro"; hacia el noroeste se presenta un depósito de sedimentos y un valle que facilita la acumulación de materia orgánica (Contreras, 1993).

Lankford (1977) la ubica en el tipo V-B, como laguna volcánica formada por procesos tectónicos y flujos de lava independientemente de la historia del nivel del mar; en tanto Carranza-Edwards y col. (1975) la ubican en la unidad morfotectónica II.

El tipo de clima es Am(f)(i), cálido húmedo con lluvias todo el año, según la clasificación propuesta por Köppen y modificada por García en 1970. Esta laguna con una superficie aproximada de 89 hectáreas se alimenta de varios ríos y arroyos principalmente en la zona sur y sureste: río de la Palma, Coscoapan y Viejo Coscoapan, Sábalo, Hualtajapan y los arroyos del Sumidero, la Basura, Sontecomapan, Chuniapan, del Fraile, de los Pollos y de la Boya; estos a su vez, la dividen en varias zonas: la Barra, que comprende desde la playa a Roca Morro; el canal "El Real", que abarca la zona del río la Palma hasta el canal que se abre y

conforma la laguna en su mayor parte. La laguna se divide parcialmente en tres zonas como resultado del delta que forma el río Coscoapan (Castro, 1986).

El cuerpo mayor de la laguna se rodea en su totalidad de una franja de manglares: *Rhizophora mangle*, *Avicenia nitida*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* (De la Cruz y Franco, 1981a) siendo estas asociaciones vegetales anfibias, leñosas y perenifolias, caracterizadas por una biología de particulares condiciones ecológicas y que comparativamente con lo que sucede en otros sistemas lagunares del estado era más alto según Menéndez-Liguori (1976), pero que en la actualidad están fuertemente impactados (Castañeda y Contreras, 1994). Dentro de la vegetación correspondiente al fondo de la orilla de la laguna, se encuentran: *Ruppia maritima* y *Tifal sp.* (Reséndez, 1983).

## METODOLOGÍA

Se realizaron 6 muestreos de abril de 1995 a septiembre de 1996 abarcando las temporadas de Nortes, Secas y Lluvias, cubriendo un total de 10 estaciones a lo largo del sistema (Figura 2), en cada una de las cuales se registraron parámetros climáticos y meteorológicos utilizando los criterios de Chávez (1980).

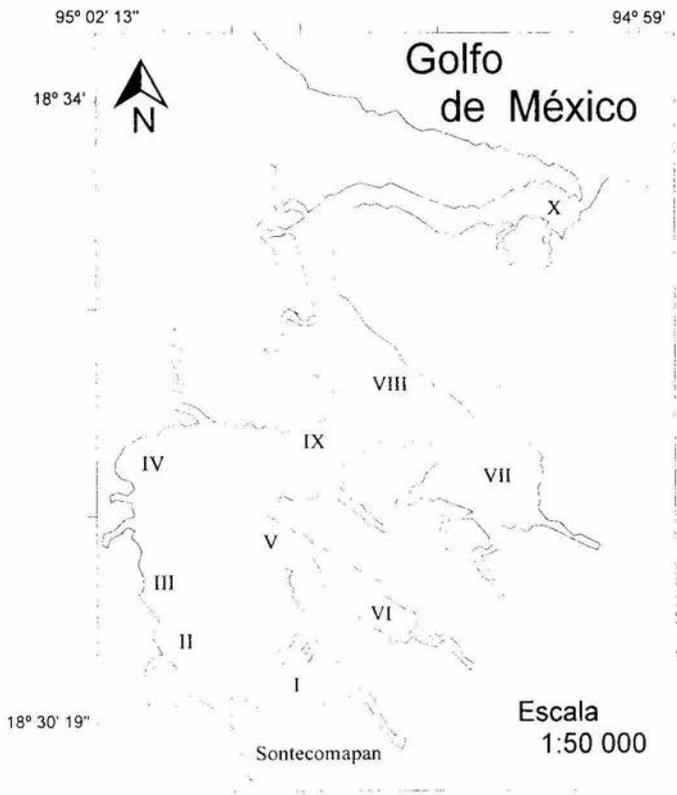


Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo.

La humedad relativa se registró con un psicómetro marca Cole Parmer, modelo Psychro-Dyne; la temperatura ambiente con un termómetro de máximo y mínimo; se registraron los parámetros fisicoquímicos de temperatura del agua con un termómetro de cubeta; salinidad con un refractómetro de mano marca ATAGO, modelo S/Mill-E; profundidad y turbidez con un disco de Secchi; oxígeno con método de Winckler; colectándose las muestras de agua superficial y de fondo con una botella Van Dorn con capacidad de un galón; la dirección de la corriente y el viento con una varilla de aluminio con indicadores y la velocidad superficial de la corriente por medio de la técnica de objetos a la deriva.

Se obtuvieron muestras de sedimento con un nucleador para obtener la clase textural en laboratorio mediante el método del Hidrómetro de Bouyoucos.

El registro de las condiciones climáticas y parámetros fisicoquímicos en campo y laboratorio se realizó en bitácoras, las cuales se transcribieron a una hoja de cálculo electrónica (Microsoft Excel Ver. 5.0) para su procesamiento (promedios, máximos y mínimos), así como para la obtención de las gráficas que relacionan los aspectos hidrológicos más importantes de acuerdo al número de estaciones localizadas en todo el sistema. La digitalización del mapa de la Laguna de Sontecomapan se realizó mediante el software antes mencionado. La elaboración de mapas de isoclasas se realizó con el software: Surfer Ver. 5.0, que para procesos e interpretaciones oceanográficas es una de las paqueterías utilizadas para interpretar el comportamiento de los parámetros hidrológicos en todo el sistema lagunar, todo ello con el fin de realizar un atlas hidrológico del sistema estudiado.

## RESULTADOS

### ***CARACTERÍSTICAS GENERALES***

De manera general la laguna de Sontecomapan Veracruz se caracterizó por presentar una temperatura ambiente promedio de 29.7 °C con un máximo de 30.8 °C y un mínimo de 28.8 °C. La temperatura promedio del agua fue de 27.8 °C con un máximo de 28.7 °C y un mínimo de 27.1 °C (Tabla 1). La salinidad promedio fue de 12.4 ‰ lo que caracteriza al sistema como mesohalino, con un máximo de 25.5 ‰ y un mínimo de 7.8 ‰. La concentración de oxígeno disuelto presentó un promedio de 7.3 ppm con un máximo de 8.3 ppm y un mínimo de 6.4 ppm (Figura 3a). La profundidad promedio fue de 144.6 cm con máximo de 185.5 cm y un mínimo de 113.3 cm. La transparencia del agua tuvo un promedio de 76.9 cm con un máximo de 102.0 cm en la zona de la boca y un mínimo de 54.5 cm, en la zona del cuerpo mayor de la laguna (Figura 3b). La velocidad de la corriente superficial fue de 0.11 m/seg. presentando un máximo de 0.27 m/seg. y un mínimo de 0.06 m/seg. (Figura 3c). De manera global los sedimentos presentaron un promedio de 48.6 % de arena, con un máximo de 96.6 %, y un mínimo de 24.6 %; 36.8 % de limo, con 56.5 % de máximo y 1.4 % como mínimo; un promedio de 14.6 % de arcilla, con un máximo de 21.3 % y un mínimo de 2.0 %; lo que da una textura global de tipo Arena-Limosa (Figura 3d).

En los promedios globales por estación de muestreo se observa que los máximos promedios de temperatura ambiente corresponden a las estaciones V a VII, en la zona media de la laguna y los mínimos a la estación X en la boca de comunicación. La temperatura del agua es mayor en la zona media de la laguna, estaciones VI a IX, y menor en la zona interior y en la boca, estaciones I a V y X. Para la salinidad se observó un gradiente de concentración, de la boca de comunicación hacia el interior de la laguna; los promedios más altos se presentaron en la estación X, en el área del canal y la boca, debido a la influencia marina, dada su comunicación

permanente con el mar; los promedios más bajos se observaron al interior de la laguna donde se presenta un mayor número de afluentes dulceacuícolas, estaciones I a VI. La concentración de oxígeno disuelto es uniforme para toda la laguna, presentándose los promedios más altos en la estación IV y VI, en la zona de pastos conocida como El Sumidero y El Bagre respectivamente (Figura 4a). En cuanto a la profundidad y transparencia los promedios más altos se localizan cercanos a la boca y zona media de la laguna, estaciones VII, VIII y X; los mínimos en la zona interior en las estaciones II a IV (Figura 4b). La velocidad de la corriente se mantiene constante en la zona media de la laguna y aumenta en la boca y en la cabeza del sistema, estaciones X y I, respectivamente (Figura 4b). En la distribución de los sedimentos, los mayores porcentajes de arenas se localizan en las estaciones I, VIII, IX y X; por influencia directa del mar y por arrastre de corrientes. Los porcentajes de limos y arcillas son más altos para las estaciones III, IV y VI y los más bajos en la estación X (Figura 4c).

PARÁMETRO	PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO
Temperatura ambiente °C	29.7	30.8	28.83
Temperatura del agua °C	27.8	28.7	27.1
Salinidad ‰	12.4	25.5	7.8
Oxígeno ppm	7.3	8.3	6.4
Profundidad cm	144.6	185.5	113.3
Transparencia cm	76.9	102.0	54.5
Velocidad de la corriente. superficial m/seg.	0.11	0.27	0.06
Arena %	48.6	96.6	24.6
Limo %	36.8	56.5	1.4
Arcilla %	14.6	21.3	2.0

Tabla 1. Promedios globales, máximos y mínimos para la laguna de Sontecomapan Veracruz

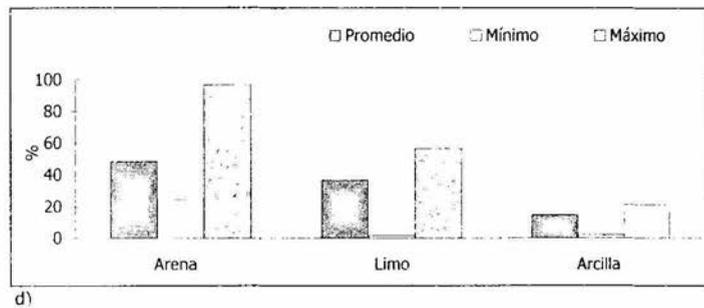
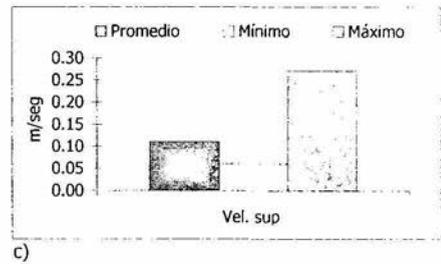
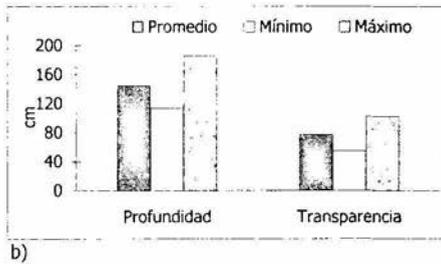
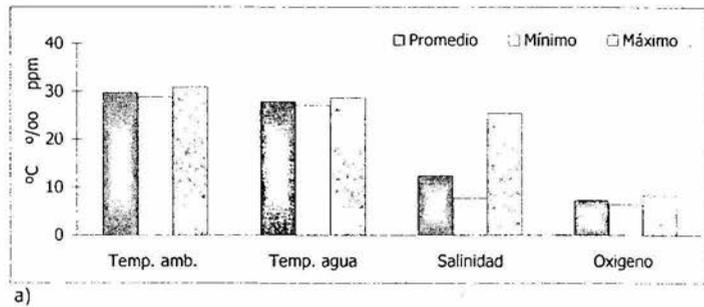


Figura 3. Promedio global, máximos y mínimos de: a) temperatura ambiente, temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto; b) profundidad y transparencia del agua; c) velocidad de la corriente superficial y d) sedimentos: arena, limo y arcilla; para la laguna de Sontecomapan Veracruz de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

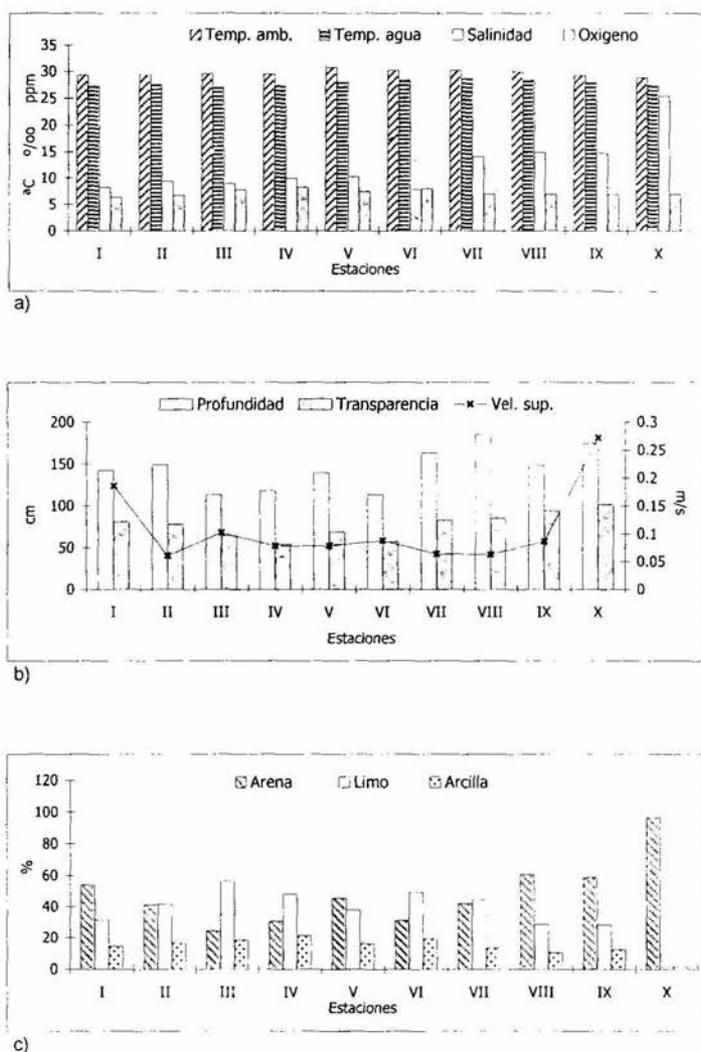


Figura 4. Promedios globales por estación de muestreo de: a) temperatura ambiente, temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto; b) profundidad y transparencia del agua y velocidad de la corriente superficial y c) sedimentos: arena, limo y arcilla; para la laguna de Sontecomapan Veracruz de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

## ***CARACTERÍSTICAS POR TEMPORADA CLIMÁTICA***

### **SECAS**

La temporada de Secas se caracterizó por presentar una temperatura ambiente de 32.4 °C con un máximo de 35.0 °C y un mínimo de 30.0 °C, lo que influyó directamente sobre la temperatura del agua la cual presentó un promedio de 28.8 °C con un máximo de 29.5 °C y un mínimo de 27.0 °C; la laguna se caracterizó como mesohalina para esta temporada con una salinidad promedio de 12.5 ‰ con un máximo de 25.9 ‰ y un mínimo de 7.5 ‰; la concentración de oxígeno disuelto tuvo un promedio de 6.2 ppm con un máximo de 8.7 ppm y un mínimo de 5.1 ppm (Figura 5a), La profundidad promedio fue de 140.3 cm con un máximo de 185.0 cm y un mínimo de 101.0 cm; la transparencia del agua presentó un promedio de 84.6 cm con un máximo de 169.0 cm y un mínimo de 53.5 cm (Figura 5b). La velocidad de la corriente superficial tuvo un promedio de 0.08 m/seg. con un máximo de 0.12 m/seg. y un mínimo de 0.03 m/seg. (Figura 5c). Los sedimentos presentaron un promedio de 50.8 % de arenas, 34.0 % de limo y 15.2 % de arcillas dando una textura Arena-Limosa para esta temporada (Figura 5d y Tabla 2).

Los promedios por estación de muestreo para la temporada de secas muestran que los valores más altos, para la temperatura ambiente, se encuentran en las estaciones II, III y V y los mínimos en las estaciones IV VI y X. Para la temperatura del agua los promedios más altos corresponden a las estaciones V a IX, en la zona media de la laguna y los mínimos a la estación X en la boca de comunicación. La salinidad mantiene un gradiente de concentración, de la boca de comunicación hacia el interior de la laguna; los promedios más altos se presentan en las estaciones VII; VIII y X, en el área de la boca, el canal y el Sábalo; los promedios más bajos se observan al interior de la laguna, estación I y VI. La

concentración de oxígeno disuelto es constante presentando el valor más alto en la estación IV, en la zona de pastos de El Sumidero, los valores mínimos en las estaciones I, II, VII IX y X (Figura 6a). En cuanto a la profundidad los promedios más altos se localizan en las estaciones II y VIII a X, y el mínimo para la estación III; la transparencia del agua presentó el máximo para la zona de la boca, estación X, debido a la presencia de corrientes, el mínimo se presentó en el interior de la laguna estaciones I a III debido al aporte de sedimento de los ríos en esta zona, (Figura 6b). La velocidad de la corriente aumenta de la zona interior a la zona media y boca de comunicación, manteniendo los máximos en las estaciones I y X y el mínimo en la estación II (Figura 6b). En la distribución de los sedimentos, los mayores porcentajes de arenas se localizan en las estaciones I, V, VII, VIII y X; por influencia directa del mar y por arrastre de corrientes, de la boca de comunicación al canal y en la cabeza del sistema. Los porcentajes de limos y arcillas son más altos para las estaciones II, III, IV y VI y los más bajos en la estación X (Figura 6c).

## **LLUVIAS**

La temporada de Lluvias se caracterizó por presentar una temperatura ambiente promedio de 31.7 °C con un máximo de 32.5 °C y un mínimo de 30.5 °C; la temperatura del agua presentó un promedio de 31.9 °C con un máximo de 33.5 °C y un mínimo de 30.5 °C; contrario a lo esperado la salinidad presentó un valor promedio de 13.6 ‰, mayor al promedio obtenido para la temporada de secas, con un máximo de 22.0 ‰ y un mínimo de 9.8 ‰; la concentración de oxígeno disuelto promedio fue de 7.7 ppm, con máximo de 9.0 ppm y un mínimo de 6.8 ppm (Figura 7a); la profundidad promedio fue de 120.4 cm con un máximo de 147.5 cm y un mínimo de 96.5 cm; la transparencia tuvo un promedio de 82.5 cm con un máximo de 110.0 cm y un mínimo de 47.0 cm (Figura 7b); el promedio de velocidad de la corriente superficial fue de 0.12 m/seg., con un máximo de 0.37

m/seg. y un mínimo de 0.03 m/seg (Figura 7c). El promedio de sedimentos fue de 48.1 % de arena, 36.9 % de limo y 14.9 % de arcillas (Figura 7c y Tabla 2) dando una textura de Arena-Limosa.

Para esta temporada, los promedios por estación de muestreo para la temperatura ambiente y del agua presentan el máximo en la estación V a VII, en la zona media de la laguna y del Sabalo y los mínimos a la estación III y X. Al igual que en la temporada de secas se mantiene el gradiente de concentración, de la salinidad, de la boca de comunicación hacia el interior de la laguna; los promedios más altos se presentan en las estaciones VII a X, y los bajos al interior de la laguna (estaciones I a VI). La concentración de oxígeno disuelto presentó los promedios más altos en la estación IV en la zona El Sumidero, mientras que los mínimos se localizan en la estación I y II y X (Figura 8a). En cuanto a la profundidad y transparencia los promedios más altos se localizan en la zona interior y cercanos al canal (estaciones I, II, VII, VIII y IX); los mínimos se localizan en la zona media en las estaciones III, IV y VI (Figura 8b). La velocidad de la corriente se mantiene constante en la zona media de la laguna y aumenta en la boca y en la cabeza del sistema, estaciones X e I respectivamente (Figura 8b). En la distribución de los sedimentos, los mayores porcentajes de arenas se localizan en las estaciones VIII, IX y X; por influencia directa del mar y por arrastre de corrientes, de la boca hasta el inicio del canal de comunicación. Los porcentajes de limos y arcillas son más altos para las estaciones III y IV y los más bajos en la estación X (Figura 8c).

## **NORTES**

La temporada de Nortes se caracterizó por presentar una temperatura ambiente promedio de 24.8 °C con un máximo de 27.0 °C y un mínimo de 22.5 °C. La temperatura del agua promedio fue de 23.4 °C con un máximo de 24.3 °C y un mínimo de 22.8 °C. La salinidad promedio fue de 11.1 ‰ con un máximo de 28.5

‰ y un mínimo de 4.8 ‰. Para la concentración de oxígeno disuelto se obtuvo un promedio de 7.9 ppm con un máximo de 8.6 ppm y un mínimo de 7.2 ppm (Figura 9a). La profundidad promedio fue de 170.9 cm con un máximo de 238.5 cm y un mínimo de 136.5 cm; la transparencia tuvo un promedio de 63.7 cm con un máximo de 97.0 cm y un mínimo de 45.0 cm (Figura 9b); el promedio de velocidad de la corriente superficial fue de 0.12 m/seg., con un máximo de 0.34 m/seg. y un mínimo de 0.05 m/seg. (Figura 9c). El promedio de sedimentos fue de 47.6 % de arena, 38.5 % de limo y 14.1 % de arcillas dando una textura de Arena-Limosa (Figura 9d y Tabla 2).

Para Nortes se nota una baja en la temperatura ambiente y del agua. La temperatura ambiente presenta los máximos promedios en las estaciones V y VI, en la zona media de la laguna y los mínimos a las estaciones I y II. La salinidad se abate durante esta temporada, pero se mantiene el mismo comportamiento, presentando sus promedios más altos en la boca, estación X, y los más bajos en el interior de la laguna. La concentración de oxígeno disuelto presentó los promedios más altos en la estación III y V y VI en la zona del Tularcito, el Sumidero y la entrada a la laguna (el Bagre) (Figura 10a). La profundidad es mayor en las estaciones VII, VIII y X; y menor en las estaciones III, IV y VI; la transparencia presentó los promedios más altos en las estaciones I y X, y una menor transparencia en cuerpo mayor de la laguna, estaciones II a VIII (Figura 10b). La velocidad de la corriente es mayor en la estación III y aumenta hacia la boca en donde se presenta el máximo de velocidad; la velocidad más baja se presentó en las estaciones I, II y IV y VI (Figura 10b). En la distribución de los sedimentos, los mayores porcentajes de arenas se localizan en las estaciones I, VIII, IX y X, los menores porcentajes se presentaron en las estaciones III y VI. Los porcentajes de limos y arcillas son más altos para las estaciones II, III, VI y VII, los más bajos en la estación X (Figura 10c)..

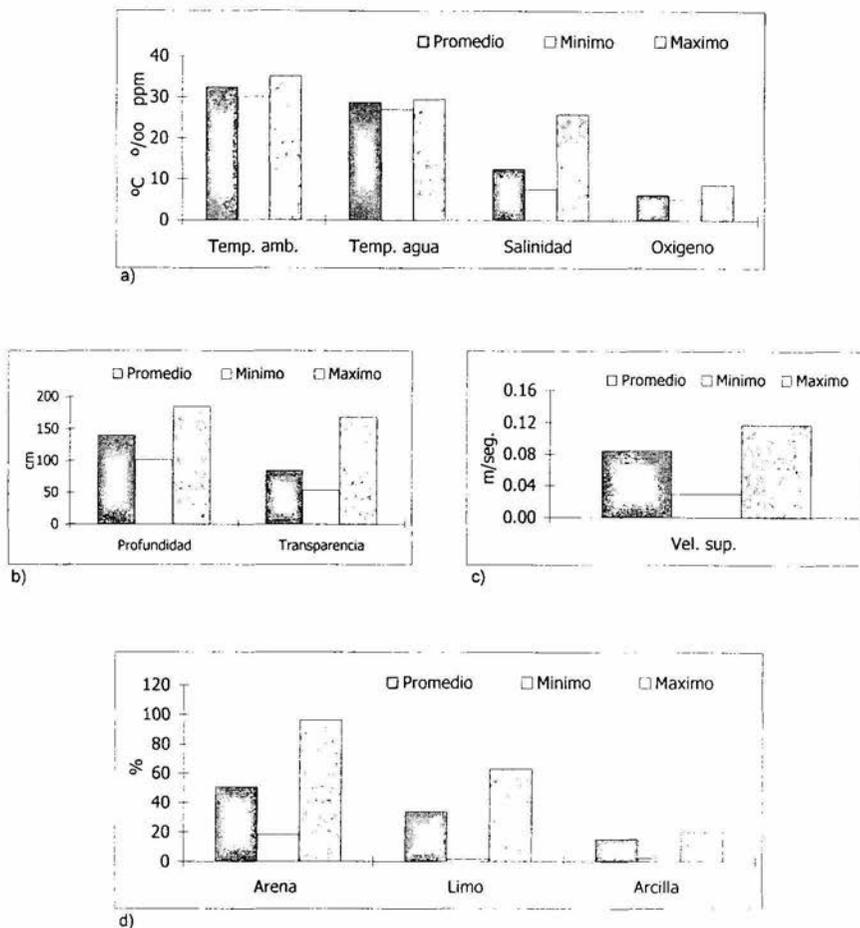
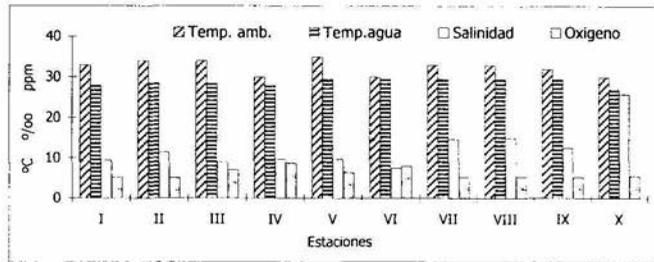


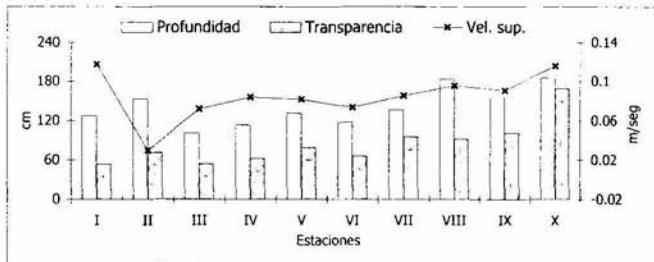
Figura 5. Promedios máximos y mínimos de: a) temperatura ambiente, temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto; b) profundidad y transparencia del agua; c) velocidad de la corriente superficial y d) sedimentos: arena, limo y arcilla; para la laguna de Sontecomapan Veracruz durante la temporada de Secas.

Parámetro	SECAS			LLUVIAS			NORTES		
	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo
Temperatura ambiente °C	32.4	35.0	30.0	31.7	32.5	30.5	24.8	27.0	22.5
Temperatura del agua °C	28.8	29.5	27.0	31.9	33.5	30.5	23.4	24.3	22.8
Salinidad ‰	12.5	25.9	7.5	13.6	22.0	9.8	11.1	28.5	4.8
Oxígeno ppm	6.2	8.7	5.1	7.7	9.0	6.8	7.9	8.6	7.2
Profundidad cm	140.3	185.0	101.0	120.4	147.5	96.5	170.9	238.5	136.5
Transparencia cm	84.6	169.0	53.5	82.5	110.0	47.0	63.7	97.0	45.0
Vel. Corriente Superficial m/seg.	0.08	0.12	0.03	0.12	0.37	0.03	0.12	0.34	0.05
Arena %	50.8	96.0	18.0	48.1	96.3	28.6	47.6	97.5	27.1
Limo %	34.0	63.0	1.8	36.9	53.6	1.3	38.5	53.1	1.1
Arcilla %	15.2	20.1	2.3	14.9	21.8	2.4	14.1	24.9	1.0

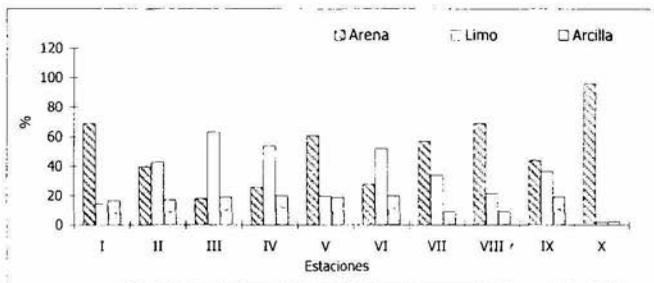
Tabla 2. Promedios, máximos y mínimos por temporada climática para la laguna de Sontecomapan Veracruz.



a)



b)



c)

Figura 6. Promedios por estación de muestreo: a) temperatura ambiente, temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto; b) profundidad, transparencia del agua y velocidad de la corriente superficial c) sedimentos: arena, limo y arcilla; para la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante la temporada de Secas.

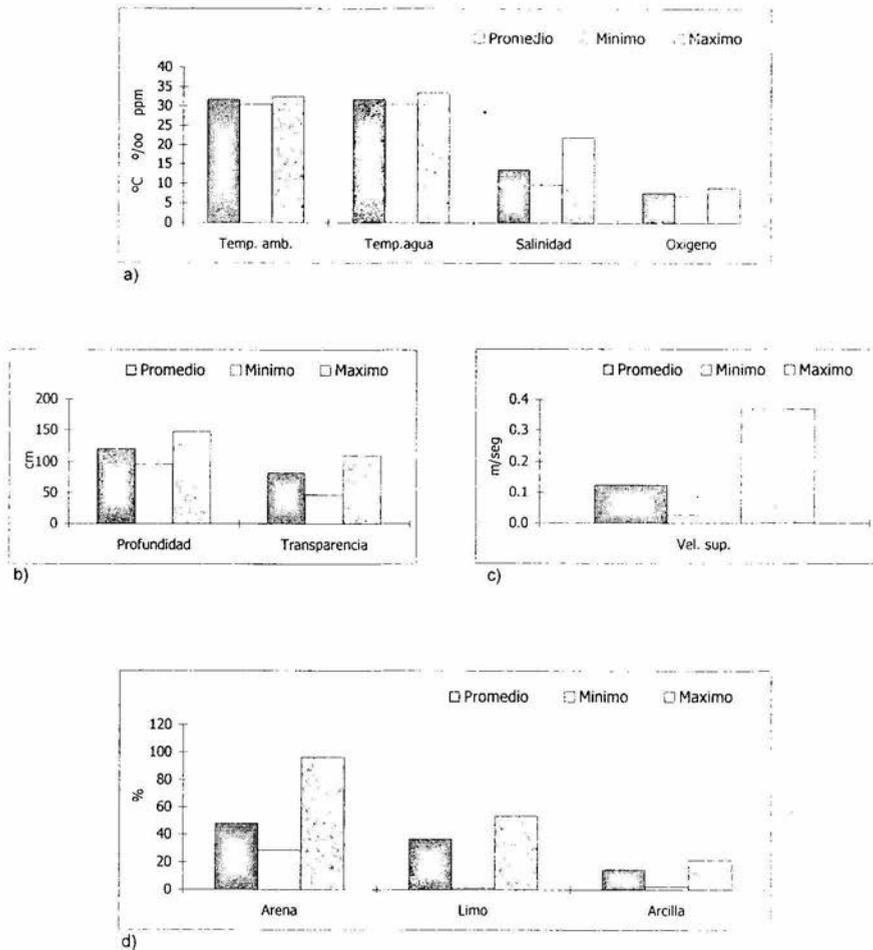
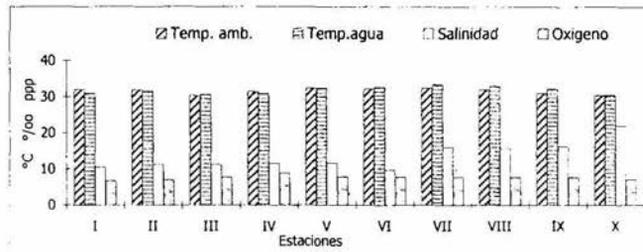
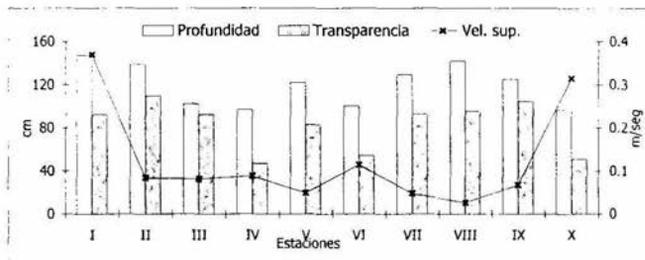


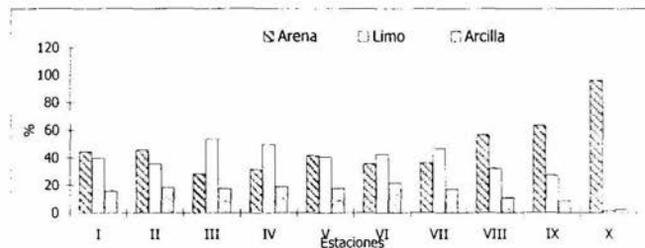
Figura 7. Promedios, máximos y mínimos de: a) temperatura ambiente, temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto; b) profundidad y transparencia del agua; c) velocidad de la corriente superficial y d) sedimentos: arena, limo y arcilla; para la laguna de Sontecomapan Veracruz durante la temporada de Lluvias.



a)

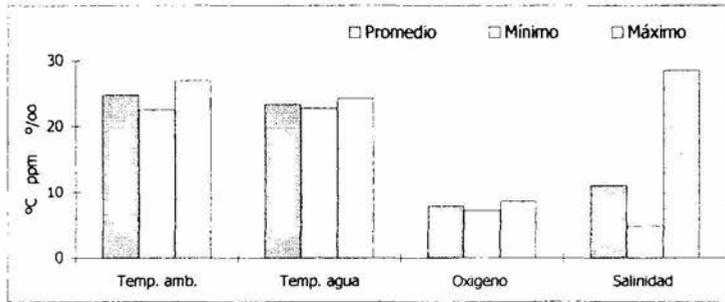


b)

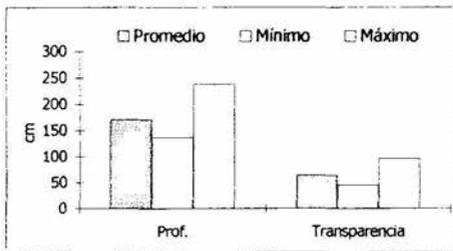


c)

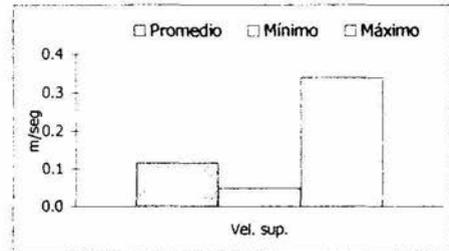
Figura 8. Promedios por estación de muestreo de: a) temperatura ambiente, temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto; b) profundidad, transparencia del agua y velocidad de la corriente superficial y c) sedimentos: arena, limo y arcilla; para la laguna de Sontecomapan Veracruz durante la temporada de Lluvias de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.



