



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

---

---

Laboratorio de Ecología de Peces

**Hidrología del sistema lagunar de Sontecomapan,  
Veracruz durante la temporada de secas y lluvias 2005  
y secas 2006**

**TESIS DE INVESTIGACIÓN  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO**

PRESENTA:

**RAFAEL ANDRÉS CABRAL TENA**

Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela  
Directora

M. en C. Adolfo Cruz Gómez  
Co-director



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edomex. 2007



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.



*El presente trabajo fue apoyado por la UNAM a través del Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la DGAPA, Proyecto EN203804 y de la Facultad de Estudios Profesionales Iztacala, a través del Programa de Apoyo a los Profesores de Carrera para Promover grupos de Investigación (PAPCA) 2006-2007 y se realizó en el Laboratorio de Ecología de Peces a cargo de los profesores Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela y M. en C. Adolfo Cruz Gómez, instituciones y laboratorio a los que agradezco su apoyo.*

## Agradecimientos y Dedicatorias

A mi madre y a mi padre, por ser mi más grande apoyo, por darme todo su amor y enseñanza y por procurar mi bienestar día a día gracias por su ayuda, sin ustedes nunca hubiera podido lograr esta meta, los quiero muchísimo.

A mi hermano Ricardo por ser mi más grande amigo, por crecer junto conmigo, por enseñarme tantas cosas y cuidarme todos los días en esta vida y por ser un gran apoyo en mis decisiones, siempre serás un ejemplo para mí.

A mis abuelos Ricardo, Guadalupe y Lucía, por todo su amor, sus cuidados y cariños, por compartir su sabiduría y experiencia conmigo y por tantas sonrisas y alegrías. Gracias por tanto amor.

A mis tíos Toño, Marcia, Lorena y Pepe, por comprenderme, por su apoyo, por platicarme tantas experiencias y darme tantas enseñanzas, por tenerme confianza y estar siempre al pendiente de mí. Los quiero mucho.

A mis primos Emiliano y Marco, por recordarme que no importa lo que suceda siempre es mejor sonreír, por tantos días de travesuras, juegos y diversiones. Son una gran alegría en mi vida.

A la Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela, por ayudarme tanto en este camino, por enseñarme tantas cosas no solo de la biología sino de la vida, por darme la oportunidad de trabajar con usted, y sobre todo por su amistad.

A mis sinodales, el M. en C. Adolfo Cruz Gómez, el Dr. Sergio Cházaro Olvera, al Biol. Ángel Moran Silva, y al Biol. Alejandro Ramírez Rojas, por sus valiosas aportaciones a este trabajo, por su calidad como seres humanos y como profesores.

Al Biol. José Luís Tello Musí, por todo tu apoyo durante mi carrera y por tus grandes consejos, pero sobre todo por tu amistad.

A mis amigos, Jorge, Alan, Mosco, Carlos, Pablo, Fríjol, Moshé, Edgardo, Chamaco, Husky, Salo, Mariano, Adrián, Fernando, Giovann, por tantos momentos de risas y relajación, por ser siempre ustedes mismos, por ser buenas personas, por no tener prejuicios, son mis amigos de toda la vida, son como mis hermanos, Los quiero mucho a todos.

A Rafa, Inés, Valerio, Eric, César, Jaque, Víctor, Abuelo, Mac, Au, Tere, Kika, Lau, Gus, Yacín y Alicia, por su amistad, su compañía, su gran apoyo y su preocupación por mí, por estar siempre que los necesito, por hacer de cada práctica una experiencia genial y muy divertida, los quiero a todos.

A Marcelita, por ser mi dulce compañera, por ser mi apoyo y darme fuerzas, por tus cariños y mimos, por creer en mí, por tu gran ser hermoso, por tu espíritu libre, por todo el amor que me das, por cambiar mi vida entera, te amo muchísimo. Eres la luz de mi vida.

Por último quiero dedicar este trabajo a todas aquellas personas libres de pensamiento, corazón y espíritu, a todas las personas que no se dejan atrapar por lo banal y absurdo, a aquellas personas que tienen aún fé en que las cosas pueden ser diferentes, a quienes tienen ganas de luchar y trabajar por sus sueños y esperanzas, a los elementos y a las fuerzas naturales por darnos todo y a la madre tierra por no pedir nada a cambio sino respeto.

---

---

## Índice

<b>Resumen</b>	<b>2</b>
<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos</b>	<b>5</b>
<i>Objetivo General</i>	<b>5</b>
<i>Objetivos Particulares</i>	<b>5</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>6</b>
<b>Área De Estudio</b>	<b>8</b>
<b>Material Y Métodos</b>	<b>11</b>
<b>Resultados</b>	<b>15</b>
<i>Características Generales</i>	<b>15</b>
<i>Condiciones Meteorológicas</i>	<b>15</b>
<i>Parámetros Físicoquímicos</i>	<b>16</b>
<i>Características por Temporada Climática</i>	<b>22</b>
<i>Condiciones Meteorológicas</i>	<b>22</b>
<i>Parámetros Físicoquímicos</i>	<b>28</b>
<i>Características de la Comunidad Zooplanctónica</i>	<b>50</b>
<b>Discusión</b>	<b>70</b>
<i>Parámetros Físicoquímicos</i>	<b>70</b>
<i>Características de la Comunidad Zooplanctónica</i>	<b>84</b>
<i>Tendencias Generales de la Laguna</i>	<b>87</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>89</b>
<b>Referencias</b>	<b>90</b>

## Resumen

La Hidrología es la ciencia del estudio de la distribución, movimiento, propiedades del agua y sus relaciones con el ambiente; razones por las cuales, la investigación hidrológica es importante para el desarrollo, gestión y control del recurso agua, por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo analizar la dinámica hidrológica, así como la variación espacio temporal de la comunidad zooplanctónica en el sistema lagunar de Sontecomapan, Veracruz durante la temporada de secas y lluvias 2005 y secas 2006. Se realizaron 3 muestreos: dos correspondientes a secas (marzo) y lluvias (septiembre) del 2005 y el tercero en la temporada de secas 2006 (marzo), cubriendo un total de 20 estaciones en cada muestreo. En cada una de éstas, se registraron las condiciones meteorológicas, los parámetros fisicoquímicos y se realizaron muestreos de plancton para la obtención y determinación de la comunidad zooplanctónica. Los resultados muestran, que de manera general la laguna es somera (166.57 cm), transparente (92.38 cm), cálida (26.52 °C), con características mesohalinas (9.08 ‰), excepto en la temporada de lluvias 2005, la cual tuvo características oligohalinas (4.30 ‰), bien oxigenada (9.35 mg/L) y con pH neutro (7.35); con una textura de sedimento de tipo areno lodosa, con huellas de grava y con una buena cantidad de carbono orgánico (1.72 %). En el caso del zooplancton el grupo *Copepoda* fue el grupo que obtuvo el valor más alto de importancia ecológica, así como también el más ampliamente distribuido, se calculó una diversidad ecológica baja (0.4343 bits/ind), debido a la gran heterogeneidad en la densidad relativa de cada grupo, lo cual refleja un comportamiento normal, de una laguna costera. De manera general la laguna se ha hecho mas profunda sobre todo en el canal de comunicación con el mar, debido posiblemente a la influencia de la marea y las corrientes generadas por los vientos, así como por fenómenos como los Nortes que han modificado la morfología de esta laguna y por consecuencia ha descendido su temperatura. Otro caso es el de la salinidad, la cual parece estar aumentando como se observó en el último muestreo del 2006 aunque esto no se puede decir, con exactitud, ya que muy probablemente fue debido a las condiciones de Norte que se presentaron, ya que los vientos acarrearón grandes cantidades de aguas marinas al interior de la laguna y por lo tanto la salinidad se modificó. El resto de los parámetros han permanecido constantes en sus variaciones por temporada climática. En el análisis, se consideraron investigaciones realizadas desde hace 12 años, tiempo en el cual, la laguna ha sido ampliamente influenciada por actividades humanas como: tala de árboles, turismo y explotación pesquera, y en lo que a la hidrología respecta, se puede decir que estas actividades no han repercutido en gran medida, ya que la mayoría de los parámetros hidrológicos han variado, según la temporada climática que prevalezca.

## Introducción

La Hidrología es la ciencia geográfica que estudia la distribución, espacial y temporal, así como las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. Estudia la presencia, distribución, movimiento y propiedades del agua y sus relaciones con el ambiente, también nos auxilia a entender el paso del agua por el ciclo hidrológico, por lo tanto, la investigación hidrológica es importante para el desarrollo, gestión y control de los recursos de agua. Sus aplicaciones son muchas, incluyendo el desarrollo de sistemas de irrigación, control de inundaciones y erosión de suelos, eliminación y tratamiento de aguas usadas, disminución de la contaminación, uso recreacional del agua, la conservación de los peces y vida silvestre, la generación eléctrica, y el diseño de estructuras hidráulicas (Marcano, 2006).

Uno de los ecosistemas en donde podemos catalogar y aplicar la Hidrología, es el medio ambiente lagunar estuarino que es un ecotono costero, conectado con el mar de manera permanente o efímera. Estos ecosistemas son cuerpos de agua someros, semicerrados de volúmenes variables, fondos predominantemente fangosos, con alta turbidez y características irregulares. Es un ecosistema con características de estabilidad ecológica en un ambiente físicamente variable, pero frágil a los cambios inducidos por el hombre, son idóneos para la reproducción y crianza de diferente fauna como moluscos, peces y crustáceos. En el mundo alrededor del 15% de las costas están constituidas por este tipo de ambientes, México tiene entre un 30 y 35 por ciento de sus costas en estuarios o lagunas costeras (Yáñez-Arancibia, 1986).

En términos generales, en una laguna costera coinciden dos masas de agua. Una proveniente de los escurrimientos dulceacuícolas y la otra de origen marino por medio de la marea. La distribución espacial y temporal de esta mezcla está sujeta a los cambios estacionales (lluvias y secas), al tamaño de su comunicación con el océano, a su profundidad, a las corrientes interiores, al grado de intensidad de calor solar y a los vientos (Botello, 1978 citado por Contreras, 1993, De La Lanza & Cáceres, 1994). De acuerdo a la salinidad se clasifican como: lagunas oligohalinas (0-5 ‰), mesohalinas (5-18 ‰), polihalinas (18-30 ‰) euhalinas (30-40 ‰) e hiperhalinas (más de 40 ‰) (De La Lanza & Cáceres, 1994). Los fenómenos hidrológicos son los responsables de regular los flujos energéticos del sistema, cuyo resultado es la obtención de las mareas, las corrientes, el viento y las descargas de agua dulce proveniente de los ríos son factores que afectan directamente el flujo de energía en el sistema. Estos movimientos de agua y su mezcla generan condiciones heterogéneas que son asociadas a procesos de transferencia de alta energía por estas características propician una elevada productividad primaria (Contreras, 1993, De La Lanza, 1993).

Las lagunas costeras por sus características propias, representan algunos de los recursos de mayor potencial productivo del país (Contreras & Zabalgegui, 1988, citado por Contreras, 1993), por lo que es necesario el estudio sistemático de los ambientes estuarino lagunares por los recursos biológicos que presentan, los cuales están íntimamente relacionados con la distribución de los parámetros hidrológicos.



## Antecedentes

Las lagunas costeras son sistemas tan particulares gracias a sus características hidrológicas, y en México se han realizado los siguientes trabajos en relación a la hidrología de estas:

Botello *et al.* (1992), realizaron una caracterización de las condiciones hidrológicas y de la biomasa del fitoplancton durante otoño en un sistema lagunar de la región central del golfo de California, Gallegos & Zavala (1994), estudiaron los aspectos hidrológicos del paso de los vientos, Raz-Guzman & De La Lanza (1993), hicieron una caracterización isotópica de la laguna de Términos, Campeche: sedimentos, vegetación y crustáceos.

En Veracruz se han publicado recientemente los siguientes trabajos:

Bulit *et al.* (1992), realizaron una caracterización ambiental de la laguna de Tampamachoco, Bulit *et al.* (1994), realizaron un estudio sobre los pigmentos y la productividad fitoplanctónica en la laguna de Tampamachoco, Matus *et al.* (1992), observaron la influencia de los factores climáticos sobre las variaciones espacio-temporales de algunos parámetros hidrológicos en la laguna de la Mancha y Arias (1998), realizó una caracterización hidrológica para la laguna Camaronera perteneciente a Alvarado, Ver.

Para la laguna de Sontecomapan se han hecho los siguientes estudios:

Con referencia al necton, pero que cubrieron los aspectos fisicoquímicos están: Jiménez (1984), hizo una contribución al conocimiento de la biología de los robalos de esta laguna, Abarca (1987), observó los aspectos morfológicos y relaciones ecológicas de las especies de la familia Gerreidae de la laguna de Sontecomapan, Clayen (1988), realizó un estudio sobre algunos parámetros

biológicos en el bagre de la laguna y Cadena *et al.* (2004), evaluaron la diversidad, abundancia y distribución de la ictiofauna de la laguna.

En estudios acerca del plancton y su relación con los parámetros fisicoquímicos podemos encontrar los siguientes: Martínez (1987), realizó un estudio de la distribución y abundancia estacional del ictioplancton, Suchil (1990), determinó la variación estacional de fitoplancton y Zamora (2002), realizó estudios de los hábitos alimentarios en larvas y juveniles de peces durante las temporadas climáticas de 1996-1997. En estudios relacionados con el bentos se tiene el de Winfield (1987), que investigó los crustáceos del orden Tanaidacea.

Los estudios hidrológicos específicos de esta zona son escasos, pero se puede citar el de Castro (1986), que analizó el comportamiento estacional de nitratos, fosfatos y amonio en la laguna, Morán (1994), hizo una caracterización hidrológica y espacio-temporal con base en los nutrientes y clorofila a de la laguna y Castellanos (2002), quién realizó una caracterización hidrológica.

## 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  $18^{\circ} 34''$  N y los meridianos  $94^{\circ} 59'$  y  $95^{\circ} 02' 13''$  W (SPP, 1981, 1982) (Figura 1).



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

Se encuentra dentro de la cuenca hidrológica denominada los Tuxtlas, la cual se incluye en el listado de regiones hidrológicas prioritarias, establecido por la CONABIO (Arriaga *et al.*, 2002).

Tiene alrededor de 12 Km de longitud por 1.5 Km de anchura promedio, su única conexión con el mar se establece a través de un canal profundo, de aproximadamente 5.5 m, denominado Barra de Sontecomapan, el resto de la

laguna es somera 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 *et al.* (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 Köeppen y modificada por García (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; 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 promedio de la temperatura máxima es 27.3 °C y el promedio de la temperatura mínima es 21.5 °C, con una precipitación anual de más de 4500 mm. Aun cuando llueve todo el año, hay una época de “lluvias” que va de Junio a Febrero y una época de “secas” de Marzo a Mayo. El mes más seco generalmente es el de Mayo y los meses más lluviosos por lo común son los de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre. Existen variaciones de año en año en la precipitación total anual (<http://www.ibiologia.unam.mx/tuxtlas/localizacion/generalidades/frame.htm>).

De Septiembre a Febrero el área es afectada por el desplazamiento de masas de aire frío y húmedo provenientes del norte. Los vientos húmedos resultantes de este fenómeno son conocidos localmente como “nortes”. Estos vientos aportan cerca del 15 % de la precipitación promedio anual y se desplazan a velocidades hasta 100 Km por hora, produciendo descensos graduales en la temperatura ambiental llegando hasta los 10 °C en algunos días de invierno (<http://www.ibiologia.unam.mx/tuxtlas/localizacion/generalidades/frame.htm>).

El cuerpo mayor de la laguna se rodea en su totalidad de una franja de manglares: *Rhizophora mangle* Linnaeus 1753, *Avicenia nitida* (Linnaeus) 1958 Stearn, *Laguncularia racemosa* Gaertner 1807 y *Conocarpus erectus* Linnaeus 1753 (De la Cruz & Franco, 1981). Siendo estas asociaciones vegetales anfibias, leñosas y perennifolias, caracterizadas por una biología de particulares condiciones ecológicas y que comparativamente con lo que sucede en otros sistemas lagunares del estado eran más abundantes según Menendez-Liguori (1976), pero que en la actualidad están fuertemente impactados (Castañeda & Contreras, 1994). Dentro de la vegetación

correspondiente a fondo de la orilla de la laguna, se encuentran: *Ruppia* *maritima* Linnaeus 1753 y *Tifal* sp. (Reséndez, 1983).

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

- Analizar la dinámica hidrológica del sistema lagunar de Sontecomapan, Veracruz durante la temporada de secas y lluvias 2005 y secas 2006

### ***Objetivos Particulares***

- Determinar las condiciones meteorológicas: Clima, tipo y cantidad de nubes, visibilidad, dirección del viento, dirección de la corriente superficial y temperatura ambiental durante las temporadas de muestreo.
- Determinar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos de la laguna: Profundidad, transparencia, temperatura, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto, pH, el tipo y textura del sedimento y el carbono orgánico total.
- Elaborar y describir los mapas hidrológicos del sistema lagunar durante las temporadas muestreadas, a manera de catálogo para cada parámetro tomado.
- Determinar el comportamiento de la comunidad zooplanctónica durante las temporadas de muestreo.
- Elaborar y describir los mapas de distribución de la comunidad zooplanctónica durante las temporadas de muestreo.



## Material y Métodos

Se realizaron 3 muestreos: uno correspondiente a la temporada de secas del año 2005 (marzo), uno a la de lluvias del año 2005 (septiembre) y el último en la temporada de secas del año 2006 (marzo) cubriendo un total de 20 estaciones en cada muestreo a lo largo del sistema (Figura 2), ubicadas mediante un muestro estratificado dirigido.

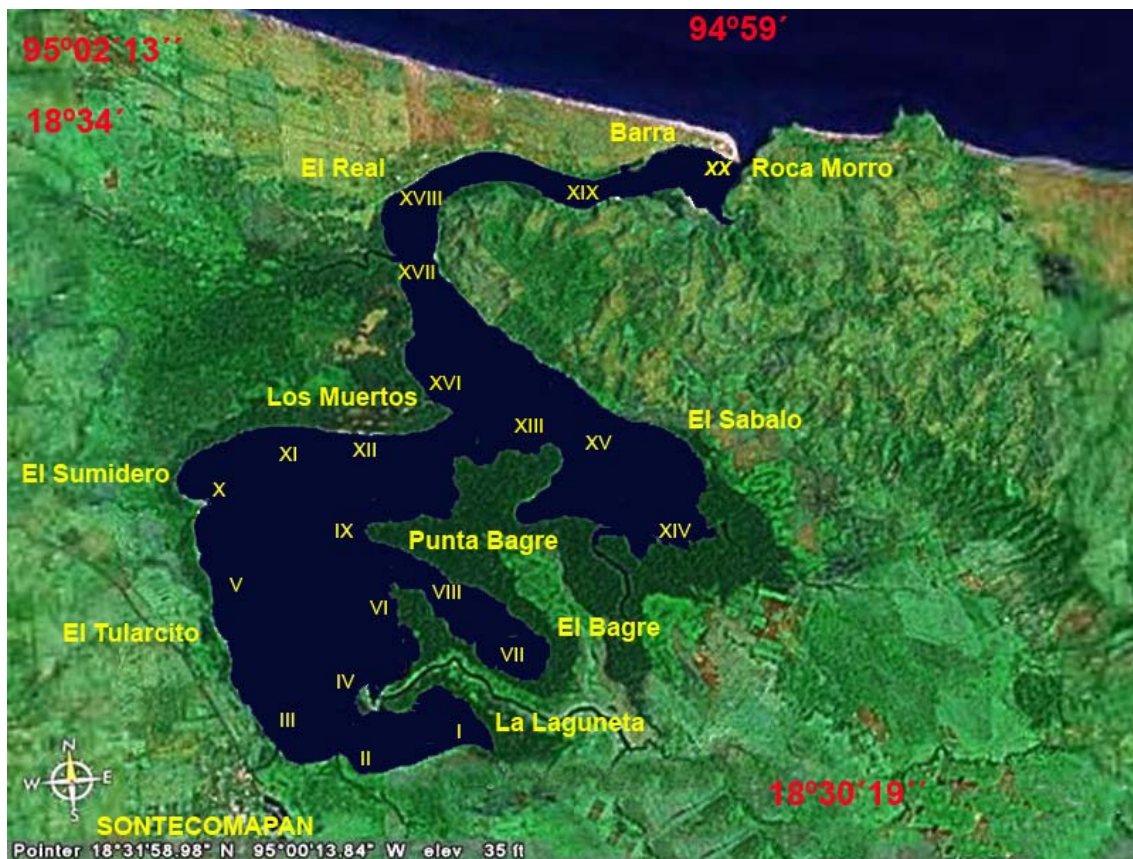


Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo.

En cada una de las estaciones se registraron las condiciones meteorológicas utilizando los criterios de Chávez (1980). Así como también la temperatura ambiental utilizando un termómetro de máximos y mínimos Taylor.

Los parámetros fisicoquímicos del agua se registraron de la siguiente manera: La temperatura con un termómetro de cubeta; la salinidad y conductividad con



un salinómetro-conductímetro YSI Modelo 30, el oxígeno disuelto con un oxímetro Oakton Waterproof Serie D03001; la transparencia con un disco de Secchi y la profundidad con una ecosonda portátil Deptmate Modelo 5 m-5. La dirección de la corriente y el viento con una veleta, el pH se con un potenciómetro marca Oakton waterproof Ph Tester 2KIT Modelo WD-35624-74. Se obtuvieron muestras de sedimento con una draga van Ven de capacidad de 2.5 L, de la cual se tomó una muestra y se etiquetó en bolsas de plástico. Se realizó un análisis de textura por medio de la técnica de Wentworth (1922). Se obtuvo el porcentaje de carbono orgánico total de las muestras de sedimento utilizando la técnica de oxidación crómica.

Para la colecta de zooplancton se realizó un arrastre horizontal durante 5 minutos utilizando una red cónica de 250 micras, con un diámetro de 30 cm. registrando la distancia (m), tiempo (min) y velocidad (Km/h), posteriormente se fijaron las muestras con formol al 10% en un frasco de plástico etiquetado. Los grupos taxonómicos fueron identificados con las claves de Boltovskoy (1981), Campos & Suárez (1994), Rocha *et al.* (1996) y Smith (2001), y se agruparon de la siguiente manera: *Copepoda*, *Cladocera*, *Malacostraca*, *Rotifera*, *Polichaeta*, *Mollusca*, *Ostracoda*, huevos de pez, huevos de *Crustacea*, larvas de *Crustacea* y larvas de Pez. Los datos se estandarizaron a ind/100 L.

Todos los datos obtenidos se anotaron en una bitácora de campo para ser vaciados en una hoja de cálculo electrónica (Microsoft Office Excel 2003) en el laboratorio para su posterior procesamiento. Se digitalizaron mapas de la laguna para poder relacionar los datos hidrológicos obtenidos y su distribución, utilizando el programa Surfer Ver. 8.0, que es uno de los programas más utilizados para facilitar la interpretación del comportamiento hidrológico y de las

condiciones ambientales. Este programa también se utilizó para establecer la distribución de los grupos zooplanctónicos y para determinar el parámetro que determinó principalmente esta distribución, se superpusieron los mapas de cada uno de los parámetros fisicoquímicos con los de los grupos zooplanctónicos. Para analizar la comunidad zooplanctónica se utilizó el programa ANACOM (De la Cruz, 1994), y con el cual se calcularon abundancia, densidad y densidad relativa, frecuencia y frecuencia relativa, el valor de importancia ecológica y diversidad mediante el índice de Shannon-Weiner, a continuación se muestra los índices utilizados.

### **Densidad y Densidad Relativa**

$$Di = \frac{ni}{A}$$

$Di$  = Densidad de la especie  $i$

$ni$  = Número de individuos de la especie  $i$

$A$  = Unidad de área o volumen

$$RDi = \frac{ni}{\sum n} \times 100$$

$RDi$  = Densidad Relativa de la especie  $i$

$ni$  = Número de individuos de la especie  $i$

$n$  = Número total de individuos de todas las especies

### **Frecuencia y Frecuencia Relativa**

$$Fi = \frac{Ji}{K}$$

$Fi$  = Frecuencia de la especie  $i$

$J_i$  = Número de muestras donde aparece la especie  $i$

$K$  = Número total de muestreos

$$RF_i = \frac{f_i}{\sum f} \times 100$$

$RF_i$  = Frecuencia relativa de la especie  $i$

$f_i$  = Frecuencia de la especie  $i$

$f$  = Número total de todas las frecuencias

### **Valor de Importancia Ecológica**

$$VI_i = RD_i + RF_i$$

$VI_i$  = Valor de importancia de la especie  $i$

$RD_i$  = Densidad relativa de la especie  $i$

$Rf_i$  = Frecuencia relativa de la especie  $i$

### **Índice de Diversidad de Shannon-Weiner**

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \log p_i \quad p_i = n_i/N$$

$H$  = Índice de diversidad

$p_i$  = Proporción del número de individuos de la especie  $i$  respecto al número total ( $n_i/N$ )

$n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$

$N$  = Número total de individuos

## **Resultados**

### ***Características Generales***

#### ***Condiciones Meteorológicas***

El promedio global durante los muestreos, caracterizó al sistema, sin precipitación, excepto para el muestreo de secas 2006, durante el cual se observó una ligera llovizna en varias estaciones. La cantidad y tipo de nubes fue variante para todos los muestreos. La temperatura ambiente promedio fue de 28.35 °C con un máximo de 37 °C y un mínimo de 17 °C. La visibilidad promedio fue de 53.05 Km. Con un máximo de 63.87 Km y un mínimo de 1 Km. La velocidad del viento varió entre todos los muestreos teniendo un promedio de 17.22 Km/h con un máximo de 55.5 Km/h y un mínimo de 0 Km/h, y una dirección predominante proveniente del noroeste, por lo que la dirección de las corrientes del agua fue predominantemente al sureste.

## ***Parámetros Fisicoquímicos***

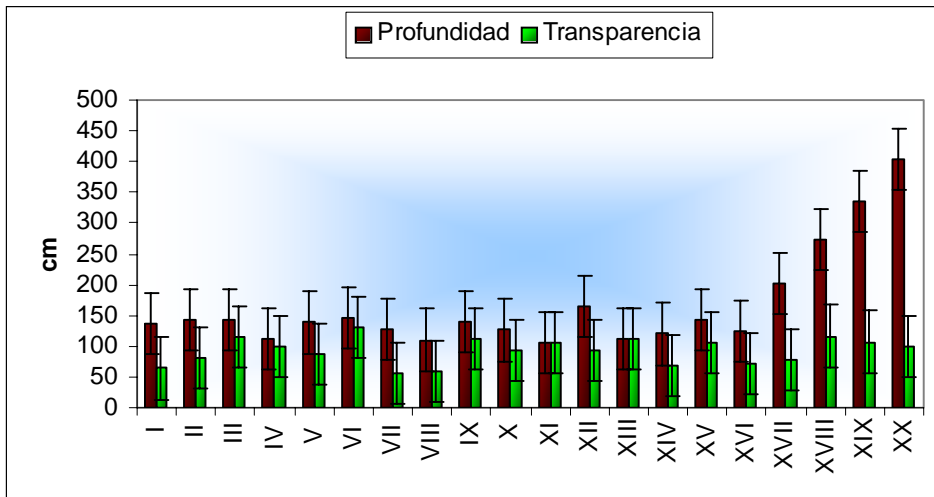
De manera general, la laguna se caracterizó por presentar una profundidad promedio de 166.57 cm con un máximo de 650 cm y un mínimo de 80 cm, la transparencia del agua tuvo un promedio de 92.38 cm con un máximo de 182 cm y un mínimo de 14.50 cm. La temperatura promedio del agua fue de 26.52 °C con un máximo de 31.0 °C y un mínimo de 20.90 ° C. La salinidad promedio fue de 9.09 ‰ lo que caracteriza al sistema como mesohalino (De La Lanza & Cáceres, 1994), con un máximo de 28.00 ‰ y un mínimo de 1.70 ‰. La conductividad promedio fue de 13.87 mS con un máximo de 32.55 mS y un mínimo de 2.50 mS. La concentración de oxígeno disuelto registró un promedio de 9.35 mg/L con un máximo de 12.11 mg/L y un mínimo de 4.70 mg/L lo que ubica a la laguna como bien oxigenada de acuerdo a los criterios utilizados por De La Lanza & Cáceres (1994). El pH registró un promedio de 7.35 lo que nos dice que la laguna de manera general tiene un pH neutro presentando un máximo de 8 y un mínimo de 6.20. De manera global los sedimentos presentaron un promedio de 3.37 % de grava con un máximo de 27.10 % y un mínimo de 0.0 %, un promedio de 63.41 % de arena con un máximo de 100 % y un mínimo de 22.70 %; y un promedio de 33.0 % de lodos con un máximo de 89.0 % y un mínimo de 0.0 %; lo que determinó una textura global de tipo arena lodosa con huellas de grava. El carbono orgánico total registró un promedio de 1.72 % con un máximo de 3.02 % y un mínimo de 0.0% (Tabla 1).

Tabla 1 Promedios, máximos y mínimos globales de los parámetros fisicoquímicos de la laguna de Sontecomapan Veracruz.

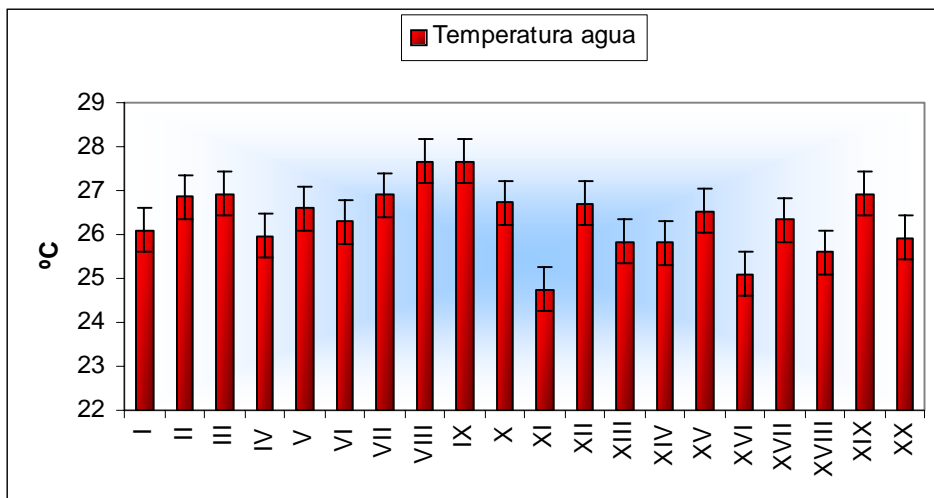
<b>Parámetro</b>	<b>Promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
Profundidad (cm.)	166.57	80.00	650.00
Transparencia (cm.)	92.38	14.50	182.00
Temperatura (°C)	26.52	20.90	31.00
Salinidad (‰)	9.09	1.70	28.00
Conductividad (mS)	13.87	2.50	32.55
Oxígeno mg/L	9.35	4.70	12.11
pH	7.35	6.20	8.00
% Grava	3.37	0.00	27.10
% Arena	63.41	22.70	100.00
% Lodo	33.00	0.00	89.00
% Carbono orgánico	1.72	0.00	3.02

Los promedios globales por estación, determinaron que los valores más altos de profundidad, se registraron cercanos a la boca de comunicación con el mar en las estaciones XIX y XX, la menor profundidad se encontró en el área interior de la laguna en las estaciones I y II. La transparencia presentó su valor más alto en la estación XIII y el más bajo en la estación I (Figura 3a). La temperatura del agua presentó el valor más alto en las estaciones VIII y IX que son áreas cercanas a Punta Bagre, y el valor mas bajo en la estación XI cercana al área de Los Muertos (Figura 3b). La salinidad se presentó en un gradiente, teniendo el valor más alto en la estación XX y el menor el la estación I, de manera general ésta disminuyó en las cercanías de afluentes dulceacuícolas (Figura 3c). La conductividad al igual que la salinidad mostró un gradiente teniendo su valor más alto en la estación XX y el más bajo en la I (Figura 4a). La concentración de oxígeno disuelto fue uniforme, presentándose las mayores concentraciones en el área de El Bagre y El Sumidero (Figura 4b). El pH se registró de manera homogénea en la laguna, teniendo valores ligeramente más altos en el área de la boca de comunicación con el mar (Figura 4c). Los porcentajes de grava fueron bajos para toda la laguna,

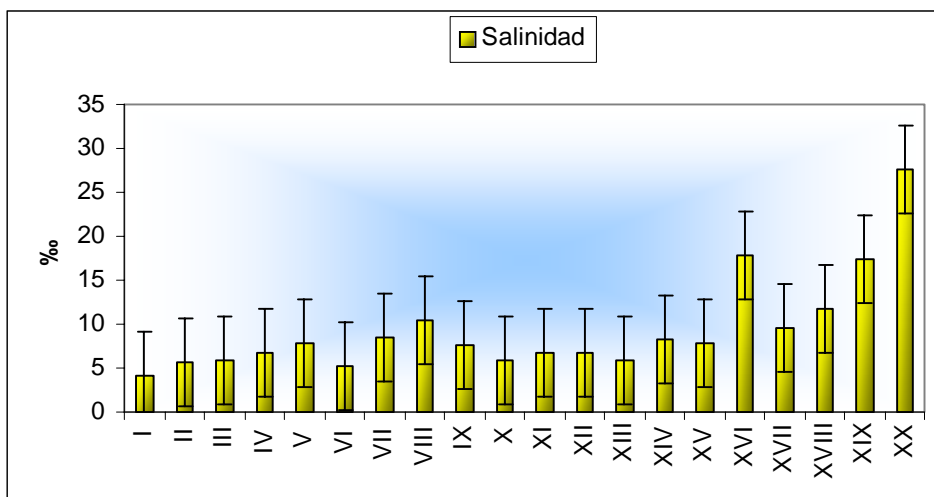
alcanzando la mayor cantidad en las estaciones X, XI y XII cercanas a las regiones de El Sumidero y Los Muertos. Alcanzando sus valores más bajos en las estaciones XVI, XVII, XVIII, XIX y XX. Los porcentajes de arena fueron mayores de la estación XVI en adelante y los más bajos en las primeras estaciones, Los porcentajes de lodos fueron altos para la mitad de la laguna exceptuando las estaciones XI, XII, XII, XVI, XVII, XVII, XIX y XX, donde fueron muy bajos (Figura 5a). El carbono orgánico total se distribuyó de manera similar en toda la laguna, exceptuando las estaciones cercanas a la boca de comunicación con el mar (Figura 5b).



A)



B)

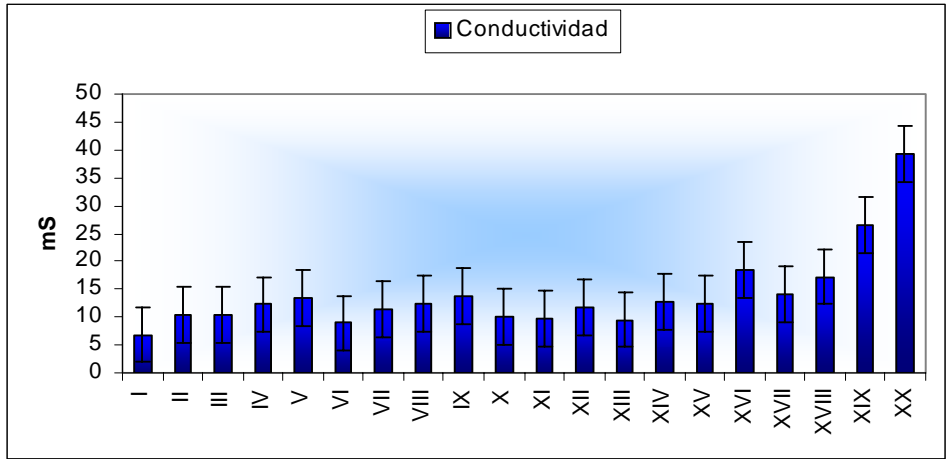


C)

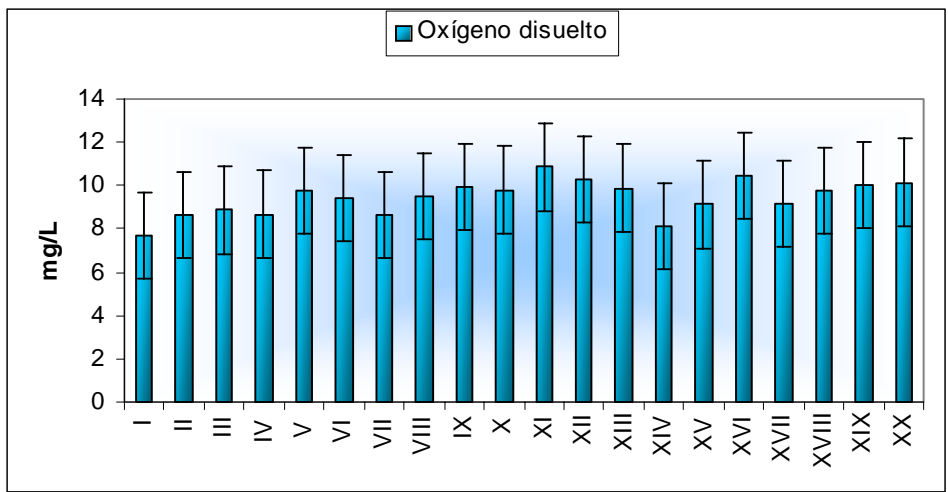


Figura 3. Promedios por estación de muestreo ( $\pm$  d.s.) de: A) Profundidad y Transparencia B) Temperatura del agua y C) Salinidad, para la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

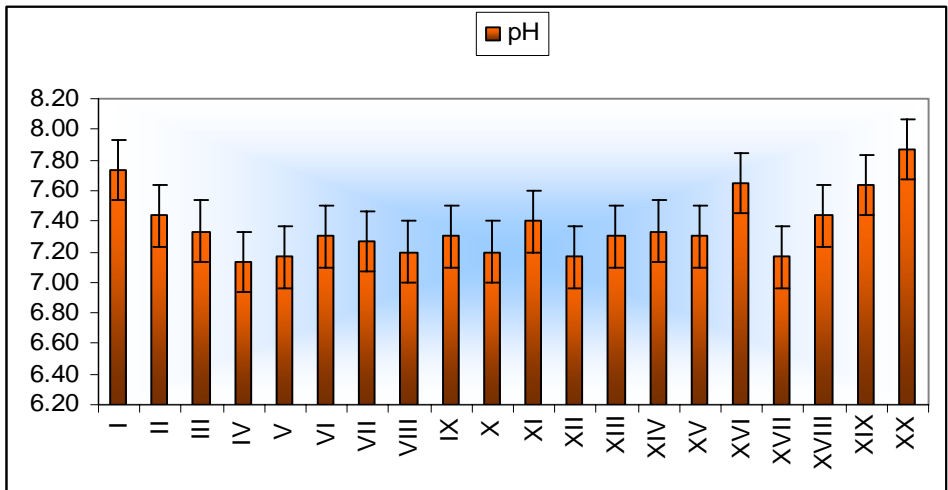




A)



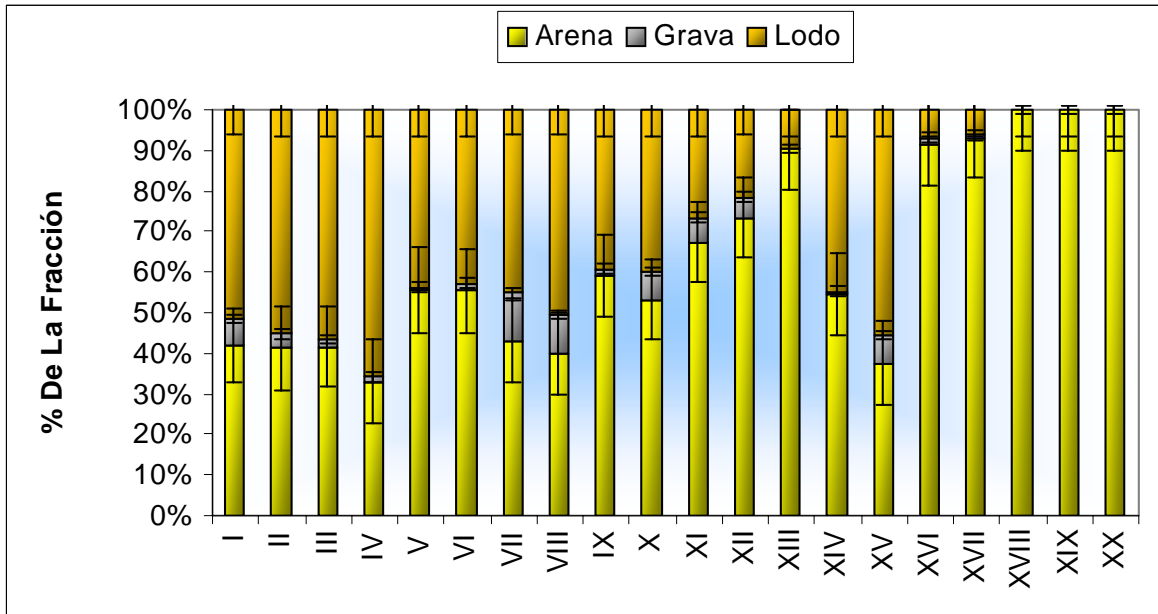
B)



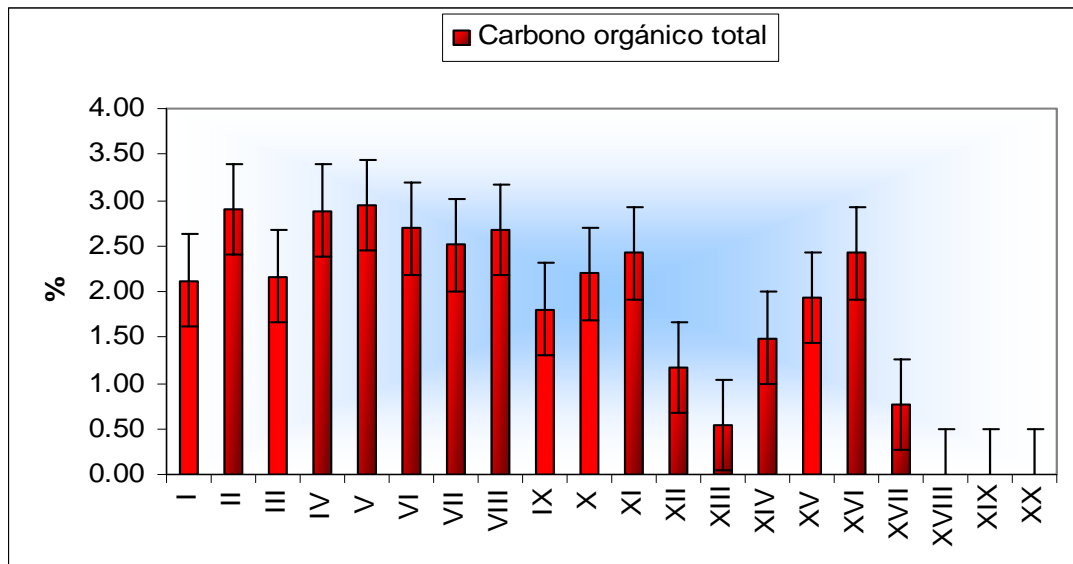
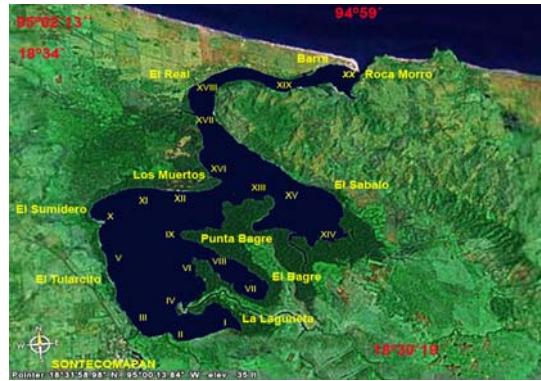
C)



Figura 4. Promedios por estación de muestreo ( $\pm$  d.s.) de: A) Conductividad B) Oxígeno disuelto y C) pH. Para la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.