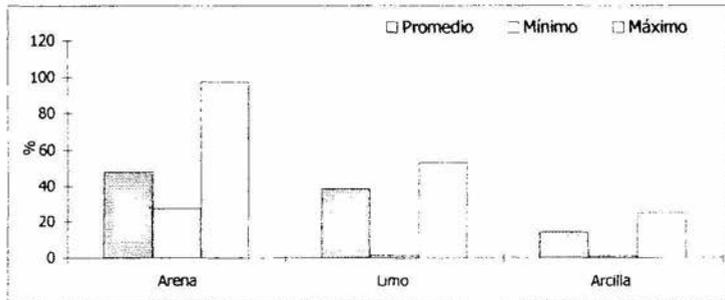
a)



b)



c)



d)

Figura 9. Promedios, máximos y mínimos de: a) temperatura ambiente, temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto; b) profundidad y transparencia del agua; c) velocidad de la corriente superficial y d) sedimentos: arena, limo y arcilla; para la laguna de Sontecomapan Veracruz durante la temporada de Nortes.

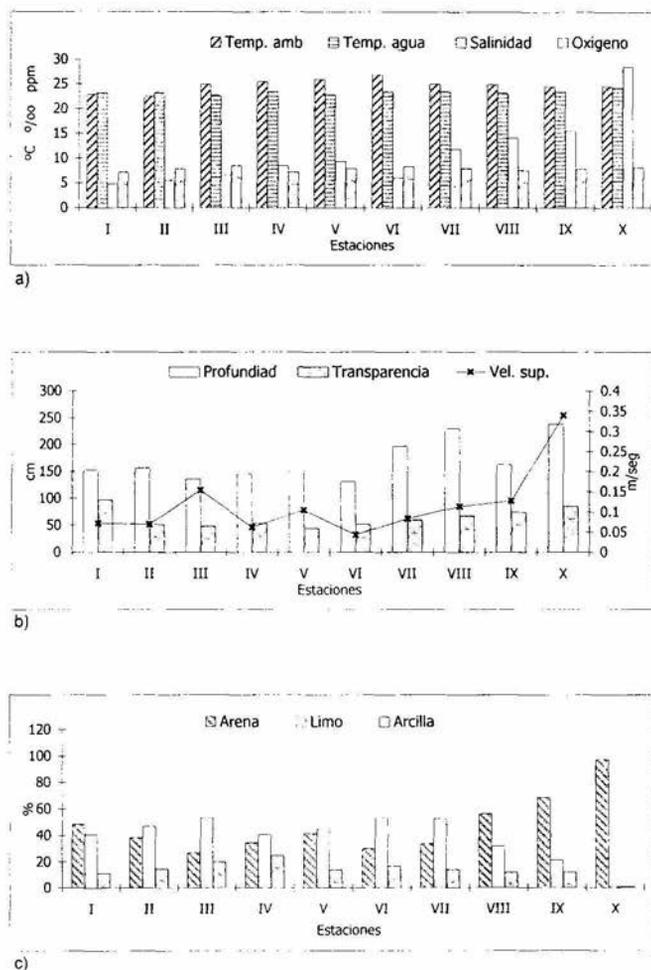


Figura 10. Promedios por estación de muestreo de: a) temperatura ambiente, temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto; b) profundidad, transparencia del agua y velocidad de la corriente superficial y c) sedimentos: arena, limo y arcilla; para la laguna de Sontecomapan Veracruz durante la temporada de Nortes de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

## **CLIMA**

El promedio global de los registros obtenidos durante los meses de muestreo, caracteriza de manera general a la laguna de Sontecomapan Veracruz como un sistema cálido sin precipitación en el momento del muestreo, excepto para el mes de Enero, con gran cantidad de nubes altas (cirrus) y bajas (cumulus); buena visibilidad; viento con dirección predominante del N-NE (Tabla 3); olas de calma rizada a ligeras, el color del agua fue de verde a pardo y una humedad relativa de 73.5%. La temperatura ambiente global tuvo un promedio de 29.7°C con un máximo de 30.8°C y un mínimo de 28.8°C (Figura 3a), mientras que los promedios más altos por estación de muestreo corresponden a las estaciones V a VII, en la zona media de la laguna y los mínimos a la estación X en la boca de comunicación (Figura 4a).

Para la temporada de Secas el clima fue cálido, sin precipitación en el momento del muestreo, con poca cantidad de nubes altas tipo cirrus; buena visibilidad; viento con dirección predominante del NE (Tabla 3), generando olas en calma rizada; el color del agua fue de verde a café-verdoso; la temperatura promedio fue de 32.4°C, con un máximo de 35°C y un mínimo de 30°C (Figura 5a) y humedad relativa de 72.5 %. Para esta temporada los valores más altos, para la temperatura ambiente, se encuentran en las estaciones II, III y V, en la zona media de la laguna y los mínimos en las estaciones IV VI y X (Figura 6a).

La temporada de Lluvias se caracterizó por presentar un clima cálido, sin precipitación en el momento del muestreo, con cielo cubierto de nubes altas; buena visibilidad; viento ligero y brisa ligera predominante del NE (Tabla 3) y olas en calma rizada; el color del agua fue de verde-oscuro a café-verdosa; la temperatura ambiente promedio fue de 31.7°C con un máximo de 32.5°C y un mínimo de 30.5°C (Figura 7a) y con una humedad relativa de 70 %. La

temperatura más alta se localiza en la estación VI, en la zona media de la laguna y la más baja en las estaciones II a X (Figura 8a).

Mientras que para Nortes se presentó un clima templado con lluvia en el momento del muestreo; con cielo oscuro por nubes tipo cumulus aunque con buena visibilidad; Para esta temporada se nota una baja en la temperatura ambiente debido a la presencia de viento frío proveniente del Norte (Tabla 3), el cual generó olas de tipo cabrillas; el color del agua fue de pardo-café a verdoso; la temperatura ambiente de 24.8°C, con un máximo de 27°C y un mínimo de 22.5°C (Figura 9a) y humedad relativa de 78 %. presentando las temperaturas más altas en las estaciones V y VI, en la zona media de la laguna y los mínimos a la estación I y II (Figura 10a).

A pesar, del tipo de viento presente en esta temporada las olas fueron menores al tipo 4-5 ya que el sistema se encuentra rodeada por una franja de vegetación de tipo *Rupia maritima* la cual protege a la laguna de la acción del viento, sin que esto impida la formación de corrientes en el interior de la misma.

Durante los meses de muestreo la temperatura promedio se mantiene por arriba de los 25.0 °C excepto para el mes de Enero en el cual la temperatura baja a 21.4 °C (Tabla 4) como consecuencia de viento frío del Norte durante el día de muestreo de acuerdo a la temporada climática presente. La máxima temperatura (33.0 °C) se registró durante el mes de Abril de 1996 correspondiendo éste a la temporada de Secas. El registro promedio mensual por estación de muestreo se localiza en la zona interior y media de la laguna (estaciones I, V a VIII); mientras que las temperaturas más bajas se localizan en dirección de la boca (Figura 11).

Estación / Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Promedio
Abril 95	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Abril 96	N	NW	NW	NW	NW	NW	NE	NE	NE	E	NW
Secas	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Junio	E	N	NE	E	NE	E	N	NE	NE	N	NE
Septiembre	/	N	N	NE	/	N	NE	NE	E	NE	NE
Lluvias	E	N	N	E	NE	NE	N	NE	E	NE	N-NE
Octubre	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Enero	N	N	N	N	N	/	N	N	N	N	N
Nortes	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Global	N	N	N	NE	N	NE	N	NE	NE	N	N-NE

Tabla 3. Dirección del viento para la laguna de Sontecomapan Veracruz.

PARÁMETRO	Abril 1995	Junio 1995	Octubre 1995	Enero 1996	Abril 1996	Septiembre 1996
Temperatura ambiente °C	32.4	31	28.2	21.4	33	32.38
Temperatura del agua °C	28.75	31.10	26.7	20.06	/	32.60
Salinidad ‰	21.25	19.95	11.17	10.98	3.70	5.44
Oxígeno ppm	4.25	7.88	8.08	7.66	8.14	7.98
Profundidad cm	140	136	191.7	144.65	145.9	103.88
Transparencia cm	71.5	82.78	75.9	57.505	97.6	90.43
Vel. corriente superficial m/seg	0.08	0.17	0.109	0.135	0.09	0.08
Arena %	57.6	51.45	56.926	38.23	42.08	44.75
Limo %	25.43	26.46	28.9	48.19	45.17	47.45
Arcilla %	16.96	22.08	14.17	13.59	12.75	7.80

Tabla 4. Promedios por mes de muestreo para la laguna de Sontecomapan Veracruz.

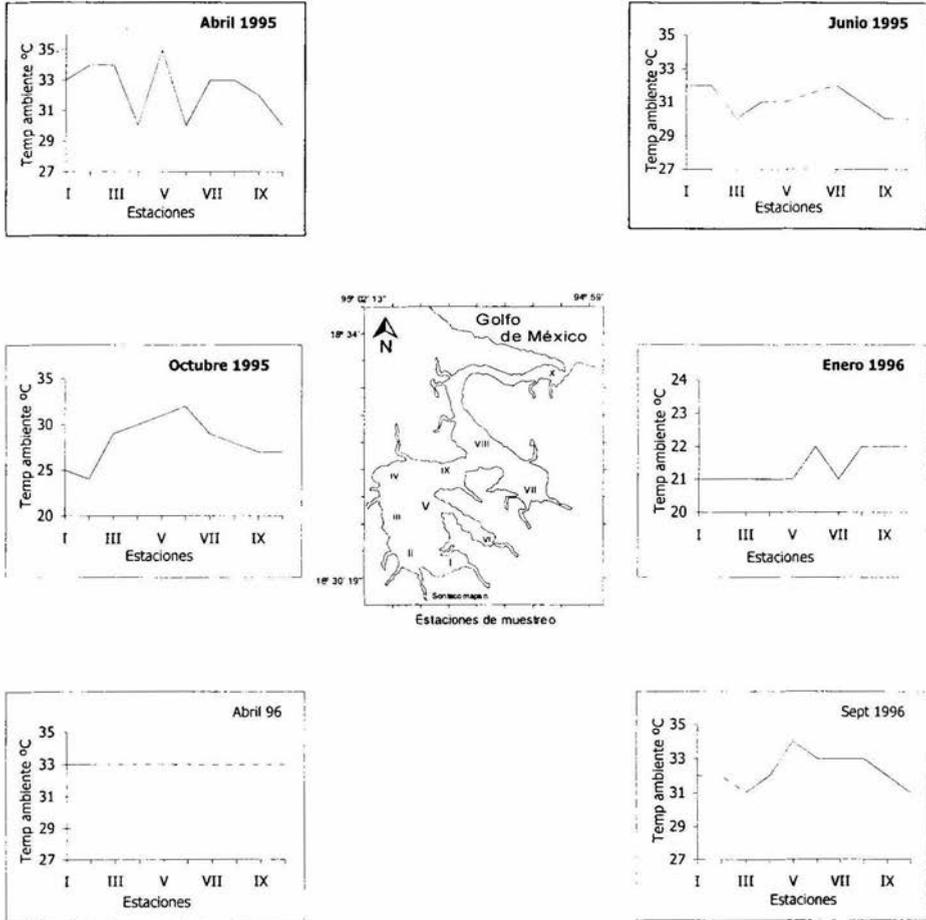


Figura 11. Variación de la temperatura ambiente por estación de muestreo para la laguna de Sontecomapan Veracruz de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

## **PARÁMETROS HIDROLÓGICOS**

El resultado de los parámetros hidrológicos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, es el promedio de los registros de fondo y superficie.

### **TEMPERATURA DEL AGUA**

La temperatura promedio global del agua fue un reflejo de la temperatura ambiental presente en el sistema y ésta varió de acuerdo a la influencia climática presente durante el periodo de muestreo. Se obtuvo un promedio de temperatura del agua global de 27.8°C, con un máximo de 28.7°C y un mínimo de 27.1°C (Figura 3a). Las temperaturas globales más altas por estación de muestreo, se localizaron en la zona media de la laguna (estaciones VI a IX) y las temperaturas menos cálidas en la zona interior (estaciones II a IV) y boca de comunicación (estación X) (Figura 4a).

Para la temporada de Secas el promedio fue de 28.8 °C, con un máximo de 29.5 °C y un mínimo de 27.0 °C (Figura 5a); un promedio de 31.9°C para la temporada de Lluvias, con un máximo de 33.5 °C y un mínimo de 30.5 °C (Figura 7a) y para Nortes una temperatura promedio de 23.4 °C con máximo de 24.3°C y un mínimo de 22.8°C (Figura 9a). Para las tres temporadas se observa el mismo comportamiento en cuanto a la distribución de la temperatura promedio por estación de muestreo, encontrando las mas altas en la zona media, estaciones VI a IX y las más bajas en la zona interior y boca de comunicación, estaciones I a V y X (Figuras 6a, 8a y 10a).

El promedio máximo mensual de temperatura (32.6 °C) correspondió a Septiembre de 1996 y el mínimo a Enero del mismo año con un promedio de 20.1 °C (Tabla 4). Para el mes de Abril de 1996 no se tiene registro de temperatura por eventos no previstos durante el muestreo (perdida de material). Durante los meses de

muestreo se observó que la temperatura es mayor en la zona media (estaciones V a IX) y disminuye hacia la boca de comunicación para Abril y Junio, de forma contraria, para Octubre, Enero y Septiembre la temperatura aumenta hacia la boca del sistema (Figura 12).

## **SALINIDAD**

Este parámetro también se vio influenciado por las características climáticas presentes, así como por la localización de las estaciones de muestreo. La salinidad global del sistema fue de 12.4 ‰, con un máximo de 25.5‰ y un mínimo de 7.8‰ (Figura 3a), confiriendo al sistema un carácter mesohalino (Tabla 5) (Sistema de Venecia Carriker, 1976 citado por De La Lanza 1994). Para la temporada de Secas se registró una salinidad promedio de 12.5 ‰, con un máximo de 25.9‰ y un mínimo de 7.5‰ (Figura 5a); contrario a lo esperado para la temporada de Lluvias la salinidad aumentó a un promedio de 13.6‰, con un máximo de 22.0‰ y un mínimo de 9.8‰ (Figura 7a); mientras que para la temporada de Nortes, se abate la salinidad a un promedio de 11.1 ‰, con un máximo de 28.5‰ y un mínimo de 4.8‰ (Figura 9a).

El bajo promedio de salinidad durante la temporada de Secas se debió a la presencia de lluvias durante el día de muestreo. Durante el periodo de estudio el promedio máximo mensual de salinidad (21.3‰), se registró durante Abril de 1995, correspondiente a Secas y el mínimo (3.7‰) también correspondió a esta misma temporada, pero para Abril de 1996 (Tabla 3), debido a la presencia de lluvias, como se mencionó anteriormente, ya que para este mes se registro una salinidad de 0 a 5‰ en el cuerpo principal de la laguna (estaciones I a VI), en donde se encuentran todos su afluentes dulceacuícolas (Figura 13), esto caracterizó a la laguna durante este mes como Oligohalina (Tabla 5.)

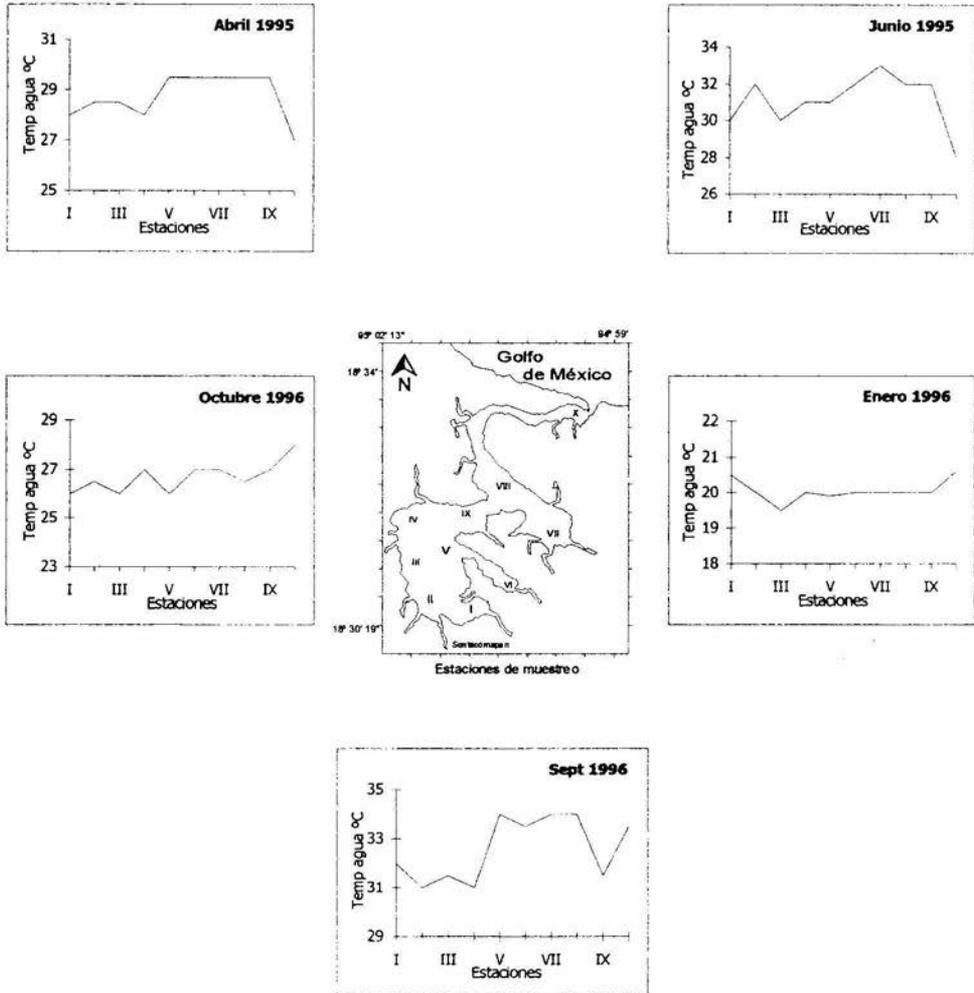


Figura 12. Variación de la temperatura del agua por estación de muestreo para la laguna de Sontecomapan Veracruz de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

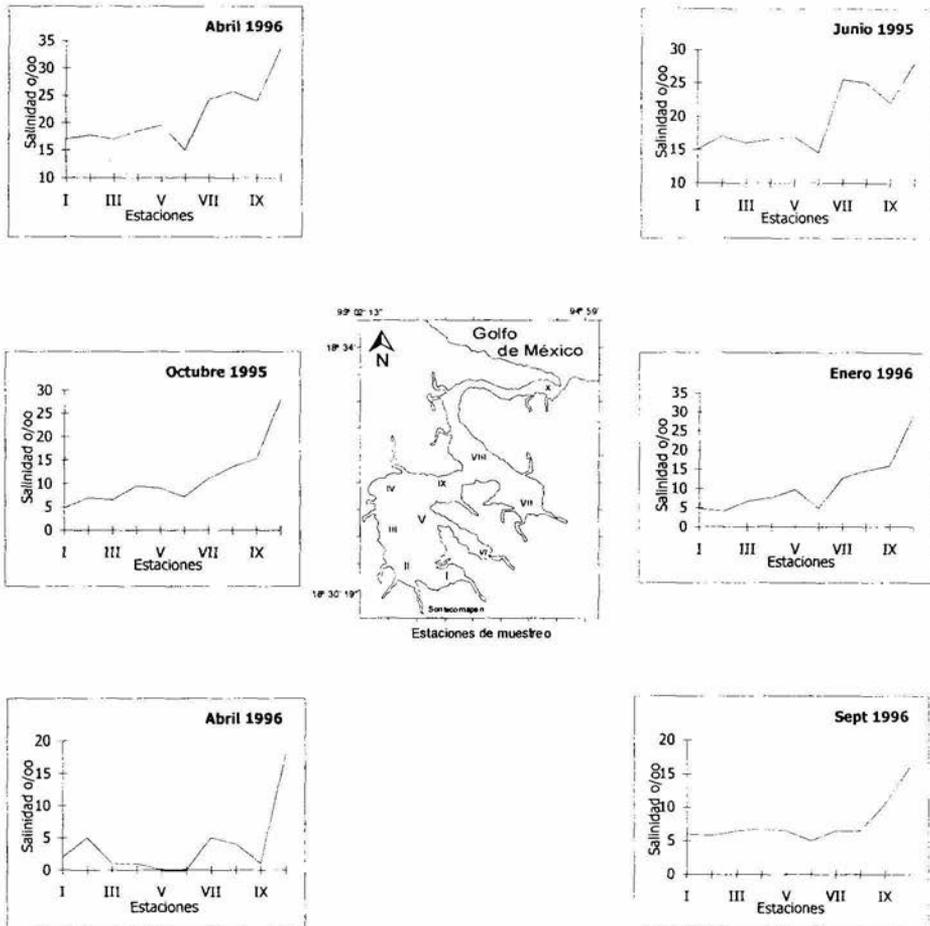


Figura 13. Variación de la salinidad por estación de muestreo para la laguna de Sontecomapan Veracruz de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

Limnético	<0.5 ‰
Oligohalino	0.5 a 5.0 ‰
Mesohalino	5.0 a 18.0 ‰
Polihalino	18 a 30 ‰
Euhalino	30 a 40 ‰
Hiperhalino	>40.0 ‰

Tabla 5. Clasificación de lagunas con base en la salinidad. (Sistema de Venecia Carriker, 1976), citado por De La Lanza (1994)

Los promedios de salinidad más bajos se registraron en la zona interior de la laguna, en donde se encuentran el mayor número de afluentes de agua dulce y aumentan hacia el canal y la boca de comunicación, por la influencia del mar (Figuras 6a, 8a y 10a). El registro de salinidad por mes de muestreo es menor en el interior de la laguna y aumenta hacia la boca, excepto en la estación VI (El Bagre) donde disminuye, por tratarse de una zona mas cerrada con influencia de un afluente dulceacuícola y al parecer con menor influencia de la corriente proveniente de la boca hacia el cuerpo mayor de la laguna (Figura 13).

## OXÍGENO DISUELTO

La concentración de oxígeno disuelto presentó un promedio global de 7.3 ppm, con un promedio máximo de 8.3 ppm y un mínimo de 6.4 ppm (Figura 3a) lo que caracteriza al sistema como bien oxigenado. Para la temporada de Secas se obtuvo un promedio de 6.2 ppm, con un máximo de 8.7 ppm y un mínimo de 5.1 ppm (Figura 5a); para Lluvias el promedio fue de 7.7 ppm con un máximo de 9.0 ppm y un mínimo de 6.8 ppm (Figura 7a); mientras que para la temporada de Nortes se obtuvo un promedio de 7.9 ppm con un máximo de 8.6 ppm y un mínimo de 7.2 ppm (Figura 9a). El promedio máximo mensual de oxígeno disuelto 8.1 ppm se

presentaron durante el mes de Octubre de 1995 y Abril de 1996, mientras que el mínimo (4.3 ppm) se presentó en abril de 1995, en la temporada de secas, debido a la presencia de lluvias durante el muestreo, la baja en la salinidad y el aporte de agua dulce incrementaron la concentración de oxígeno en la laguna durante estos meses. La concentración de oxígeno varió de acuerdo al tipo de clima, durante el periodo de muestreo; la concentración más alta de oxígeno se localiza en la zona media de la laguna debido a la presencia de pastos en esta zona; el promedio máximo por estación de muestreo (8.32 ppm) se localiza en la estación IV que corresponde a esta zona denominada el Sumidero (Figura 4a). En la Figura 14 se observa que la concentración de oxígeno disuelto es mayor en la zona media para Abril, Junio y Septiembre, y un poco más homogénea para Octubre y Enero.

## **PROFUNDIDAD Y TRANSPARENCIA**

Al igual que los parámetros anteriores, la profundidad y transparencia presentaron variaciones de acuerdo a las características climáticas presentes. La profundidad promedio global del sistema fue de 144.6 cm, con un máximo de 185.5 cm y un mínimo de 113.3 cm; con una transparencia promedio global de 76.9 cm, con un máximo de 102.0 cm, y un mínimo de 54.5 cm (Figura 3b) caracterizando al sistema como somero y con una cantidad media de materia en suspensión. La profundidad y transparencia promedio global por estación de muestreo, es mayor en las estaciones VII, VIII y X y menor es la zona media, estaciones II a IV (Figura 4b).

Para la temporada de Secas se obtuvo una profundidad promedio de 140.3 cm, con un máximo de 185.0 cm y un mínimo de 101.0 cm; con una transparencia promedio de 84.6 cm, con un máximo de 169.0 cm y un mínimo de 53.5 cm (Figura 5b); los promedios máximos de profundidad y transparencia se localizan en las estaciones II, VIII a X (Figura 6b). Para Lluvias la profundidad promedio fue de

120.4 cm, con un máximo de 147.5 cm y un mínimo de 96.5 cm; con una transparencia de 82.5 cm, con un máximo de 110.0 cm y un mínimo de 47.0 cm (Figura 7b), en esta temporada la profundidad y transparencia fueron mayores en las estaciones I, II, V, VII y VIII (Figura 8b); mientras que para Nortes el promedio de profundidad aumentó a 170.9 cm, con un máximo de 238.5 cm y un mínimo de 136.5 cm; la transparencia disminuye a un promedio de 63.7 cm, con un máximo de 97.0 cm y un mínimo de 45.0 cm (Figura 9b), en esta temporada la profundidad fue mayor en las estaciones VIII y X y menor en las estaciones I, II, III y VI (Figura 10b). Durante los meses de muestreo el máximo de profundidad (197.1 cm) se presentó durante el mes de Octubre, mientras que el mínimo (103.9 cm) correspondió al mes de Septiembre, Nortes y Lluvias respectivamente. La parte más somera de la laguna corresponde a la zona interior (estaciones I a VI), la profundidad aumenta en dirección al canal y boca de comunicación (estaciones VII a X) (Figura 4b). El máximo de transparencia (97.60 cm) corresponde al mes de Abril de 1996 y el mínimo a Enero con un promedio de 57.5 cm (Tabla 3), Secas y Nortes respectivamente. La transparencia varía de acuerdo a la profundidad y temporada climática presente, encontrándose en ocasiones que la transparencia es menor en la zona interior y aumenta hacia la boca en los meses de Abril y Octubre, observando un comportamiento contrario para Enero y Septiembre (Figura 15).

## **VELOCIDAD DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL**

Para este parámetro se tuvo un promedio global de 0.11 m/seg, con un máximo de 0.27 m/seg y un mínimo de 0.06 m/seg (Figura 3c). La velocidad de la corriente se mantiene constante en la zona media de la laguna y aumenta en la boca y en la cabeza del sistema, estaciones X y I, respectivamente (Figura 4b). Durante la temporada de Secas se obtuvo un promedio de 0.08 m/seg, con un máximo de 0.12 m/seg y un mínimo de 0.03 m/seg (Figura 5c); la velocidad de la corriente aumenta de la zona interior a la zona media y boca de comunicación, manteniendo

los máximos en la estación I y X (Figura 6b). Para la temporada de Lluvias la velocidad promedio, de la corriente superficial, aumentó a 0.12 m/seg, con un máximo de 0.37 m/seg, y un mínimo de 0.03 m/seg (Figura 7c); en cuanto a los promedios por estación de muestreo se observa un comportamiento similar a la temporada anterior (Figura 8b); durante la temporada de Nortes la velocidad promedio se mantiene a 0.12 m/seg con un máximo de 0.34 m/seg y un mínimo de 0.05 m/seg (Figura 9b). La velocidad de la corriente es mayor en la estación II y aumenta hacia la boca en donde se presenta el máximo de velocidad; la velocidad mas baja se presento en las estaciones I, II y V (Figura 10b).

Durante los meses de muestreo la máxima velocidad promedio se presenta durante el mes de Junio 0.17 m/seg.; mientras que el mínimo correspondió a los meses de Abril de 1995 y Septiembre de 1996 con un promedio de 0.08 m/seg. para ambos meses (Tabla 3).

La velocidad de la corriente fue menor a 0.2 m/seg para Abril 95-96, Octubre y Septiembre, y para la zona interior en Junio y Enero; la velocidad mas alta se registro en la zona de la boca de comunicación del sistema. (Figura 16)

## **DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL Y DE FONDO.**

La dirección de la corriente superficial y de fondo, fue un reflejo de la influencia de los vientos de acuerdo a la temporada climática presente y a las características morfológicas del sistema, como son la profundidad y los afluentes dulceacuícolas presentes. La dirección global de la corriente superficial fue W-SW, mientras que la de fondo fue hacia el SW. Para la temporada de secas la dirección de la corriente superficial fue S-SW y la de fondo promedio fue hacia el W-SW; mientras que para Lluvias la corriente superficial fue hacia el W-SW y la de fondo fue hacia el NW. Para Nortes la corriente superficial tuvo una dirección predominante hacia el S y la de fondo hacia el S-SE. Durante los meses de muestreo la corriente mantiene una

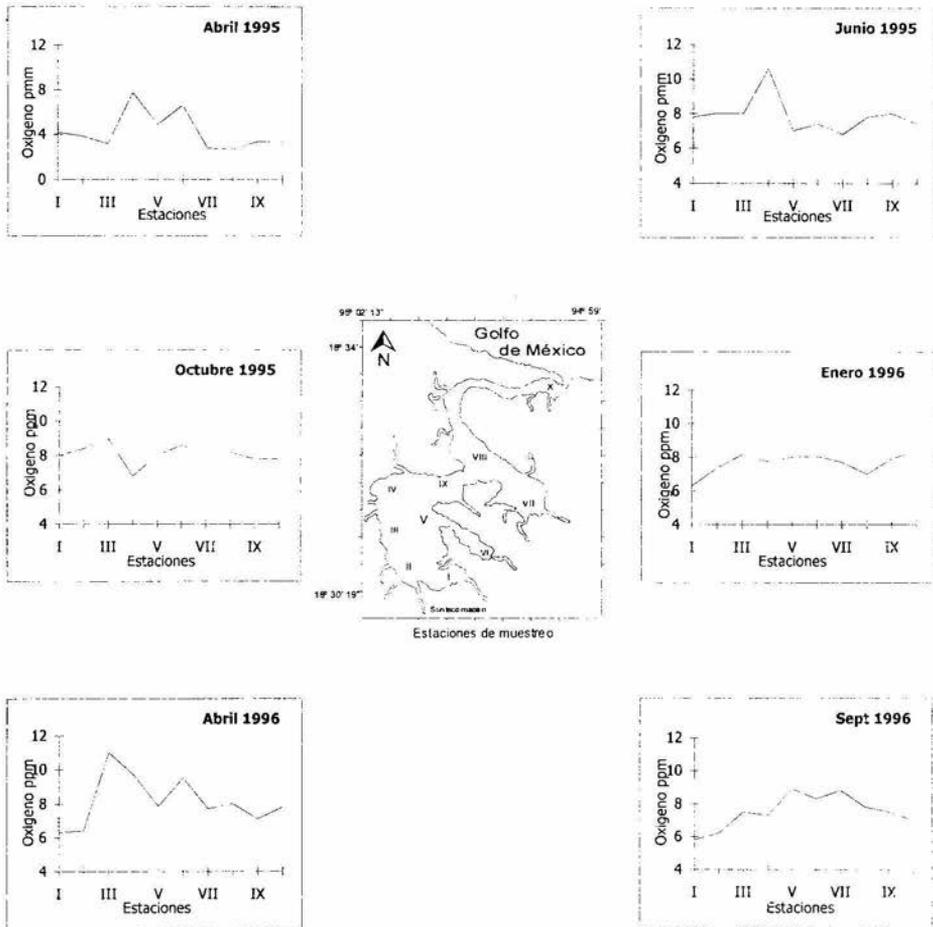
dirección hacia el E durante el mes de Abril de 1995 y hacia el NW en abril de 1996, esta diferencia en el patrón de corrientes es provocada por la acción directa del viento sobre el sistema, debido al viento proveniente del norte durante este ultimo mes. Mientras que para los meses restantes de muestreo la dirección de la corriente se mantiene hacia el N y NE. (Tabla 6 y 7)

Estación/ Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Promedio
Abril 95	SE	SW	SW	SW	SW	W	W	W	W	E	W-SW
Abril 96	W	SW	SW	SE	NW	SW	NE	NW	NE	SE	SW
Secas	S	SW	SW	S	W	W-SW	S	W	S	E-	S-SW
Junio	W	S	S	W	SW	W	S	W	SE	E	W
Septiembre	W	W	N	E	NE	NW	NW	N	NW	NE	NW
Lluvias	W	SW	W	S	S	W	SW	NW	SW	E	W-SW
Octubre	SW	SW	SW	E	W	NE	SW	S	SW	E	SW
Enero	SE	W	S	SE	W	NW	E	SW	SE	W	SE-W
Nortes	S	W	S	E	W	N	S	S	S	S	S
Global	W	SW	SW	E	SW	W	W	W	SE	E	W-SW

Tabla 6. Dirección de la corriente superficial para la laguna de Sontecomapan Veracruz.

Mes/ Estación	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Promedio
Abril 95	SW	SW	SW	SW	SW	W	W	N	W	E	SW
Abril 96	W	SW	SW	E	NW	SW	SE	NW	NE	SE	SW
Secas	W	SW	SW	S	W	W	S	N-NW	NW	E	W-SW
Junio	E	S	SW	SW	W	NW	SE	NE	E	E	E
Septiembre	NW	NW	NE	E	NE	N	NW	N	NW	NE	NW-NE
Lluvias	NW	SW	E	SE	NW	NW	SW	N	NE	E	NW
Octubre	SE	SE	SE	E	W	/	SE	N	N	SE	SE
Enero	SE	W	S	SW	SW	W	SW	SE	SE	W	SW
Nortes	SE	S	S	S	W	W	S	E	E	E	S-E
Global	SE	SW	SW	SW	SW	W	SE	N	N	SE	SW

Tabla 7. Dirección de la corriente de fondo para la laguna de Sontecomapan Veracruz.



IZT.

Figura 14. Variación del oxígeno disuelto por estación de muestreo para la laguna de Sontecomapan Veracruz de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.



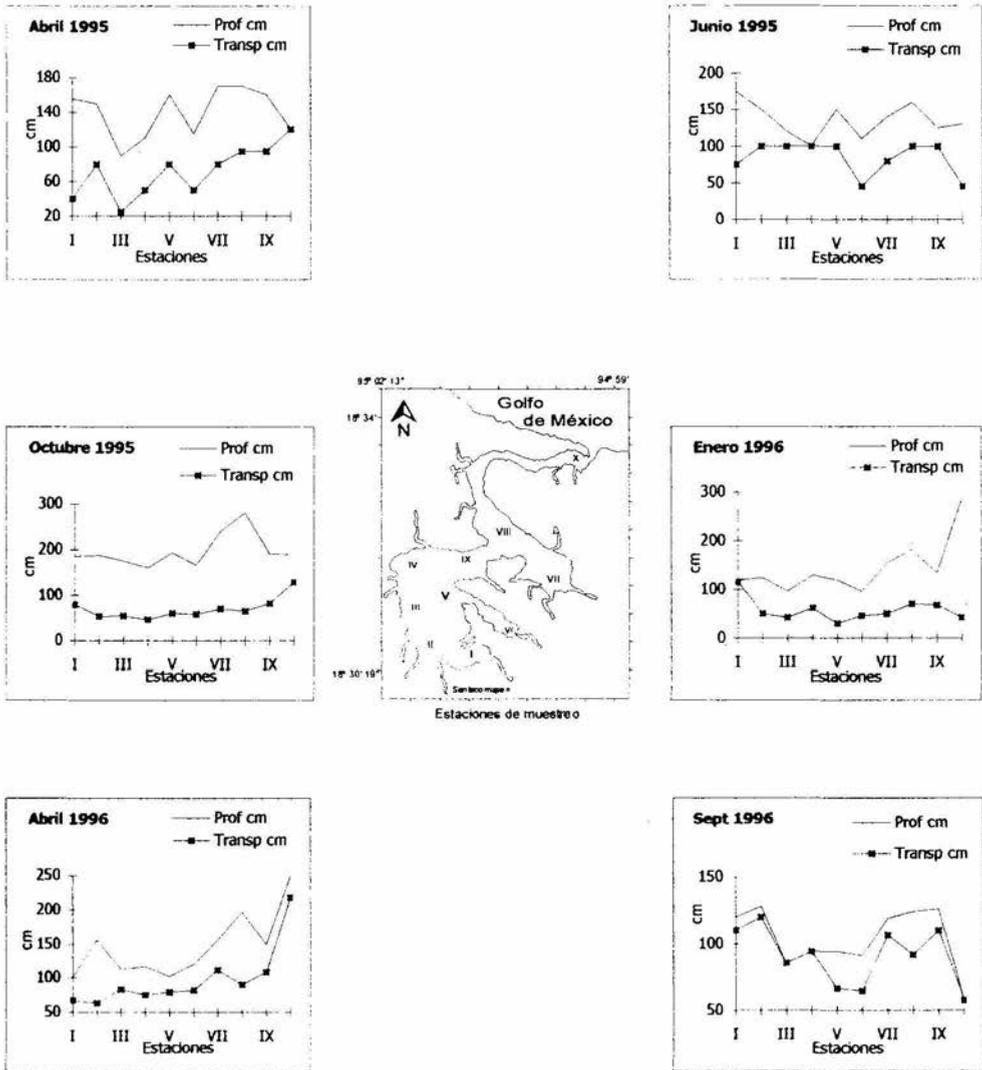


Figura 15. Variación de la profundidad y transparencia por estación de muestreo para la laguna de Sontecomapan Veracruz de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

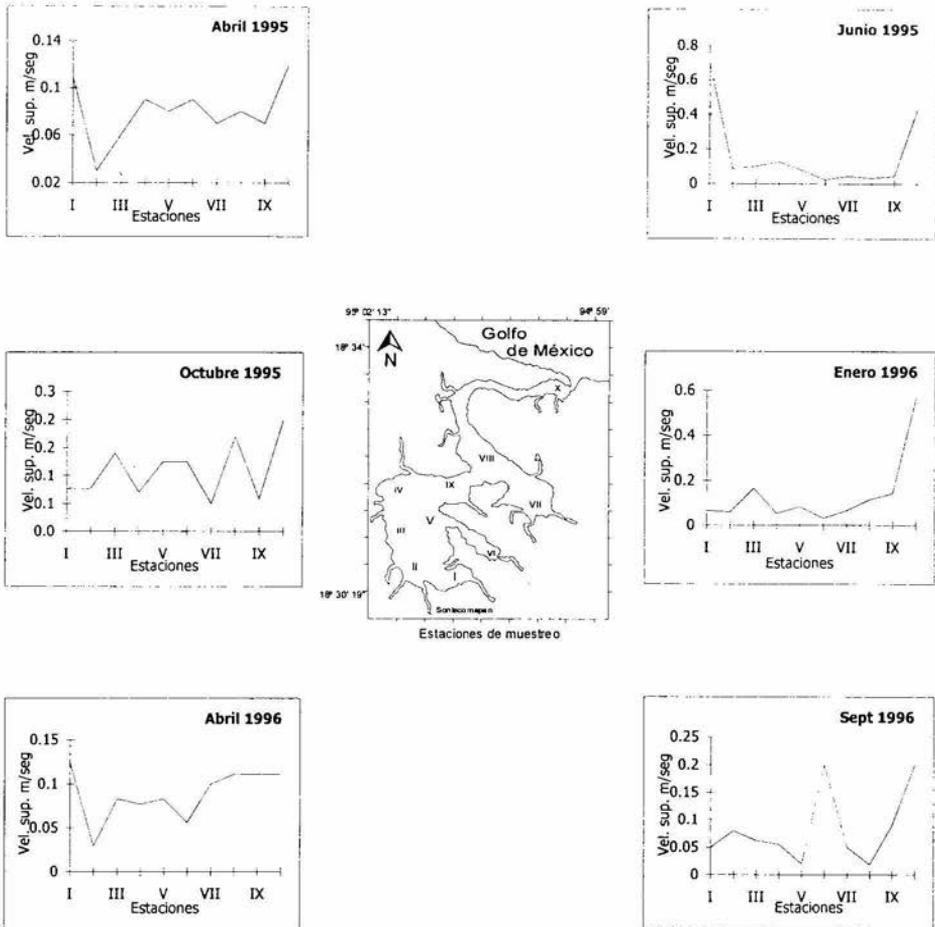


Figura 16. Variación de la velocidad de la corriente superficial por estación de muestreo para la laguna de Sontecomapan Veracruz de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

## **SEDIMENTOS (ARENA, LIMO, ARCILLA)**

En cuanto a la distribución y proporción de los sedimentos se obtuvo un promedio global de 48.6%, con un máximo de 96.6% y un mínimo de 24.6% de arena; un promedio de 36.8%, con un máximo de 56.5% y un mínimo de 1.4 % de limo y un promedio global de arcilla de 14.6%, con un máximo de 21.3 % y un mínimo de 2.0 % (Figura 3d). En la distribución de los sedimentos, los mayores porcentajes de arenas se localizan en las estaciones I, VIII, IX y X; por influencia directa del mar y por arrastre de corrientes. Los porcentajes de limos y arcillas son más altos para las estaciones III, IV y VI y los más bajos en la estación X (Figura 4c).

Durante la temporada de Secas los sedimentos presentaron un promedio de 50.8% de arena, 34.0% de limo y 15.2% de arcillas (Figura 5d); para Lluvias el promedio de sedimentos fue de 48.1% de arena, 36.9% de limo y 14.9% de arcillas (Figura 7d); para Nortes el promedio fue de 47.6% de arena, 38.5% de limo y 14.1% de arcilla (Figura 9d). La textura del sedimento tanto global como por temporada fue de tipo Arena-Limosa. En cuanto a la distribución de los sedimentos, los mayores porcentajes de arena se localizaron en la boca y canal de comunicación; arcillas en la zona media y al fondo de la laguna y limo en la estación IV, en la zona conocida como El Sumidero (Figuras 6c, 8c y 10c). Por mes de muestreo los sedimentos presentaron en general la misma distribución, presentando los mayores porcentajes de Arena durante los meses de Abril, Junio y Octubre de 1995; de limo en los meses de Enero Abril y Septiembre de 1996 y el máximo de Arcilla para Junio (Tabla 3 y Figura 17).

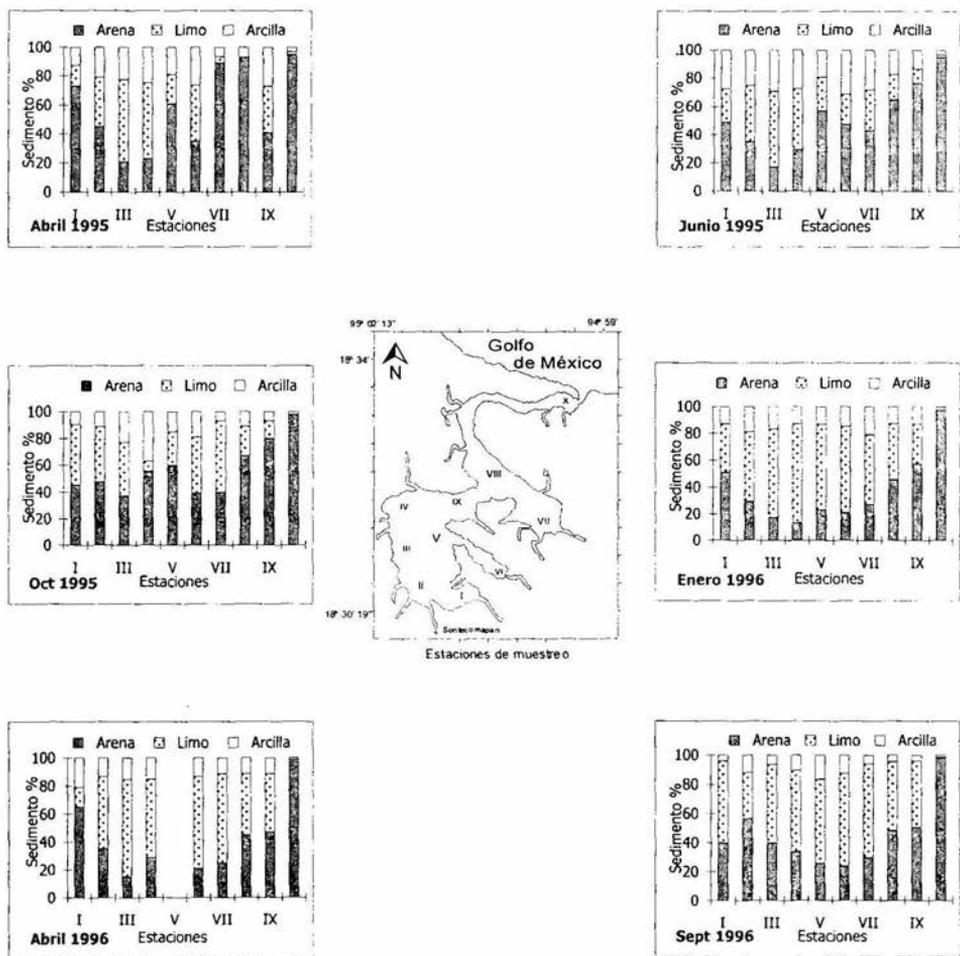


Figura 17. Variación y distribución de sedimento: Arena, Limo y Arcilla por estación de muestreo para la laguna de Sontecomapan Veracruz de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

## **DISCUSIÓN**

Las variaciones estacionales observadas influyen directamente en las variaciones espacio-temporal de los parámetros hidrológicos registrados, ya que éstos son consecuencia de las condiciones observadas en el momento del muestreo. Algunas de las condiciones meteorológicas no correspondieron a la temporada climática presente como lo fue el registro de Junio en el cual hubo retraso de lluvias y por lo tanto una caracterización hidrológica semejante a la temporada de secas, y en el mes de Abril de 1996 en donde se observó lluvia con viento del Norte en el momento del muestreo provocando una baja en la salinidad y temperatura del sistema dando como resultado que la variación espacio-temporal de estos registros evidenciara valores no correspondientes a la temporada climática presente. Esto concuerda con el análisis cordal que evidencia tres temporadas climáticas: Secas Lluvias y Nortes, pero que agrupa al mes de Abril de 1996 fuera de la temporada de Secas (Figura 18); sin embargo no se puede afirmar que la temporada climática se viera alterada en su duración o presencia, sino que estos registros fueron de acuerdo a la estacionalidad ambiental local del sistema. La influencia del viento es evidente en la velocidad y dirección de la corriente superficial y de fondo y la formación de olas por los cambios que el viento provoca sobre la superficie del agua; la altura, longitud y periodo de éstas, está determinada por la velocidad del viento (Day, 1981). La temperatura ambiente está influenciada directamente por la presencia de vientos esto es evidente por la presencia de viento frío del Norte abatiendo la temperatura ambiental, lo cual influye directamente sobre la columna de agua.

## **SALINIDAD Y TEMPERATURA**

Estos parámetros dependen directamente de las condiciones climáticas presentes en la zona de estudio. Los registros más altos de salinidad se observaron durante

la época de lluvias por el retraso de éstas, durante el periodo de muestreo, lo que disminuyó la influencia de los ríos y aumentó la influencia marina; la presencia de lluvias durante la temporada de Secas, provocó un aumento en el aporte dulceacuícola de los afluentes de la laguna, y por lo tanto una baja en la salinidad.

Los promedios de salinidad obtenidos dividen la laguna en dos zonas caracterizándose estas como Mesohalina en la zona interior y media y Polihalina en la zona del canal y boca de comunicación (Sistema de Venecia, 1976) (Tabla 5). Sin embargo, de acuerdo a estos valores y al agrupamiento de estaciones obtenidos por el análisis de distancia cordal que integra los parámetros de salinidad y temperatura, es posible dividir la laguna en cuatro zonas (Figura 19).

Zona 1 en la cabeza del sistema y que abarca las estaciones I y VI, es decir el área interior (La Laguneta y El Bagre) y que se caracterizaron por presentar los registros más bajos de salinidad, por una mayor influencia de los ríos. La zona 2 se localiza de las estaciones II a V (El Tularcito y El Sumidero), tiene influencia directa del canal de comunicación y de la zona 1, presentado valores de salinidad más altos. La zona 3 va de la estación VII a IX (del Sumidero y Punta Bagre a el Canal El Real) y la zona 4 que comprende la estación X (La Barra) y es la zona con influencia directa de la boca de comunicación y por lo tanto del agua marina, presentando valores mayores a 14‰. Sin embargo al realizar un diagrama de Temperatura-Salinidad (Figura 20) se observa el agrupamiento de estaciones en tres masas de agua o zonas para la laguna; Zona 1 de las estaciones I a IV (área interior de la laguna); Zona 2 de las estaciones V a IX (El cuerpo mayor de la laguna hacia el canal) y la zona 3 en la boca de comunicación (estación X), esto concuerda con lo reportado por Castro (1986), Martínez (1987) y Morán (1994).

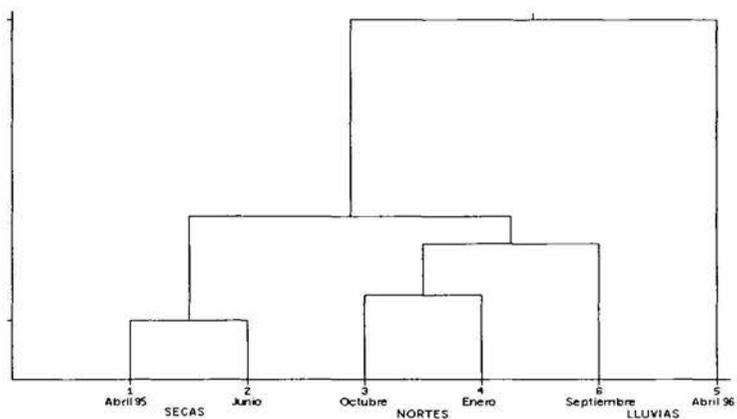


Figura 18. Temporadas climáticas obtenidas a partir del análisis cordal (distancia euclidiana) tomando los registros de temperatura y salinidad.

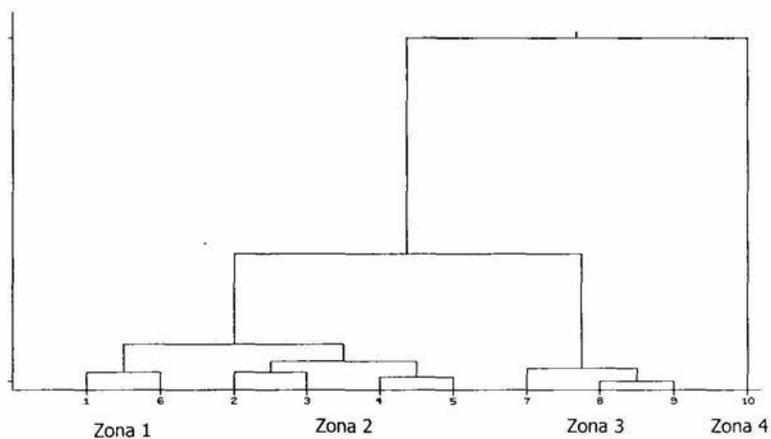


Figura 19. Zonación de la laguna de Sontecomapan de acuerdo al análisis de clasificación, tomando los parámetros de temperatura y salinidad.

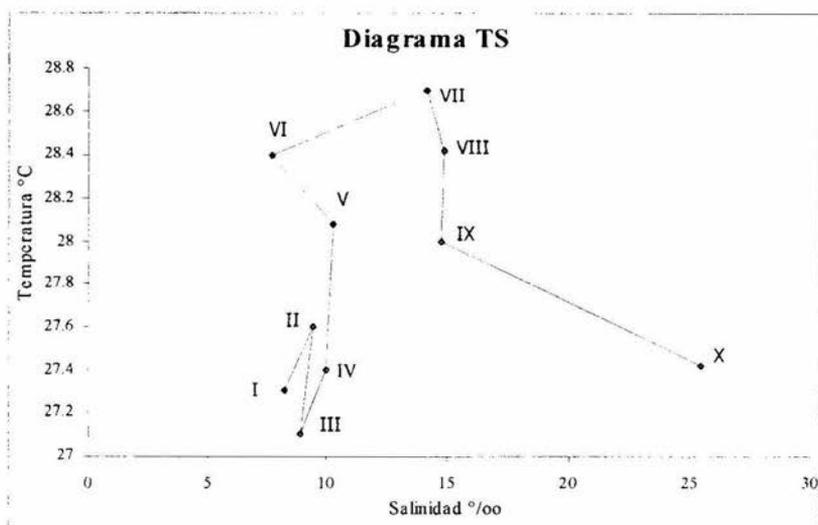


Figura 20. Diagrama de Temperatura-Salinidad para la laguna de Sontecomapan, Veracruz.

El uso de mapas que reflejen las condiciones hidrológicas de un ambiente lagunar estuarino, es importante para la interpretación del comportamiento espacial de los parámetros fisicoquímicos presentados, éstos muestran de manera más clara la distribución espacio-temporal de estos parámetros, así como la influencia de las características morfológicas del sistema, ríos y forma de comunicación con el mar. Así se puede apreciar no solo la influencia climática, sino también como varían los parámetros estudiados a lo largo del sistema.

De esta forma, se observa que la temperatura tiene una oscilación de 1.5 °C en todo el sistema, esto se observa en los mapas de isotermas, los cuales muestran que las menores temperaturas se encuentran en la zona interior y canal y boca de comunicación con el mar, debido al aporte de los ríos en el interior y de las corrientes marinas, cuya temperatura es menor; los máximos se observan en la zona media en el área de Los Muertos, Punta Bagre y El Sabalo (Figura 21 a 29).

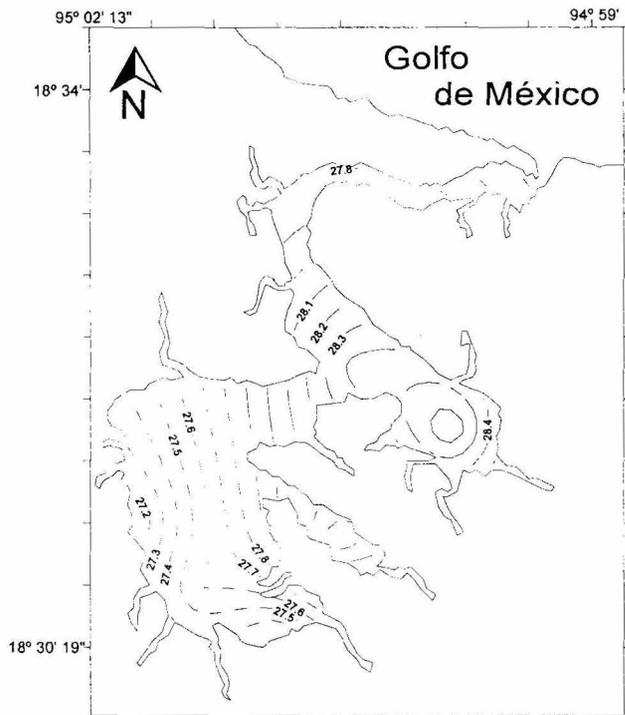


Figura 21. Distribución espacial de Isotermas (°C), promedio global en la laguna de Sontecomapan Veracruz, de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

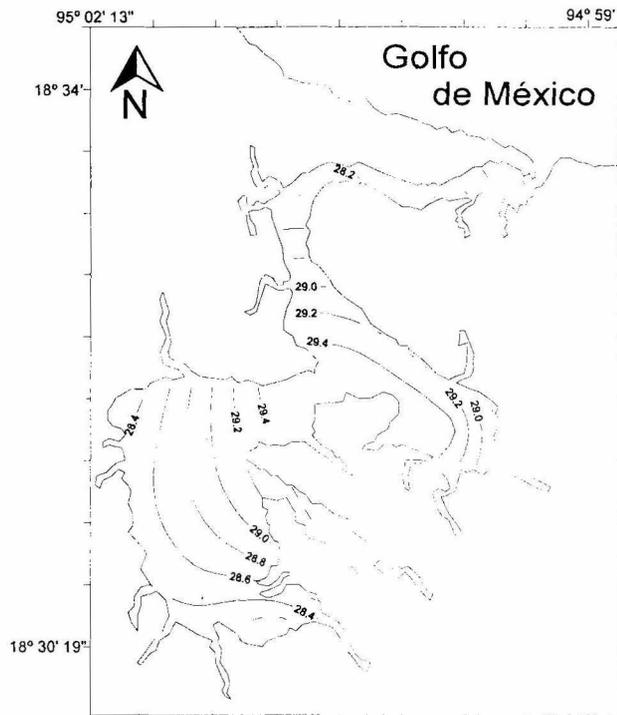


Figura 22. Distribución espacial de Isotermas (°C) durante la temporada de Secas, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

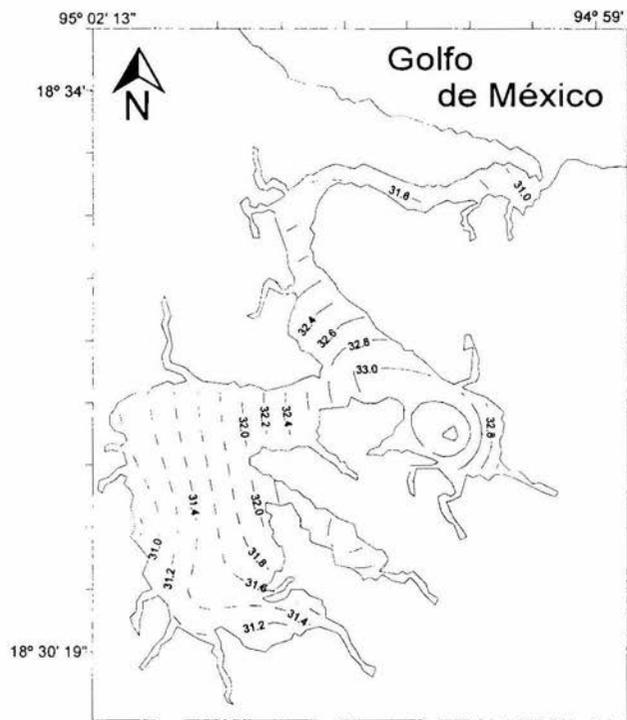


Figura 23. Distribución espacial de Isotermas (°C) durante la temporada de Lluvias, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

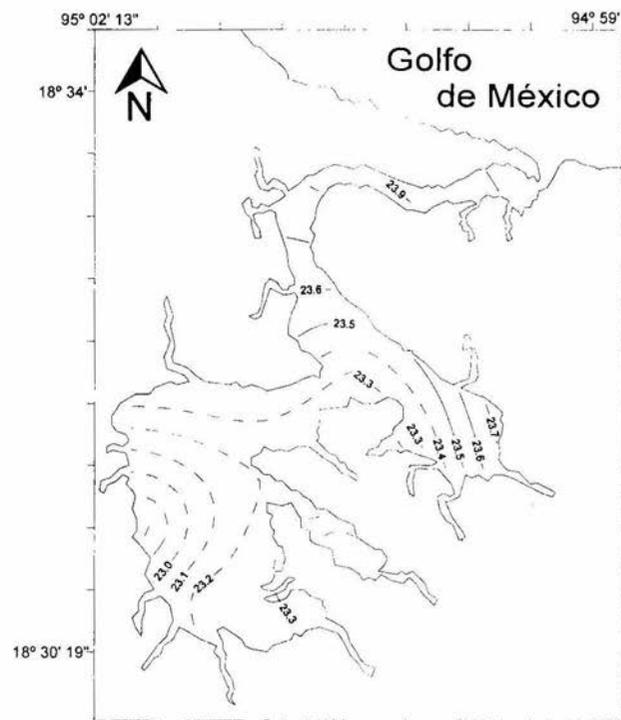


Figura 24. Distribución espacial de Isotermas (°C) durante la temporada de Nortes, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

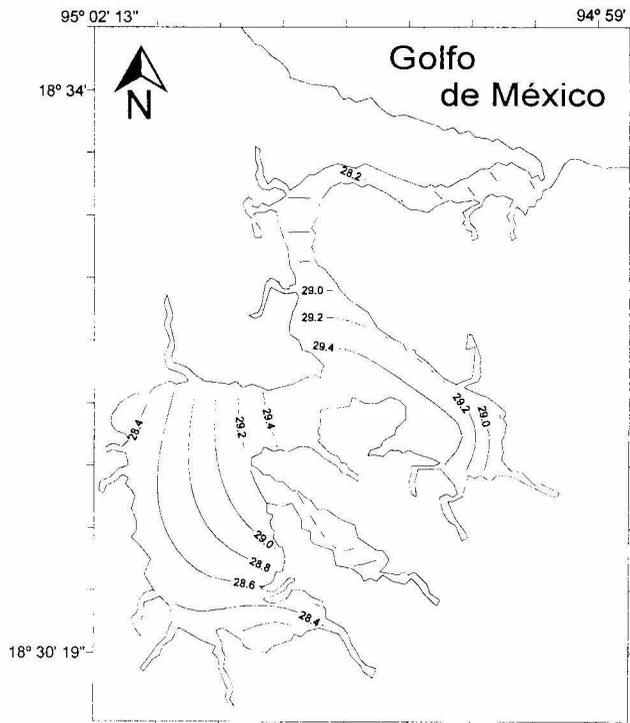


Figura 25. Distribución espacial de Isotermas (°C) durante Abril de 1995, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

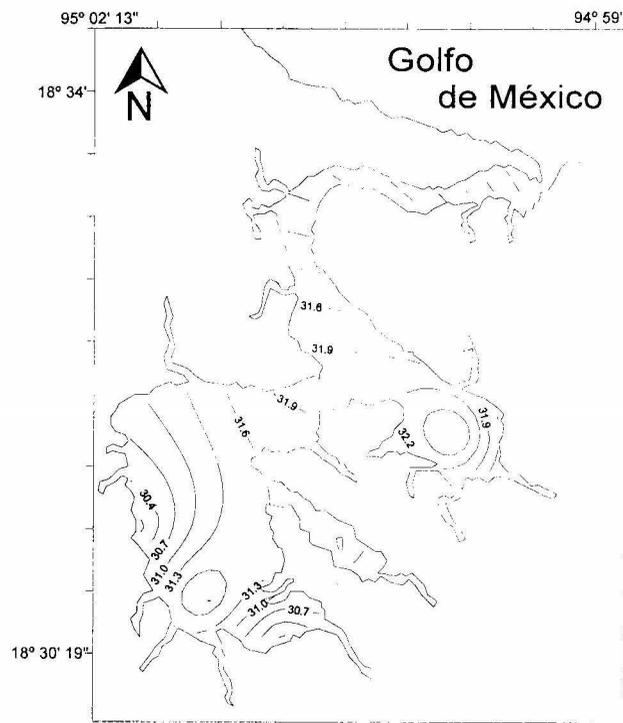


Figura 26. Distribución espacial de Isotermas (°C) durante Junio de 1995, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

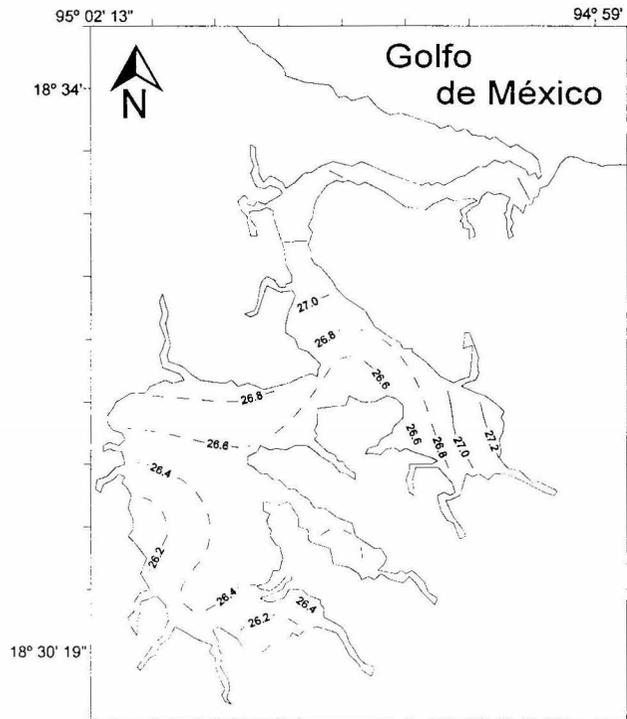


Figura 27. Distribución espacial de Isothermas (°C) durante Octubre de 1995, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

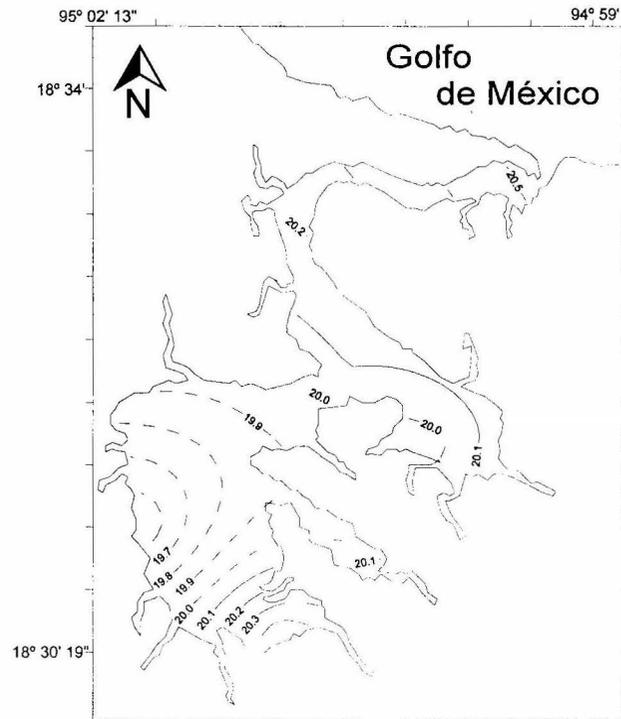


Figura 28. Distribución espacial de Isothermas (°C) durante Enero de 1996, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

Los valores mínimos de temperatura corresponden a la temporada de Nortes como consecuencia de la baja temperatura ambiental presente en el sistema (Botello, 1978; Castro *et al*, 1985; Contreras, 1985 y Moran 1994). Este parámetro se ve afectado principalmente por las condiciones ambientales de la época, la acción de los vientos y el aumento en la profundidad e influencia de los afluentes, provocando una disminución de la temperatura (Botello, 1978; Castro-Gutiérrez, 1993 y Castro *et al*, 1985).