A)



B)

Figura 5. Promedios por estación de muestreo ( $\pm$  d.s.) de: A) Sedimentos y B) Carbono orgánico total. Para la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

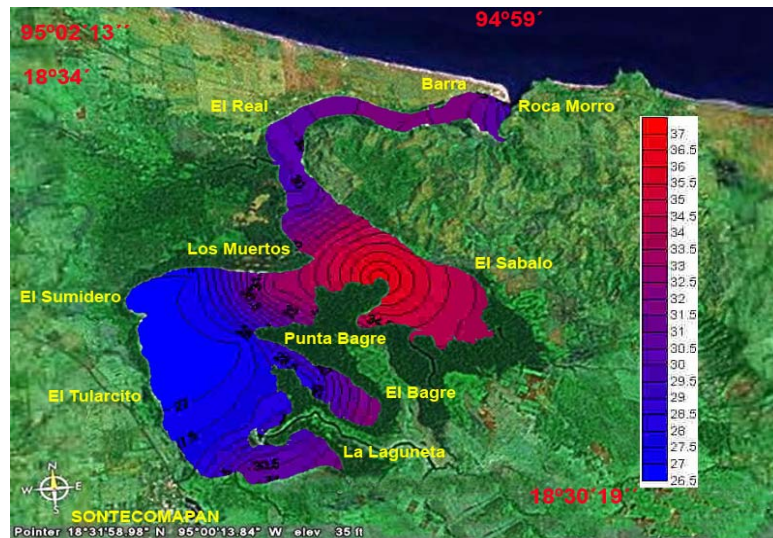
## ***Características Por Temporada Climática***

### ***Condiciones Meteorológicas***

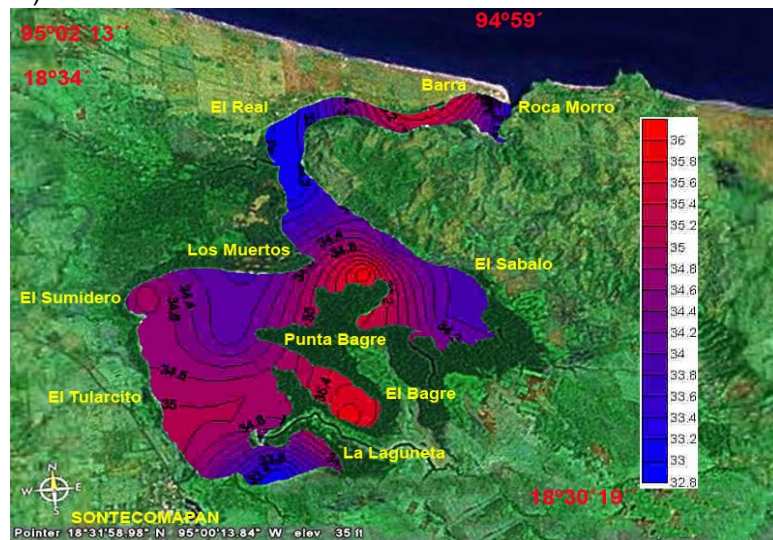
Para la temporada de secas 2005, el clima fue cálido con una temperatura ambiente promedio de 30.4 °C con un máximo de 37 °C y un mínimo de 27 °C, teniendo los valores más altos en El Sabalo, los medios en la barra y en las partes interiores de El Sabalo, El Bagre y La Laguneta y los más bajos en la parte interna de la laguna (Figura 6a). Sin precipitación pluvial en el momento del muestreo, con una cantidad media de nubes predominantemente de tipo altostratus; con una visibilidad promedio de 60.73 Km, máximo de 63.87 Km, y mínimo de 1 Km, el viento registró una velocidad promedio de 9.06 Km/h, con un máximo de 14.8 Km/h y un mínimo de 0 Km/h (Figura 7a), viniendo predominantemente del noreste (Figura 8a). La corriente del agua se observó con una dirección predominante al suroeste (Figura 9a).

Para la temporada de lluvias 2005, el clima fue cálido con una temperatura ambiente promedio de 34.44 °C con un máximo de 36 °C y un mínimo de 33 °C teniendo los valores más altos en la región de la Barra, Punta Bagre y El Bagre, los valores medios en la zona cercana a El Sumidero y El Tularcito, y los más bajos en Los Muertos, La Laguneta y El Real (Figura 6b). Sin precipitación pluvial en el momento del muestreo, no fueron encontradas nubes en ninguna estación, con una visibilidad promedio de 34.56 Km, con un máximo de 63.87 Km, y un mínimo de 1 Km, el viento registró una velocidad promedio de 39.67 Km/h, con un máximo de 5.55 Km/h y un mínimo de 0 Km/h (Figura 7b), viniendo predominantemente al sureste (Figura 8b). La corriente del agua presentó una dirección predominante al oeste (Figura 9b).

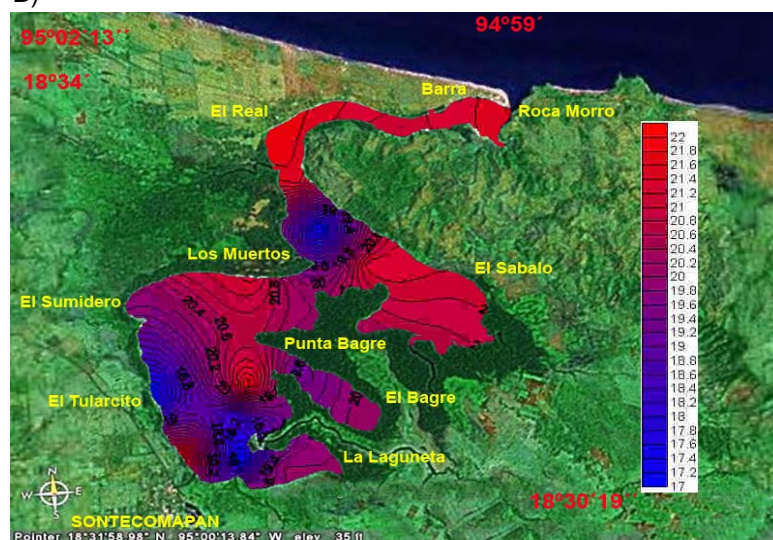
Para la temporada de secas 2006, el clima fue templado con una temperatura ambiente promedio de 20.22 °C con un máximo de 22 °C y un mínimo de 17 °C, teniendo los valores más altos en El Sabalo, Los Muertos y el canal de comunicación con el mar, los valores medios se registraron en El Bagre y La Laguneta, y los más bajos en las regiones de El Tularcito y el principio del canal de comunicación con el mar (Figura 6c). Con llovizna en el momento del muestreo, con una cantidad alta de nubes predominantemente de tipo cumulus; con una visibilidad promedio de 34.56 Km, con un máximo de 63.87 Km y un mínimo de 1 Km, el viento presentó una velocidad promedio de 2.92 Km/h, con un máximo de 8.63 Km/h y un mínimo de 0 Km/h (Figura 7c), viniendo predominantemente del norte (Figura 8c). La corriente del agua se registró con una dirección predominante al sur (Figura 9c).



A)



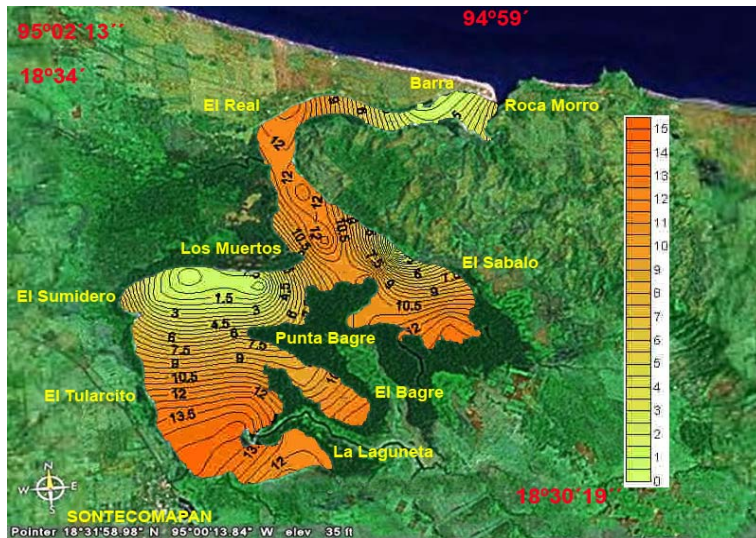
B)



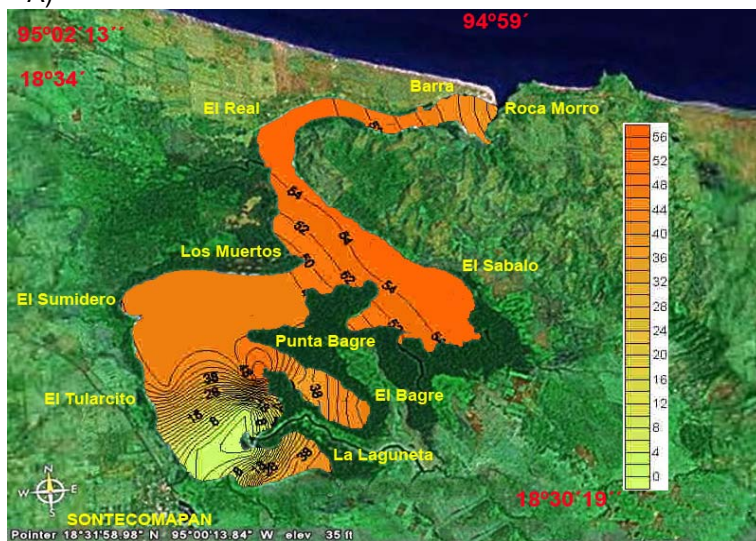
C)

Figura 6. Isolíneas de temperatura ambiente (°C) en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.

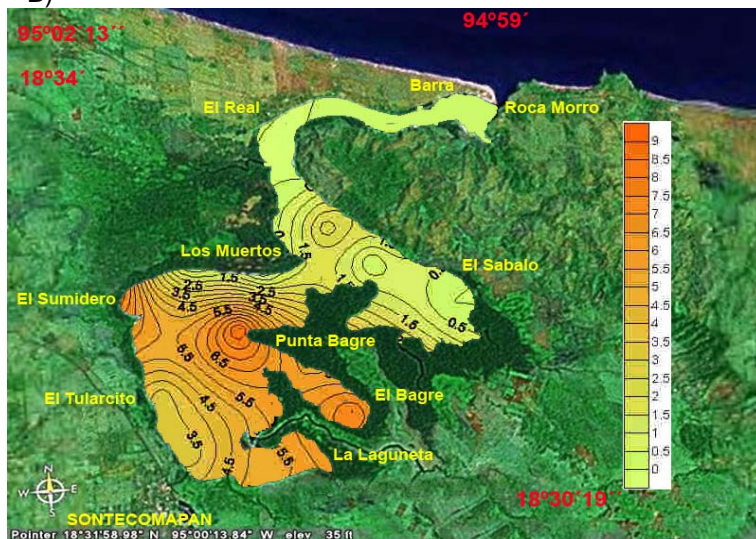




A)



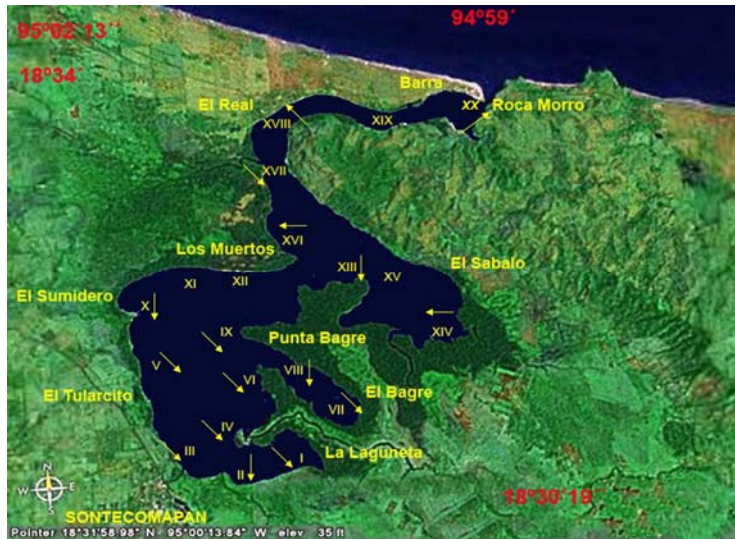
B)



C)

Figura 7. Isolinias de velocidad del viento (Km/h) en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.

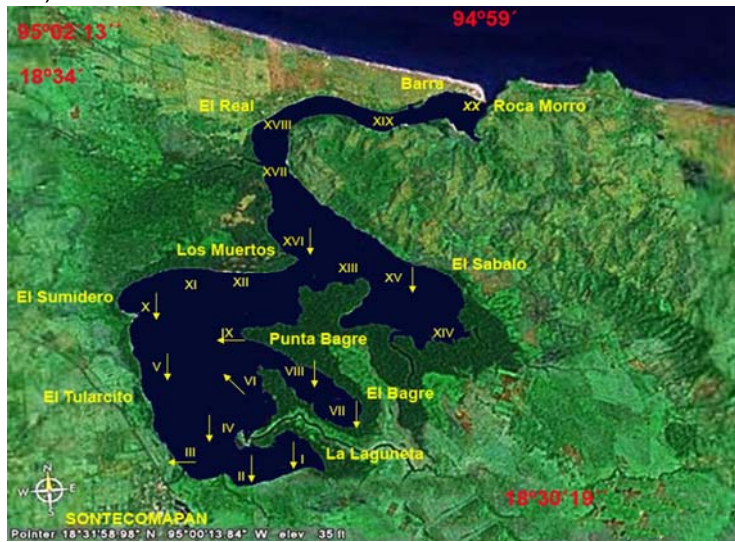




A)



B)



C)

Figura 8. Dirección del viento en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.



A)



B)



C)

Figura 9. Dirección de la corriente del agua en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.



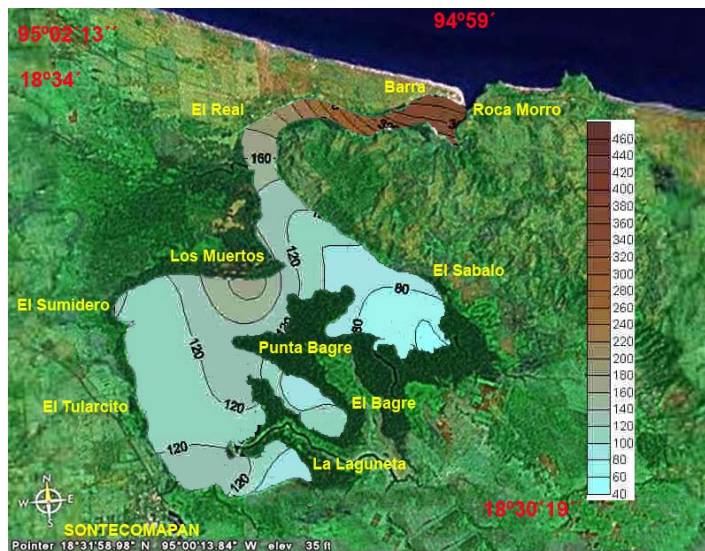
## ***Parámetros Fisicoquímicos***

### **Profundidad**

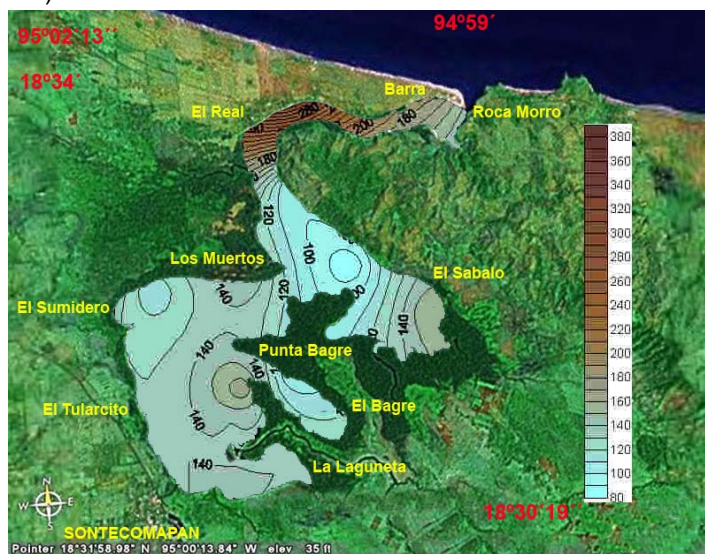
Durante la temporada de secas 2005, el promedio fue de 149 cm con un máximo de 440 cm y un mínimo de 60 cm. Las zonas de mayor profundidad se encontraron en la boca de comunicación con el Golfo de México, las de media profundidad se encontraron en el canal de comunicación hacia el mar y el resto de la laguna fue somera de manera general (Figura 10a).

Para la temporada de lluvias 2005, se registró un promedio de 147.11 cm con un máximo de 380 cm y un mínimo de 80 cm. La región mas profunda fue la del canal de comunicación con el Golfo de México, las regiones de profundidades medias se encontraron hacia la boca de comunicación con el mar y en el área de la Laguneta y el resto de la laguna fue somera (Figura 10b).

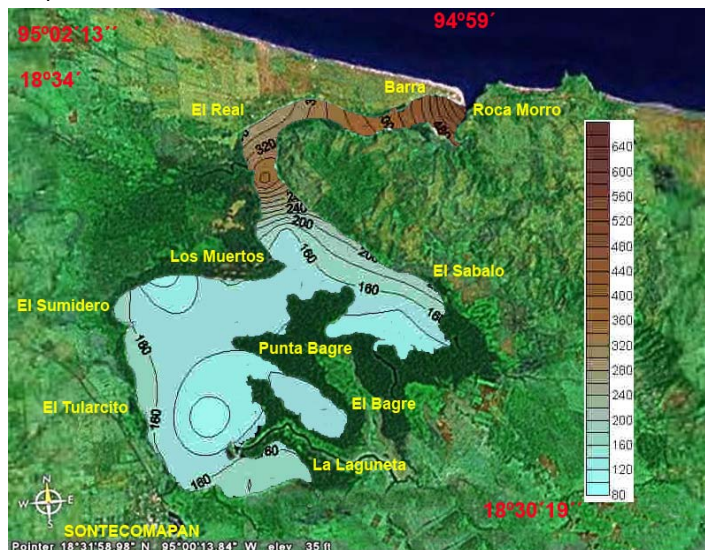
En la temporada de secas 2006, el promedio fue de 203.6 cm con un máximo de 650 cm y un mínimo de 80 cm. La región más profunda se registró en la boca de comunicación con el mar y otra pequeña área en el canal de comunicación con el mar, las regiones de profundidad media se encontraron en el canal de comunicación con el mar y las regiones someras se presentaron en el resto de la laguna (Figura 10c).



A)



B)



C)

Figura 10. Isóbatas (cm) en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.

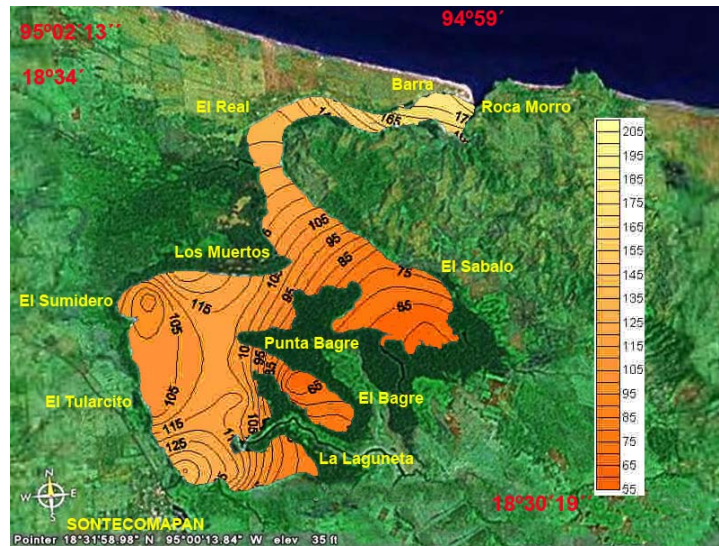
## **Transparencia**

Durante la temporada de secas 2005, se registró un promedio de 110.95 cm con un máximo de 200 cm y un mínimo de 60 cm. Las áreas donde se registró mayor transparencia, fue en la región de la boca de comunicación con el mar y la parte final del canal de comunicación con el mar, las regiones de transparencia media, fue en el canal de comunicación con el mar y en una pequeña región al sur del Tularcito, el resto de la laguna presentó valores bajos de transparencia (Figura 11a).

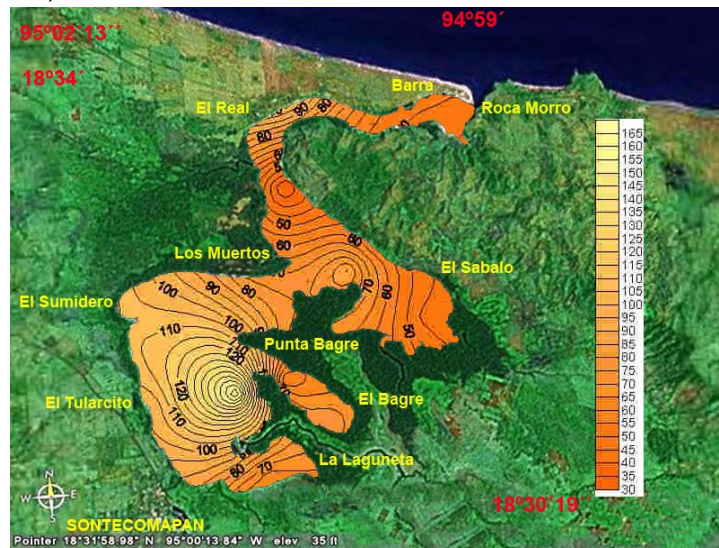
La temporada de lluvias 2005, presentó un promedio de 82.36 cm con un máximo de 167 cm y un mínimo de 29.5 cm. Las regiones de mayor transparencia se registraron cerca de la desembocadura de la Laguneta, las regiones de transparencia media se encontraron hacia el interior de la laguna, las de menor transparencia se registraron en el canal de comunicación con el mar (Figura 11b).

En la temporada de secas 2006, se registró un promedio de 83.83 cm con un máximo de 182 cm y un mínimo de 14.5 cm. La región de mayor transparencia se registró hacia el Sabalo, las regiones de transparencia media se presentaron en la región central de la laguna y las regiones de baja transparencia en el canal de comunicación con el mar y en el interior de la laguna (Figura 11c).

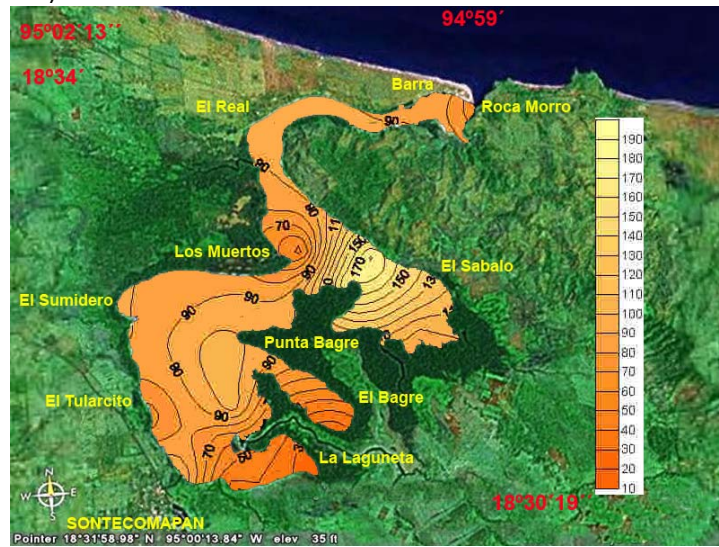




A)



B)



C)

Figura 11. Isolíneas de transparencia (cm) en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.