La distribución espacial de la salinidad cuyo registro es más alto en la boca de comunicación y canal, por la influencia marina, y disminuye hacia el interior del sistema por influencia de los ríos, como se aprecia en los mapas de Isohalinas (Figuras 30 a 39), infiriéndose una cuña de salinidad, por lo que el sistema se considera con circulación de tipo positivo (Pitchard, 1952). Ésta distribución refleja una gran influencia de la marea, la descarga de los aportes pluviales y fluviales y la acción de los vientos, observando que el parámetro hidrológico más importante fue la salinidad concordando con Castro (1985).

## **OXIGENO DISUELTO**

De manera general la concentración de oxígeno disuelto en toda la laguna es alto; para todas las temporadas climáticas se registraron valores mayores a 6 ppm por lo que el sistema se encuentra bien oxigenado de acuerdo a lo encontrado por Reséndez, (1982), Martínez, (1987) y Morán (1994).

La distribución espacial de oxígeno es homogénea en todo el sistema y depende directamente de la salinidad y las características climáticas presentes, la influencia de los vientos que mantiene la mezcla constante de la columna de agua y la generación de corrientes producto de las mareas generando un sistema dinámico.

Los valores mas altos de oxígeno se localizan en la zona sur media de la laguna, conocida como el Sumidero, debido a la alta actividad fotosintética (Moran, 1994),

por la presencia de pastos sumergidos en la zona, como se observa en los mapas de oxihalinas (Figura 40 a 49). Aunque cabe señalar que en estudios anteriores los valores más altos de oxígeno disuelto se reportan para la zona interior, de las estaciones I a V (Martínez, 1987), en donde se encontraban abundantes pastos sumergidos, que en la actualidad solo se observan en la zona media (estación IV).

El valor más alto de concentración de oxígeno disuelto corresponde a la época de Nortes como consecuencia del abatimiento en la temperatura, la perturbación provocada por los fuertes vientos, que favorecen la mayor disolución de los gases y su saturación (De la Lanza, 1994).

El color del agua (café pardo a verdoso) evidencia la mezcla de aguas por la perturbación, resultado de los vientos y la presencia de plancton que favorece la producción de oxígeno en el agua; éstas características se observaron en las tres temporadas climáticas. El aumento en los afluentes dulceacuícolas contribuye a una mayor captación de oxígeno al ser agua con menor salinidad y temperatura, por lo tanto con mayor concentración del mismo.

## **PROFUNDIDAD Y TRANSPARENCIA**

Estos parámetros al igual que los anteriores tuvieron variaciones de acuerdo a la temporada climática presente. La profundidad del agua fue de 1 a 3 m. La mayor profundidad se registro en la zona del canal y la boca, los registros más altos corresponden a la temporada de Nortes como consecuencia de la influencia de la marea y las corrientes generadas por el viento. Para la temporada de Secas la profundidad disminuyo, aunque fue mayor que para Lluvias, por el aumento en la influencia de los ríos producto de las lluvias presentes en ésta temporada (Figuras 50 a 59).

La transparencia presentó los valores más altos en la temporada de Secas y los menores en Nortes. La distribución espacial de este parámetro de una zona a otra

en el interior de la laguna, es debida a la influencia del viento, las corrientes y el aporte fluvial con acarreo de sedimentos que son transportados hacia el interior de la laguna, de tal forma que los registros más altos se obtuvieron en la boca de comunicación, cana y hacia la zona interior (Figuras 60 a 69).

## **VELOCIDAD DE LA CORRIENTE**

La velocidad de la corriente depende directamente de la influencia del viento, la marea y los afluentes dulceacuícolas. Como consecuencia de estos los registros más altos corresponden a la boca de comunicación debido a la influencia del mar y a los vientos, al interior de la laguna por el aporte de los ríos; en la zona media la corriente es homogénea en toda el área como se observa en los mapas de la figura 70 a 79.

## **VIENTO Y DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL Y DE FONDO**

La dirección de la corriente es consecuencia de la dirección e intensidad del viento, con la ayuda de los mapas se puede observar que estos se relacionan de manera directa y son consecuencia de las características climáticas presentes. Los vientos predominantes N-NE propiciaron que la corriente superficial fuera hacia el NE; debido a la acción del viento, a la morfología del sistema y a la vegetación circundante, la corriente se desvía para seguir el contorno natural de la laguna; la corriente de fondo sigue, en general, el mismo patrón de circulación debido a lo somero del sistema esto se observa de manera general, en las temporadas climáticas a lo largo de los meses de muestreo (Figuras 80 a 99).

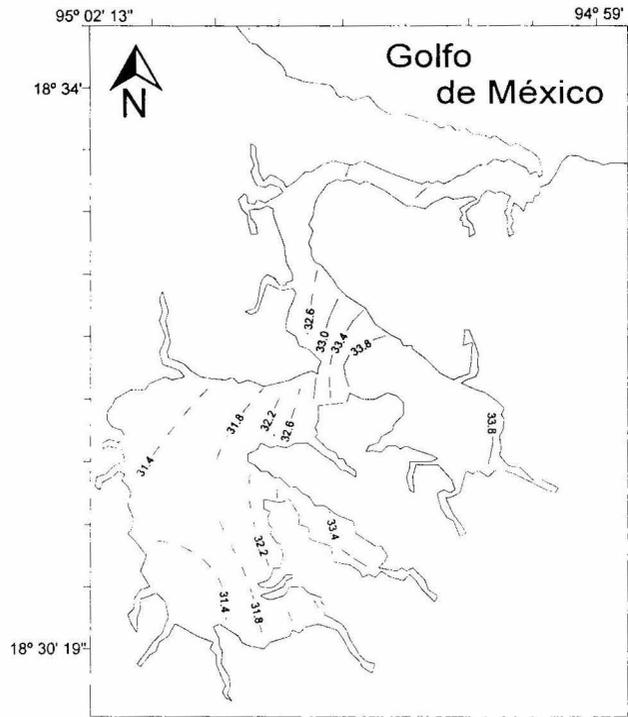


Figura 29. Distribución espacial de Isotermas (°C) durante Septiembre de 1996, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

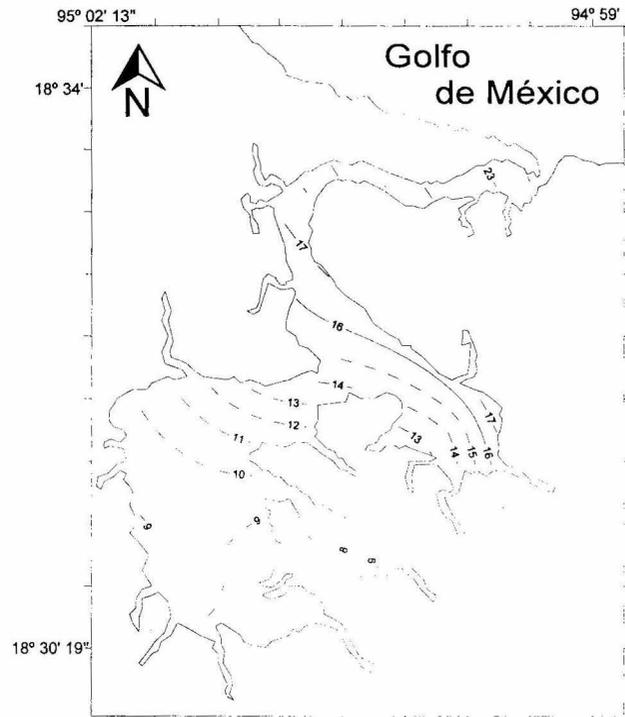


Figura 30. Distribución espacial de Isohalinas (‰), promedio global en la laguna de Sontecomapan Veracruz, de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

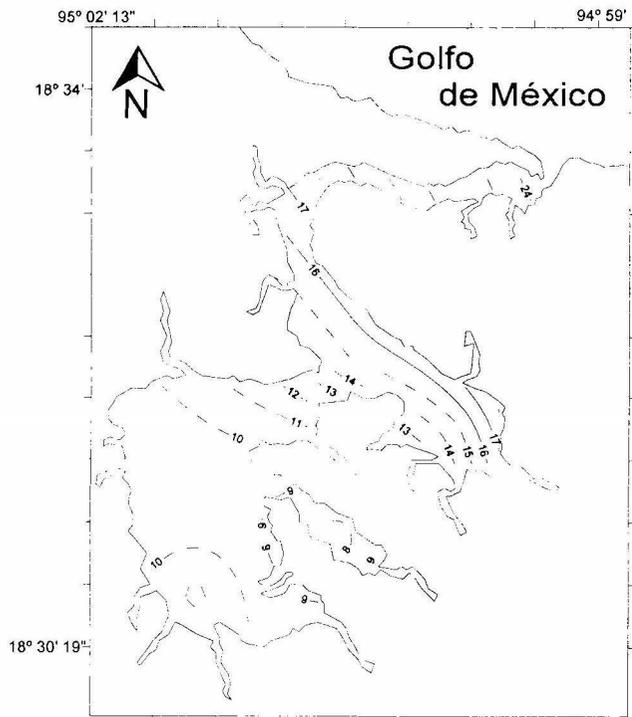


Figura 31. Distribución espacial de Isohalinas (‰) durante la temporada de Secas, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

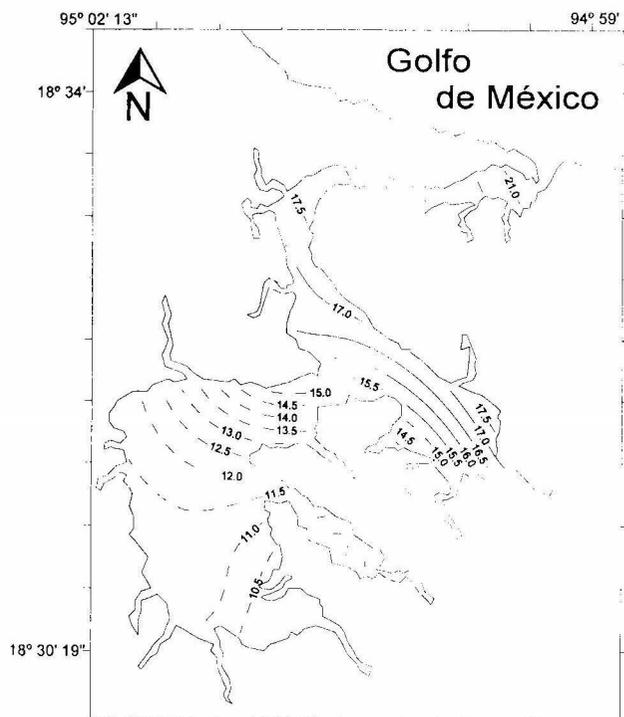


Figura 32. Distribución espacial de Isohalinas (‰) durante la temporada de Lluvias, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

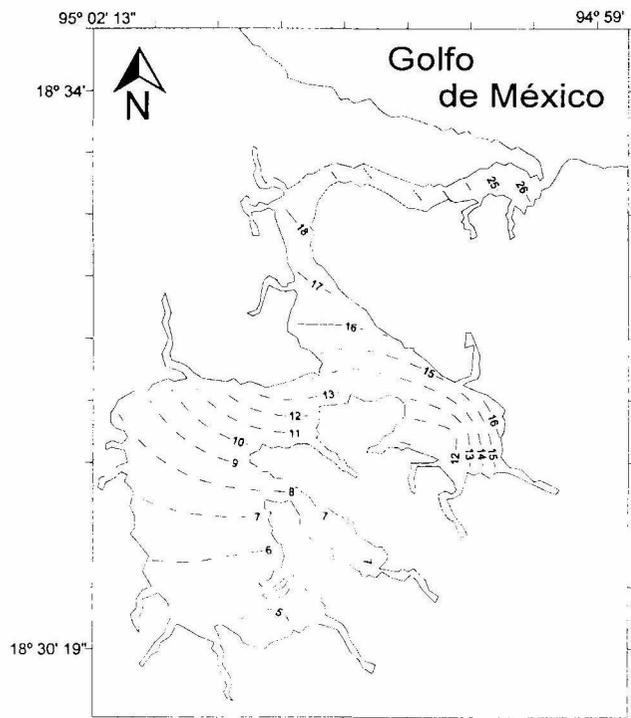


Figura 33. Distribución espacial de Isohalinas (‰) durante la temporada de Nortes, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

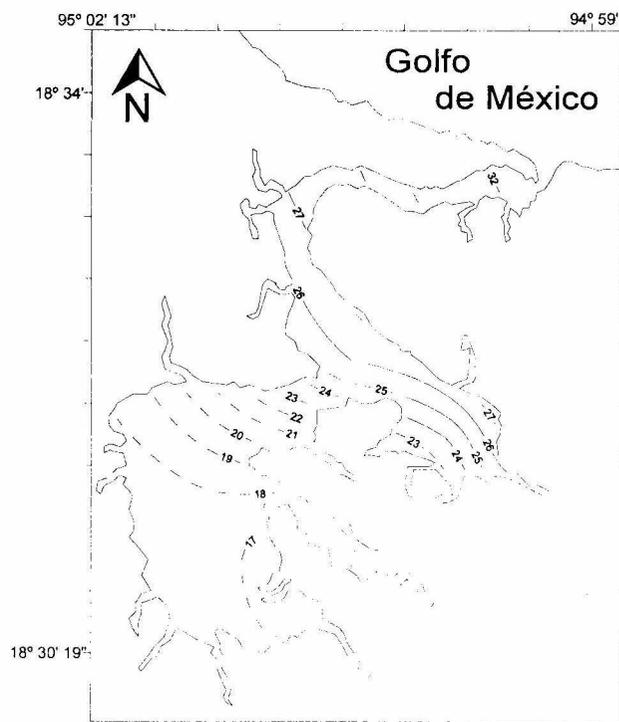


Figura 34. Distribución espacial de Isohalinas (‰) durante Abril de 1995, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

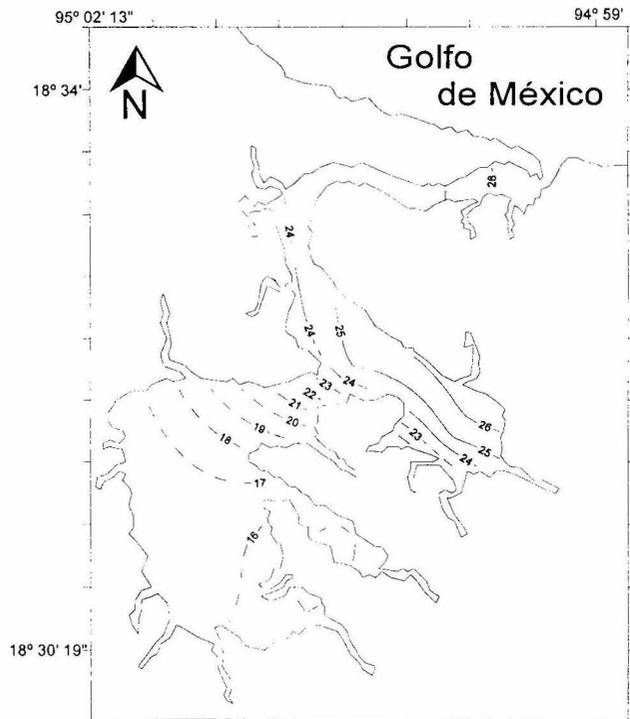


Figura 35. Distribución espacial de Isohalinas (‰) durante Junio de 1995, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

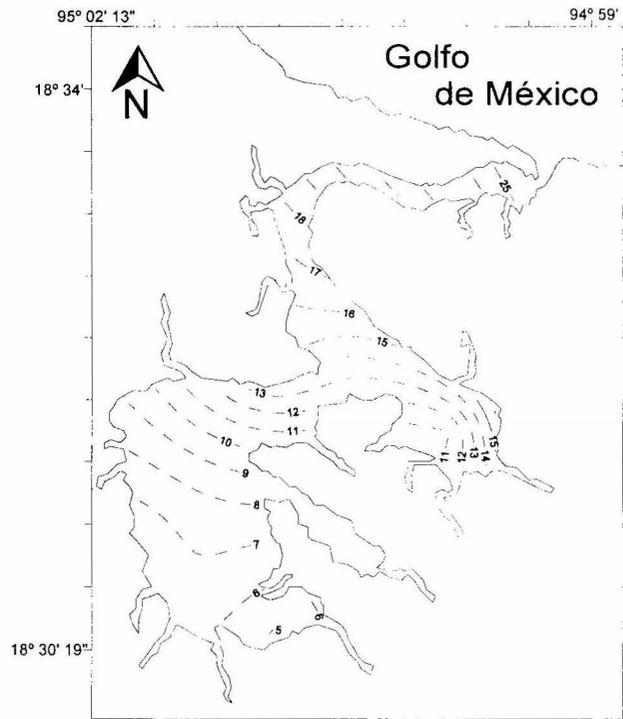


Figura 36. Distribución espacial de Isohalinas (‰) durante Octubre de 1995, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

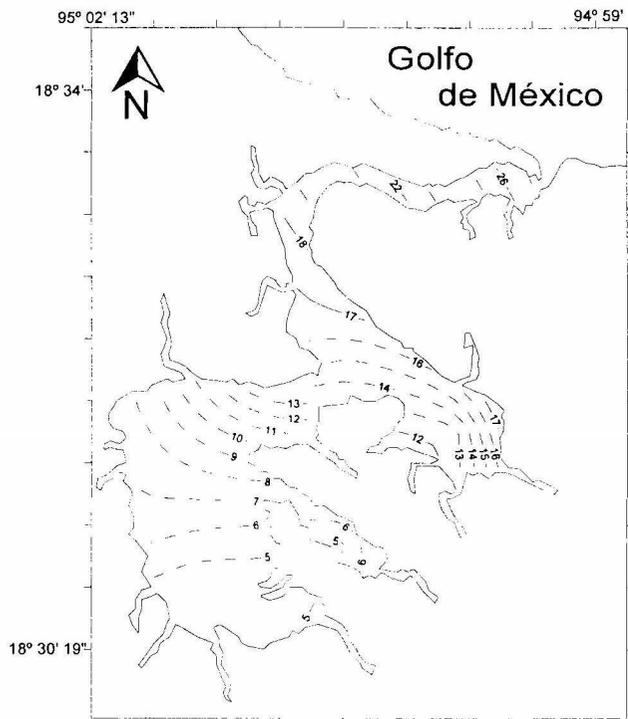


Figura 37. Distribución espacial de Isohalinas (‰) durante Enero de 1996, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

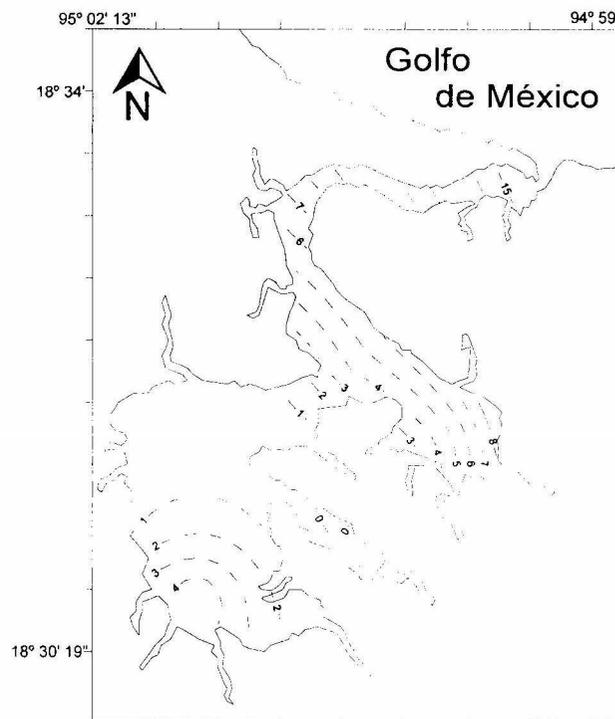


Figura 38. Distribución espacial de Isohalinas (‰) durante Abril de 1996, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

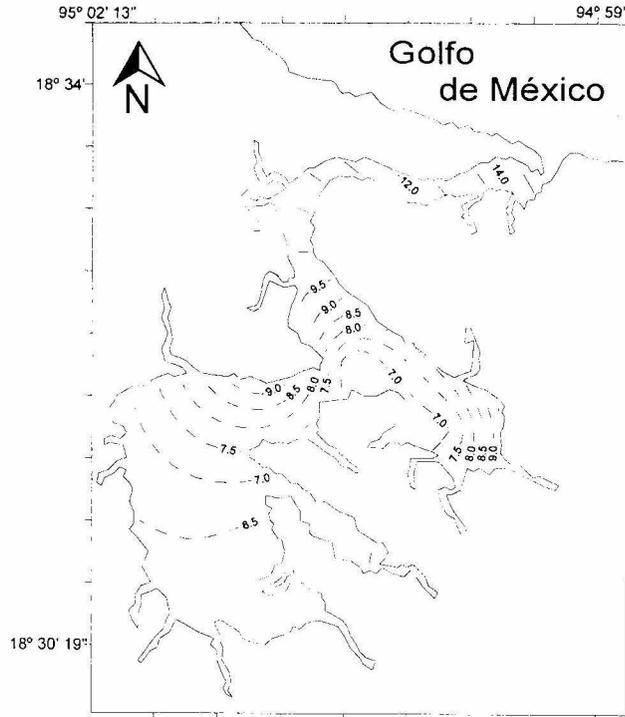


Figura 39. Distribución espacial de Isohalinas (‰) durante Septiembre de 1996, en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

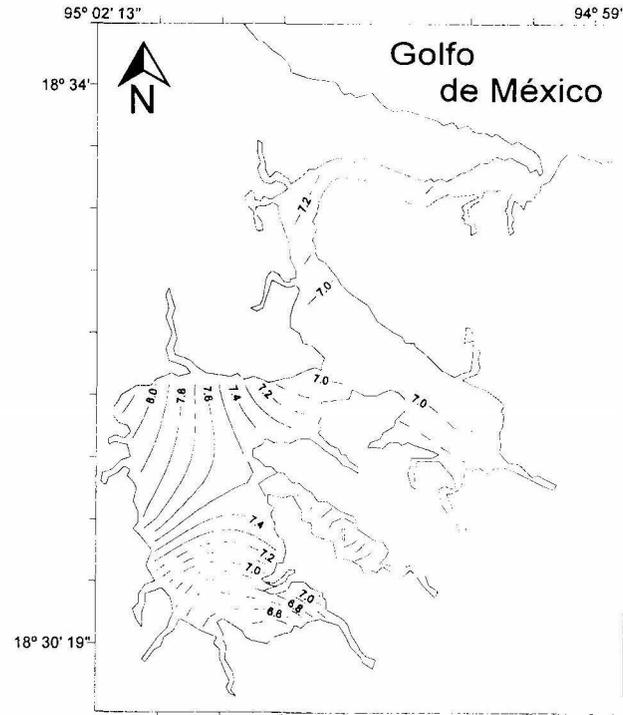


Figura 40. Distribución espacial de Oxilineas (ppm), promedio global en la laguna de Sontecomapan Veracruz, de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

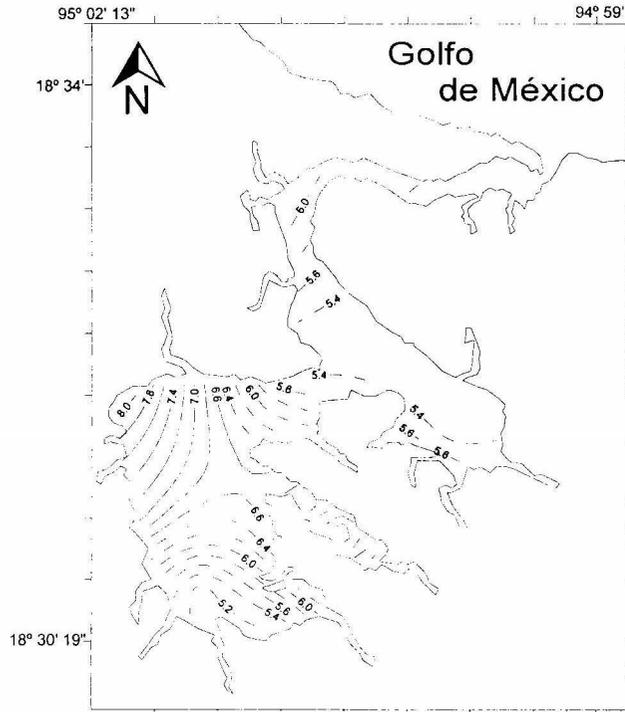


Figura 41. Distribución espacial de Oxilineas (ppm), durante la temporada de Secas en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

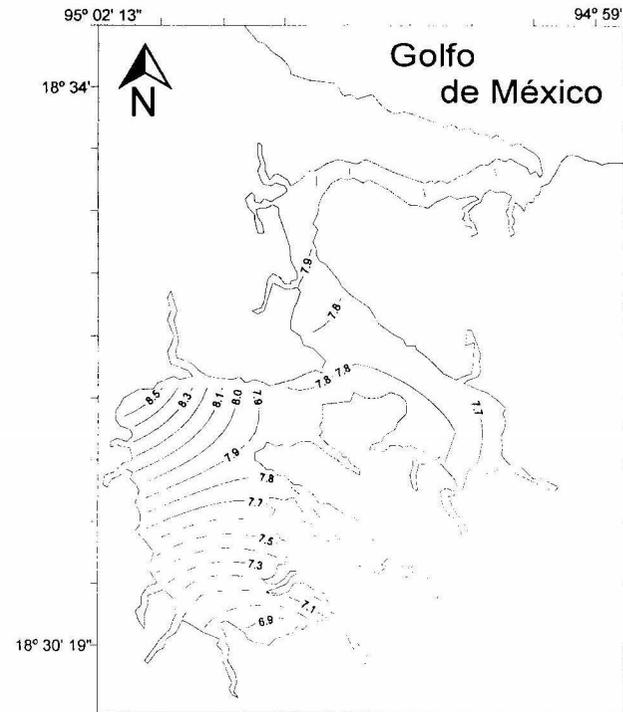


Figura 42. Distribución espacial de Oxilineas (ppm), durante la temporada de Lluvias en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

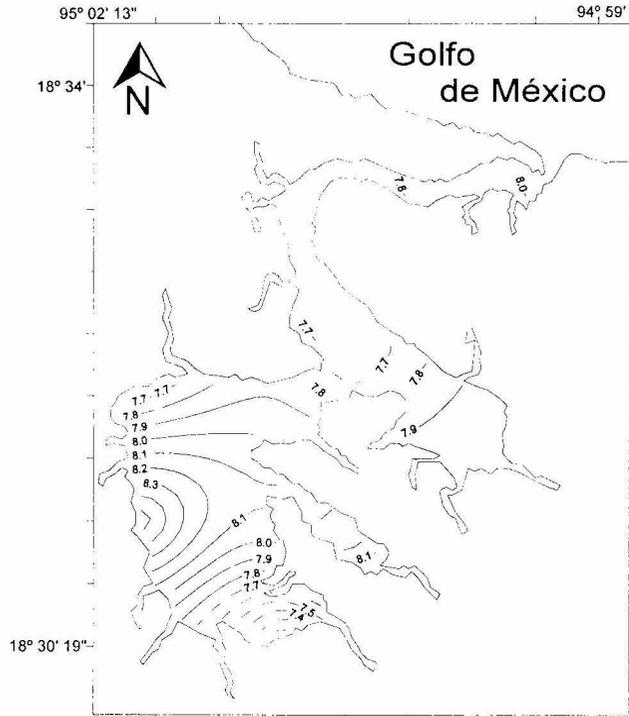


Figura 43. Distribución espacial de Oxilineas (ppm), durante la temporada de Nortes en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

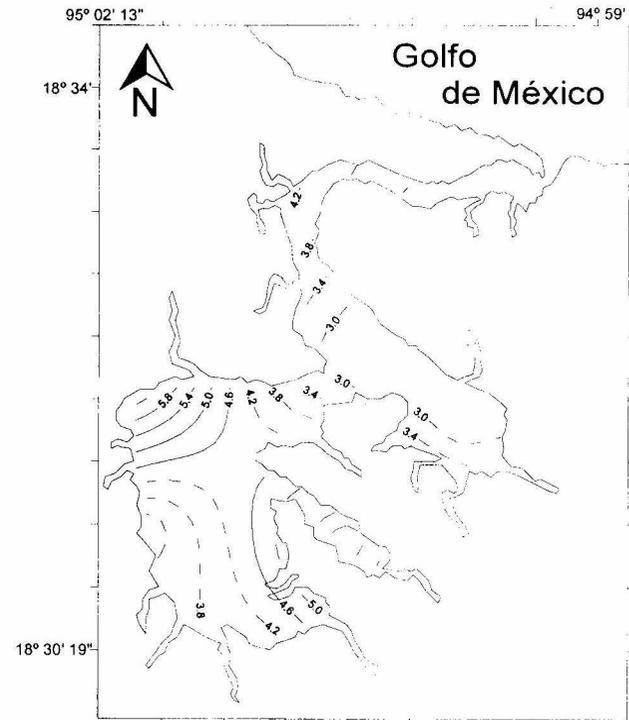


Figura 44. Distribución espacial de Oxilineas (ppm), durante Abril de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

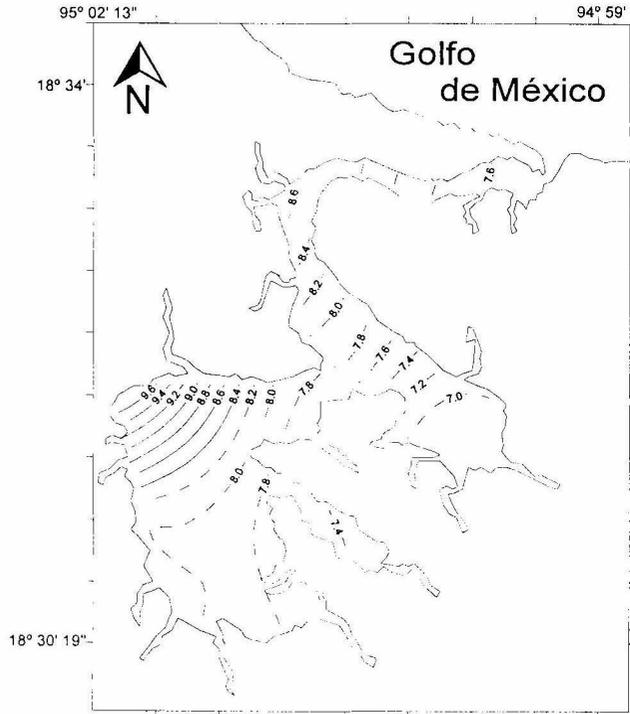


Figura 45. Distribución espacial de Oxilineas (ppm), durante Junio de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

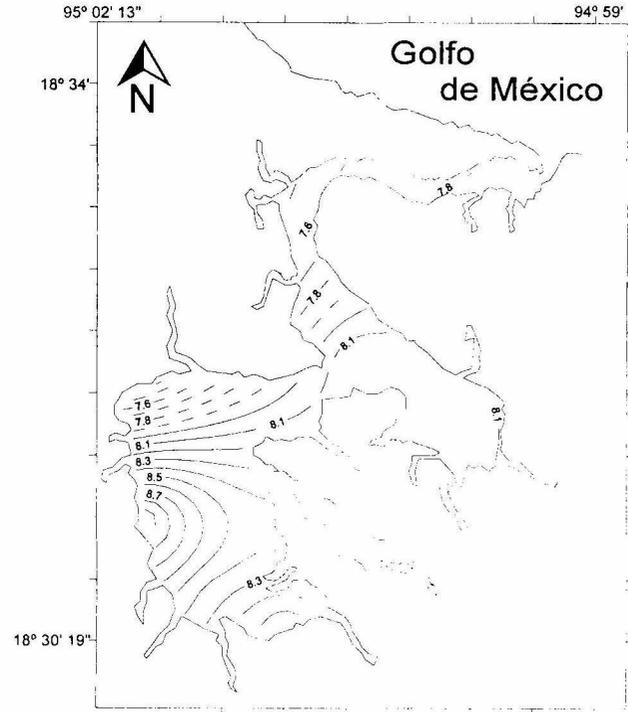


Figura 46. Distribución espacial de Oxilineas (ppm), durante Octubre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

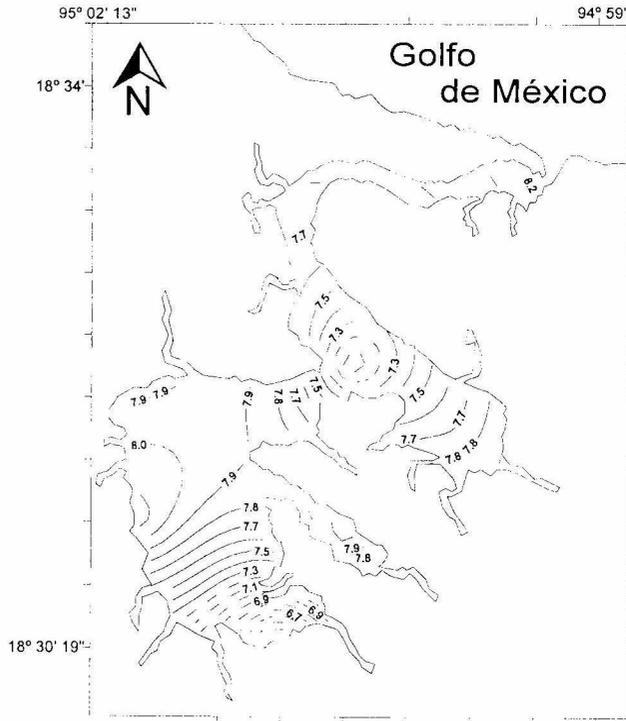


Figura 47. Distribución espacial de Oxilinas (ppm), durante Enero de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

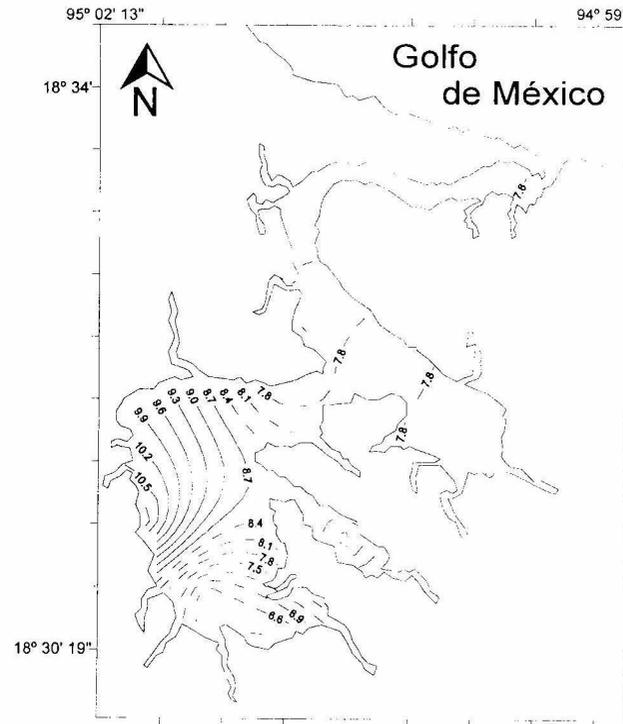


Figura 48. Distribución espacial de Oxilinas (ppm), durante Abril de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

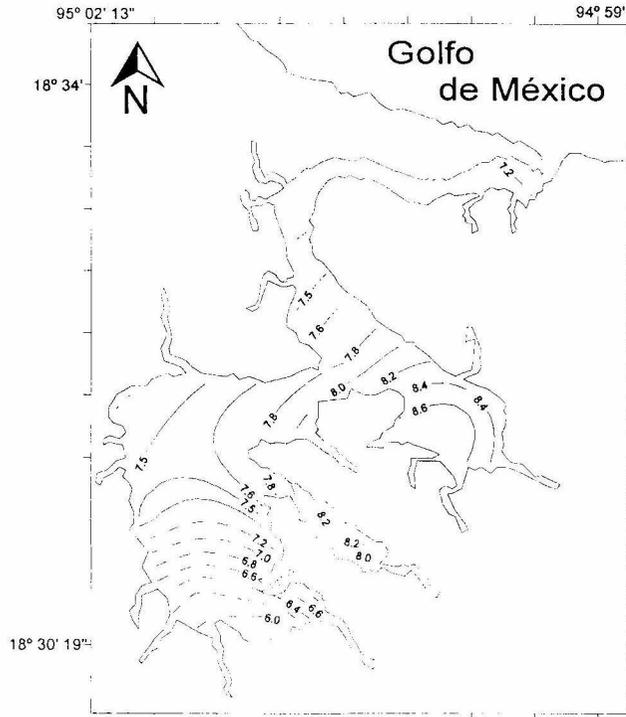


Figura 49. Distribución espacial de Oxilineas (ppm), durante Septiembre de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

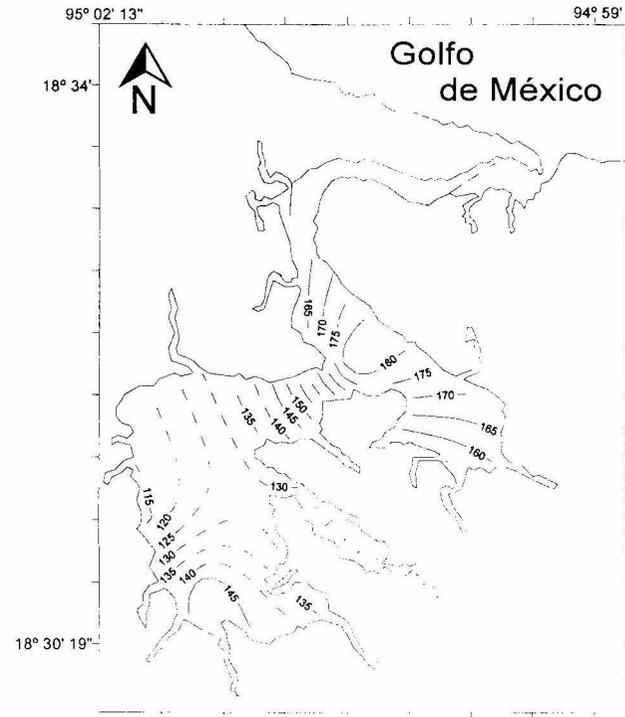


Figura 50. Distribución espacial de Isolineas de profundidad (cm), promedio global en la laguna de Sontecomapan Veracruz, de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

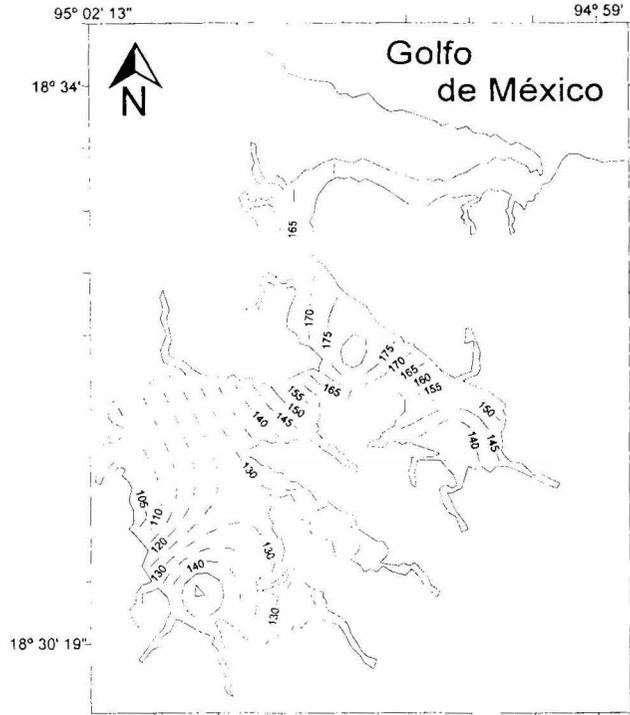


Figura 51. Distribución espacial de Isolineas de profundidad (cm), durante la temporada de Secas en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

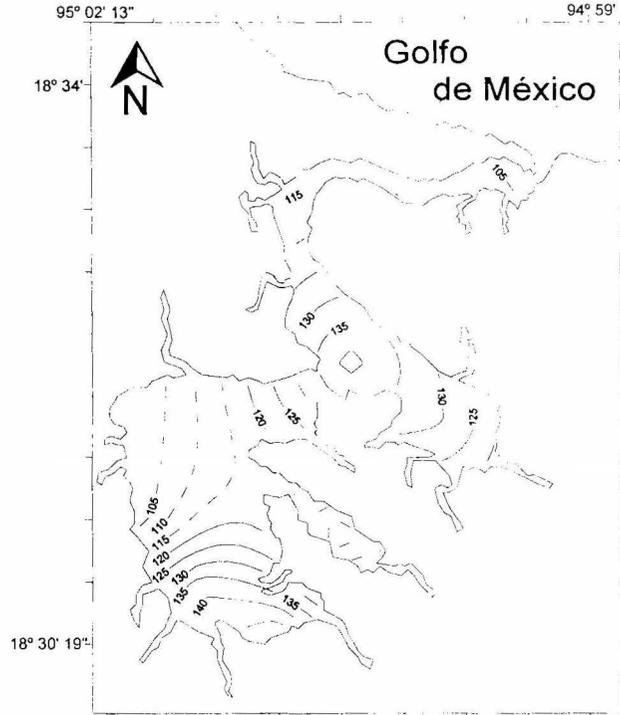


Figura 52. Distribución espacial de Isolineas de profundidad (cm), durante la temporada de Lluvias en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

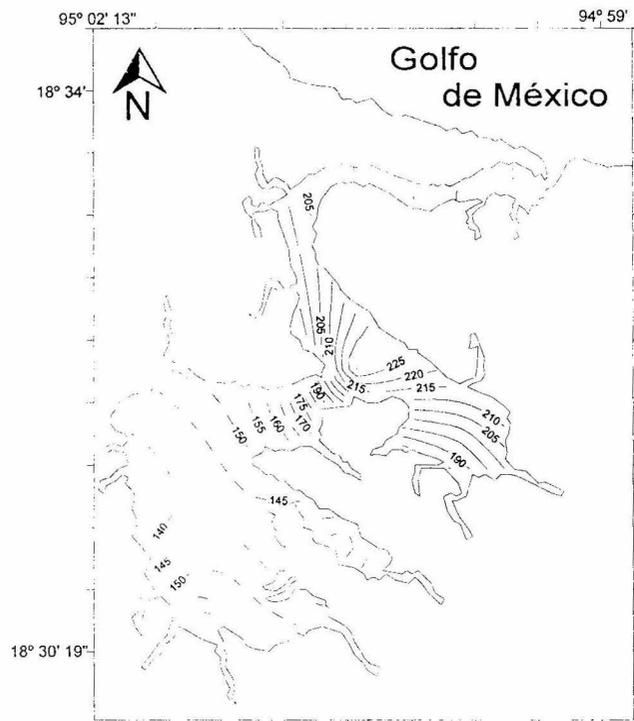


Figura 53. Distribución espacial de Isolineas de profundidad (cm), durante la temporada de Nortes en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

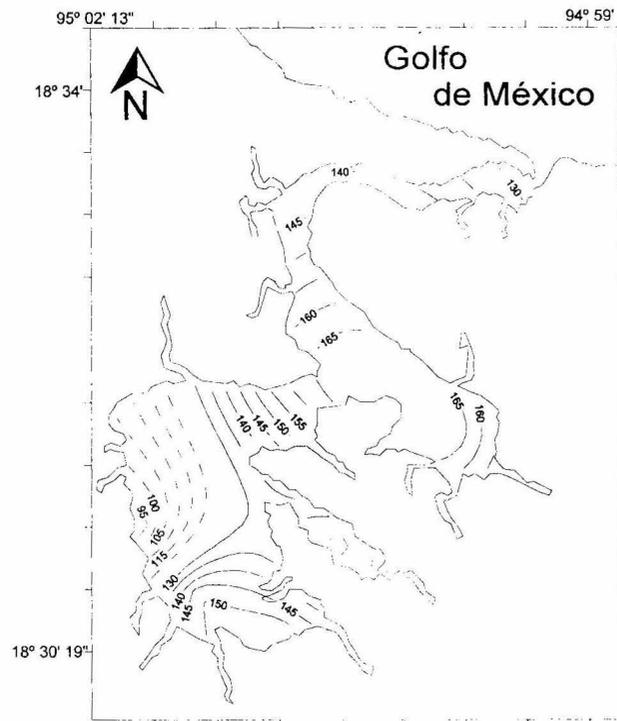


Figura 54. Distribución espacial de Isolineas de profundidad (cm), durante Abril de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

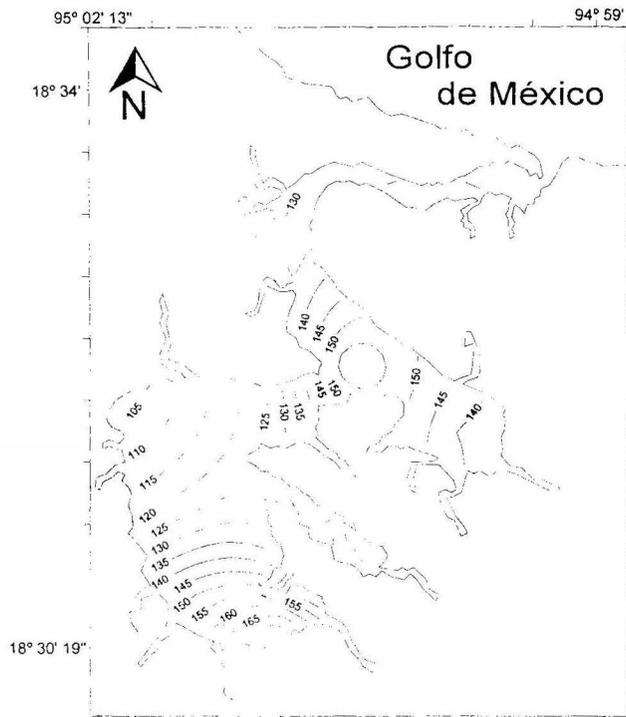


Figura 55. Distribución espacial de Isolineas profundidad (cm), durante Junio de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

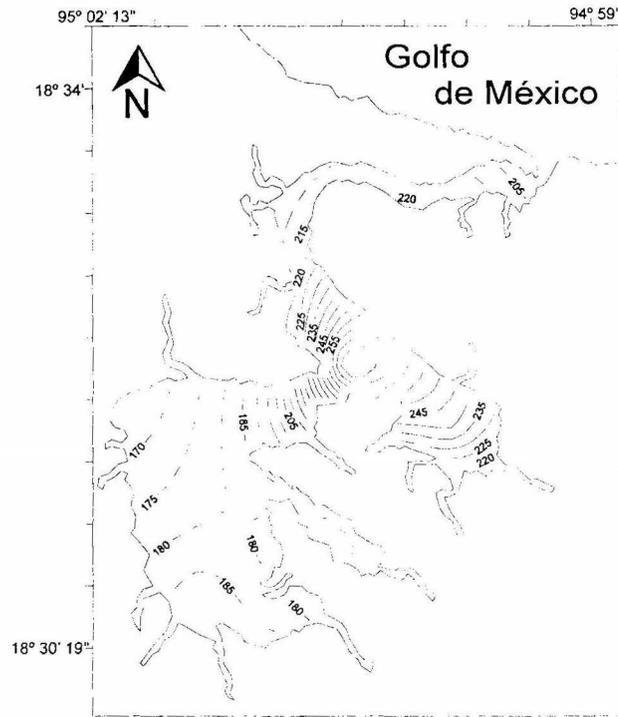


Figura 56. Distribución espacial de Isolineas de profundidad (cm), durante Octubre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

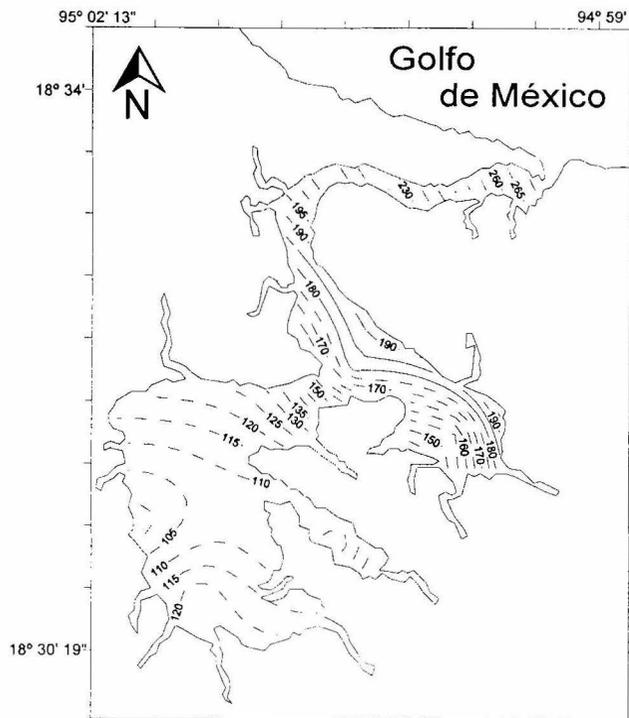


Figura 57. Distribución espacial de Isolneas de profundidad (cm), durante Enero de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

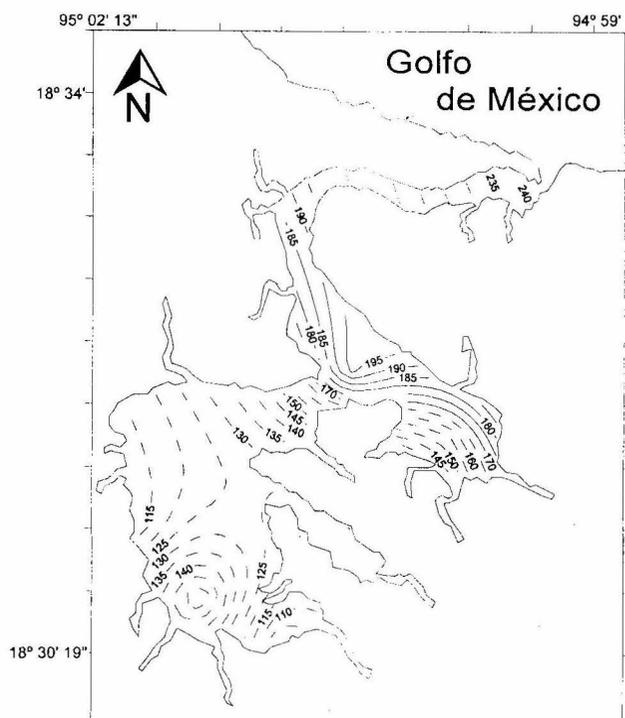


Figura 58. Distribución espacial de Isolneas de profundidad (cm), durante Abril de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

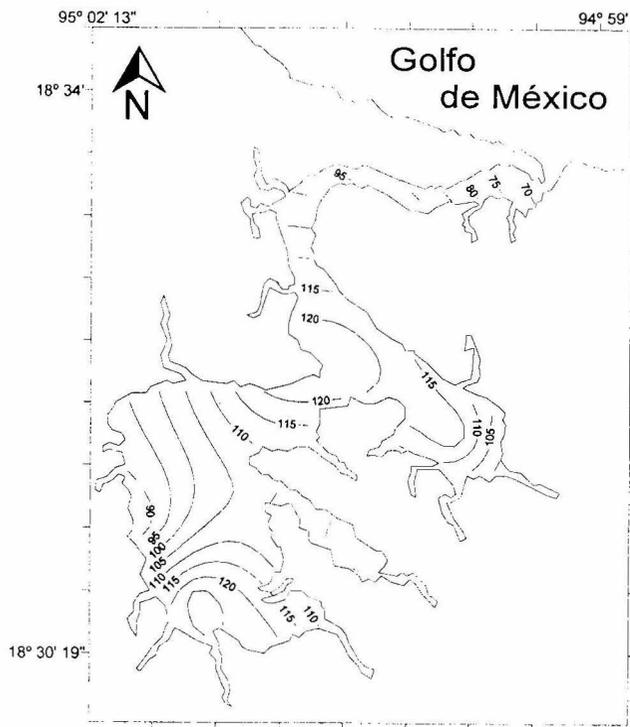


Figura 59. Distribución espacial de Isolineas de profundidad (cm), durante Septiembre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

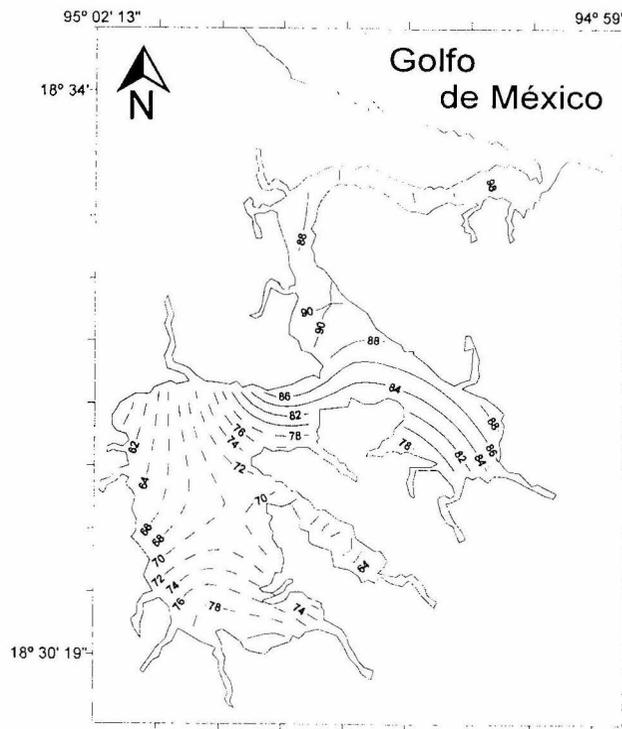


Figura 60. Distribución espacial de Isolineas de transparencia (cm), promedio global en la laguna de Sontecomapan Veracruz, de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

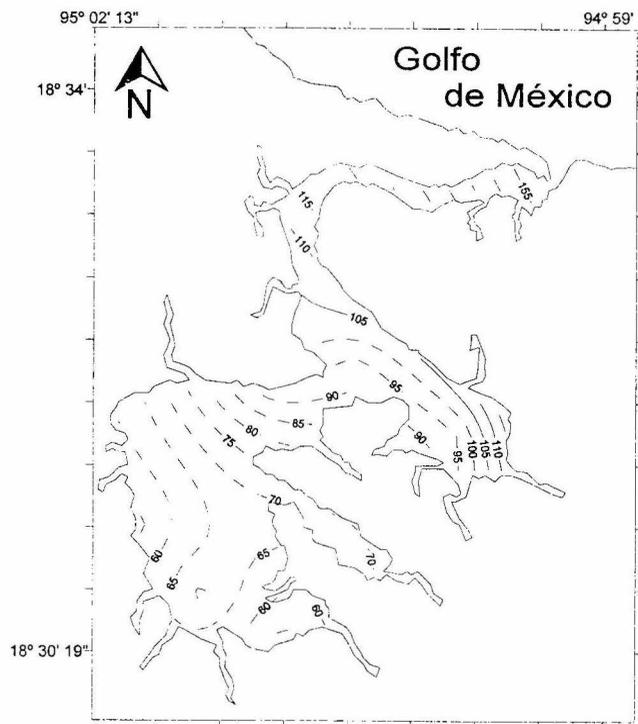


Figura 61. Distribución espacial de Isolineas de transparencia (cm), durante la temporada de Secas en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

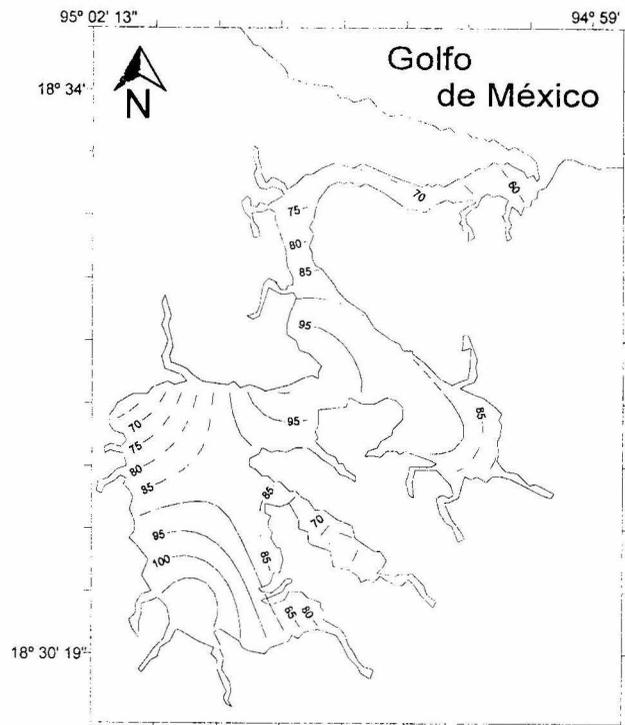


Figura 62. Distribución espacial de Isolineas de transparencia (cm), durante la temporada de Lluvias en la laguna de Sontecomapan Veracruz.



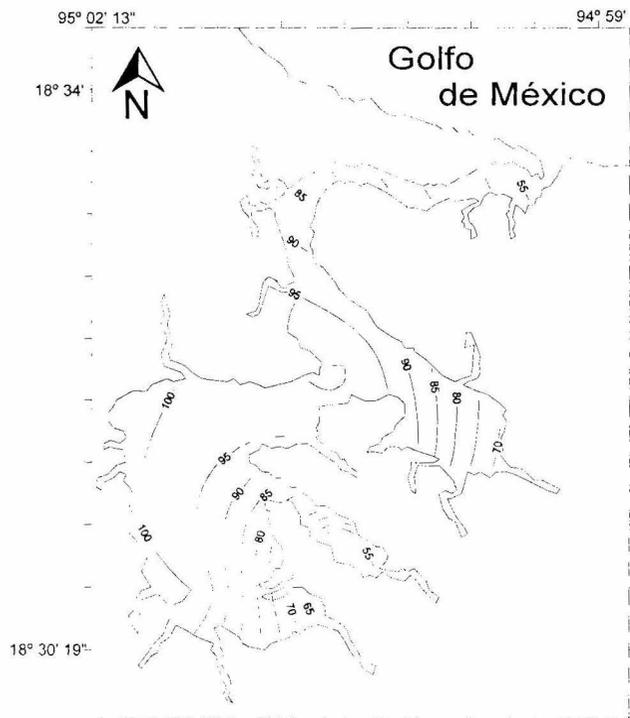


Figura 65. Distribución espacial de Isolineas de transparencia (cm), durante Junio de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

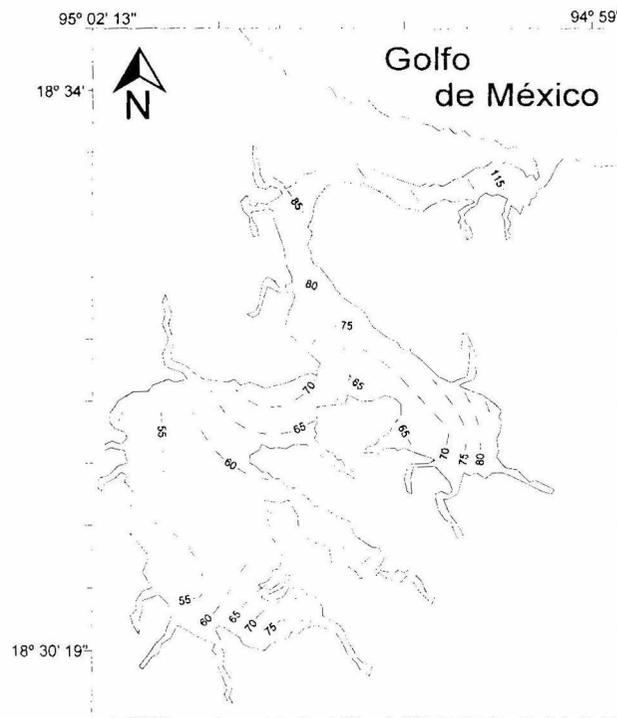


Figura 66. Distribución espacial de Isolineas de transparencia (cm), durante Octubre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

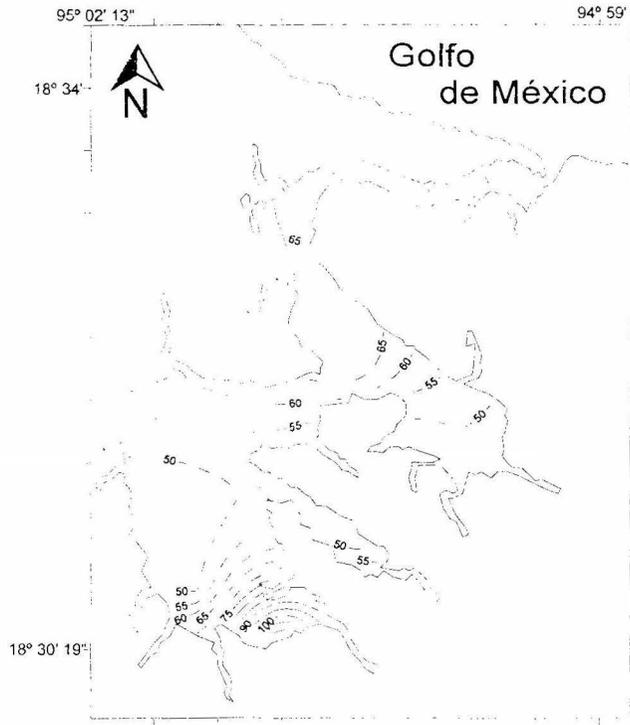


Figura 67. Distribución espacial de Isolineas de transparencia (cm), durante Enero de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

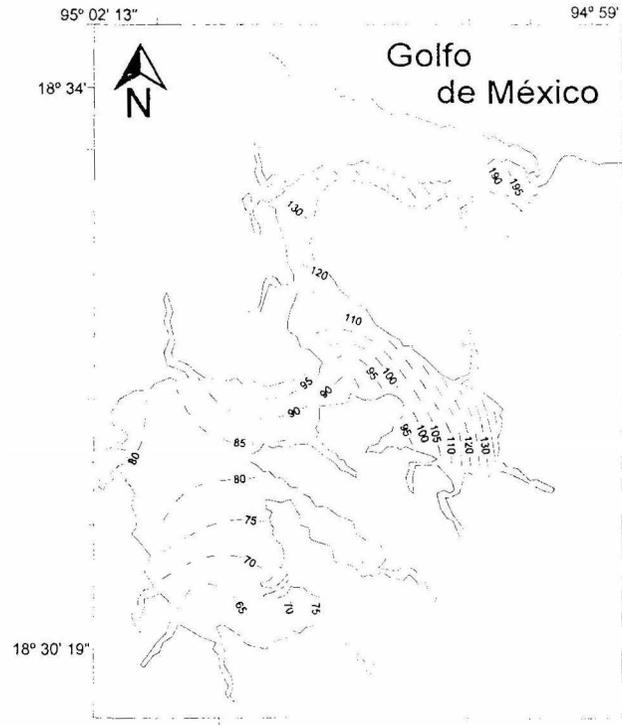


Figura 68. Distribución espacial de Isolineas de transparencia (cm), durante Abril de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

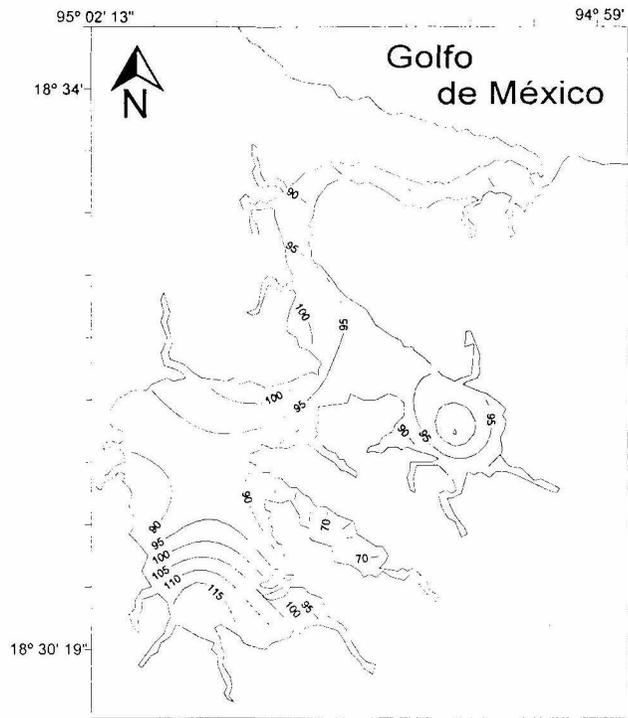


Figura 69. Distribución espacial de Isolineas de transparencia (cm), durante Septiembre de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