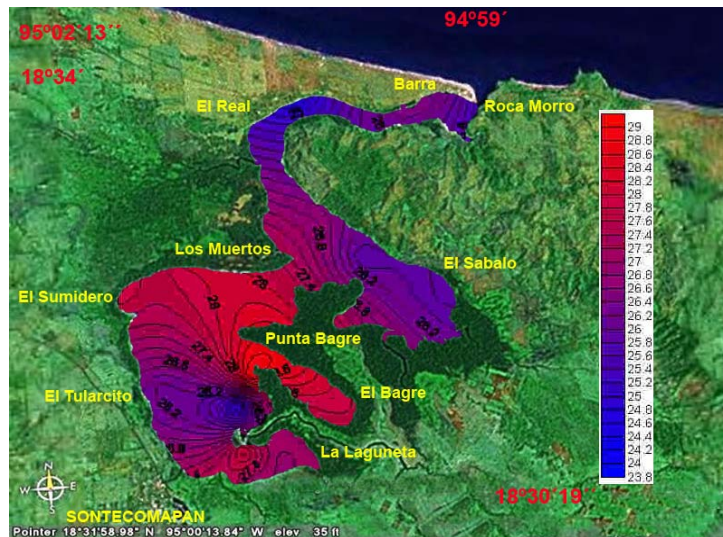
## **Temperatura**

Para la temporada de secas 2005, el promedio fue de 26.79 °C, con un máximo de 29 °C y un mínimo de 24 °C, la zona de máxima temperatura se registró en las regiones centrales de la laguna, las de media temperatura cercanas al área del Tularcito, el Sabalo y en la parte media de la Barra y las regiones de mínimas temperaturas en la desembocadura de la Laguneta, el Real y la desembocadura al mar (Figura 12a).

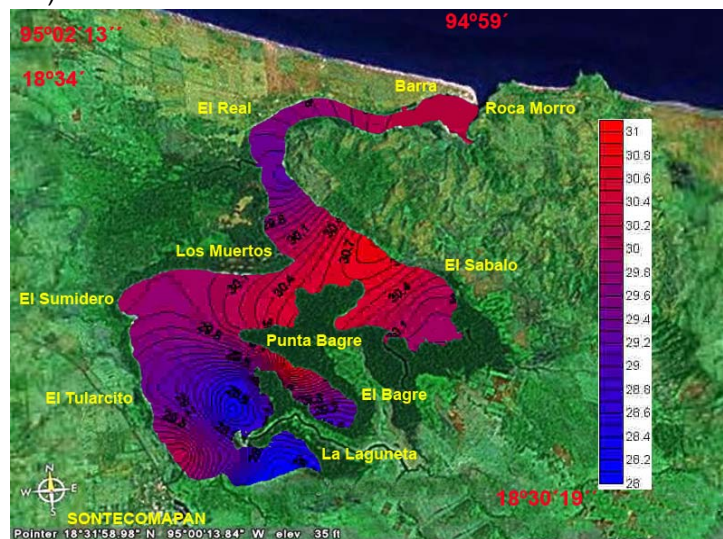
En la temporada de lluvias 2005, el promedio fue de 29.72 °C con un máximo de 31 °C y un mínimo de 28.1 °C, las regiones de alta temperatura se encontraron cercanas a el Sabalo, las de temperatura media por casi toda la laguna y las de baja temperatura, en la desembocadura de la Laguneta (Figura 12b).

La temporada de secas 2006, registró un promedio de 23.07 °C con un máximo de 25.2 °C y un mínimo de 20.90 °C, las regiones de temperatura más altas se encontraron en zonas aisladas en la región central de la laguna, las de media en el Bagre, la Laguneta y el canal de comunicación con el mar y las de baja en la región de el Sabalo (Figura 12c).

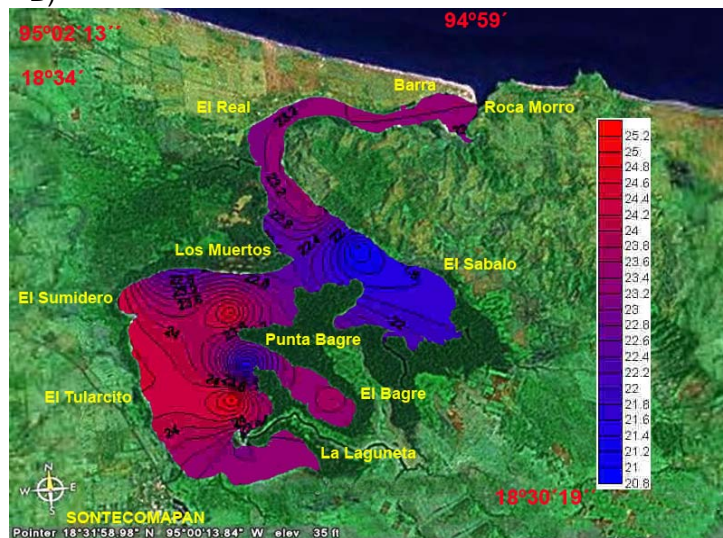




A)



B)



C)

Figura 12. Isotermas ( $^{\circ}\text{C}$ ) en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.

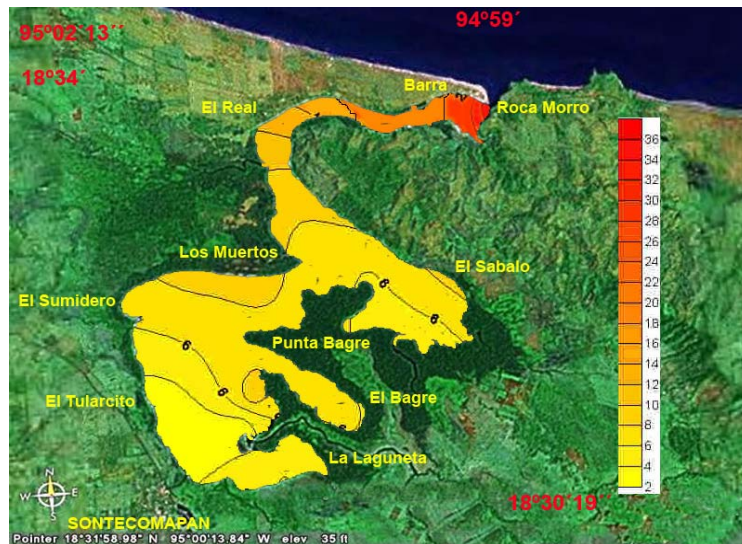
## **Salinidad**

Para la temporada de secas 2005, se presentó un promedio de 8.8 ‰ con un máximo de 11.21 ‰ y un mínimo de 7.62 ‰, lo que ubica al sistema como mesohalino (De La Lanza & Cáceres, 1994). Las regiones de mayor salinidad se ubicaron en la región de la boca de comunicación con el mar, las de media concentración en el canal de comunicación con el mar y las de baja, en todo el resto de la laguna (Figura 13a).

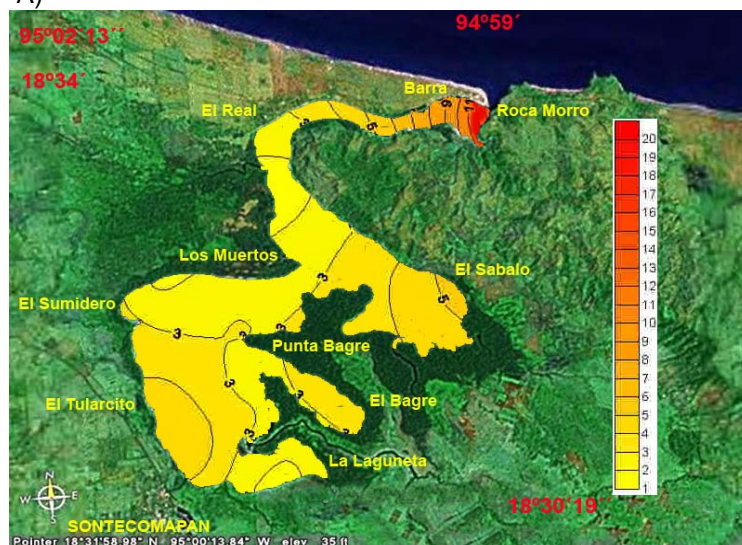
La temporada de lluvias 2005, presentó un promedio de 4.3 ‰ con un máximo de 19.6 ‰ y un mínimo de 1.7 ‰ lo que caracterizó al sistema como oligohalino (De La Lanza & Cáceres, 1994). La mayor concentración se registró en la boca de comunicación con el mar, las regiones de concentraciones medias en el canal de comunicación con el mar y el resto de la laguna presentó salinidad baja (Figura 13b).

La temporada de secas 2006, registró un promedio de 14.18 ‰ con un máximo de 28.00 ‰ y un mínimo de 4 ‰, caracterizando al sistema como mesohalino (De La Lanza & Cáceres, 1994). Las regiones de mayores concentraciones, se localizaron en la zona de comunicación con el mar y frente a los Muertos, las de media concentración en casi todo el sistema y las de baja, fueron áreas muy pequeñas, cerca de las regiones de influencia de los ríos (Figura 13c).

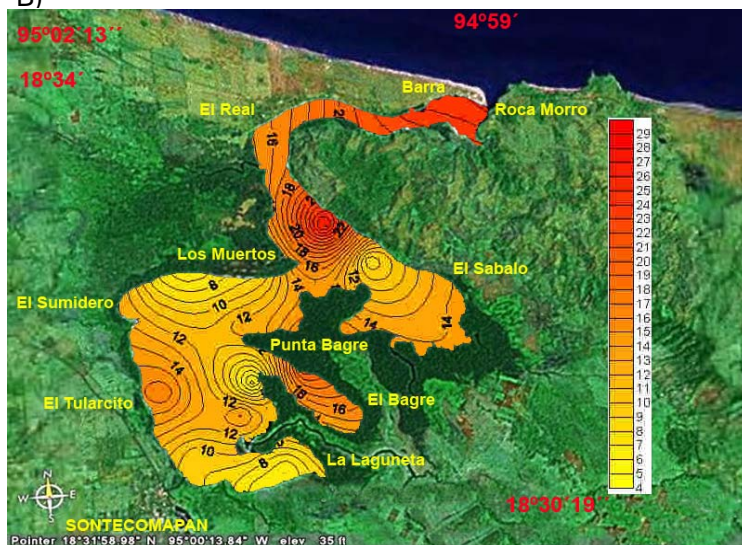




A)



B)



C)

Figura 13. Isohalinas (‰) en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.

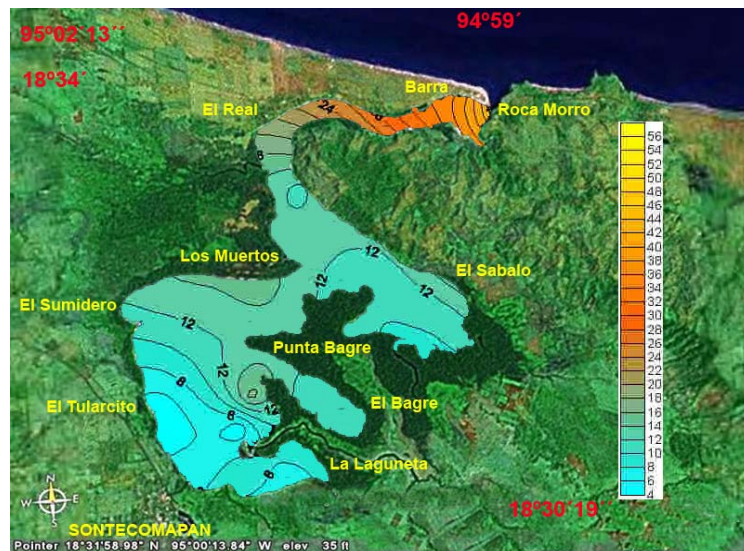


## **Conductividad**

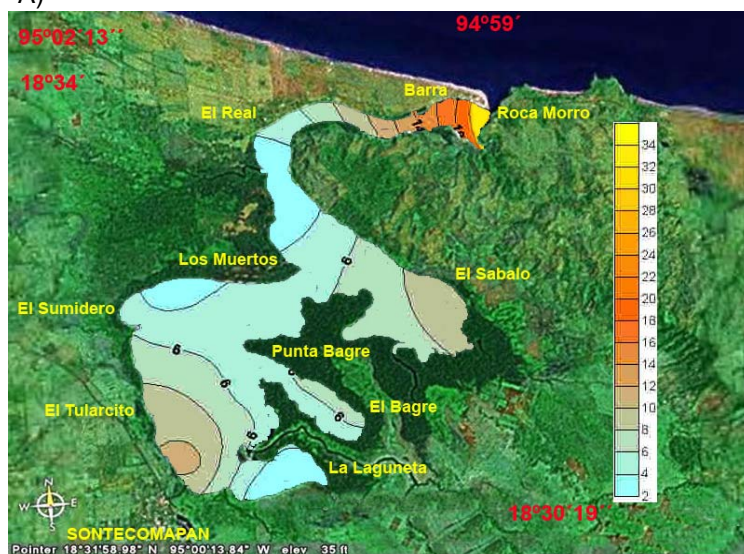
En la temporada de secas 2005, se registró un promedio de 14.9 mS con un máximo de 55.30 mS y un mínimo de 4.7 mS, las regiones de mayor conductividad se registraron en la boca de comunicación con el mar, las de media en el canal de comunicación y las de baja se localizaron en el resto de la laguna (Figura 14a).

Durante la temporada de lluvias 2005, la laguna presentó un promedio de 7.98 mS con un máximo de 32.55 mS y un mínimo de 2.50 mS, la mayor conductividad se encontró en la boca de comunicación con en mar, las regiones de concentraciones medias en el canal de comunicación con el mar, y algunas regiones cerca del Tularcito y el Sabalo, el resto de la laguna presentó una conductividad baja (Figura 14b).

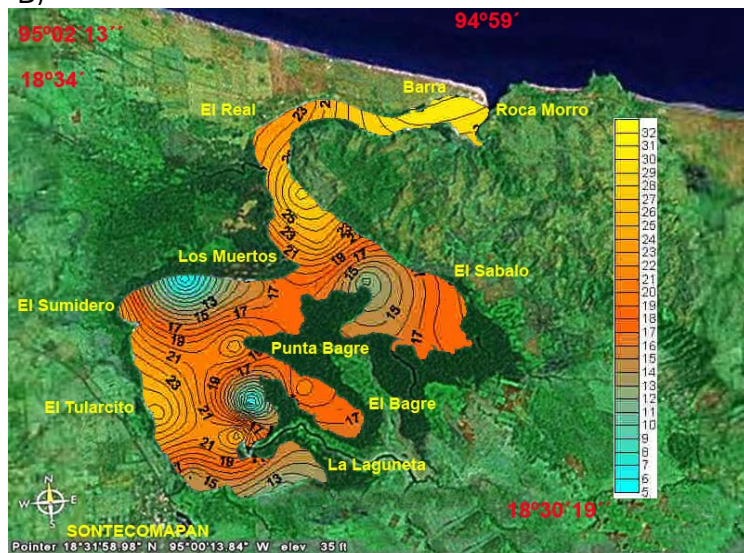
Para la temporada de secas 2006, el un promedio fue de 18.74 mS con un máximo de 31.58 mS y un mínimo de 4.90 mS, las regiones de altas conductividades se localizaron en la zona de comunicación con el mar y al frente de los Muertos, las de media conductividad a lo largo de casi todo el sistema y las de baja, fueron áreas muy pequeñas, encontrándose éstas en las regiones de influencia de los ríos (Figura 14c).



A)



B)



C)

Figura 14. Isolíneas de conductividad (mS) en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.

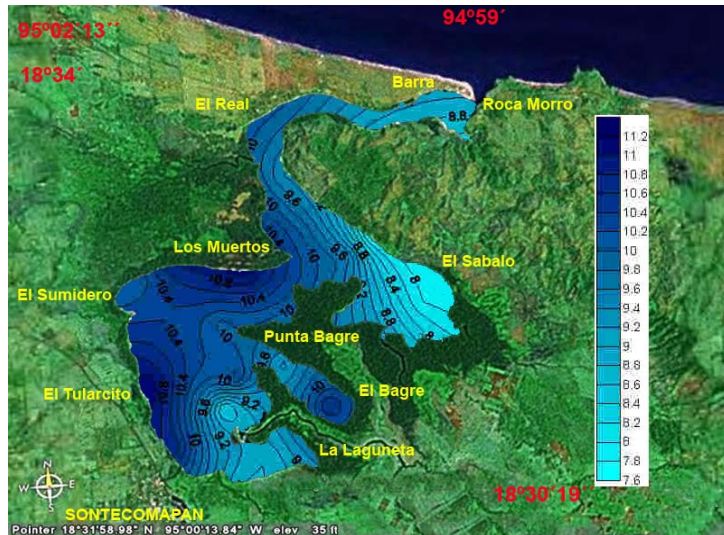
## **Oxígeno Disuelto**

Durante la temporada de secas 2005, el promedio fue de 9.70 mg/L con un máximo de 11.21 mg/L y un mínimo de 7.62 mg/L, lo que ubica a la laguna durante esta temporada como bien oxigenada de acuerdo a los criterios utilizados por De La Lanza & Cáceres (1994). Las regiones donde se registró en mayor cantidad fueron las regiones de el Tularcito, los Muertos y el Bagre, las regiones medias se encontraron en la región del Sumidero y el canal de comunicación con el mar, y las de menor concentración se presentaron en las regiones de El Sabalo y la Laguneta (Figura 15a).

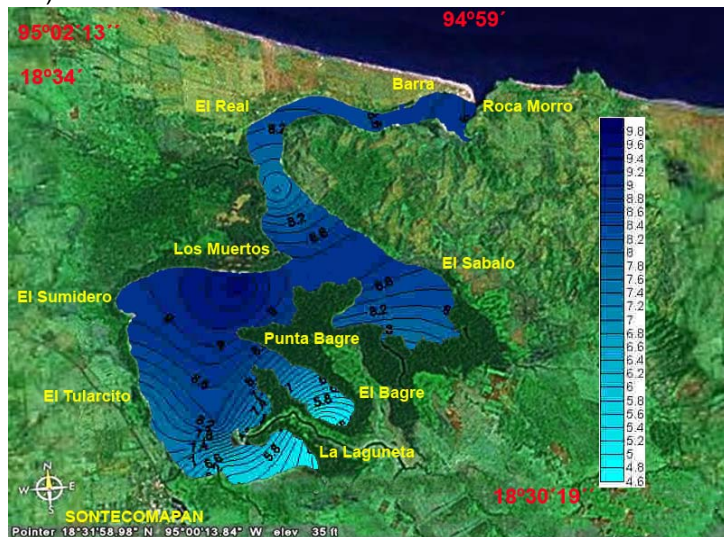
En la temporada de lluvias 2005, el oxígeno disuelto tuvo un promedio de 7.93 mg/L con un máximo de 9.73 mg/L y un mínimo de 4.70 mg/L, lo que indicó que durante esta temporada la laguna estuvo bien oxigenada (De La Lanza & Cáceres, 1994). Las regiones de los Muertos y de la boca de comunicación con el mar mostraron los valores más altos de oxígeno disuelto, los intermedios, fueron la zona media de la laguna y el canal de comunicación con el mar y los valores más bajos, se encontraron en las regiones mas internas de la laguna (Figura 15b).

Para la temporada de secas 2006, el oxígeno disuelto mostró un promedio de 10.41 mg/L con un máximo de 12.11 mg/L y un mínimo de 8.33 mg/L, por lo que durante esta temporada la laguna se registró como bien oxigenada (De La Lanza & Cáceres, 1994). Las regiones de mayor concentración se registraron en la boca de comunicación con el mar y cerca de la punta Bagre, los de media se distribuyeron de manera general por toda la laguna y los de menor concentración en las regiones mas internas de la laguna (Figura 15c).

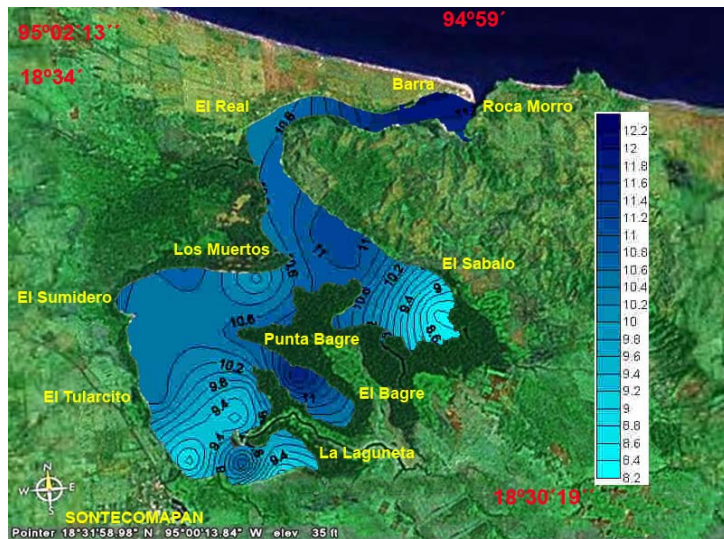




A)



B)



C)

Figura 15. Oxilíneas (mg/L) en la laguna de Sonotecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.

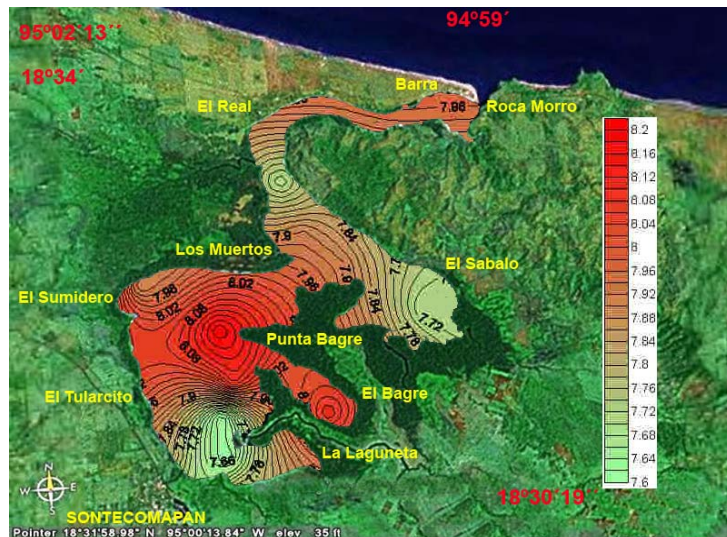
## **pH**

En la temporada de secas 2005, se presentó un promedio de 7.9, con un máximo de 8.2 y un mínimo de 7.6, las regiones con valores más altos se ubicaron en la zona central de la laguna, las zonas con valores medios en el canal de conexión con el mar, en la región frente a los Muertos y entre el Sumidero y el Tularcito, y las zonas con pH bajo se encontraron en la desembocadura de los ríos (Figura 16a).

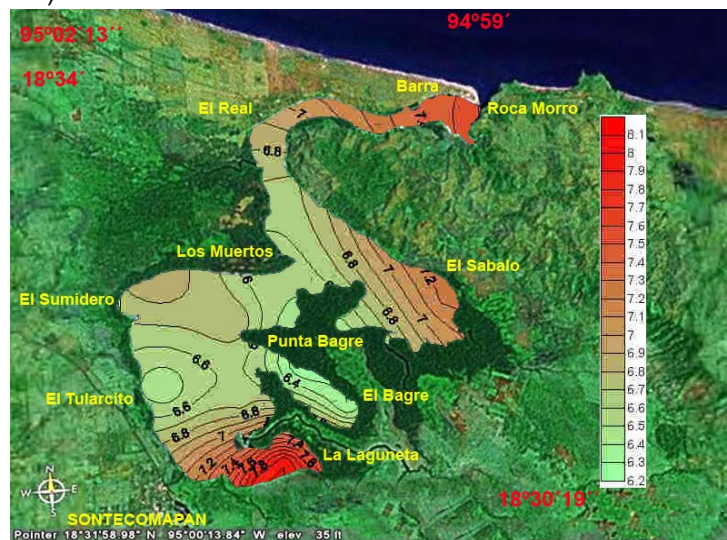
Para la temporada de lluvias 2005, se registró un promedio de 6.95 con un máximo de 8 y un mínimo de 6.2, las regiones con mayores valores fueron: la más interna de la laguna, cercana a la desembocadura de la Laguneta y la desembocadura con el mar, las zonas con valores medios fueron el Sumidero, el Sabalo y el canal de comunicación con el mar, y los de menor valor se ubicaron en la región central de la laguna (Figura 16b).

Durante la temporada de secas 2006, el pH tuvo un promedio de 7.19 con un máximo de 7.8 y un mínimo de 6.8, los valores mas altos se encontraron en la región de la desembocadura al mar, los de valores medios en las zonas cercanas a los Muertos y la Laguneta, mientras que los valores más bajos se encontraron en la región cercana a el Sumidero y el Sabalo (Figura 16c).

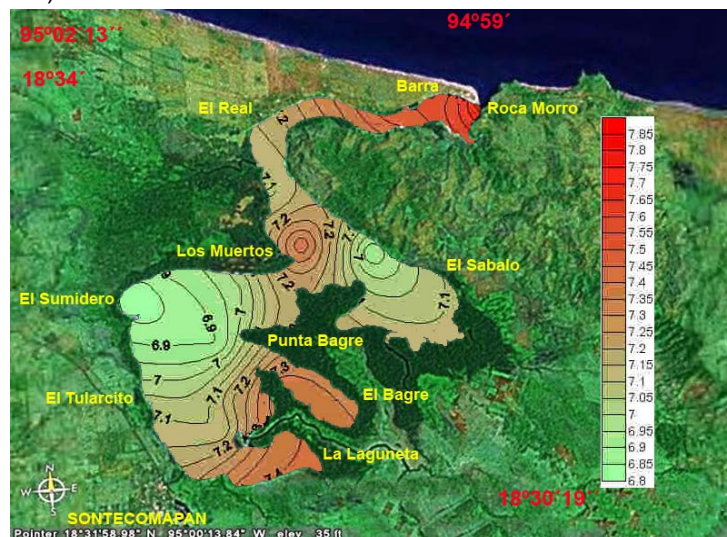




A)



B)



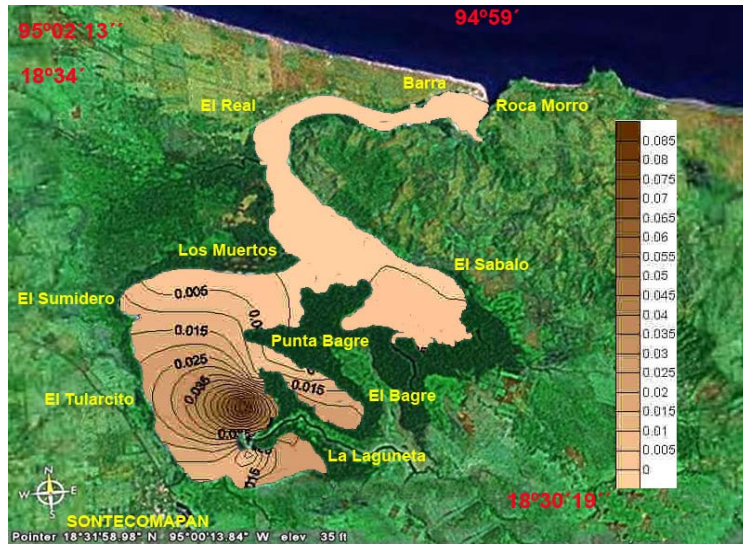
C)

Figura 16. Isolíneas de pH en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.

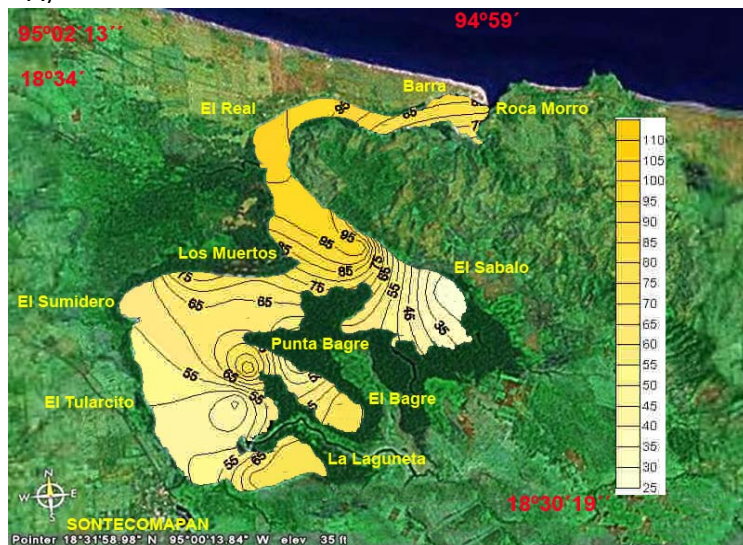
### **Sedimentos (Grava, Arena, Lodo)**

Durante la temporada de secas 2005, se presentó una textura de tipo arena lodosa con huellas de grava de manera general. Las gravas se presentaron en un promedio de 0.01 % con un máximo de 0.09 % y un mínimo de 0 %, las regiones donde se registraron en mayor y mediana cantidad fue en la desembocadura del río Laguneta, y en bajas cantidades en el resto de la laguna (Figura 17a). Las arenas tuvieron un promedio de 71.88 %, con un máximo del 100% y un mínimo de 26.81 %, las regiones de mayor cantidad de arena se encontraron en el canal de comunicación con el mar, las de cantidad media en la región central de la laguna y las de menor cantidad hacia el Sabalo y el Tularcito (Figura 17b). En promedio los lodos fueron de 27.9 % con un máximo de 73.19% y un mínimo de 0 %, las regiones donde se encontró mayor cantidad fueron las cercanas al Sabalo y al Tularcito, donde se encontraron en cantidad media fue en la zona central de la laguna, y en menores fue en el canal de comunicación con el mar (Figura 17c).

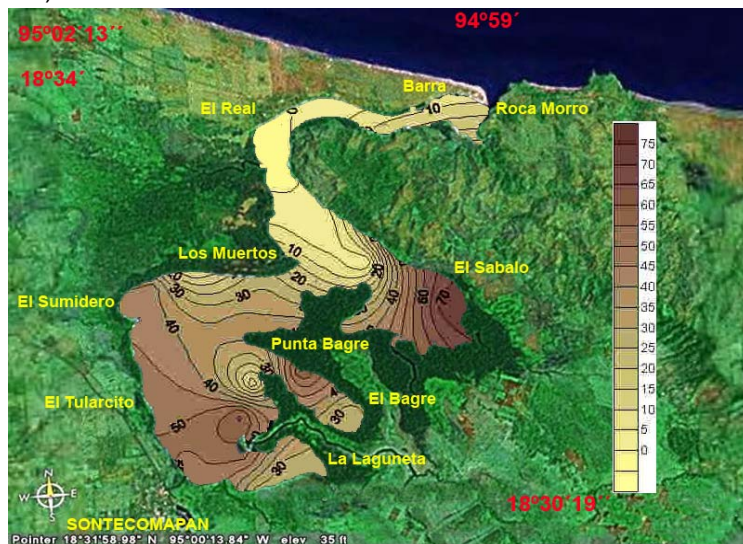




A)



B)



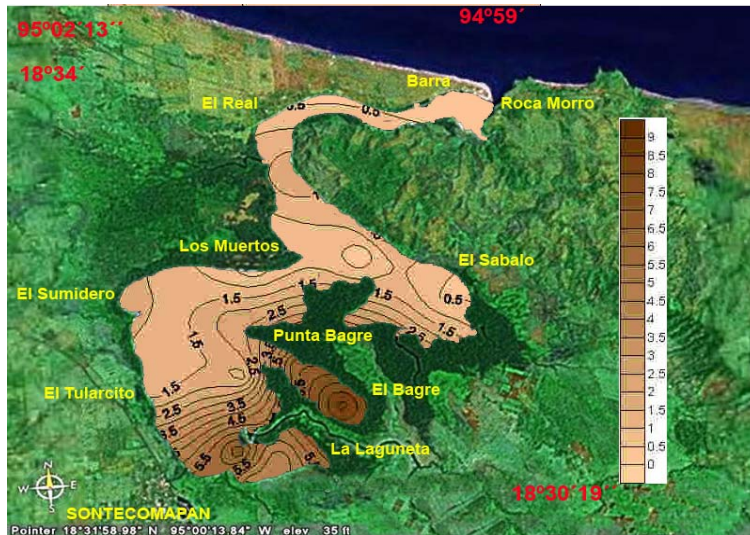
C)

Figura 17. Sedimentos (%): A) grava B) arena y C) lodo en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante la temporada de secas 2005.

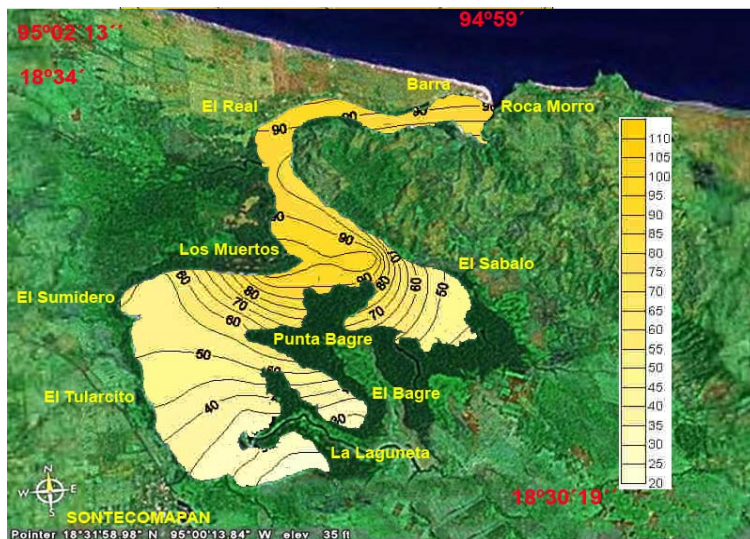


Para la temporada de lluvias 2005, la laguna presentó una textura de tipo arena lodosa con huellas de grava de manera general. Las gravas expresaron un promedio de 2.5 % con un máximo de 8.8 % y un mínimo de 0 %, las regiones donde se encontraron en mayor y mediana cantidad fue en la Laguneta y el Bagre, y en bajas cantidades en el resto de la laguna (Figura 18a).

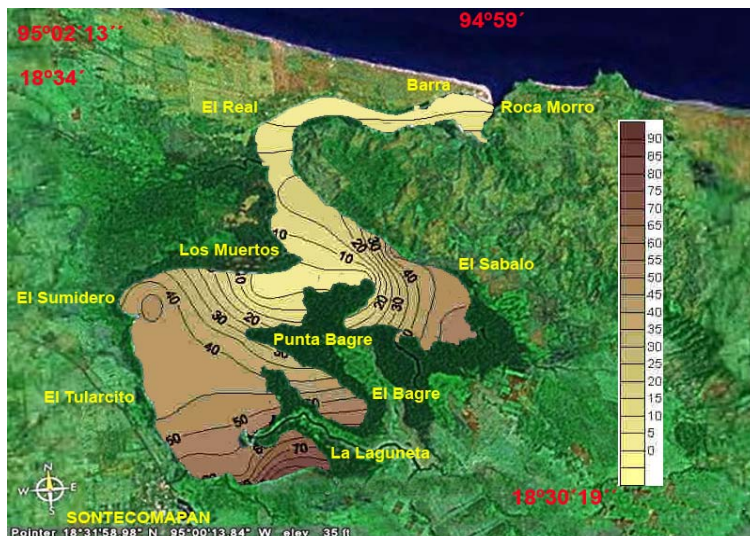
Las arenas registraron un promedio de 60.11 %, con un máximo del 100% y un mínimo de 23.70 %, las regiones de mayor cantidad de arena se encontraron en el canal de comunicación con el mar y en la región de los Muertos, las de cantidad media en las regiones centrales de la laguna y las de menor cantidad hacia la Laguneta (Figura 18b). En promedio los lodos fueron de 36.38 % con un máximo de 89 % y un mínimo de 0 %, la región de mayor cantidad fue la cercana a la Laguneta, la de cantidad media fue en la zona central de la laguna, donde se encontraron cantidades menores fue en el canal de comunicación con el mar y en la región de los Muertos (Figura 18c).



A)



C)



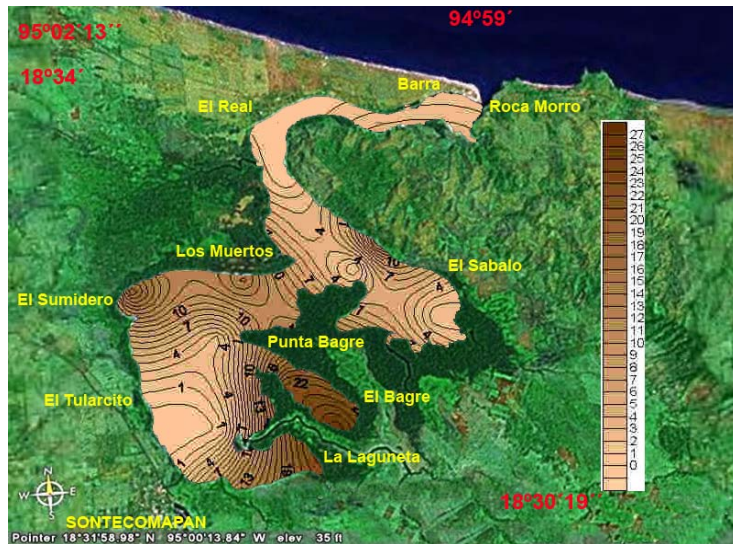
B)

Figura 18. Sedimentos (%): A) grava B) arena y C) lodo en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante la temporada de lluvias 2005.

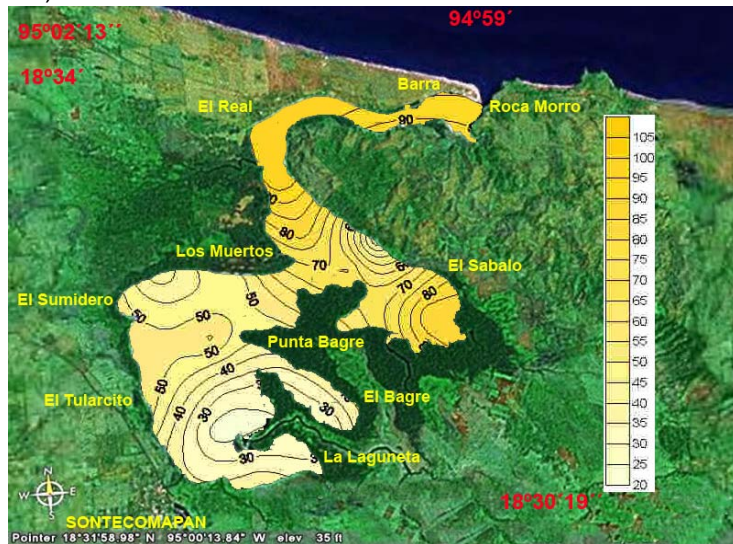
Para la temporada de secas 2006, de manera general la laguna presentó una textura de tipo arena lodosa con huellas de grava. Las gravas con un promedio de 7.59 % con un máximo de 27.10 % y un mínimo de 0 %, las regiones donde se encontraron en mayor y mediana cantidad fue en la Laguneta, el Bagre y el Sumidero y en bajas cantidades en el resto de la laguna (Figura 19a).

Las arenas presentaron un promedio de 58.23 %, con un máximo del 100% y un mínimo de 22.70 % las regiones de mayor cantidad se encontraron en el canal de comunicación con el mar y en la región de los Muertos y en la región del Sabalo, la de cantidad intermedia en las regiones medias de la laguna y las de menor cantidad hacia la Laguneta y el Bagre (Figura 19b). En promedio los lodos fueron de 34.17 % con un máximo de 77 % y un mínimo de 0 %, las regiones de mayor cantidad de lodo fueron las cercanas a la Laguneta y el Bagre, la región donde se encontraron en cantidad media fue en la zona central de la laguna y donde se encontraron cantidades menores fue en el canal de comunicación con el mar, en la región de los Muertos y en región de el Sabalo (Figura 19c).

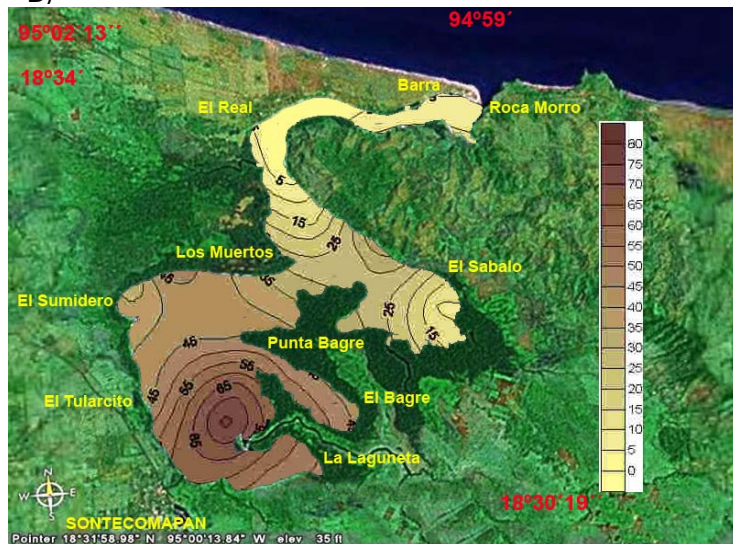




A)



B)



C)

Figura 19. Sedimentos (%): A) grava B) arena y C) lodo en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante la temporada de secas 2006.

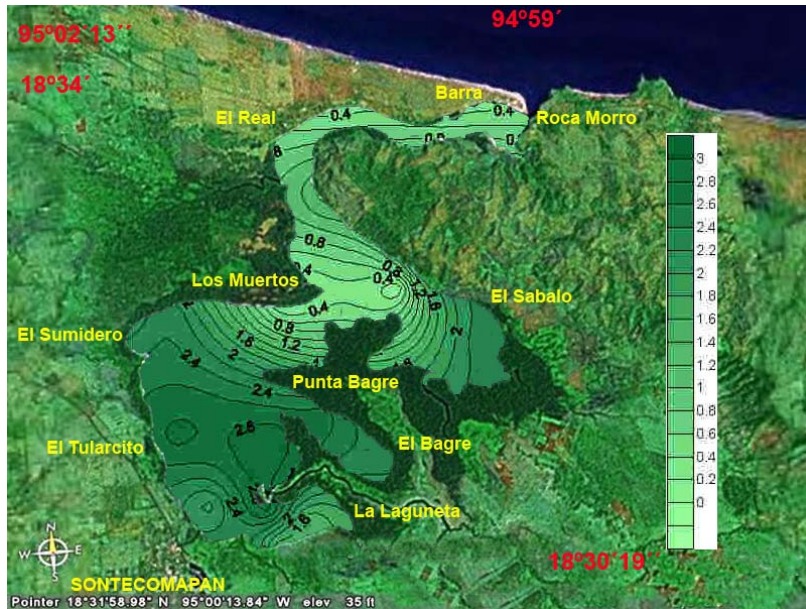
## **Carbono Orgánico Total**

Para la temporada de secas 2005, no se realizó análisis de carbono orgánico total.

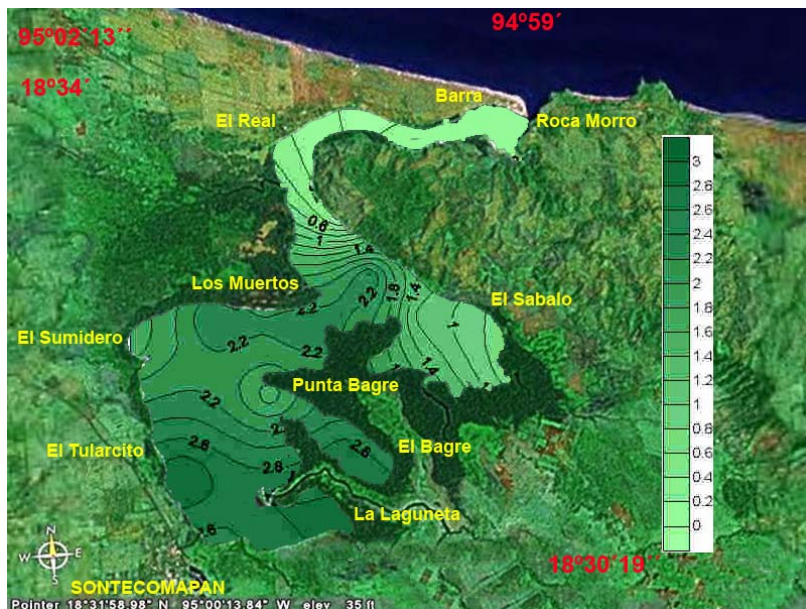
En la temporada de lluvias 2005, el carbono orgánico total registró un promedio de 1.71 %, con un máximo de 2.96 % y un mínimo de 0 %, las áreas de mayor cantidad se localizaron en la región de la Laguneta, el Bagre y el Tularcito, las zonas de cantidades medias se encontraron en el estrecho entre los Muertos y punta Bagre y las regiones de bajas cantidades se localizaron en el brazo de comunicación con el mar (Figura 20a).

Durante la temporada de secas 2006, el promedio de carbono orgánico total fue de 1.72 %, con un máximo de 3.02 % y un mínimo de 0%, las áreas de mayor porcentaje se registraron en la región media de la laguna, las de medio porcentaje se registraron en la región de el Sabalo y el medio del canal de comunicación con el mar, la región de bajo porcentaje fue la de el resto del canal comunicación con el mar (Figura 20b).