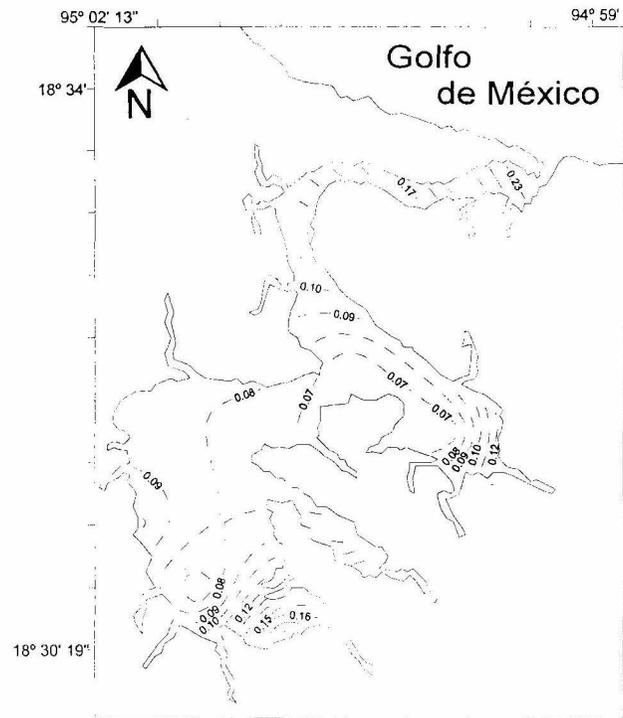


Figura 70. Distribución espacial de isolineas de velocidad de la corriente superficial (m/seg), promedio global en la laguna de Sontecomapan Veracruz, de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

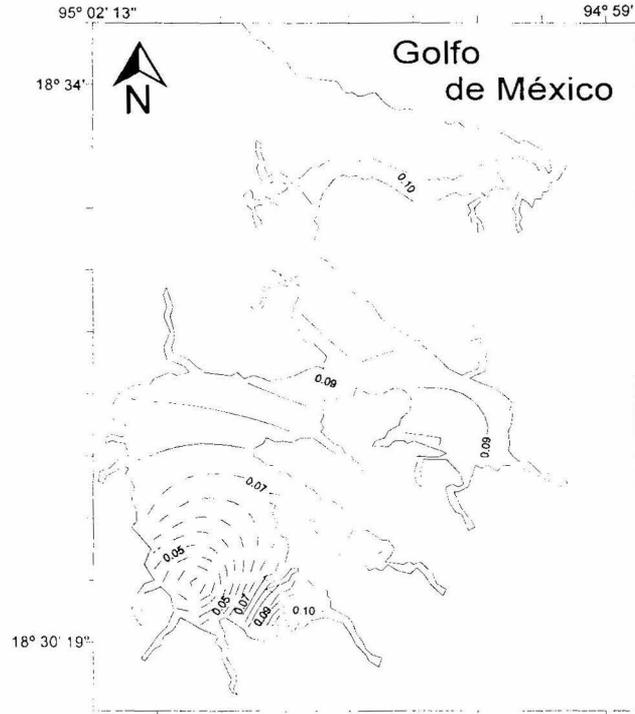


Figura 71. Distribución espacial de Isolineas de velocidad de la corriente superficial (m/seg), durante la temporada de Secas en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

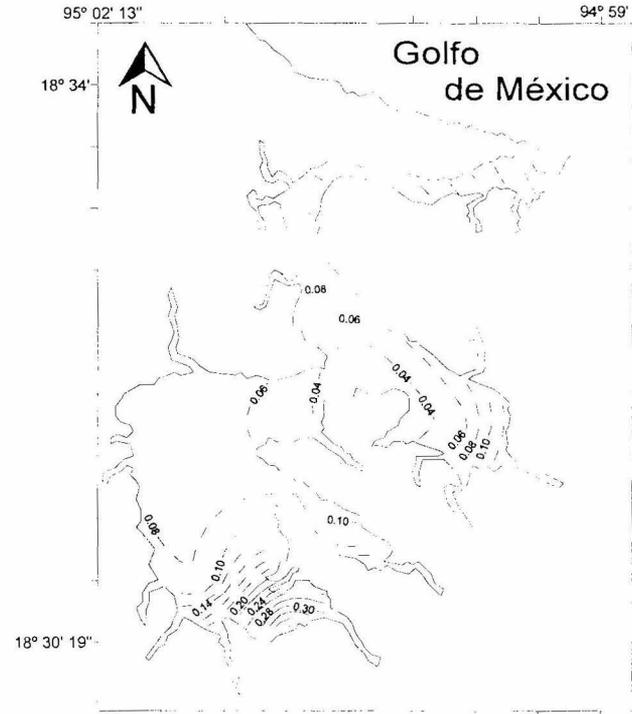


Figura 72. Distribución espacial de Isolineas de velocidad de la corriente superficial (m/seg), durante la temporada de Lluvias en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

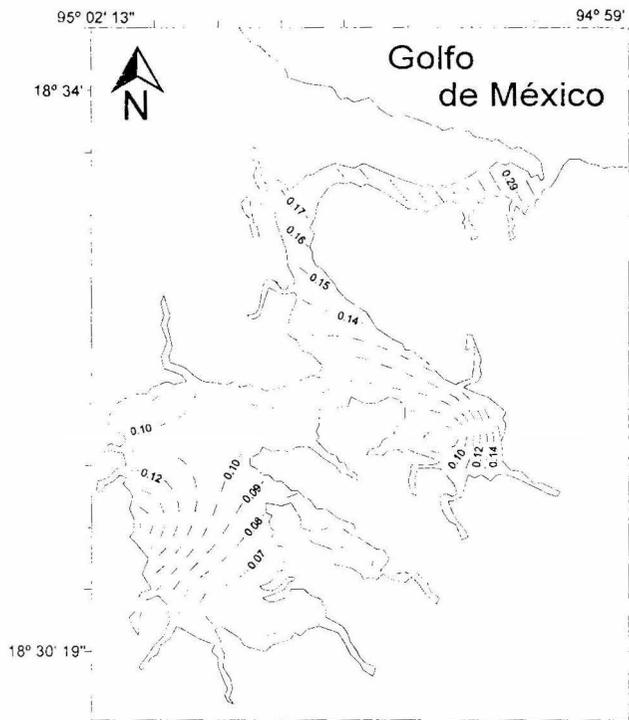


Figura 73. Distribución espacial de Isolineas de velocidad de la corriente superficial (m/seg), durante la temporada de Nortes en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

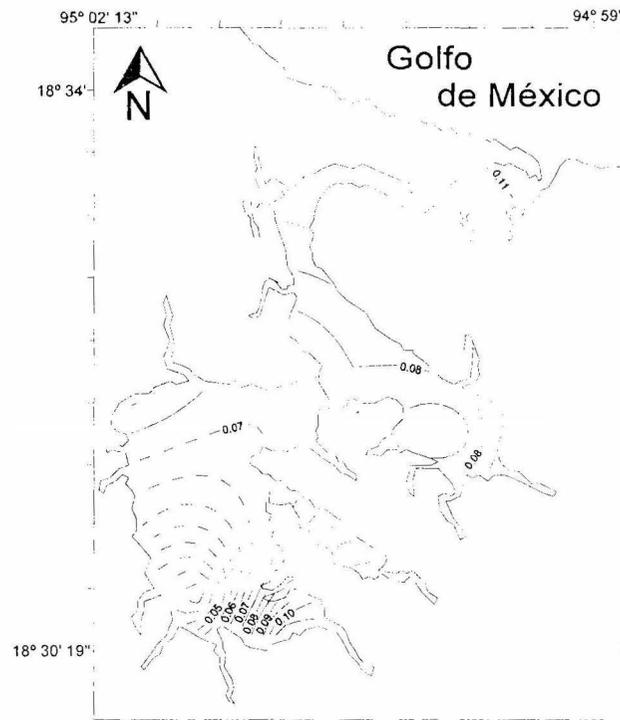


Figura 74. Distribución espacial de Isolineas de velocidad de la corriente superficial (m/seg), durante Abril de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

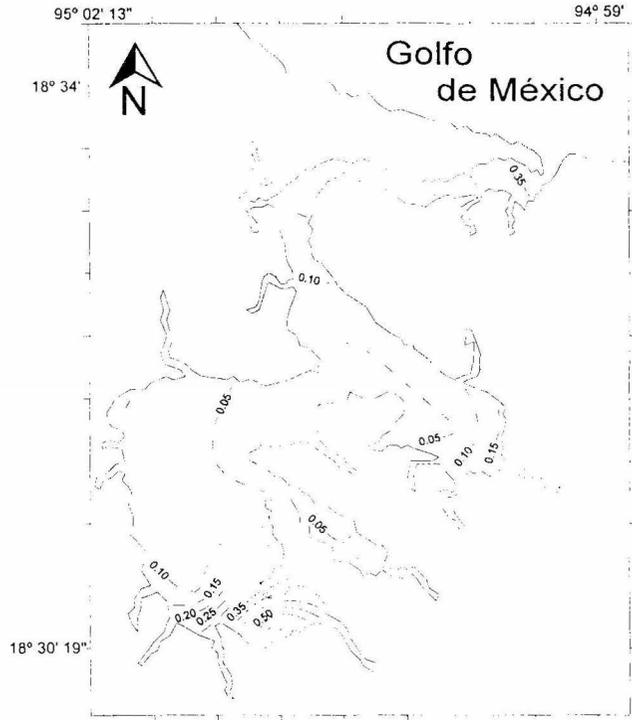


Figura 75. Distribución espacial de Isolneas de velocidad de la corriente superficial (m/seg), durante Junio de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

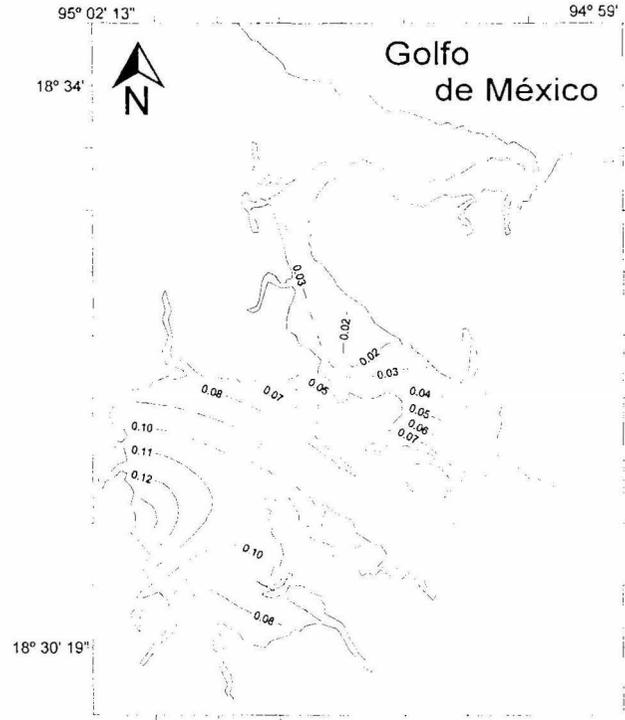


Figura 76. Distribución espacial de Isolneas de velocidad de la corriente superficial (m/seg), durante Octubre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

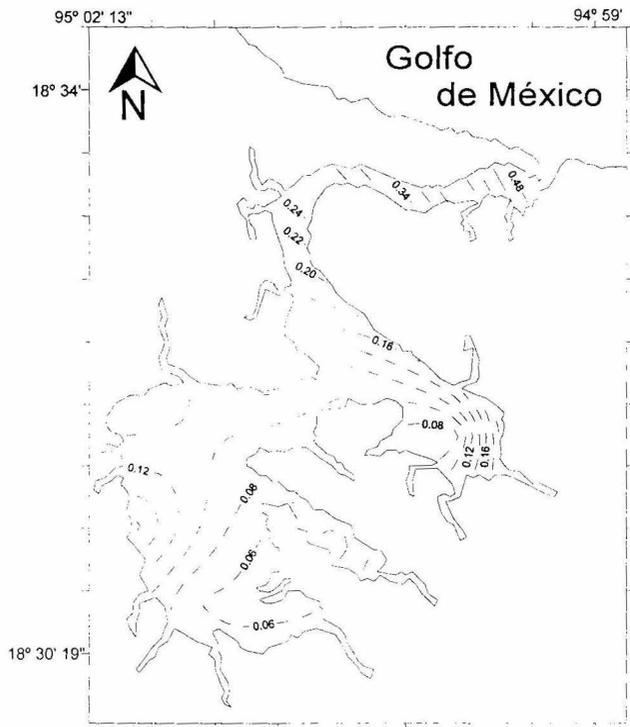
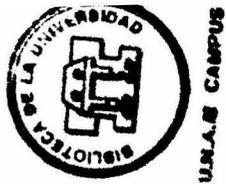


Figura 77. Distribución espacial de Isolineas de velocidad de la corriente superficial (m/seg), durante Enero de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

IZI.



Figura 78. Distribución espacial de Isolineas de velocidad de la corriente superficial (m/seg), durante Abril de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.



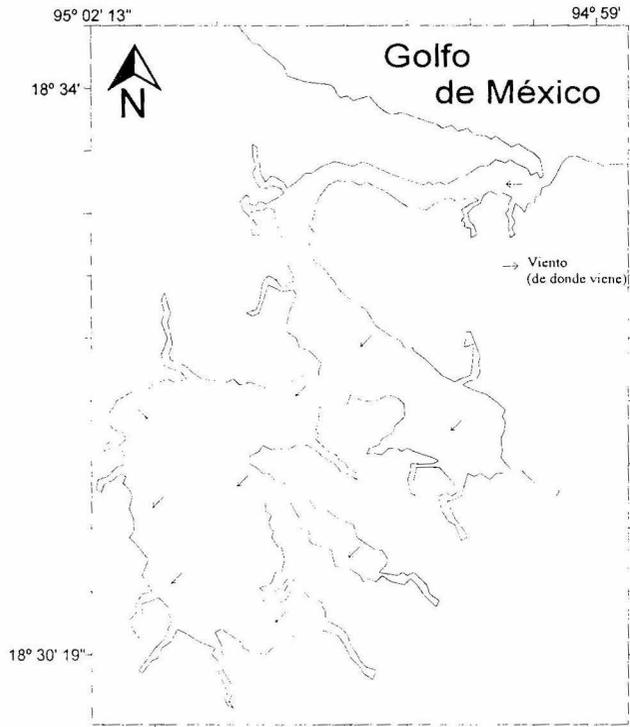


Figura 81. Dirección predominante del viento durante la temporada de Secas en la laguna de Sontecomapan Veracruz.



Figura 82. Dirección predominante del viento durante la temporada de Lluvias en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

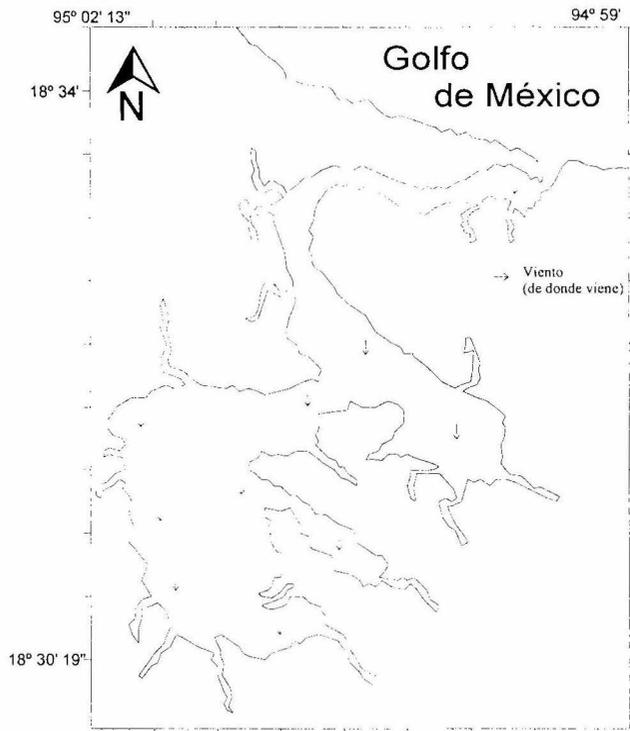


Figura 83. Dirección predominante del viento durante la temporada de Nortes en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

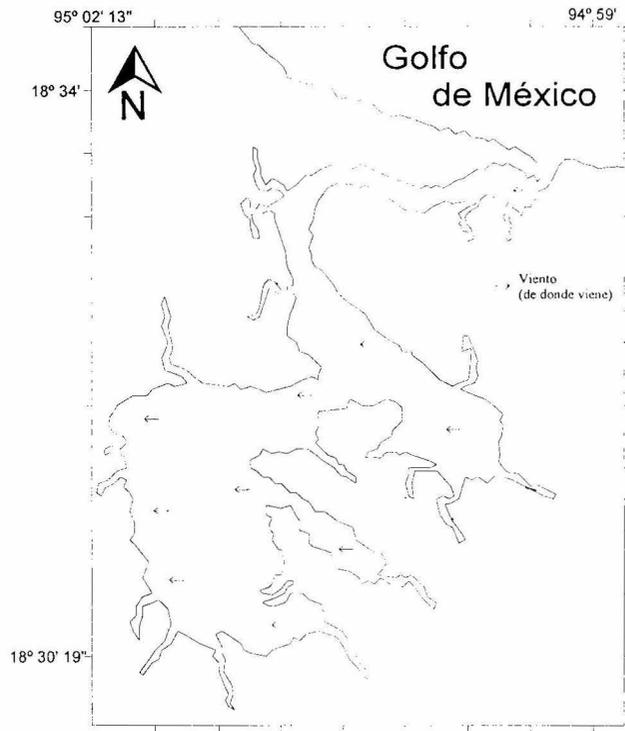


Figura 84. Dirección del viento durante el mes de Abril de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

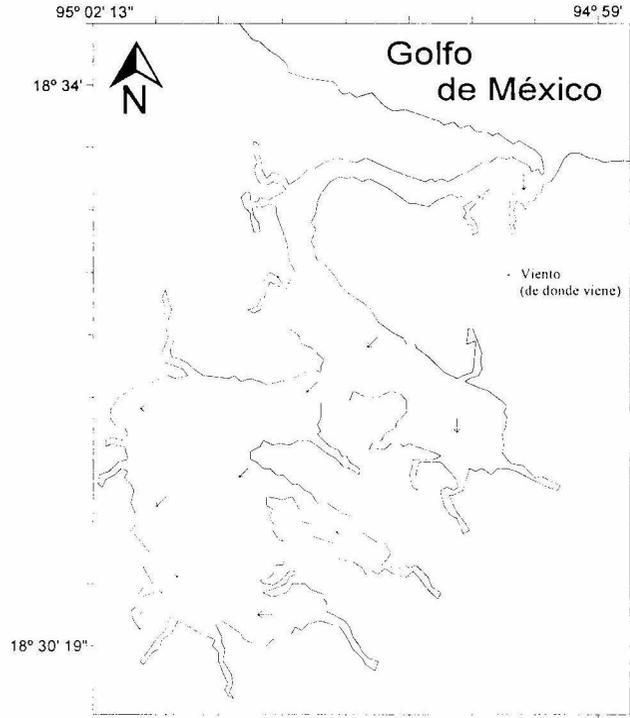


Figura 85. Dirección del viento durante el mes de Junio de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

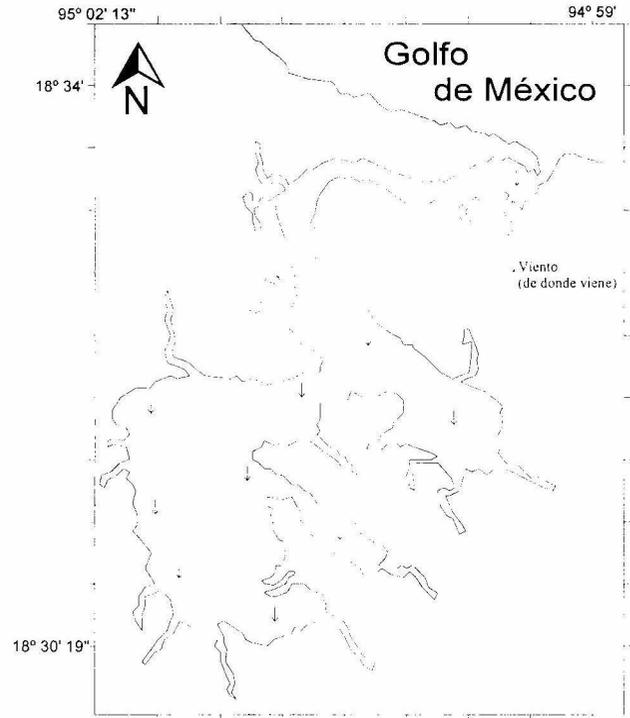


Figura 86. Dirección del viento durante el mes de Octubre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

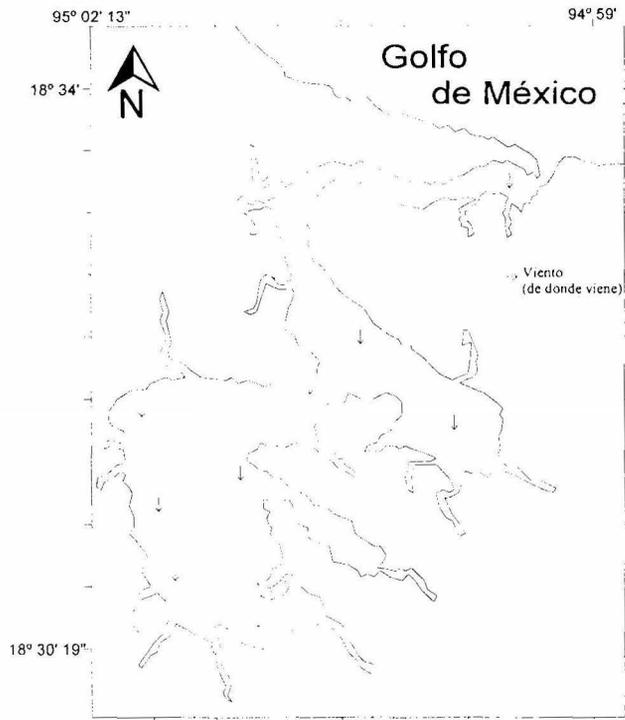


Figura 87. Dirección del viento durante el mes de Enero de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.



Figura 88. Dirección del viento durante el mes de Abril de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

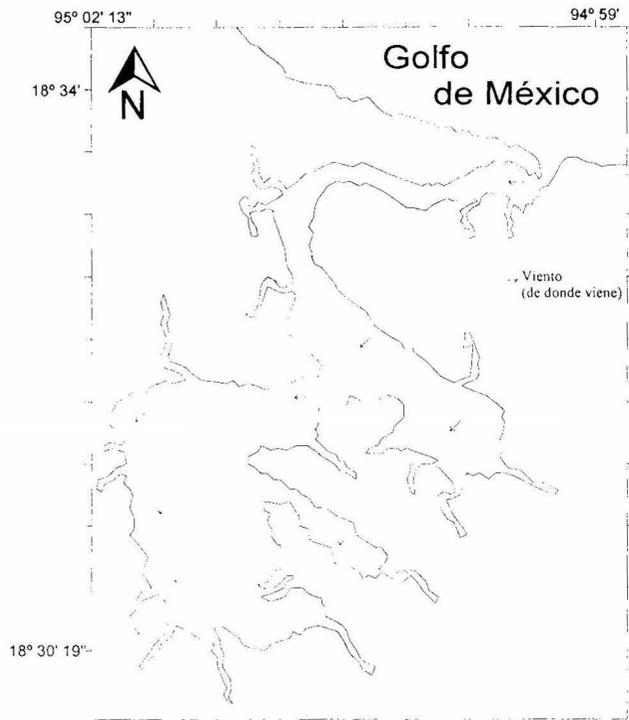


Figura 89. Dirección del viento durante el mes de Septiembre de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

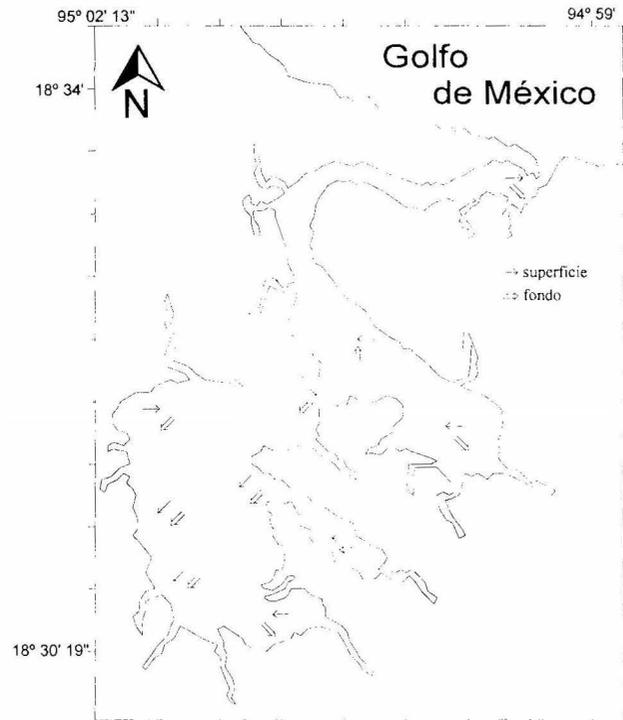


Figura 90. Dirección predominante de la corriente superficial y de fondo en la laguna de Sontecomapan Veracruz, de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

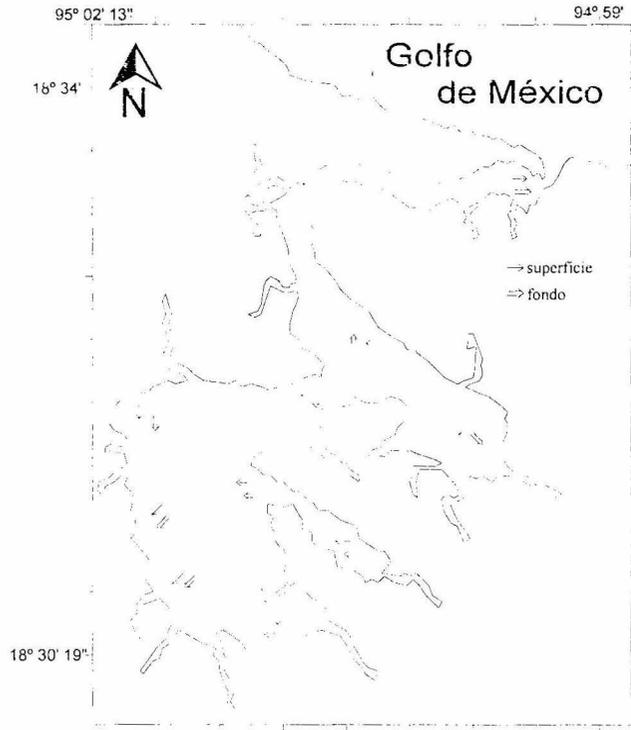


Figura 91. Dirección predominante de la corriente superficial y de fondo durante la temporada de Secas en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

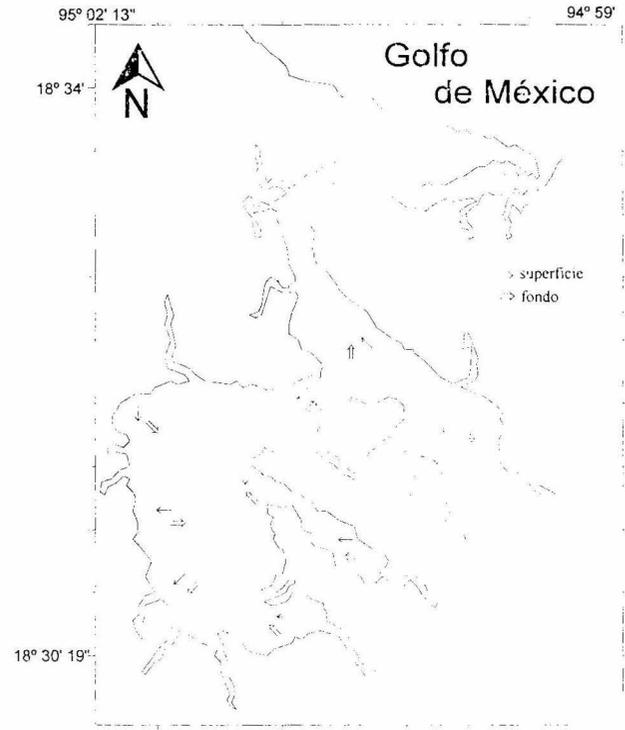


Figura 92. Dirección predominante de la corriente superficial y de fondo durante la temporada de Lluvias en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

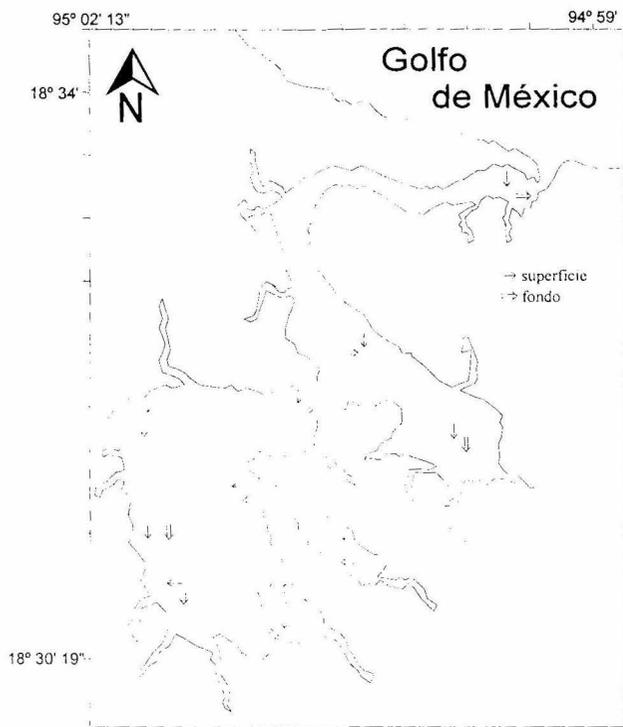


Figura 93. Dirección predominante de la corriente superficial y de fondo durante la temporada de Nortes en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

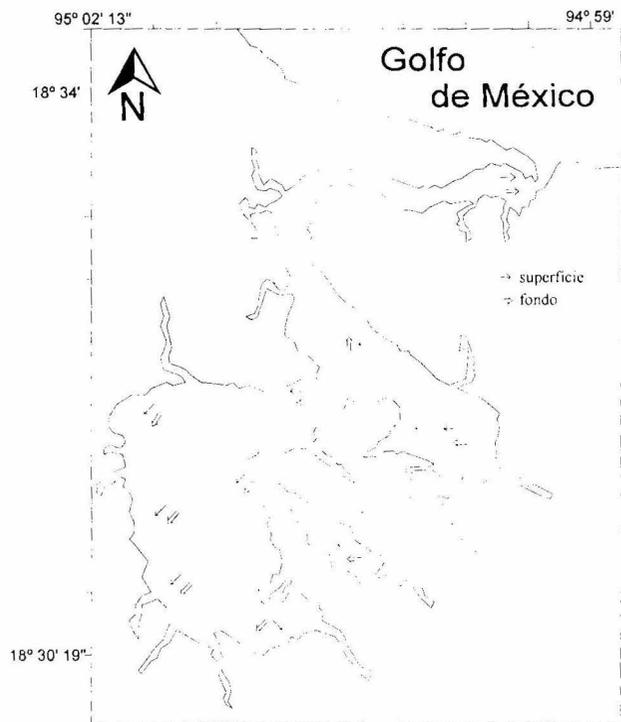


Figura 94. Dirección predominante de la corriente superficial y de fondo durante Abril de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