A)



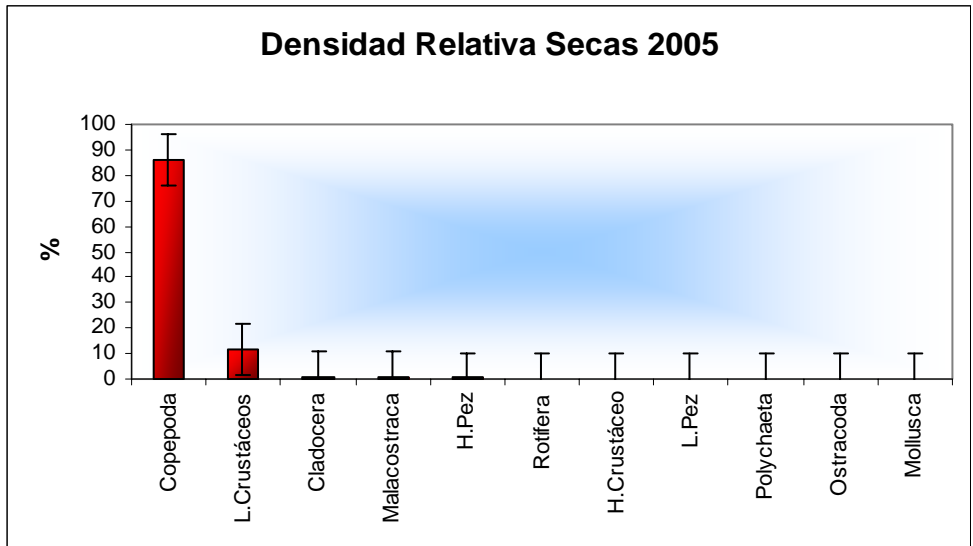
B)

Figura 20. Distribución de carbono orgánico total (%) en la laguna de Sontecomapan Veracruz, durante las temporadas de A) lluvias 2005 y B) secas 2006.

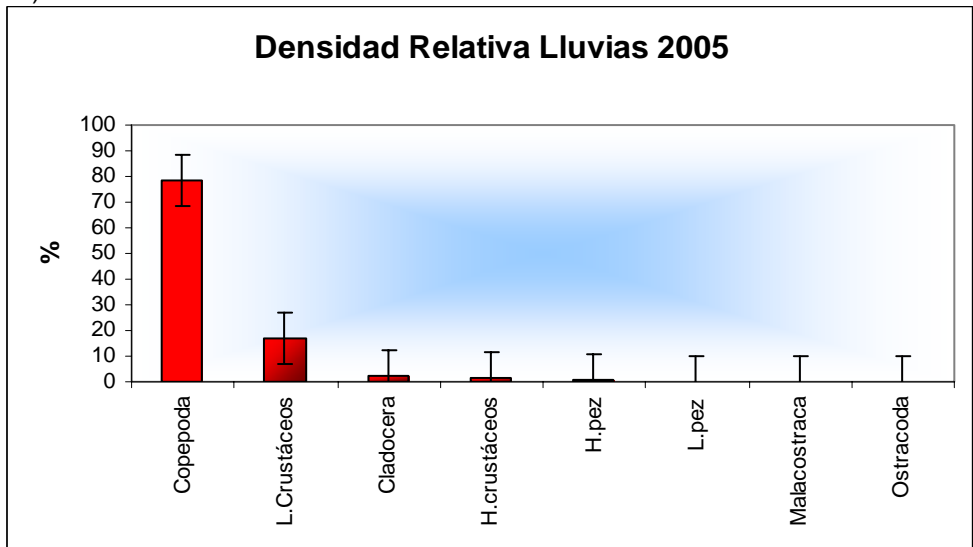
## ***Características de la Comunidad Zooplanctónica***

### **Densidad relativa**

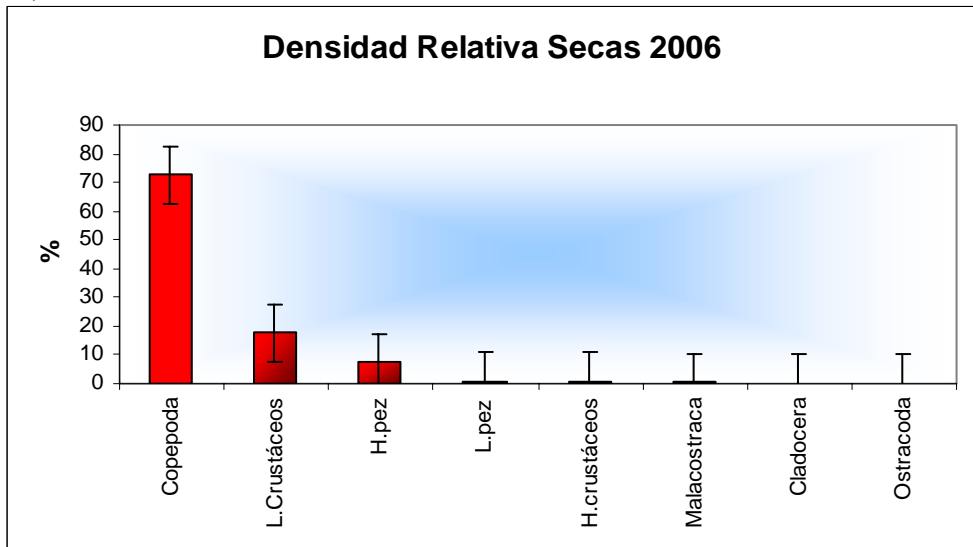
Para la temporada de secas 2005 se colectaron los siguientes grupos: *Copepoda*, larvas de *Crustacea*, *Cladocera*, *Malacostraca*, huevos de pez, *Rotifera*, huevos de *Crustacea*, larvas de pez, *Polychaeta*, *Ostracoda* y *Mollusca*, donde los copépodos obtuvieron el valor más alto, de 86.18% y los moluscos el más bajo de 0.002% (Figura 21a). Para la temporada de lluvias 2005 se colectaron los grupos: *Copepoda*, larvas de *Crustacea*, *Cladocera*, *Malacostraca*, huevos de *Crustacea*, larvas de pez y *Ostracoda*, de los cuales los copépodos obtuvieron también el valor más alto de 78.77% y el menor lo obtuvieron los ostrácodos 0.035% (Figura 21b). La temporada de secas 2006 se colectaron los siguientes grupos: *Copepoda*, larvas de *Crustacea*, *Cladocera*, *Malacostraca*, huevos de *Crustacea*, huevos de pez, larvas de pez y *Ostracoda*, donde los copépodos obtuvieron el valor más alto de 72.68% y los ostrácodos el más bajo, siendo este de 0.043% (Figura 21c).



A)



B)



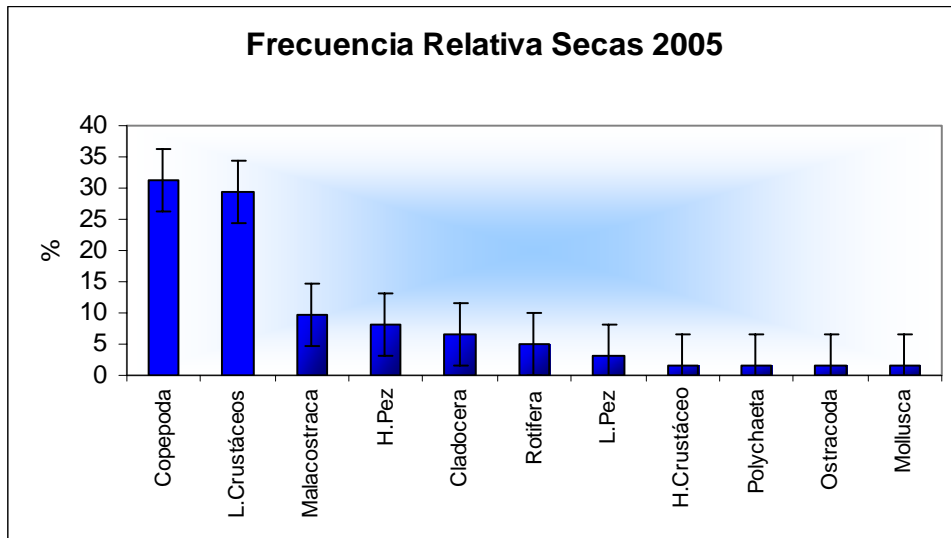
C)

Figura 21. Densidad relativa de la comunidad zooplanktónica ( $\pm$  d.s.) para las temporadas de: A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006 en la laguna de Sontecomapan, Veracruz.

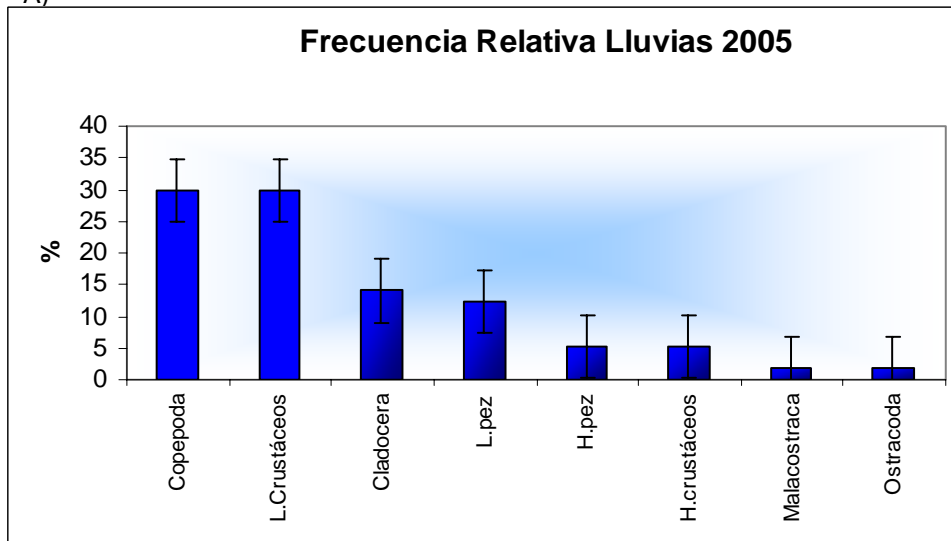


### **Frecuencia Relativa**

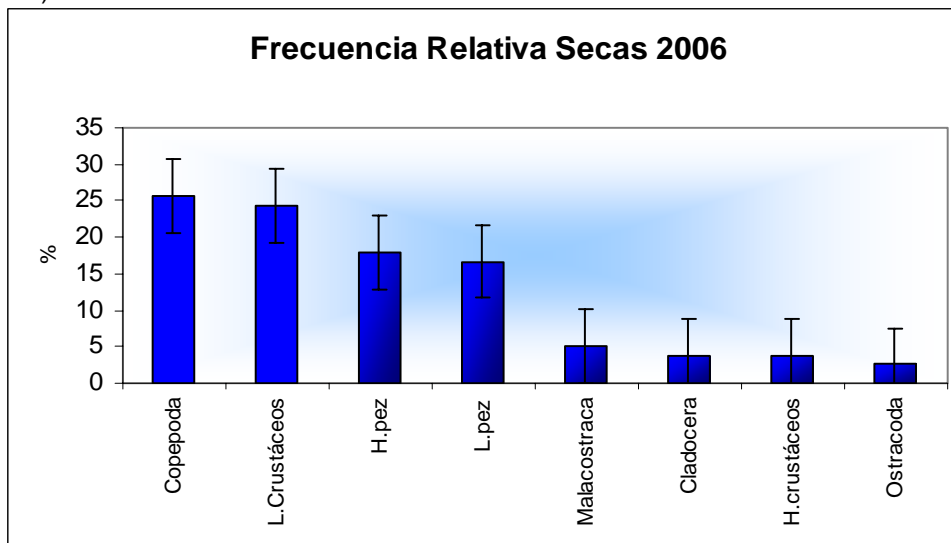
Durante la temporada de secas 2005, el grupo de los copépodos fue el que obtuvo el valor más alto siendo este de 31.14% y los huevos de crustáceo, poliquetos, ostrácodos y los moluscos los de menor valor teniendo 1.63% (Figura 22a). Para la temporada de lluvias 2005, el valor más alto fue obtenido por los copépodos y las larvas de crustáceo teniendo un 29.82% y el más bajo para los malacostracos y ostrácodos teniendo un valor de 1.75% (Figura 22b). En la temporada de secas 2006, se observó que el grupo de los copépodos fue el que obtuvo el mayor valor siendo este de 25.64% y los ostrácodos obtuvieron el menor valor siendo este de 2.56% (Figura 22c).



A)



B)

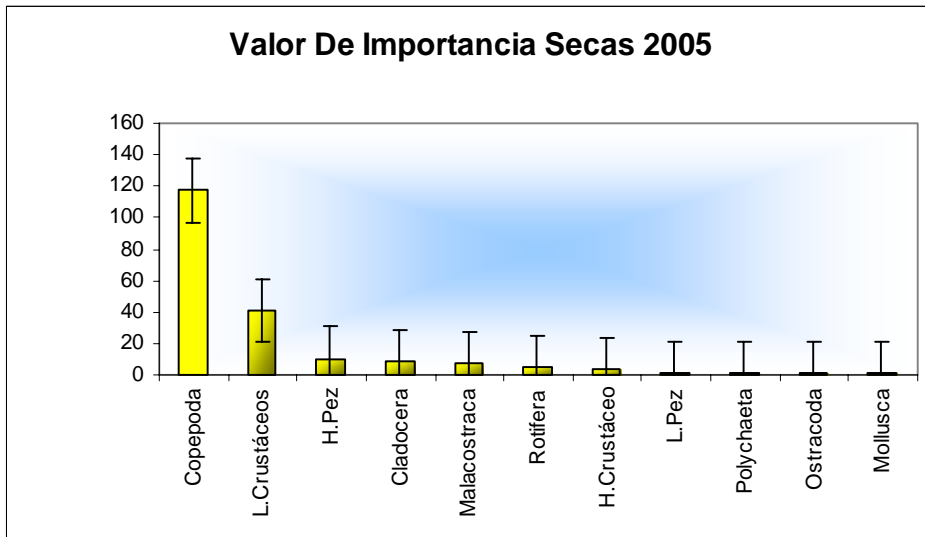


C)

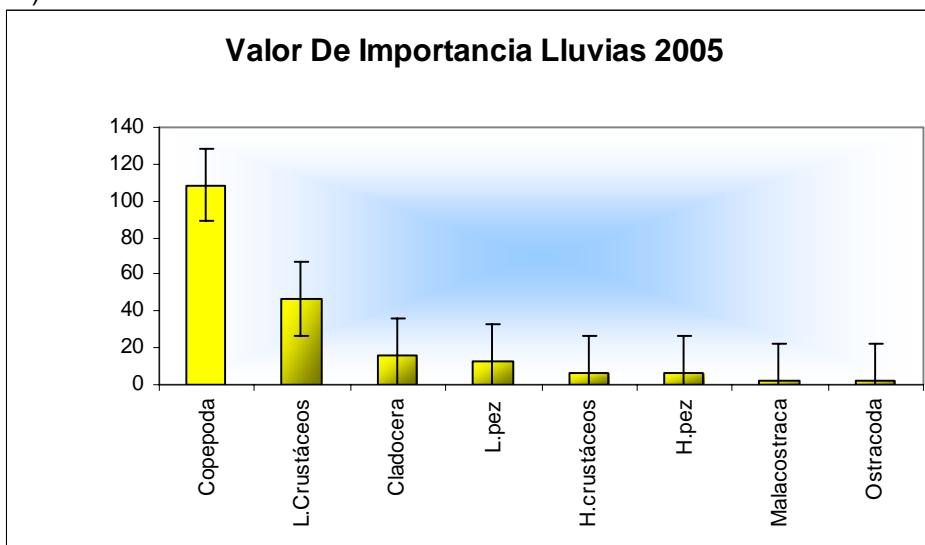
Figura 22. Frecuencia relativa de la comunidad zoopláctica ( $\pm$  d.s.) para las temporadas de: A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006 en la laguna de Sontecomapan, Veracruz.

### **Valor de Importancia Ecológica**

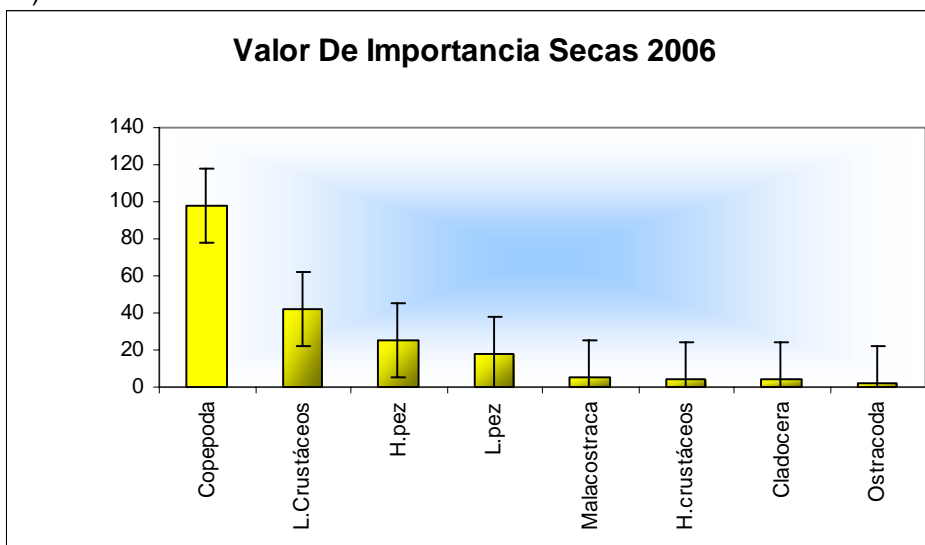
En la temporada de secas 2005, el grupo más importante fue el de los copépodos teniendo un valor de 117.33 y los poliquetos, ostrácodos y moluscos fueron los grupos menos importantes con un valor de 1.64 (Figura 23a). Durante la temporada de lluvias 2005, el grupo con un valor de importancia más alto fue el de los copépodos con 108.59 y el que obtuvo el menor valor fue el grupo de los ostrácodos con 1.78 (Figura 23b). Para la temporada de secas 2006, el grupo que obtuvo el valor de importancia más alto fue el de los copépodos con 98.33 y el menor fue el de los ostrácodos con 2.60 (Figura 23c).



A)



B)



C)

Figura 23. Valor de importancia ecológica de la comunidad zooplanctónica ( $\pm$  d.s.) para las temporadas de: A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006 en la laguna de Sontecomapan, Veracruz.

## **Distribución y Abundancia**

### ***Copepoda***

Para la temporada de secas 2005, los copépodos tuvieron una densidad promedio de 337.38 ind/100 L con un máximo de 1345.28 ind/100 L y un mínimo de 12.29 ind/100 L, las densidades altas se colectaron en el área de el Sabalo, el Bagre y los Muertos, las medias en el área entre el Tularcito, la Laguneta y el canal de comunicación con el mar y las bajas se encontraron en el resto de la laguna (Figura 24a). De todos los parámetros registrados el que mejor puede explicar esta distribución es el oxígeno disuelto de manera inversamente proporcional (Figura 15a).

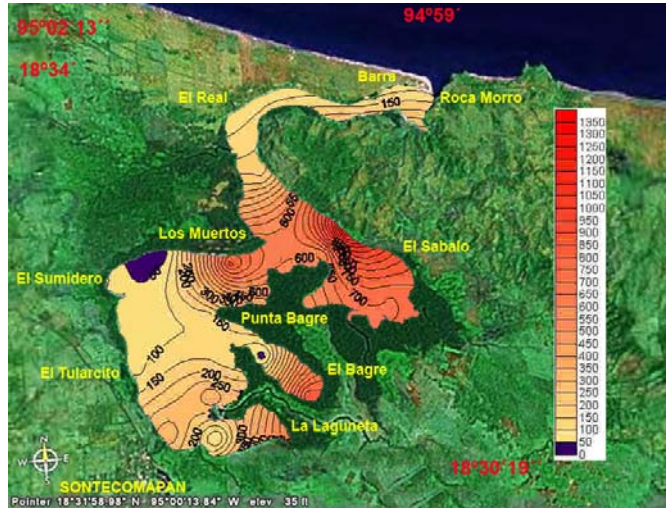
Durante la temporada de lluvias 2005, se colectó una densidad promedio de 116.80 Ind/100 L, con un máximo de 374.09 Ind/100 L y un mínimo de 8.57 Ind/100 L, las mayores densidades se colectaron en la región de la Laguneta, el Sabalo, el Bagre y el Real, las de media en la región de la boca de comunicación con el mar y en zonas alrededor de las altas densidades, las de baja se localizaron en el resto de la laguna (Figura 24b). De todos los parámetros el oxígeno disuelto es el que puede explicar de mejor manera esta distribución, siendo una relación inversamente proporcional (Figura 15b).

En la temporada de secas 2006, los copépodos se encontraron con una densidad promedio de 16.16 Ind/100 L con un máximo de 116.04 Ind/100 L y un mínimo de 0.25 Ind/100 L, las densidades altas se colectaron en áreas focales de la región del Sumidero y Punta Bagre, las de media en estas mismas regiones alrededor de los focos de alta densidad, y las de baja en el resto de la laguna (Figura 24c). El oxígeno tiene una relación directamente

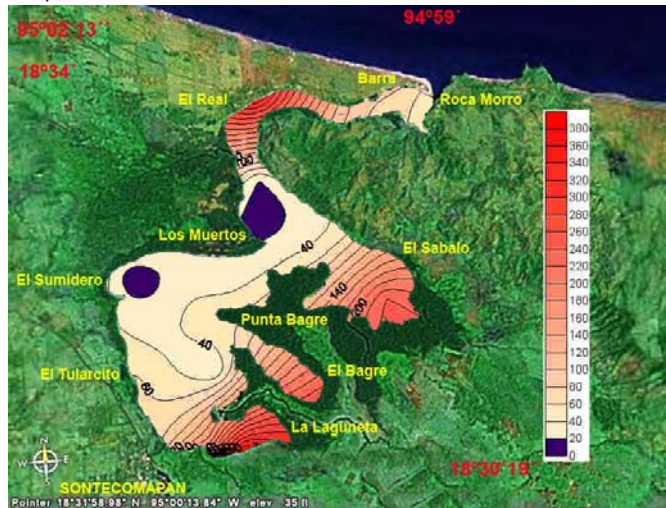
proporcional con esta distribución, por lo que puede ser un factor para determinar esta distribución (Figura 15c).

Esto quiere decir que durante las temporadas de secas y lluvias 2005 en los lugares de mayor concentración de oxígeno disuelto se encontró menor densidad de copépodos y durante la temporada de secas 2006 sucedió lo contrario.

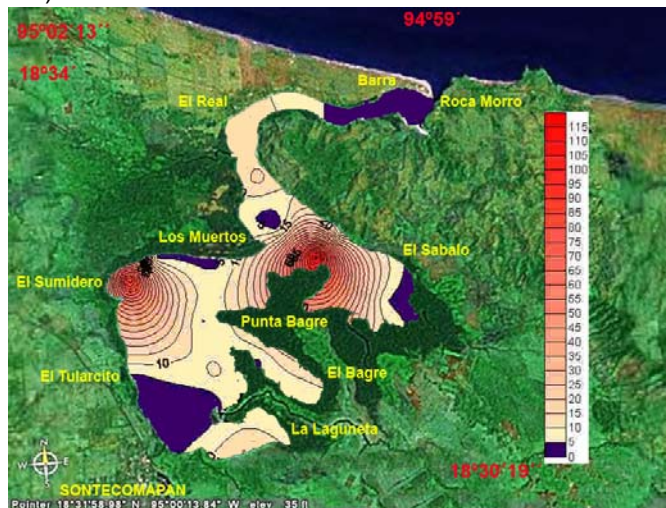




A)



B)



C)

**Lar  
vas**

Figura 24. Distribución y abundancia (ind/100 L) de copépodos para las temporadas de: A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006 en la laguna de Sontecomapan, Veracruz

## **de Crustacea**

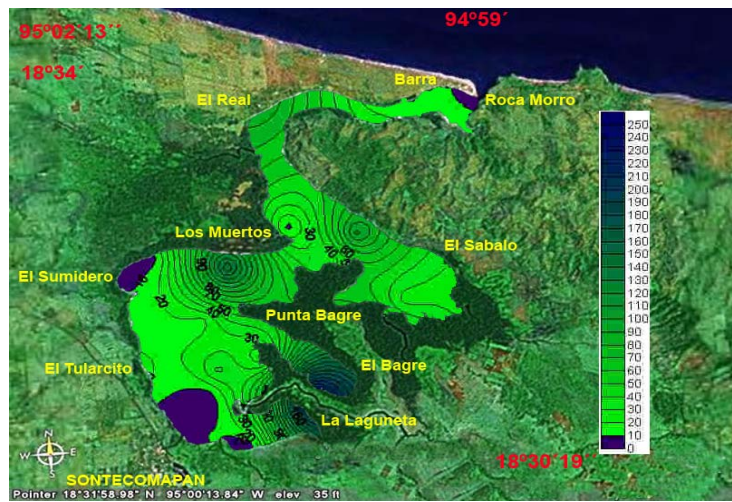
Durante la temporada de secas 2005, las larvas de crustáceo presentaron una densidad promedio de 45.50 ind/100 L, con un máximo de 251.78 ind/100 L y un mínimo de 2.82 ind/100 L, las zonas de mayor densidad fueron focos en las regiones de los Muertos y el Bagre, las de media alrededor de estos focos en estas mismas regiones y en casi toda la laguna y las de menor se distribuyeron en pequeñas zonas en el Tularcito y la boca de comunicación con el mar (Figura 25a). De todos los parámetros registrados el que más determinó esta distribución fue la temperatura del agua la cual se comportó de manera directa a la distribución (Figura 12a)

En la temporada de lluvias 2005, se encontró una densidad promedio de 24.80 ind/100 L, con un máximo de 84.31 ind/100 L y un mínimo de 1.07 ind/100 L, las zonas donde la densidad fue mayor se localizaron en núcleos en la Laguneta y Punta Bagre, las de media alrededor de los núcleos en estas mismas regiones y en la región de el Sabalo, las de baja se encontraron en el Tularcito, los Muertos y el Real (Figura 25b). La temperatura del agua fue el parámetro que más determinó esta distribución la cual se comportó de manera inversa a la distribución (Figura 12b).

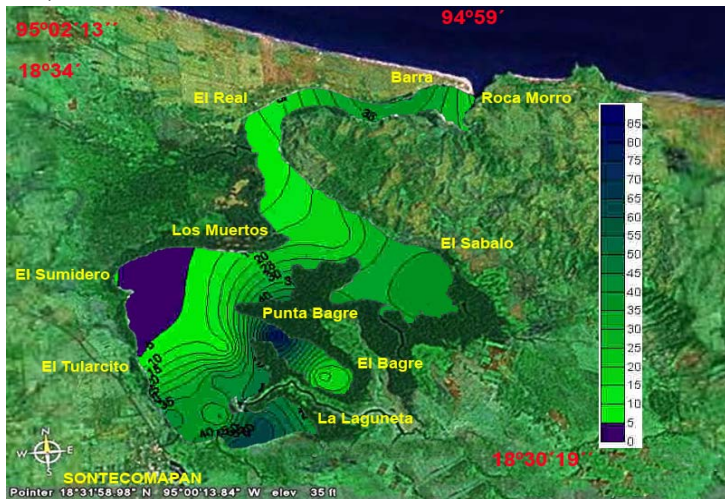
Para la temporada de secas 2006, tuvieron una densidad promedio de 3.90 ind/100 L, con un máximo de 14.98 ind/100 L y un mínimo de 0.33 ind/100 L, las zonas de mayor densidad se encontraron en focos en el Sabalo y el interior del canal de comunicación con el mar, las zonas de densidad media se encontraron alrededor de los focos de altas densidades y las de menor en el resto de la laguna (Figura 25c). El parámetro que más nos ayuda a explicar esta distribución es la temperatura del agua la cual determinó de manera

inversamente proporcional esta distribución (Figura 12c). Esto significa que durante la temporada de secas 2005, en los lugares donde se registró mayor temperatura se encontraron más larvas de crustáceo, en las temporadas de lluvias 2005 y secas 2006 ocurrió lo contrario.

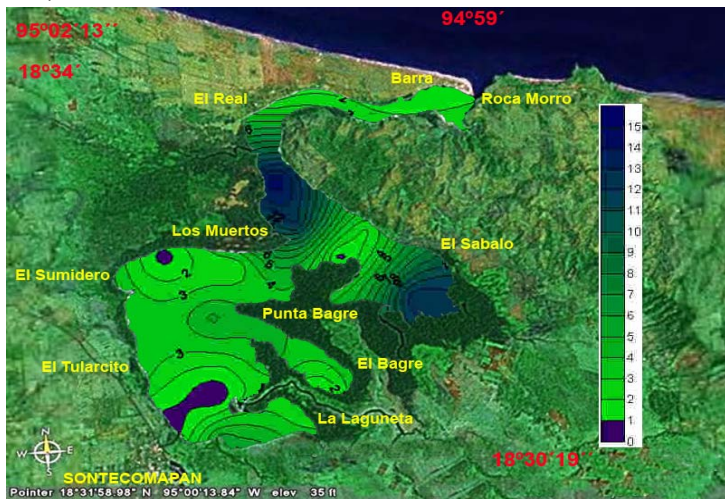




A)



B)



C)

Figura 25. Distribución y abundancia (ind/100 L) de larvas de *Crustacea* para las temporadas de: A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006 de la laguna de Sontecomapan, Veracruz.

### ***Cladocera***

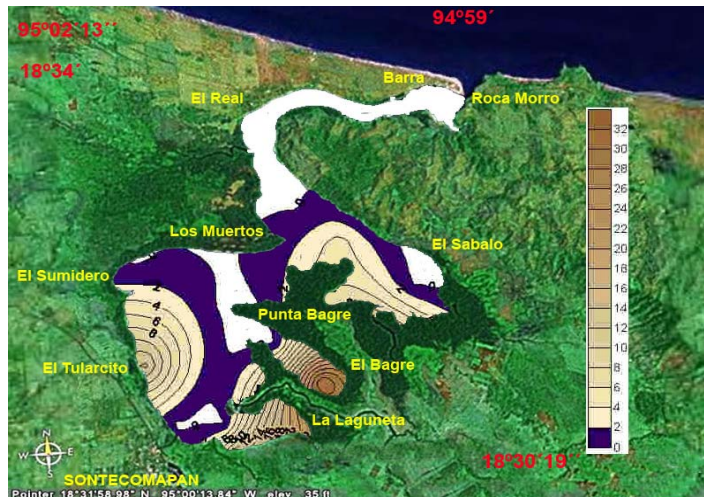
En la temporada de secas 2005, presentaron una densidad promedio de 3.48 ind/100 L, con un máximo de 32.33 ind/100 L y un mínimo de 5.00 ind/100 L, las regiones con mayor densidad se encontraron focales en el área del Bagre y la Laguneta, las de media alrededor de los focos, y las de baja formaron parches en el Sabalo, el Tularcito y la Barra (Figura 26a). El parámetro que mejor puede explicar esta distribución es la temperatura del agua la cual determinó de manera proporcional la distribución de este grupo (Figura 12a).

Durante la temporada de lluvias 2005, se encontró una densidad promedio de 3.00 ind/100 L, con un máximo de 19.97 ind/100 L y un mínimo de 0.52 ind/100 L, encontrándose la mayor densidad en el área de el Bagre, las de media cercanas a el área de Punta Bagre, y las de baja en los Muertos, la Laguneta, El Sabalo y la Barra (Figura 26b). De todos los parámetros registrados la temperatura del agua es el que mejor puede explicar esta distribución comportándose de manera inversamente proporcional a la distribución (Figura 12b).

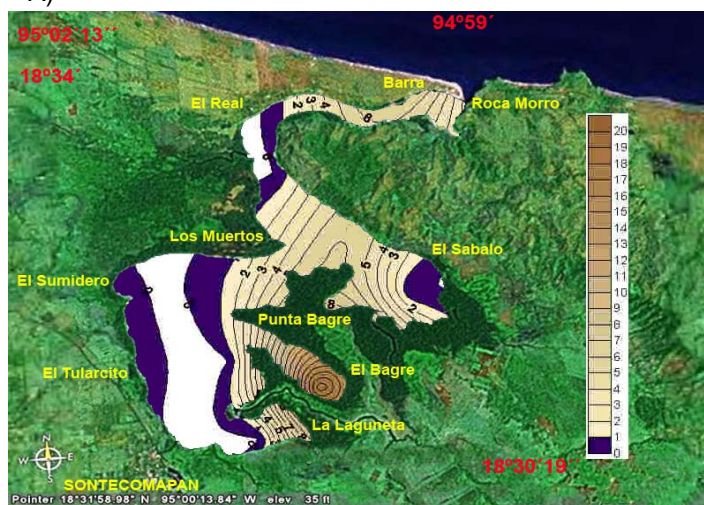
Para la temporada de secas 2006, la densidad promedio fue de 0.02 ind/100 L con un máximo de 0.1697 ind/100 L y un mínimo de 0.06 ind/100 L, las regiones de mayor densidad se encontraron en el Real, las de media se encontraron alrededor de esta zona, y las de baja se encontraron hacia la Barra, los Muertos, el Sumidero, el Bagre y la Laguneta (Figura 26c). La temperatura del agua puede explicar ese comportamiento ya que de todos los parámetros medidos este grupo solo se distribuyó en regiones de temperaturas medias (Figura 12c).

Esto indica que en la temporada de secas 2005 los cladóceros se encontraron con mayor densidad en lugares con temperaturas más bajas, lo contrario sucedió en la temporada de lluvias 2005, y en la temporada de secas 2006 únicamente se encontraron en regiones con temperaturas medias.

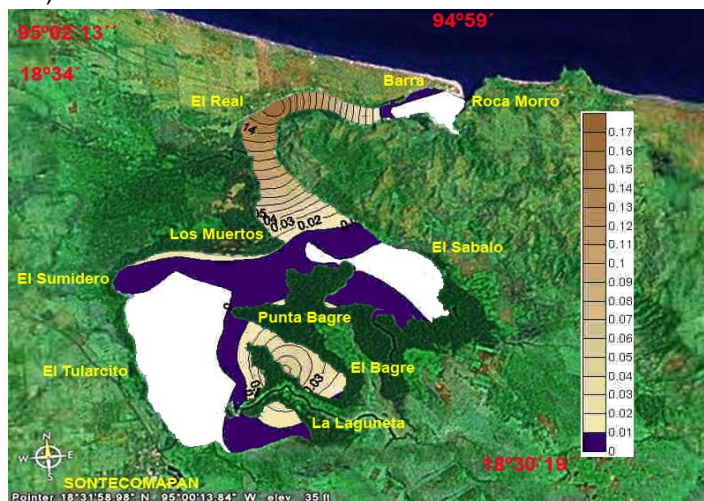




A)



B)



C)

Figura 26. Distribución y abundancia (ind/100 L) de *Cladocera* para las temporadas de: A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006 en la laguna de Sontecomapan, Veracruz.

### ***Malacostraca***

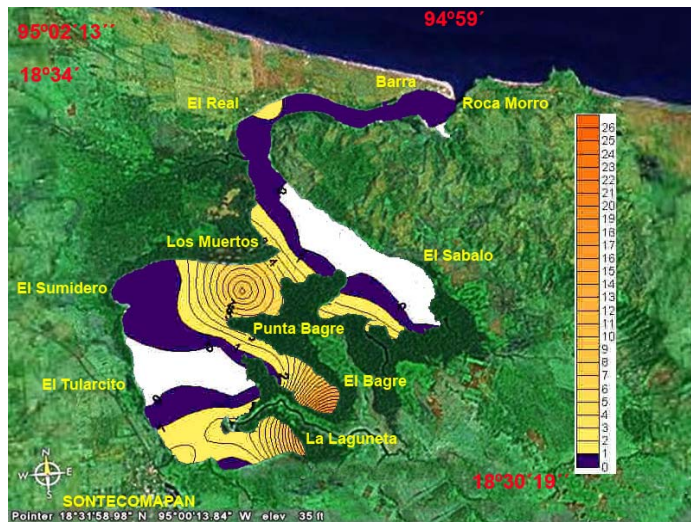
En la temporada de secas 2005, presentaron una densidad promedio de 2.16 ind/100 L con un máximo de 25.04 ind/100 L y un mínimo de 0.48 ind/100 L, las densidades mas altas se encontraron focales en las regiones de los Muertos y el Bagre, las regiones de densidades medias se encontraron alrededor de estos focos, y las de densidades bajas en las región media de la laguna y el Tularcito y una zona pequeña en el Real (Figura 27a). La temperatura del agua es el parámetro que mejor puede explicar esta distribución ya que estas tienen una relación directamente proporcional (Figura 12a).

Para la temporada de lluvias 2005, se colectó una densidad promedio de 0.07 ind/100 L con un máximo de 1.13 ind/100 L y un mínimo de 1.00 ind/100 L, las densidades más altas se colectaron focales en la región de la boca de comunicación con el mar, las de media se encontraron alrededor de este foco y las mas bajas en el canal de comunicación con el mar y un pequeño parche en la región de Punta Bagre (Figura 27b). De los parámetros medidos el que mejor puede explicar este comportamiento fue la temperatura del agua ya que se tiene una relación directamente proporcional con la distribución de este grupo (Figura 12b).

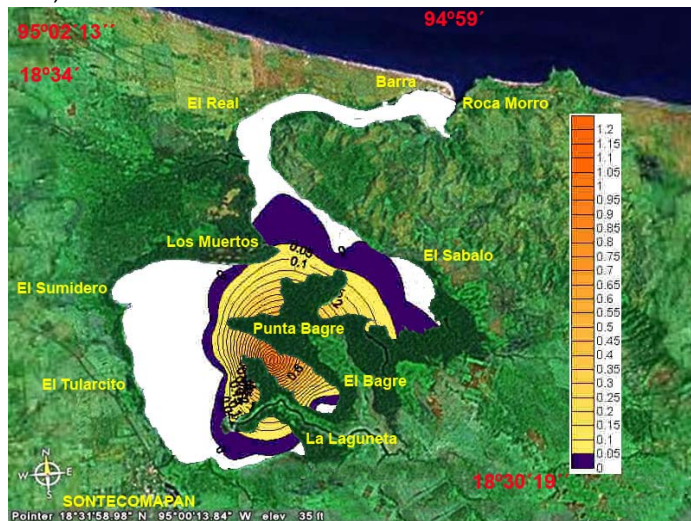
Durante la temporada de secas 2006, la densidad promedio de este grupo fue de 0.12 ind/100 L con un máximo de 1.89 ind/100 L y un mínimo de 0.14 ind/100 L, encontrándose los mayores valores de densidad en un núcleo el canal de comunicación con el mar, los de media densidad alrededor de este núcleo, y los valores mas bajos en la región de los Muertos, el Sabalo, el Real y la boca de comunicación con el mar (Figura 27c). El parámetro que mejor puede explicar esta distribución es la salinidad de manera directa (Figura 13c).

Esto quiere decir que durante las temporadas de secas y lluvias 2005 en las regiones donde se registró mayor temperatura se encontró mayor densidad de malacostrácos, y durante la temporada de secas 2006 las regiones donde se registró mayor salinidad se encontraron mayores densidades de este grupo.

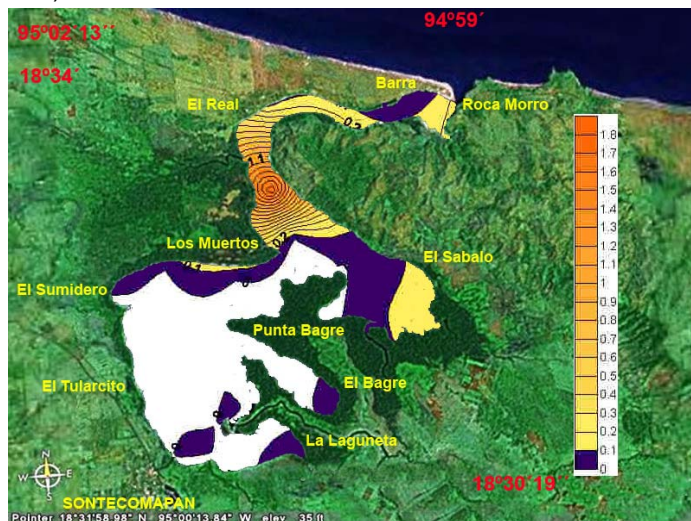




A)



B)



C)

Figura 26. Distribución y abundancia (Ind/100 L) de *Malacostraca* para las temporadas de: A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006 en la laguna de Sontecomapan, Veracruz

## **Diversidad Ecológica**

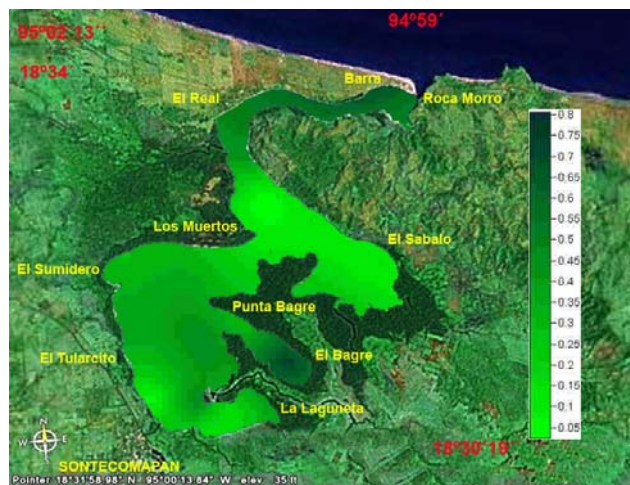
Durante la temporada de secas 2005, se calculó un valor promedio de 0.3410 bits/individuo, con un máximo de 0.7961 bits/individuo y un mínimo de 0.0186 bits/individuo, estando los valores más altos en las estaciones VII y XIX correspondiendo estas con áreas del Bagre y la Barra respectivamente, los valores medios se encontraron en las estaciones II, IV y XVIII correspondientes a las áreas de la Laguneta y el Real y los valores bajos se registraron en las estaciones I, III y XVI correspondientes a las áreas de la parte interna de la Laguneta y los Muertos (Figura 27a).

En la temporada de lluvias 2005, se calculó un valor promedio de 0.5031 bits/individuo, con un máximo de 0.6245 bits/individuo y un mínimo de 0.1430 bits/individuo, presentando los valores más altos en las estaciones II y VIII siendo estas las áreas de la Laguneta y Punta Bagre, los valores medios en las estaciones I, III, V, VII, IX, X XV y XIV correspondientes a las regiones de la parte interna de la Laguneta, la parte interna del Bagre y el Sabalo, el Sumidero y el Tularcito, y el valor mas bajo se calculó en la estación XVII correspondiente al área de El Real (Figura 27b).

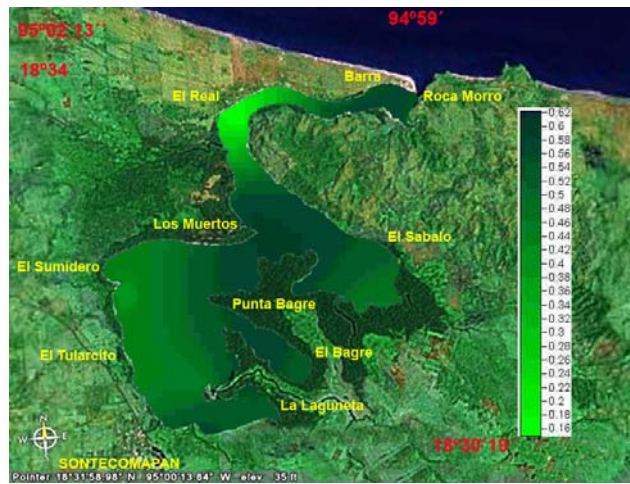
Para la temporada de secas 2006, se calculó un promedio de 0.4589 bits/individuo, con un máximo de 0.8150 bits/individuo y un mínimo de 0.0604 bits/individuo, calculándose los valores más altos en las estaciones XVII y XX correspondientes a las regiones centrales del canal de comunicación con el mar y la boca de comunicación con el mar, los valores medios en II, VII, XIV, XV, XVI, XVIII y XIX correspondientes a las regiones de la Laguneta, el Bagre, el Sabalo, y el canal de comunicación con el mar, y los valores más bajos en



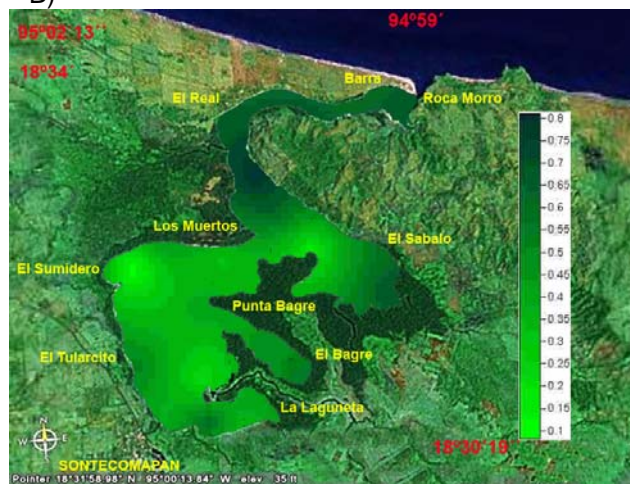
las estaciones IV, X y XIII correspondiendo a las regiones de el exterior de la Laguneta, el Sumidero y los Muertos (Figura 27c).