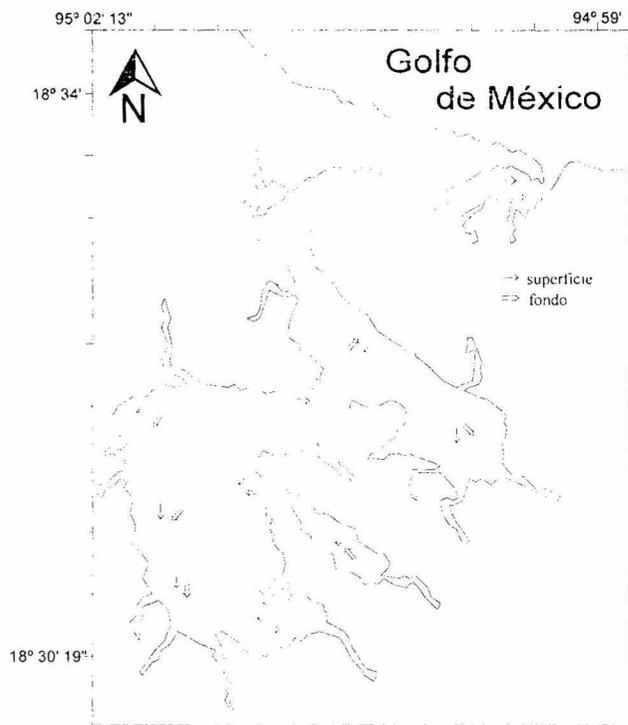


Figura 95. Dirección predominante de la corriente superficial y de fondo durante Junio de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

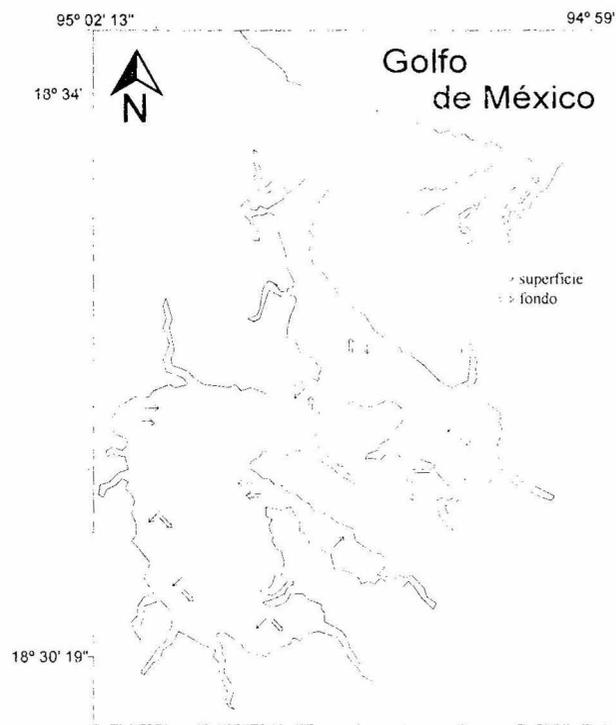


Figura 96. Dirección predominante de la corriente superficial y de fondo durante Octubre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

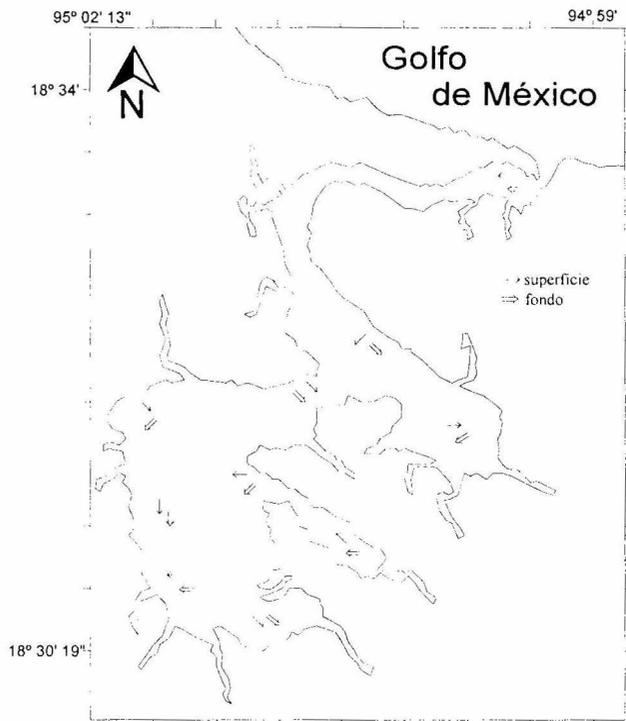


Figura 97. Dirección predominante de la corriente superficial y de fondo durante Enero de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

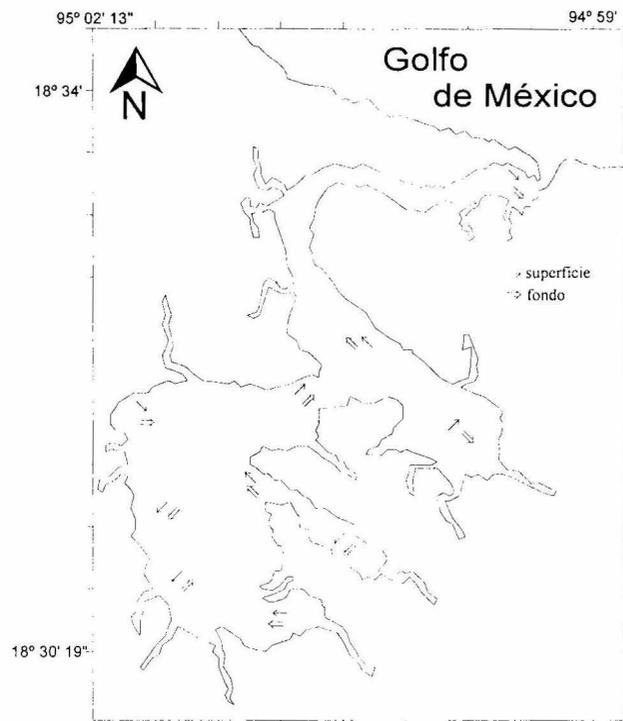


Figura 98. Dirección predominante de la corriente superficial y de fondo durante Abril de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

## **SEDIMENTOS**

En los mapas se puede observar la influencia de la estacionalidad sobre la distribución espacial y proporción de los sedimentos. La mayor cantidad de arenas se localizó durante el periodo de muestreo en la boca y canal de comunicación, las arcillas en la zona media y los limos en la zona interior y en la estación IV.

Debido a la influencia de los vientos, corrientes y afluentes mareal y dulceacuícolas el área de distribución aumenta de una temporada a otra; durante Los Nortes el porcentaje de arenas va desde la boca hasta la zona inicial del canal, los limos se encuentran en la zona interior y aumentan hacia el cuerpo mayor de la laguna durante las lluvias y las arcillas se mantienen en la zona media durante todo el periodo de muestreo (Figuras 100 a 129).

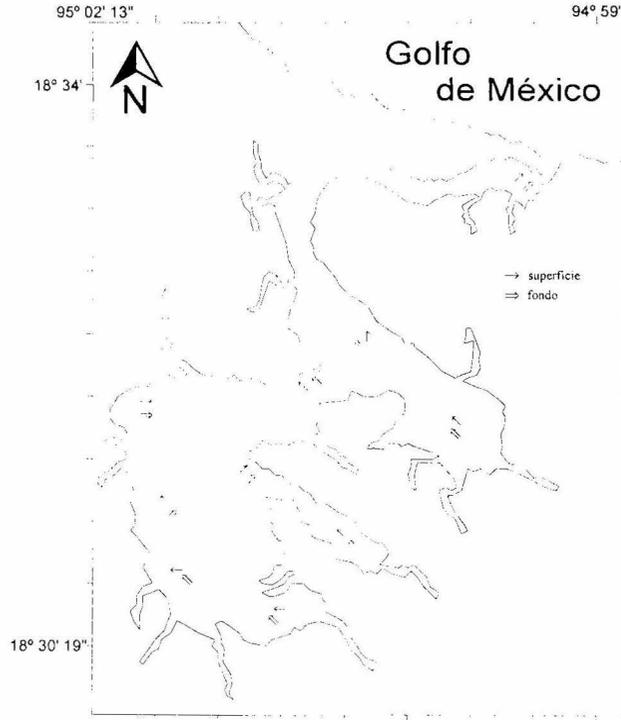


Figura 99. Dirección predominante de la corriente superficial y de fondo durante Septiembre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

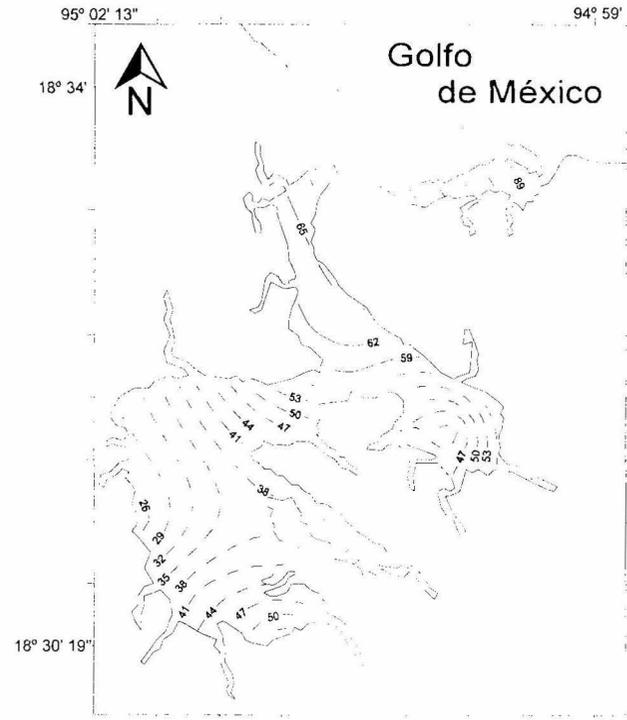


Figura 100. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arena) promedio global en la laguna de Sontecomapan Veracruz, de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

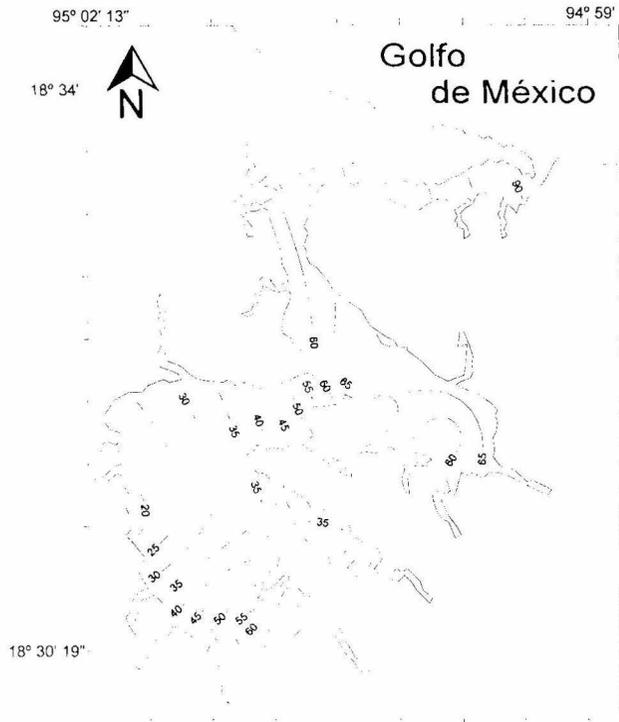


Figura 101. Distribución espacial de Isoclinas de sedimento (% arena) durante la temporada de Secas en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

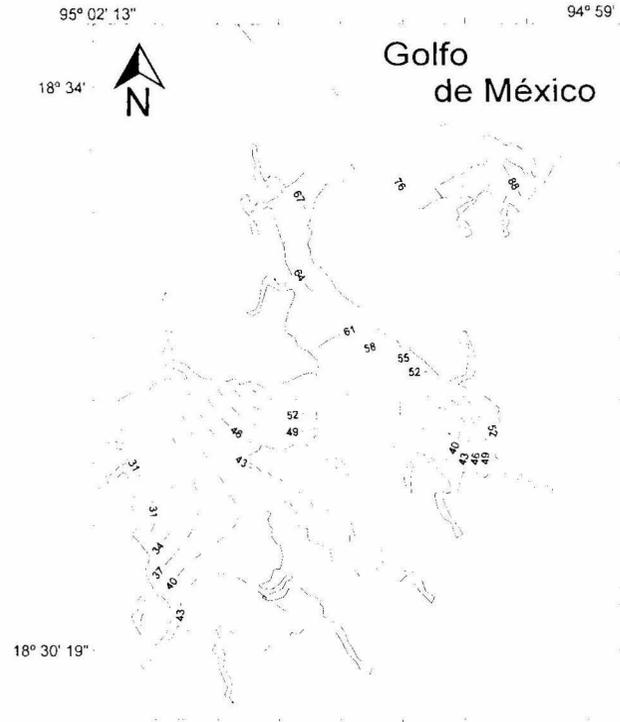


Figura 102. Distribución espacial de Isoclinas de sedimento (% arena) durante la temporada de Lluvias en la laguna de Sontecomapan Veracruz.



Figura 103. Distribución espacial de Isoclinas de sedimento (% arena) durante la temporada de Nortes en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

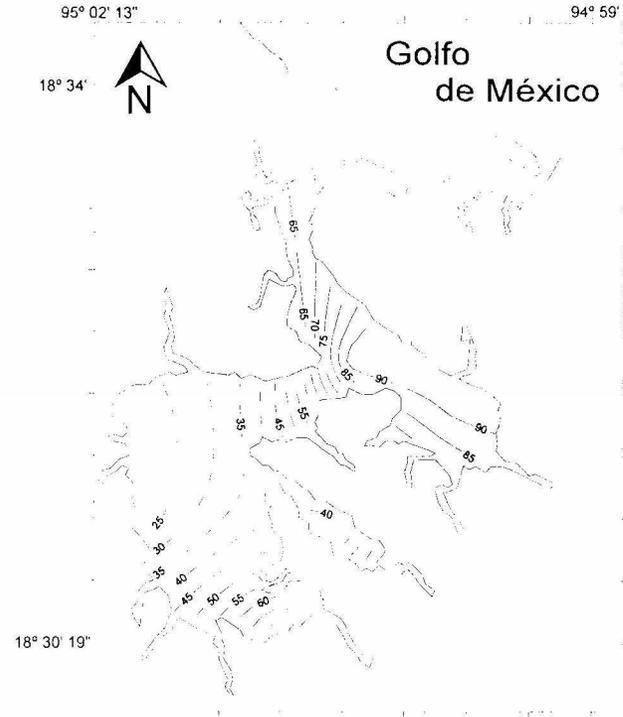


Figura 104. Distribución espacial de Isoclinas de sedimento (% arena) durante Abril de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

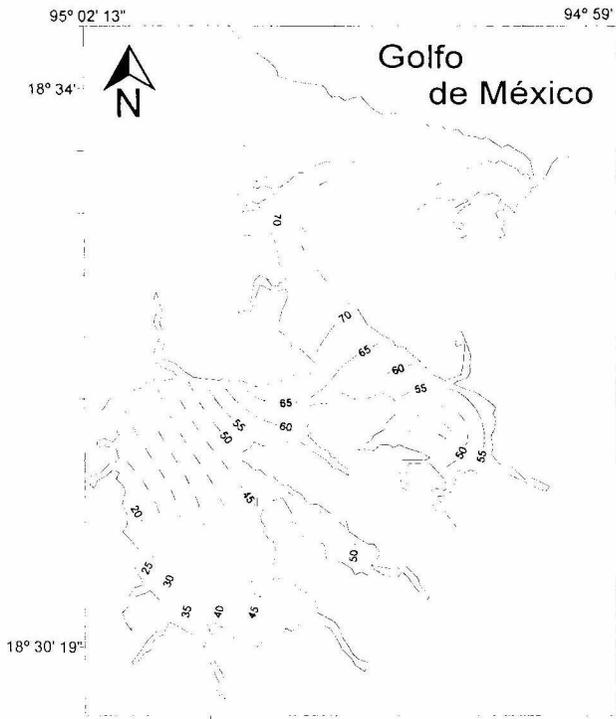


Figura 105. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arena) durante Junio de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

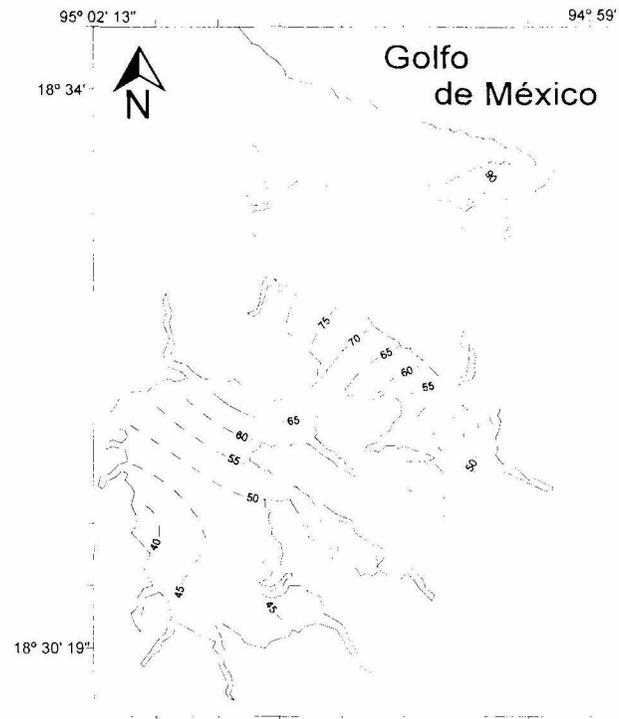


Figura 106. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arena) durante Octubre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

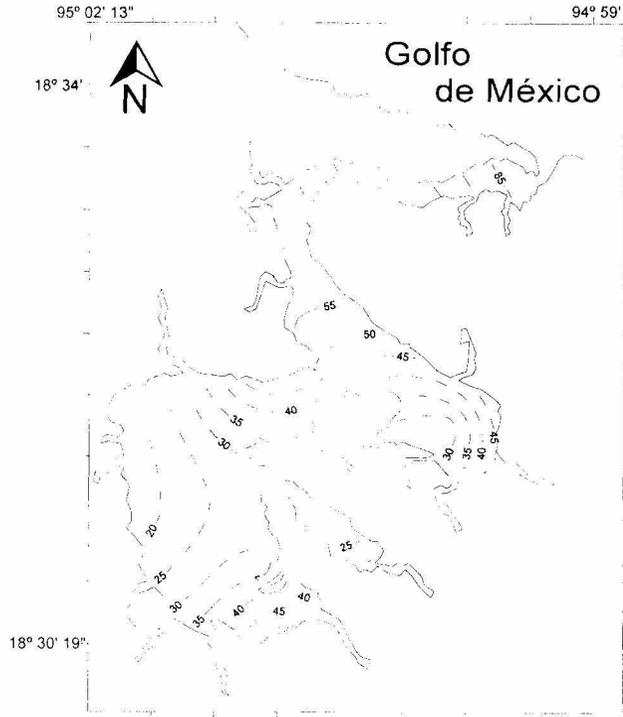


Figura 107. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arena) durante Enero de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

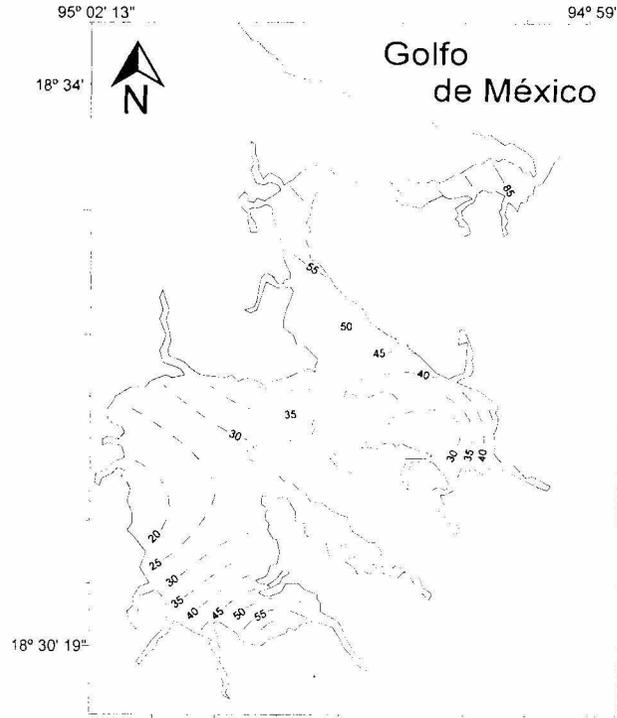


Figura 108. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arena) durante Abril de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

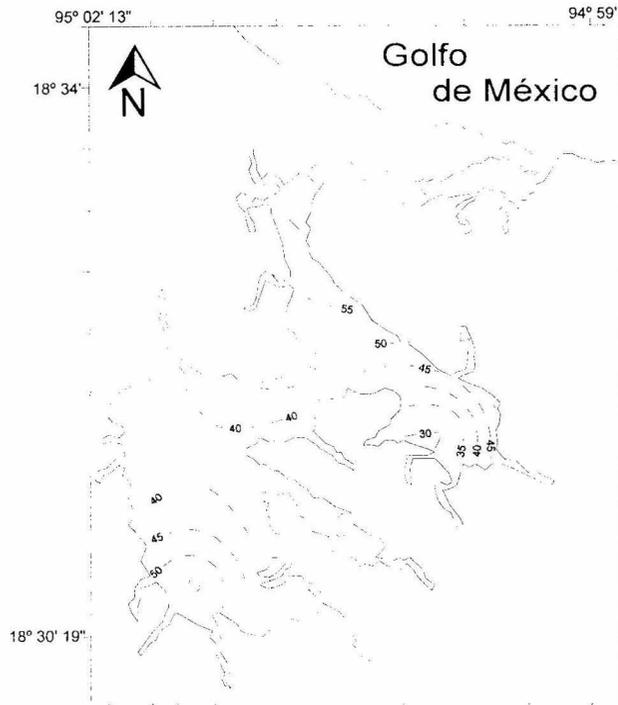


Figura 109. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arena) durante Septiembre de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

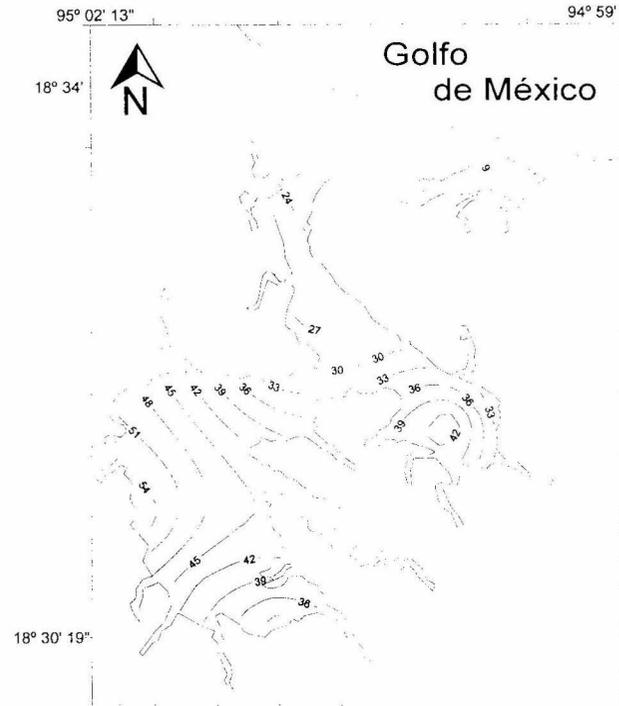


Figura 110. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% limo) promedio global en la laguna de Sontecomapan Veracruz, de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

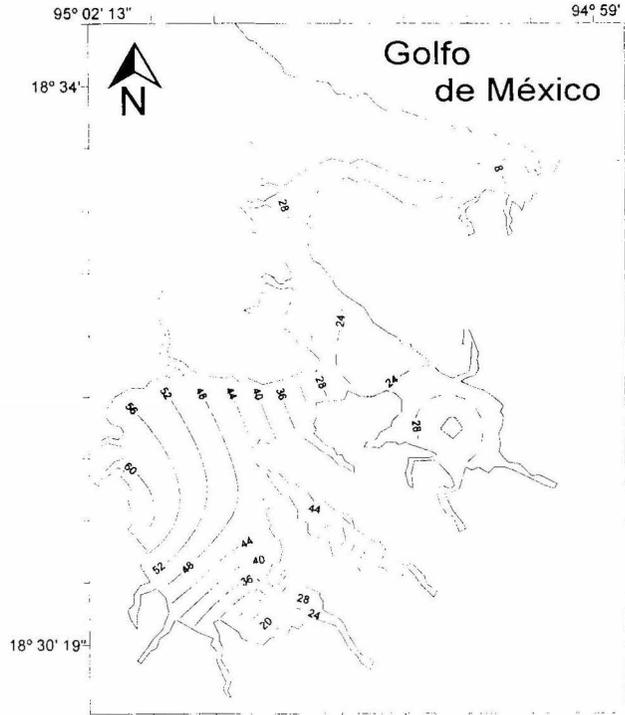


Figura 111. Distribución espacial de Isoclinas de sedimento (% limo) durante la temporada de Secas en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

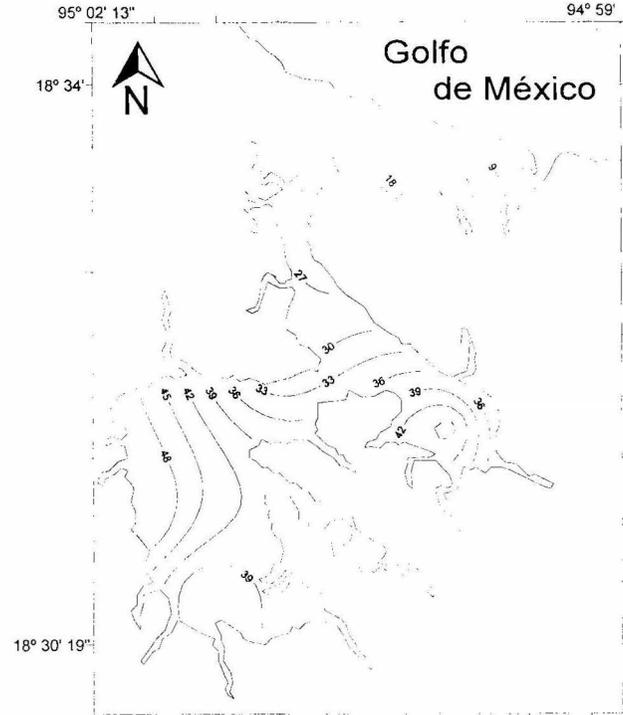


Figura 112. Distribución espacial de Isoclinas de sedimento (% limo) durante la temporada de Lluvias en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

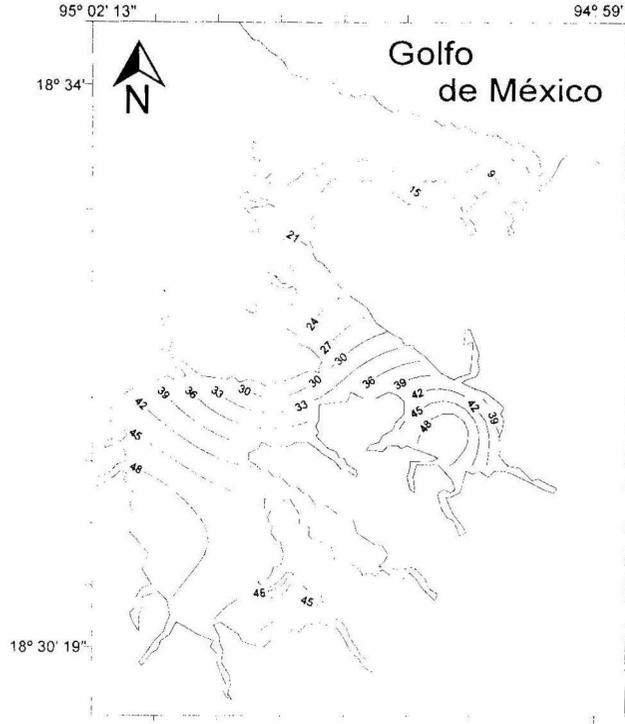


Figura 113. Distribución espacial de Isoclinas de sedimento (% limo) durante la temporada de Nortes en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

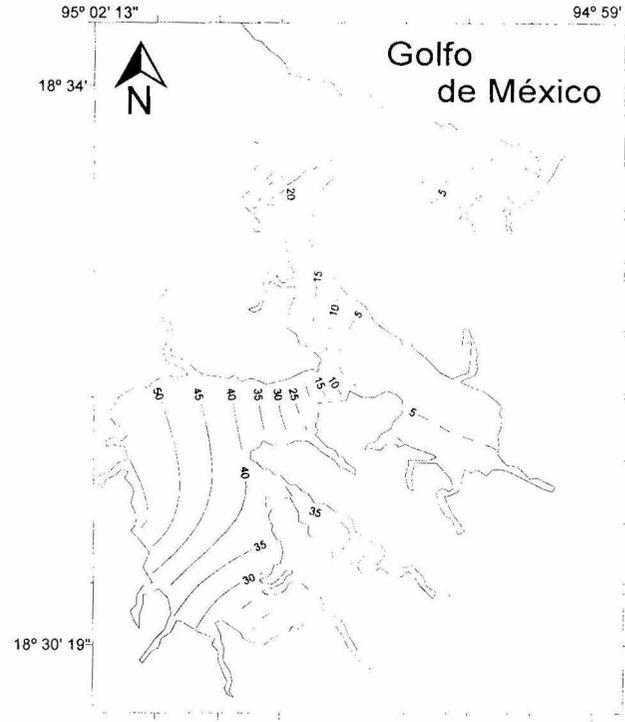


Figura 114. Distribución espacial de Isoclinas de sedimento (% limo) durante Abril de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

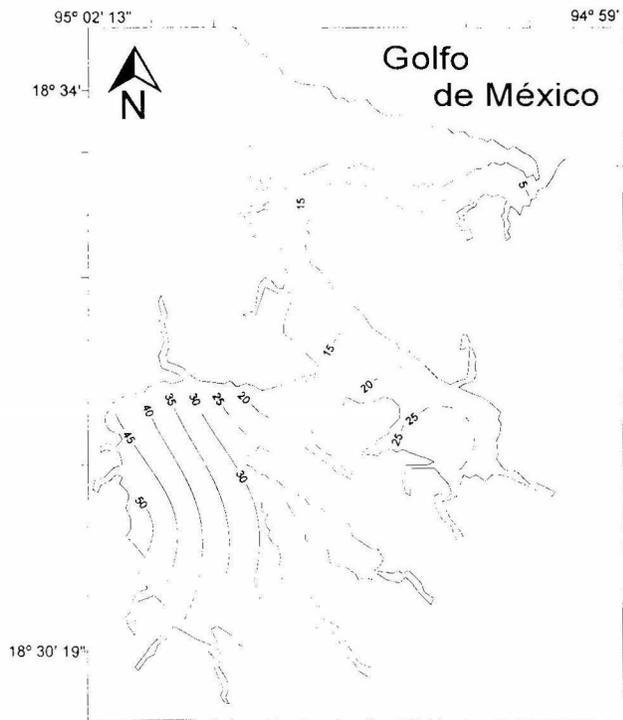


Figura 115. Distribución espacial de Isolneas de sedimento (% limo) durante Junio de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

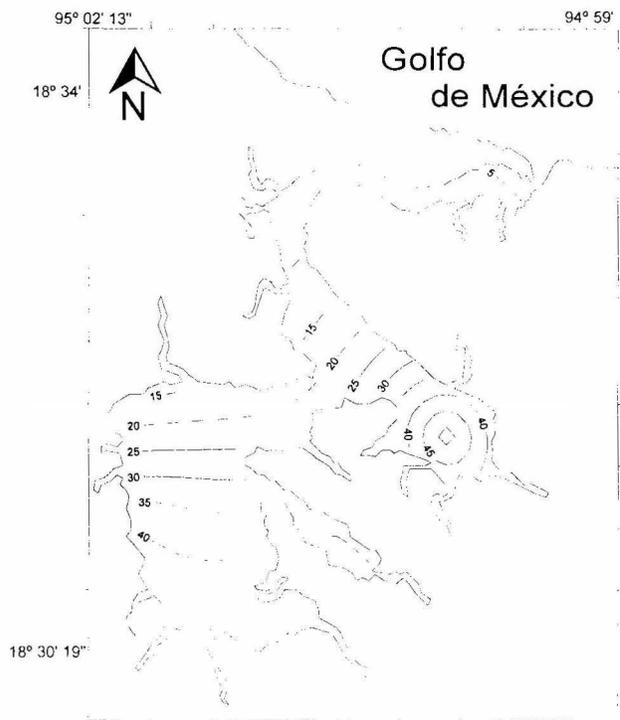


Figura 116. Distribución espacial de Isolneas de sedimento (% limo) durante Octubre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

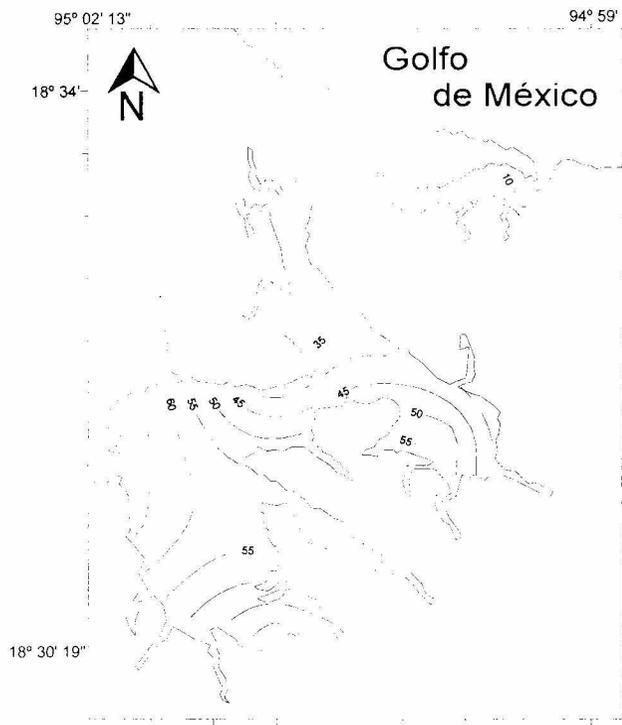


Figura 117. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% limo) durante Enero de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

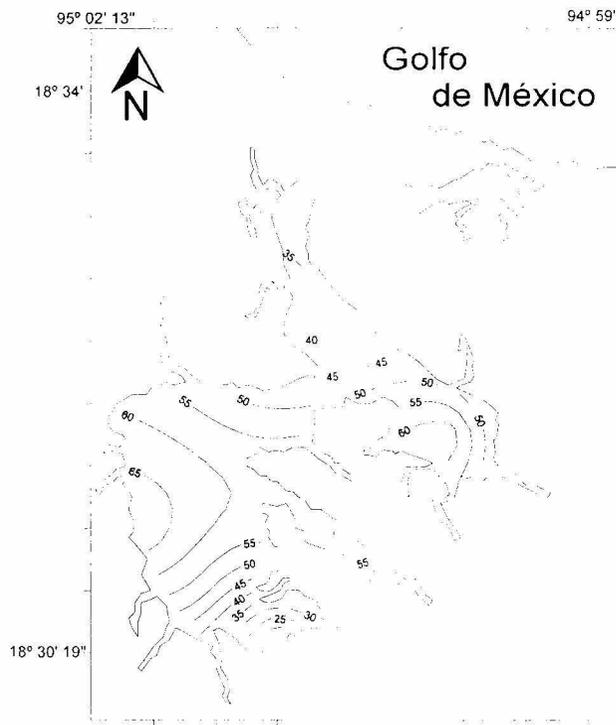


Figura 118. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% limo) durante Abril de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

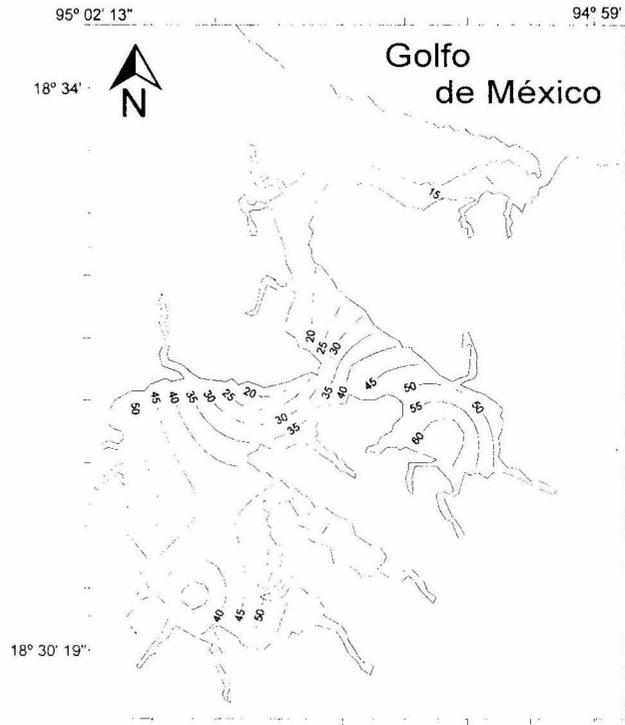


Figura 119. Distribución espacial de Isolneas de sedimento (% limo) durante Septiembre de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

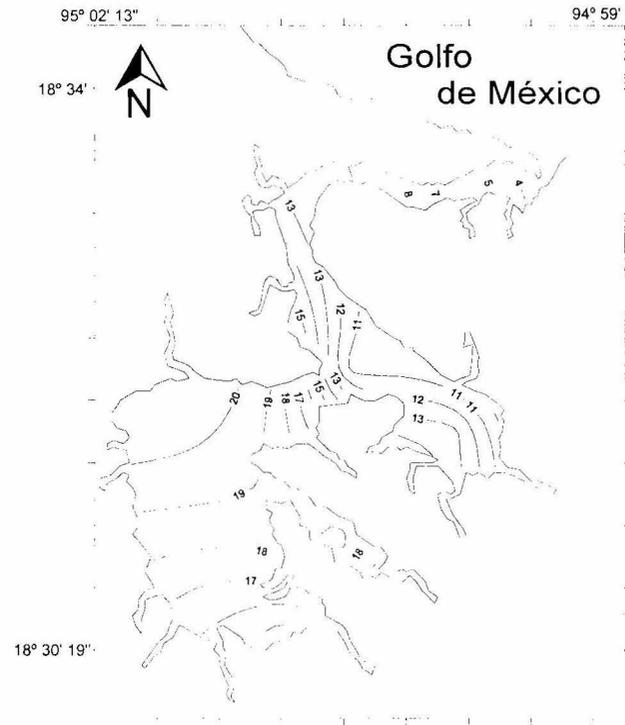


Figura 120. Distribución espacial de Isolneas de sedimento (% arcilla) promedio global en la laguna de Sontecomapan Veracruz, de Abril de 1995 a Septiembre de 1996.

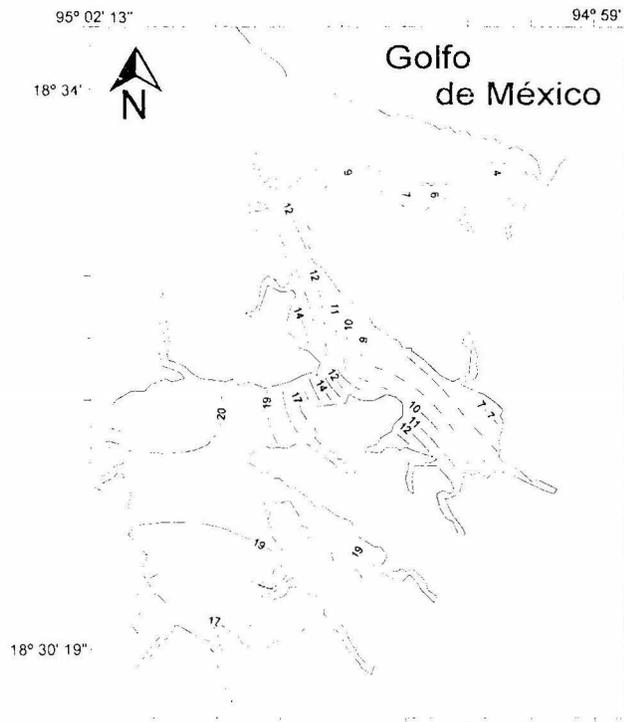


Figura 121. Distribución espacial de Isoclinas de sedimento (% arcilla) durante la temporada de Secas en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

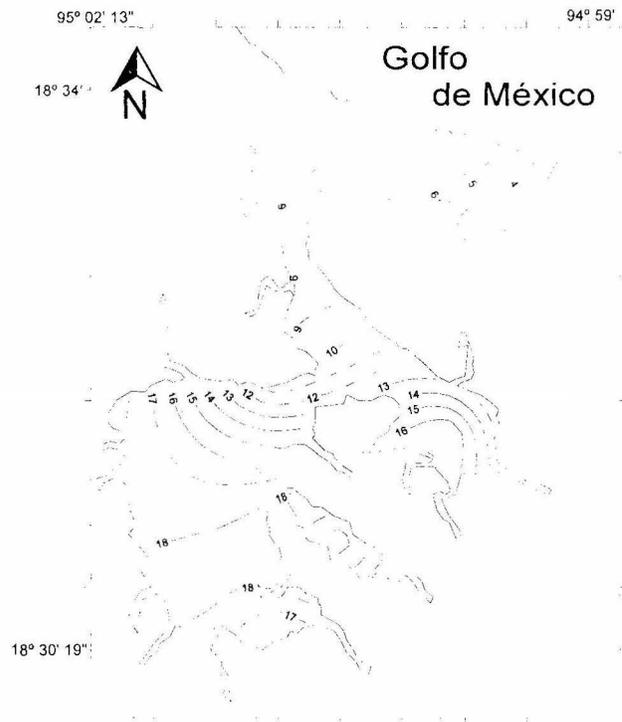


Figura 122. Distribución espacial de Isoclinas de sedimento (% arcilla) durante la temporada de Lluvias en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

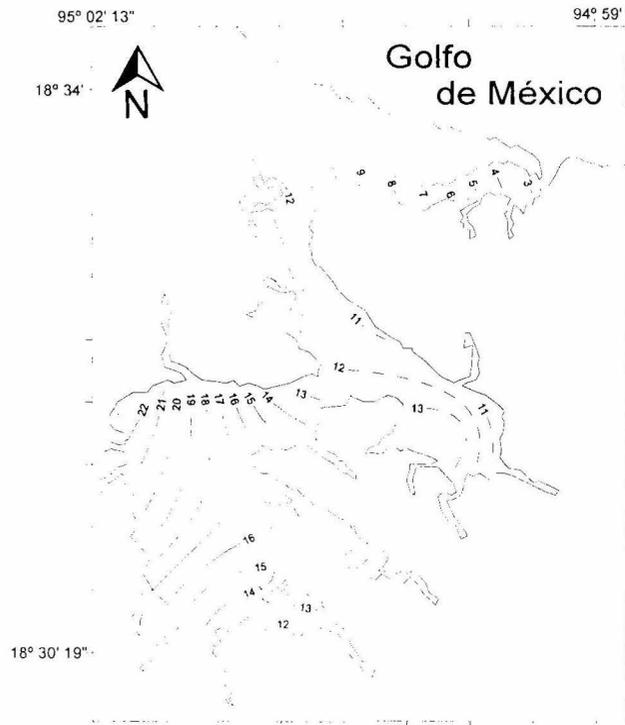


Figura 123. Distribución espacial de Isolíneas de sedimento (% arcilla) durante la temporada de Nortes en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

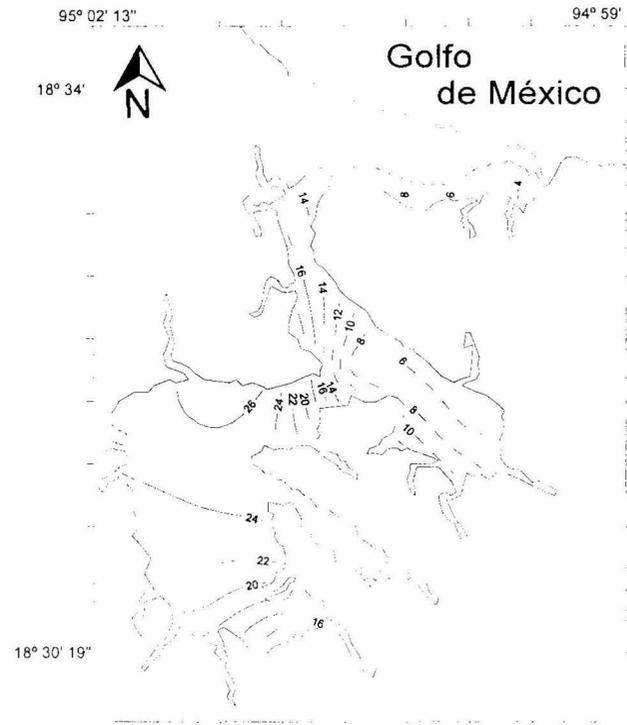


Figura 124. Distribución espacial de Isolíneas de sedimento (% arcilla) durante Abril de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

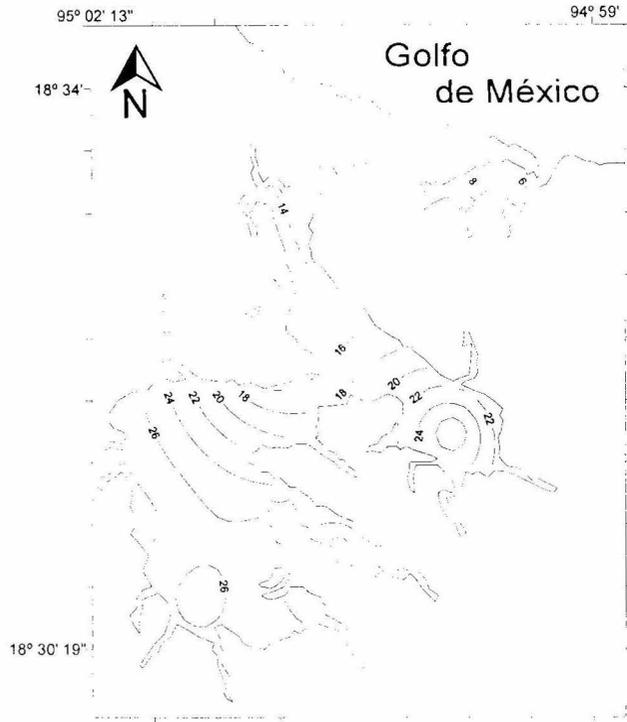


Figura 125. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arcilla) durante Junio de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

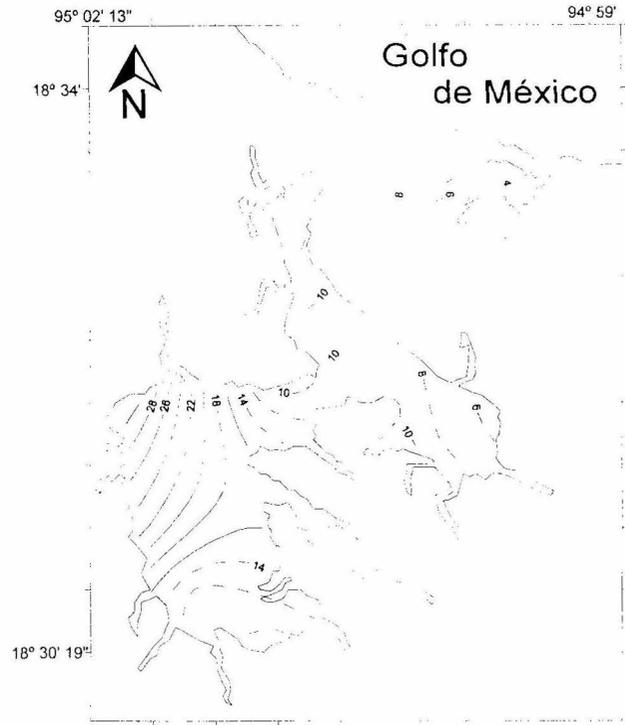


Figura 126. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arcilla) durante Octubre de 1995 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

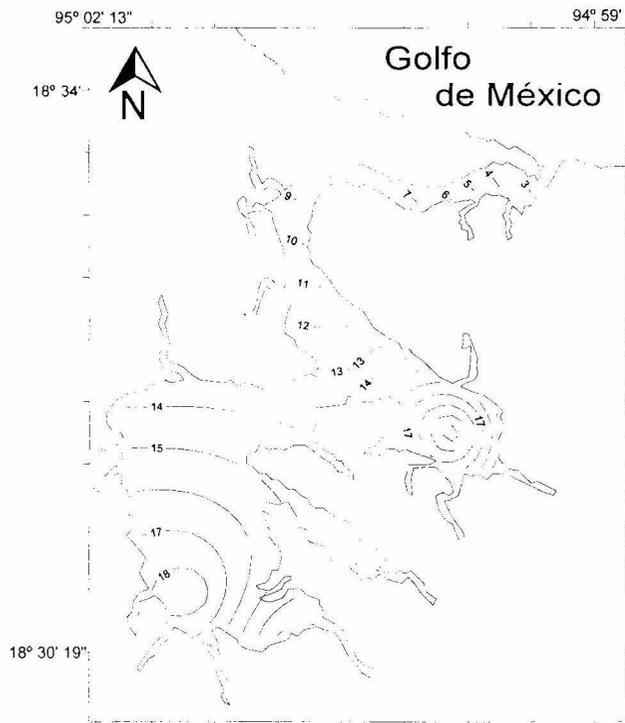


Figura 127. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arcilla) durante Enero de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

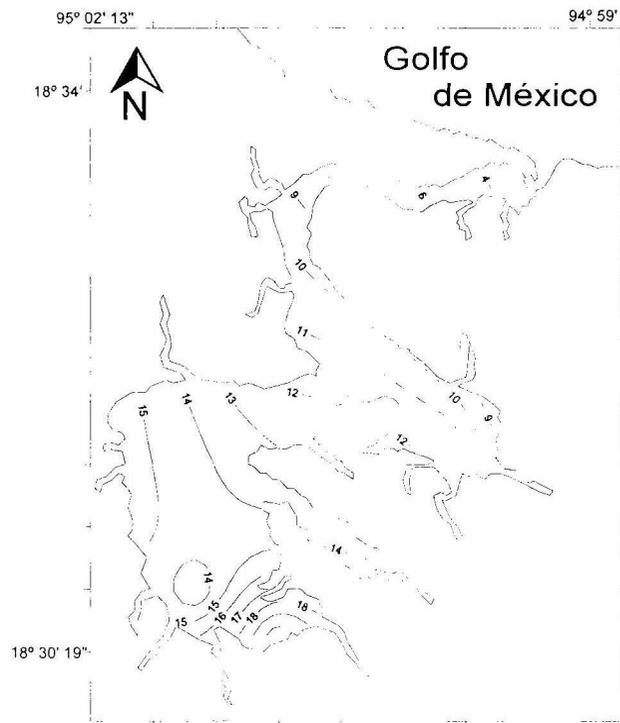


Figura 128. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arcilla) durante Abril de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

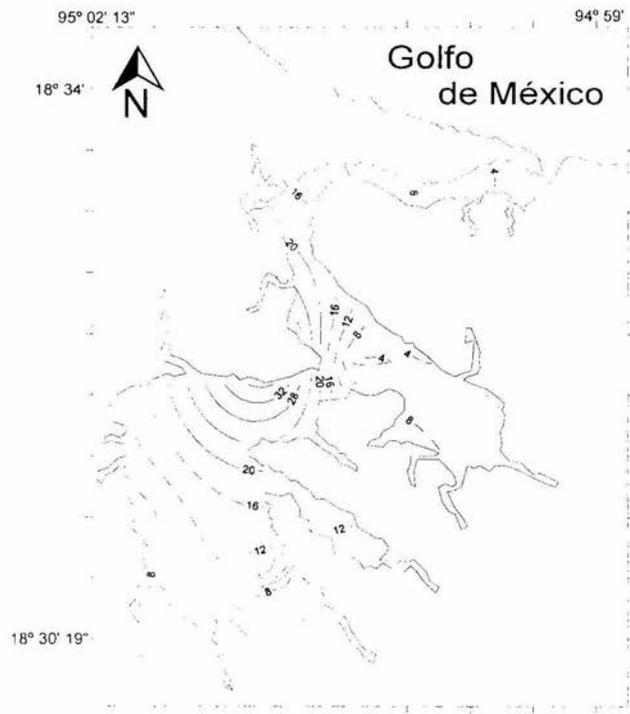


Figura 129. Distribución espacial de Isolineas de sedimento (% arcilla) durante Septiembre de 1996 en la laguna de Sontecomapan Veracruz.

## **CONCLUSIONES**

- La variación espacio-temporal de los parámetros hidrológicos es consecuencia de las características climáticas y meteorológicas presentes a lo largo del periodo de muestreo en la laguna de Sontecomapan.
- El promedio mas alto de salinidad fue para la temporada de Lluvias por el retraso de las mismas, y el promedio mas bajo para la temporada de Nortes.
- Se infiere un gradiente de concentración de tipo “cuña” de la boca de comunicación al interior del sistema, es decir, una circulación de tipo positivo.
- Se delimitaron tres zonas para la laguna; La zona 1 al sur de la laguna, con la mayor influencia dulceacuícola; la zona 2 con influencia del canal de comunicación y la zona 3 con influencia directa del mar adyacente.
- La laguna se caracteriza como bien oxigenada, somera y con porcentajes de transparencia medio, lo que permite una buena penetración de la luz.
- La textura del sedimento es de tipo Arena-Limosa, con el mayor porcentaje de arenas en la boca, Limos en el interior y Arcillas en la zona media.
- La dirección predominante del viento fue N-NE y la dirección de la corriente superficial y de fondo y velocidad de la corriente superficial correspondió a los vientos presentes.
- La realización del Atlas Hidrológico refleja de una manera mas clara la variación de los parámetros fisicoquímicos, de acuerdo a la temporada climática y morfología del sistema.

## LITERATURA CITADA

- \*Abarca, A. L. G. 1987. *Aspectos morfológicos y relaciones ecológicas de las especies Gerreidae en la Laguna costera de Sontecomapan, Ver. México, 1980-1981*. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 39 p.
- \*Alvarez, L. R. 1980. Hidrología y zooplancton de tres esteros adyacentes a Mazatlán, Sinaloa, México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 7(1): 159-177.
- \*Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer, R. Jiménez, E. Muñoz y E. Vázquez (Coordinados) 1998. *Regiones hidrológicas prioritarias*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- \*Bird, F. E. C. 1994. Physical setting and Geomorfology of Coastal Lagoons. In: Kjerfve, B. (Ed.). *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series, 60. Elsevier Science Publishers, Great Britain, pp. 9-11.
- \*Botello, A. V. 1978. Variación de los parámetros hidrológicos en las épocas de sequías y lluvias (Mayo y Noviembre de 1974) en las Laguna de Términos, Campeche, México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 5(1):159-177.
- \*Calva, B. L., G. Ponce, V. y A. Botello, V. 1994. Niveles de hidrocarburos aromáticos policíclicos en agua y sedimentos de la laguna de Sontecomapan, Ver. México. *Mem. III Congreso de Ciencias del Mar, La Habana, Cuba*. Febrero 15 al 18 de 1994.
- \*Carranza-Edwards, A., M. E. Gutiérrez y R. T. Rodríguez. 1975. Unidades morfo-tectónicas continentales de las costas mexicanas. *An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 2 (1):81-88.

- \*Castañeda, L. O. y F. Contreras, E. 1994. Volumen III: Golfo de México I. (De Tamaulipas a Veracruz). Serie: *Bibliografía completada sobre Ecosistemas Costeros Mexicanos*. CONABIO / UAM-I / CDELM, 510-531 pp.
- \*Castro-Gutiérrez, A. P., J. Franco L., J. R. Nava, H., P. Chinolla, R. y L. E. Portilla, G. 1985. Relación de nutrientes y producción secundaria en una laguna costera. *Mem. VIII Congreso Nacional de Zoología*. Saltillo, Coah. Agosto 26 al 30 de 1985.
- \*Castro, G. M. A. P. 1986. *Comportamiento estacional de nitratos fosfatos y amonio en la laguna de Sontecomapan, Ver. (Abril 1983- Marzo 1984)*. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 70 p.
- \*Chávez, S. G. 1980, *Elementos de oceanografía*. 4ª ed., Compañía Editorial Continental, S. A., México, 127-136 pp.
- \*Chinolla, R. M. C. P. 1984. *Contribución al conocimiento de la macrofauna bentónica intemareal en Sontecomapan Ver.* Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 66 p.
- \*Chinolla-Rey, C. P., A. P. Castro, G., J. R. Nava, H., L. E. Portilla, G., C. Pérez B. y E. Pérez, H. 1985. Comunidades bentónicas de la Laguna de Sontecomapan, Ver. *Mem. VIII Congreso Nacional de Zoología*, Saltillo, Coah. Agosto 26 al 30 de 1985.
- \*Clayen, P. A. L. 1988. *Estudio sobre algunos parámetros biológicos en el Bagre *Arius melanopus*, Gunther de la Laguna de Sontecomapan, Ver.* Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 32 p.
- \*Contreras, F. E. 1993. Hidrología y nutrientes en lagunas costeras. In: Figueroa, T. M. G., C. Alvarez, S., A. Ezquivel, H., M. E. Ponce, M. (Ed.)

*Fisicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas*. Serie grandes temas de hidrobiología 2. UAM-Iztapalapa. pag. 16-24.

\*Day, J. H. 1981. *Coastal Hidrodinamics, sediment, transport and inlet stability*, In Day, J. H. ed. 1981. *Estuarine Ecology*. A. A. Balkema/ Rotterdam.

\*De la Cruz, A. G. y J. Franco, L. 1981a. Ecología de las comunidades bentónicas y nectónicas de la laguna de Sontecomapan, Ver. *Mem. VI Simposio de Biologías de Campo*, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Univ. Nal. Autón. México. Julio 20 y 21 de 1981.

\*De la Cruz, A. G. y J. Franco, L. 1981b. Relaciones tróficas de la ictiofauna de la Laguna de Sontecomapan, Ver. *Mem. VII Simposium Latinoamericano Oceanografía Biológica, Acapulco, Gro.* México. Noviembre 15 al 19 de 1981.

\*De la Cruz-Aguero, G., J. Franco, L. y L. G. Abarca, A. 1985. Caracterización ictiofaunística de las Lagunas del Estado de Veracruz. *Mem. VIII Congreso Nacional de Zoología*, Saltillo, Coah. Agosto 26 al 30 de 1985.

\*De la Lanza, E. G. 1993. Importancia ecológica de los ciclos biogeoquímicos en los sistemas lagunares costeros: In *Fisicoquímica y Biología de las Lagunas Costeras Mexicanas* Serie grandes temas de hidrobiología I. UAM Iztapalapa, 7-15 p.

\*De la Lanza, E. G., y C. Cáceres, M. 1994. *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Univ. Autón. B. C. S. México. 525 pag.

\*De la Rosa, V. J. 1986. *Variabilidad genética poblacional en ostiones de la especie Crassostrea virginica del Golfo de México*. Tesis Doctoral, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México.

\*Figroa G. C. Alvarez, A. Esquivel y M. E. Ponce (Eds.) *Fisicoquímica y Biología de las lagunas costeras Mexicanas* (1):31-45 p.

- \*García, E. 1970. Los climas del estado de Veracruz (según el sistema de clasificación de Köeppen, modificado por la autora). *An. Inst. De Biol. Univ. Nal. Autón. México* 41, Serie Botánica, (1):3- 34.
- \*González, G. M. 1977. Observaciones sobre un comportamiento atípico de *Rupia maritima* L. en una laguna costera tropical. *Bol. Soc. Mex. Bot. México*, 37: 53-68.
- \*Gordon, D. N., T. McMahon, A. and B. Finlayson, L. 1995. *Stream hydrology. An Introduction for ecologist*. Wiley. Great Britain. 1-5 pp.
- \*Jiménez, V. M. 1984. *Contribución al conocimiento de la biología de los robalos (Centropomidae) de la Laguna de Sontecomapan, Ver.* Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 64 p.
- \*Kjerfve, B. 1994. *Coastal lagoon processes*. Elsevier Oceanography Series, 60. Elsevier Science Publishers B. V. Great Britain. 1-3 pp.
- \*Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification. In: Wiley, M. (Ed.). *Estuarine Proc. Estuarine Research. Federation Conference, Galveston, Texas. Oct. 6-9, Academic Press. Inc., New York*, 2:182-215.
- \*Martínez, H. M. G. M. 1987. *Distribución y abundancia estacional del ictioplancton de la Laguna de Sontecomapan, Ver.* Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 136 p.
- \*Menéndez-Liguori, F. J. 1976. *Los manglares de la laguna de Sontecomapan, Los Tuxtlas, Ver. Estudio Florístico-Ecológico*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Univ. Nal. Autón. México, 89 p.
- \*Morán, S. A. 1994. *Caracterización hidrológica y espacio-temporal con base en los nutrientes y clorofila A de la Laguna de Sontecomapan Ver.* Tesis de

Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 66 p.

\*Morán, S. A., N. García. y F. Contreras, E. 1993. Algunas consideraciones sobre el intercambio mareal entre la laguna de Sontecomapan, Ver. y el océano adyacente. *Mem. V Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, La Paz Baja California Sur, México*. Septiembre 27 al 1º de Octubre de 1995.

\*Padilla, G. M. A., A. Rodríguez, y A. Cruz, G. 1994. Distribución y abundancia de las larvas de peces en la zona del Edo. Ver. México. II. Familia Engraulidae. *Men. III Congreso de Ciencias del Mar*. La Habana, Cuba. Febrero 15 al 18 de 1994.

\*Ponce, V. G., F. González. y L. Calva, B. 1992. Evaluación del impacto ambiental de la Laguna de Sontecomapan, Ver. *In*: Figueroa, T. M. G., C. Alvarez, S., A. Esquivel, H., S. Gómez, A. *Los sistemas litorales*. Serie grandes temas de hidrobiología 2. UAM-Iztapalapa e Instituto de Biología, UNAM, 115-126 pp.

\*Reséndez, M. A. 1983. Hidrología e ictiología de la laguna de Sontecomapan, Ver. México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México*. 53, Serie Zoología. (1):385-417.

\*Salgado, M. G. 1982. Acantocéfalos de mojarra (Pisces: Gerreidae) en la Laguna de Sontecomapan, Ver. *Mem. VI Congreso Nacional de Zoología*. Mazatlán, Sin. Diciembre 6 al 12 de 1982.

\*Salgado-Maldonado, G. 1983. Acantocéfalos de mojarra (Pisces: Gerreidae) en la Laguna de Sontecomapan, Ver. *Mem. del VII Congreso Nacional de Zoología*. Ensenada, Baja California Norte.

\*Suchil, V. M. A. 1990. *Determinación de la variación estacional de fitoplancton y su relación con los parámetros físicos y químicos de la Laguna de Sontecomapan y del Ostión*. Ver. para el año de 1985. Tesis de

Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 124 p.

\*SPP. 1981. Dirección general de geografía del territorio nacional. Carta Topográfica 1:50 000, E15A64. La Perla del Golfo, Veracruz. Coordinación general de los servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.

\*SPP. 1982. Dirección general de geografía del territorio nacional. Carta Topográfica 1:50 000, E15A63. La Nueva Victoria, Veracruz. Coordinación general de los servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.

\*Viessman, W. JR., J. Knapp, G. Lewis. 1977. *Introduction to hydrology*. 2a. ed. Harper & Row, New York, 1-5 pp.

\*Winfield, A. I. 1987. Distribución, abundancia, y estacionalidad del orden Tanaidaceae, (Crustácea: Perecarida) de la Laguna de Sontecomapan, Ver. Octubre 1982 - Septiembre 1983. *Mem. IX Congreso Nacional de Zoología, Villahermosa, Tabasco. Octubre 13 al 16 de 1987.*

\*Yáñez-Arancibia, A. 1986. *Ecología de la zona costera: análisis de siete tópicos*. AGT Editor, S. A., México. 189 p.

## APÉNDICE

### CLAVES Y/O CÓDIGOS DE OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS (CHÁVEZ, 1980)

#### CLIMA

CLAVE	DESCRIPCIÓN
00-09	Sin precipitación pluvial en el momento del muestreo
10-19	Sin niebla, nieve, tormentas de polvo o arena
20-29	Con precipitación, niebla, tormenta eléctrica en la última hora antes de las observaciones, pero no en ese momento
30-39	Tormentas de polvo, arena o nieve.
40-49	Niebla en el momento de las observaciones
50-59	Con precipitación en el momento de las observaciones: llovizna
60-69	Con precipitación en el momento de las observaciones: lluvia
70-79	Con precipitación en el momento de las observaciones: nieve
80-89	Con precipitación en el momento de las observaciones: lluvia tormentosa con descargas eléctricas

#### NUBES

CÓDIGO	TIPO	
	TIPO DE NUBES	ALTURA
1	Cirrus	6,000 metros
2	Cirrostratus	6,000-2,000 metros
3	Cirrocúmulus	
4	Alto cúmulos	
5	Altostratus	
6	Estratocúmulos	
7	Nimbostratus	
8	Cúmulus	2,000-0 metros
9	Cumulonimbus	

CANTIDAD	
CIELOS CUBIERTO EN DÉCIMOS	
CLAVE	CANTIDAD
0	Sin nubes
1	Menos de un décimo
2	2 y 3 décimos
3	4 décimos
4	5 décimos
5	6 décimos
6	7 y 8 décimos
7	9 y menos de 9
8	10
9	Cielo oscuro

**CLAVES Y/O CÓDIGOS DE OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS (CHÁVEZ, 1980)**

**VISIBILIDAD**

CLAVE	VISIBILIDAD HASTA	DESCRIPCIÓN
0	50 metros	Niebla densa
1	200 metros	Niebla delgada
2	400 metros	Niebla
3	1,000 metros	Niebla moderada
4	1 milla náutica (1860 metros)	Calimo
5	2 millas náuticas	Mala visibilidad
6	5 millas náuticas	Buena visibilidad
7	10 millas náuticas	Buena visibilidad
8	30 millas náuticas	Buena visibilidad
9	Más de 30 millas náuticas	Buena visibilidad

**OLAS**

CÓDIGO	CALMA RIZADA	ALTURA (m)
0	Calma lisa	0
1	Calma rizada	0-0.1
2	Llana (Cabrillas)	0.1-0.5
3	Ligera	0.5-1.25
4	Moderada	1.25-2.5
5	Rugosa	2.5-4.0
6	Muy rugosa	4.0-6.0
7	Alta	6.0-9.0
8	Muy alta	9.0-14.0
9	Fenomenal	Más de 14