A)



B)



C)

Figura 27. Áreas de diversidad ecológica del zooplancton en la laguna de Sontecomapan, Veracruz en las temporadas de: A) secas 2005 B) lluvias 2005 y C) secas 2006.

## **Discusión**

Las variaciones de los parámetros hidrológicos registrados son consecuencia de las condiciones meteorológicas observadas en el momento del muestreo, es decir la variación de las condiciones meteorológicas influyen directamente en las variaciones espacio-temporales de los parámetros hidrológicos.

### ***Parámetros Fisicoquímicos***

#### **Profundidad**

Tuvo variaciones de acuerdo a la temporada climática, siendo la de secas 2006 la que registró mayores profundidades y la de lluvias la que registró menores, teniendo un intervalo de los 60 cm hasta los 650 cm (Figura 28). Esto podría deberse a la influencia de la marea y las corrientes generadas por los vientos principalmente, ya que durante la temporada de secas 2006 se registró una pleamar de 0.54 m a diferencia de las lluvias que registró una menor pleamar (0.46 m), según el Servicio Mareográfico Nacional (SMN, 2007), esta misma situación, la presentan las lagunas costeras de Yucatán (Herrera-Silveira, 2006), esto explica la disposición horizontal de la profundidad en la laguna que de manera general en las 3 temporadas las regiones de mayor profundidad son: la zona del canal y la boca de comunicación con el mar, esto es igual a lo registrado por Castellanos (2002) y Zamora (2002), sin embargo, en este estudio se encontraron mayores profundidades, posiblemente por que la laguna ha cambiado un poco su morfología a lo largo del tiempo.

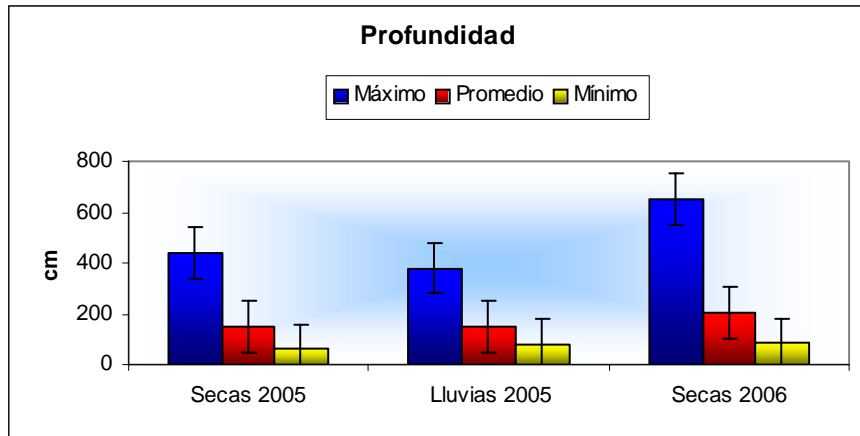


Figura 28. Promedios, máximos y mínimos de profundidad (cm) ( $\pm$  d.s.). En la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

### Transparencia

Este parámetro registró valores más altos en la temporada de secas 2005 y los más bajos en la de lluvias 2005, presentado un intervalo de 14.50 cm hasta 200 cm (Figura 29). La distribución espacial se debe a la influencia del viento, las corrientes y el aporte fluvial con acarreo de sedimentos que son transportados a la laguna (De La Lanza & Cáceres, 1994), de esta forma los registros más bajos se encuentran en las regiones de aporte de los ríos, y los más altos hacia el interior de la laguna, esto concuerda con lo registrado por Castellanos (2002) y Zamora (2002). La transparencia es importante debido a la relación que tiene con la visión de los organismos ya sea para alimentarse o para evitar peligros (De Sylva, 1985).

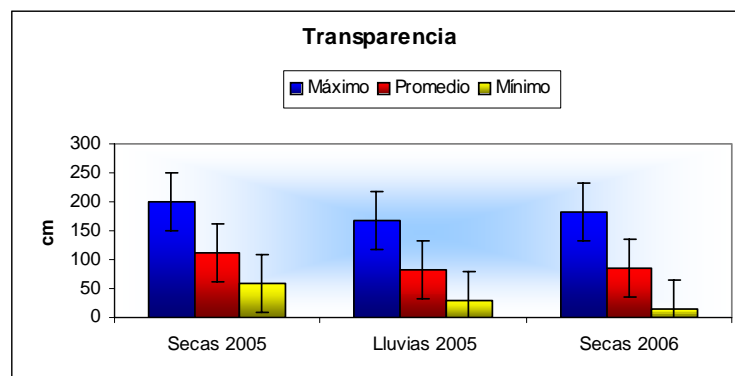


Figura 29. Promedios, máximos y mínimos de transparencia (cm) ( $\pm$  d.s.). En la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

## **Temperatura**

Este parámetro depende directamente de las condiciones meteorológicas, los registros más altos de temperatura se registraron en la temporada de lluvias 2005, después en secas 2005 y la temporada de menor temperatura fue la de secas 2006, de 20.9 °C hasta 31 °C (Figura 30). Esto se debe principalmente a las condiciones meteorológicas ya que este patrón se repite en temperatura ambiental, la posible causa de esto es la cantidad de nubes y la irradiación solar (De La Lanza, 2001), ya que en las temporadas de secas es mayor que en la de lluvias en la cual no había nubes, la variación horizontal de la temperatura se debe a 2 factores: La profundidad, que en las zonas de mayor temperatura es menor y viceversa, y al aporte del afluyente de los ríos y la boca de comunicación con el mar, en estos lugares la temperatura desciende. De manera general este comportamiento concuerda con lo descrito por Morán (1994), Castellanos (2002) y Zamora (2002), pero las temperaturas registradas en este trabajo son más bajas que en los antecedentes posiblemente debido a el cambio en las condiciones meteorológicas con respecto a los otros trabajos y al aumento de profundidad. La temperatura marca la estacionalidad en la mayoría de los estuarios, esta indica diferentes fenómenos como pueden ser las épocas de migración y las temporadas reproductivas, así como la disponibilidad de alimento para muchos organismos (De Sylva, 1985). Secas 2006, fue la temporada en donde se registró la menor temperatura, esto debido a la influencia del Norte, que se presentó durante el muestreo.

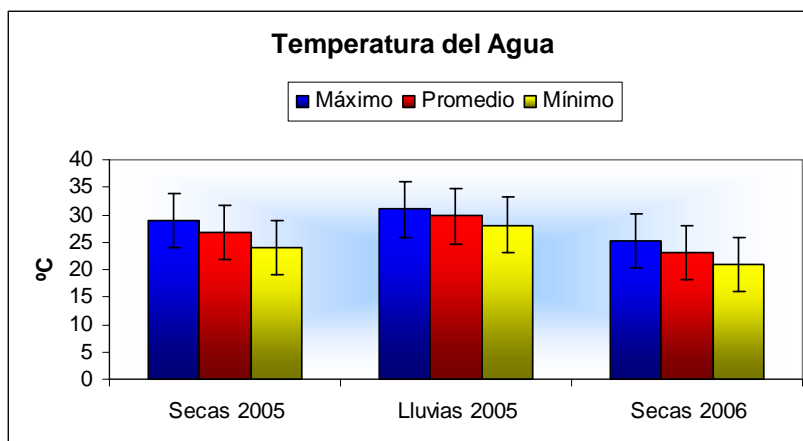


Figura 30. Promedios, máximos y mínimos de temperatura del agua (°C) ( $\pm$  d.s.). En la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

### Salinidad

Este parámetro se vio afectado por las condiciones ambientales y a la fisiografía del lugar, la temporada que registró mayor salinidad fue las de secas 2006 y la de menor fue la de lluvias 2005, se encontraron intervalos de 1.70 ‰ hasta 35 ‰ (Figura 31). Esto se debe, a que durante la temporada de lluvias el aporte de agua de los ríos y de la precipitación pluvial por lo que disminuye la concentración de sales, y durante las temporadas de secas los aportes de los ríos y de la lluvia disminuyen y el aporte de agua del mar aumenta, efecto que se magnificó por la influencia del Norte durante la temporada de secas 2006 que la registró como la más salina. Se observó que el patrón de distribución horizontal de este parámetro es a manera de gradiente de menores valores hacia el interior de la laguna a mayores valores en el canal y la boca de comunicación con el mar. En la temporada de secas 2006, se observa un núcleo de salinidades altas en la parte inicial del brazo de comunicación con el mar, a manera de cuña salina (De La Lanza & Cáceres, 1994). De manera general este comportamiento concuerda con lo descrito por Morán (1994), Castellanos (2002) Zamora (2002), exceptuando la temporada de secas 2006.



La salinidad es probablemente la característica más importante en un ambiente estuarino, esta tiene grandes variaciones ya sea anuales, temporales o incluso por mareas, la salinidad puede variar extensivamente con la profundidad o de un lado al otro del ambiente, esta es importante por que afecta de manera directa a la distribución de los organismos, ya sea directamente o por medio de la distribución de sus alimentos (De Sylva, 1985).

### Conductividad

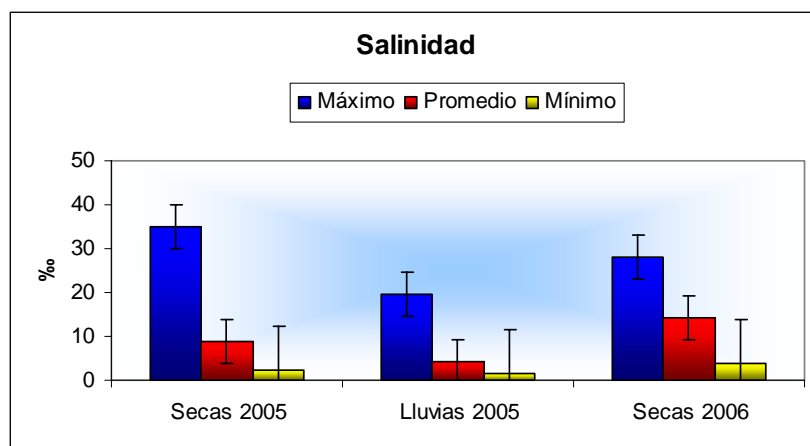


Figura 31. Promedios, máximos y mínimos de salinidad (‰) ( $\pm$  d.s.). En la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

Este parámetro se ve afectado de manera directa por la cantidad de iones disueltos en el agua, ya que la cantidad de éstos en el agua, determinan la facilidad con la cual la energía eléctrica atraviesa una masa de agua (De La Lanza, 2001). La temporada con mayores registros de conductividad fue la de secas 2006 y la menor la de lluvias 2005, se registró un intervalo que va de 2.50 mS hasta 55.30 mS (Figura 32), esto obedece a las mismas causas que la salinidad, la distribución horizontal es la misma que la de la salinidad, es decir a mayor salinidad mayor conductividad, para la conductividad no se cuentan con registros anteriores para éste sistema.

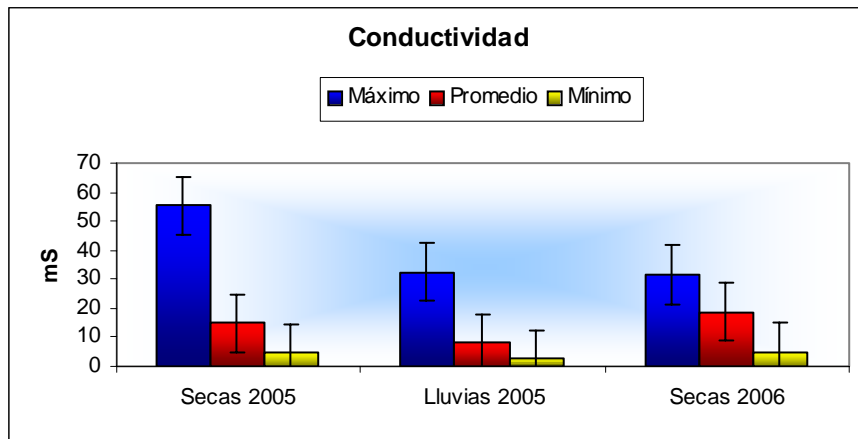


Figura 32. Promedios, máximos y mínimos de conductividad (mS) ( $\pm$  d.s.). En la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

### Oxígeno Disuelto

La temporada con valores mayores fue secas 2006 y lluvias 2005 la de menores, debido al abatimiento de los vientos que mantienen la mezcla

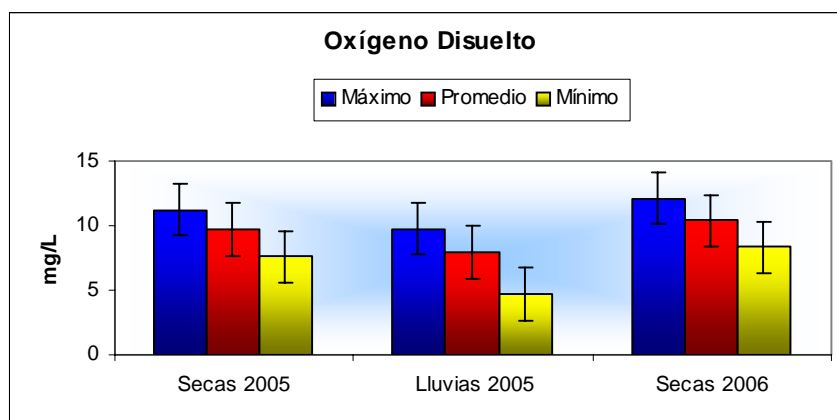


Figura 33. Promedios, máximos y mínimos de oxígeno disuelto (mg/L) ( $\pm$  d.s.). En la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

constante de la columna de agua, de manera general las 3 temporadas presentaron valores por encima de 6 mg/L, lo que ubica al sistema como bien oxigenado (De La Lanza & Cáceres, 1994) con un rango de 4.70 mg/L a 12.11 mg/L (Figura 33), y concuerda con lo registrado por: Morán (1994), Castellanos (2002) y Zamora (2002). Su distribución general se debe a: La profundidad y temperatura, de manera general se puede decir que las regiones con profundidades someras presentaron una mayor temperatura, y estas presentan menor cantidad de oxígeno disuelto. Por otro lado, la influencia de afluentes dulceacuícolas que contribuyen con una mayor captación de oxígeno debido a la turbulencia del agua que provocan y por que esta agua viene con una temperatura y salinidad baja lo cual favorece la solubilidad del oxígeno (De La Lanza, 2001). Así como también lugares como el Sumidero y la parte central y sur de la laguna que presenta gran cantidad de pastos marinos presentan valores más altos de oxígeno disuelto.

En la figura 34 se observa una comparación del comportamiento de la salinidad y el oxígeno con respecto a la temperatura y en ella podemos observar que el oxígeno se encuentra en menores cantidades cuando la temperatura aumenta, en el caso de la salinidad esta aumenta conforme la temperatura asciende, aunque también esta es afectada por otras causas como por ejemplo la influencia del océano, la relación que tiene la salinidad con el oxígeno es que conforme aumenta la salinidad, el oxígeno tiende a encontrarse en cantidades menores.

### Regionalización de la laguna de acuerdo a termohalinogramas

De acuerdo al análisis de los termohalinogramas y su representación en los mapas durante la temporada de secas 2005 la influencia de aguas continentales se encontró en la parte interna de la laguna, teniendo estas aguas características oligohalinas, localizadas en el área de la Laguneta y el Tularcito, las aguas de influencia marina se encontraron en la región de la

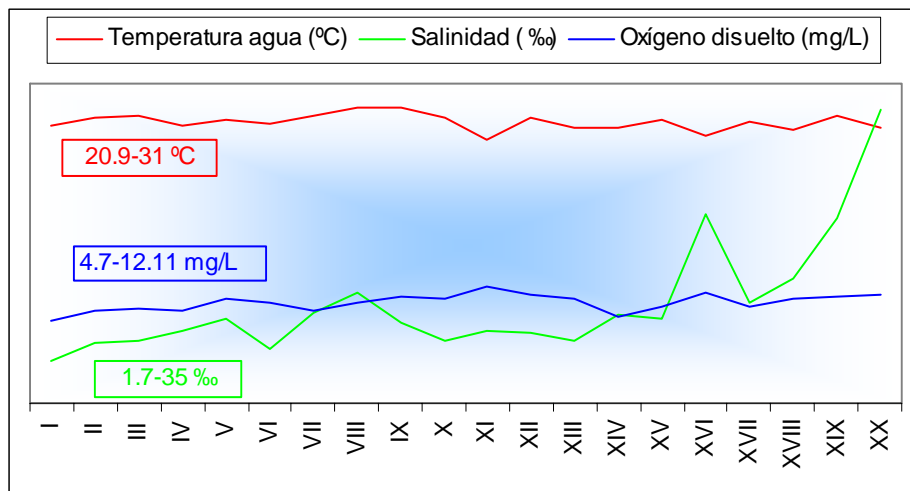


Figura 34. Comportamiento de la salinidad y el oxígeno con respecto a la temperatura por estación de muestreo para la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante la temporada de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

Barra y la boca de comunicación con el mar con características de aguas polihalinas, y las aguas de mezcla (mesohalinas) se encontraron en la parte central de la laguna (Figura 35a).

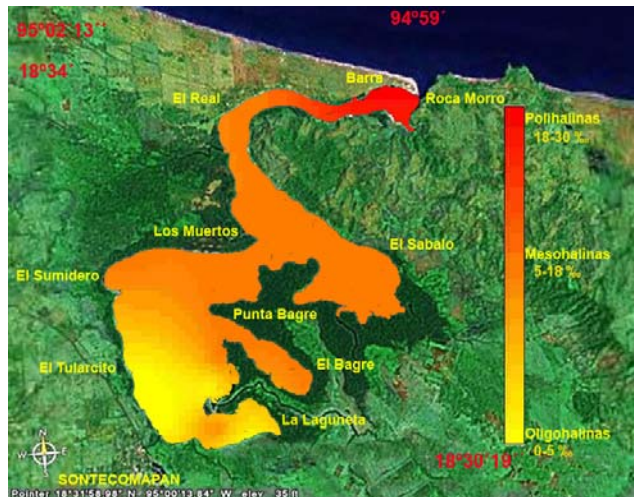
En la temporada de lluvias 2005 se encontró un comportamiento totalmente diferente, en el cual la laguna tuvo una alta influencia de aguas continentales disminuyendo su salinidad y siendo esta en su mayoría de características oligohalinas, las áreas de influencia de aguas marinas únicamente se encontraron en la boca de comunicación con el mar (aguas polihalinas) y las aguas de mezcla se redujeron únicamente a el área de la Barra siendo estas aguas de características mesohalinas (Figura 35b).

Para la temporada de secas 2006, se observó lo contrario, ya que debido a las condiciones de Norte que se presentaron durante el muestreo, ésta se registró con niveles de salinidad más altos ya que la entrada de agua marina al sistema aumenta durante este fenómeno, las aguas de influencia dulceacuícola se redujeron únicamente a 2 áreas una en Punta Bagre y otra en los Muertos siendo estas aguas de características oligohalinas, las aguas de influencia marina se distribuyeron de manera más amplia que en los otros muestreos, encontrándose éstas en toda la región del canal de comunicación hasta los Muertos y en el Bagre, y las aguas de mezcla con características mesohalinas se localizaron en el resto de la laguna (Figura 35c).

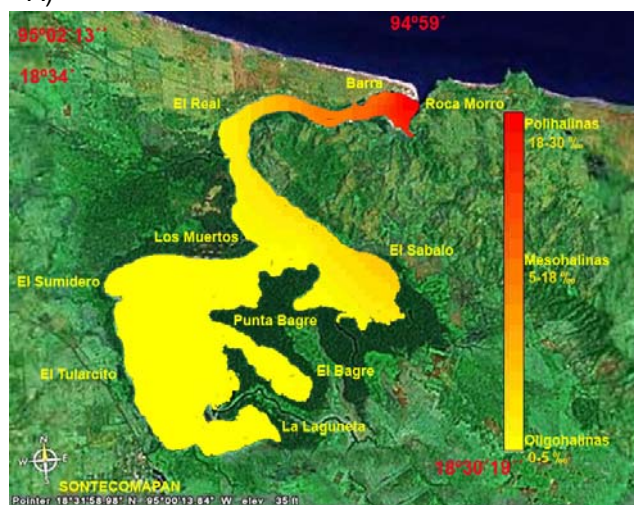
Haciendo una comparación entre ambas temporadas de secas, mayoritariamente presentan aguas mesohalinas, pero la del 2005 tiende tener mayor influencia oligohalina y la del 2006 a tener más influencia polihalina, debido a las condiciones de Norte que se presentaron en el muestreo. Para ambos muestreos del 2005 la laguna se comportó con condiciones de acuerdo a la temporada climática prevaleciente (De La Lanza & Cáceres, 1994).



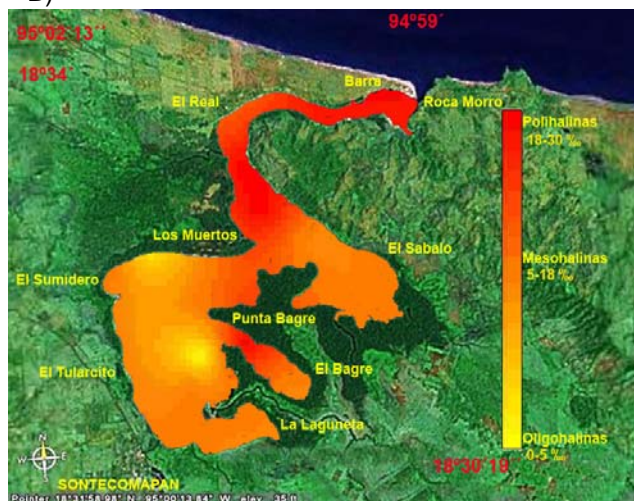




A)



B)



C)

Figura 35. Regionalización de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz en las temporadas de: A) secas 2005 B) lluvias 2005 C) secas 2006 con base en el análisis de termohalinogramas.

## PH

Los valores más altos se registraron en secas 2005, y los menores en secas 2006, en intervalos desde 6.2 hasta 8.2 (Figura 36), esto puede deberse a la mezcla de aguas dulces y marinas, ya que las dulces contienen menor número de iones alcalinos, el CO<sub>2</sub> que se disuelve en el agua reacciona y forma ácido carbónico inestable que tiende a formar carbonatos y bicarbonatos, normalmente en cuerpos de costeros semicerrados como las lagunas costeras el pH puede variar entre 6.5 a 9.5, con pH's alcalinos debidos a la asimilación fotosintética diurna del CO<sub>2</sub>. Los pH's ácidos son resultado de la respiración durante la noche así como por la descomposición de materia orgánica (De La Lanza & Cáceres, 1994), esto concuerda a lo encontrado por otros autores Morán (1994), Herrera *et al.*(2004) y por Blanco *et al.* (2004).

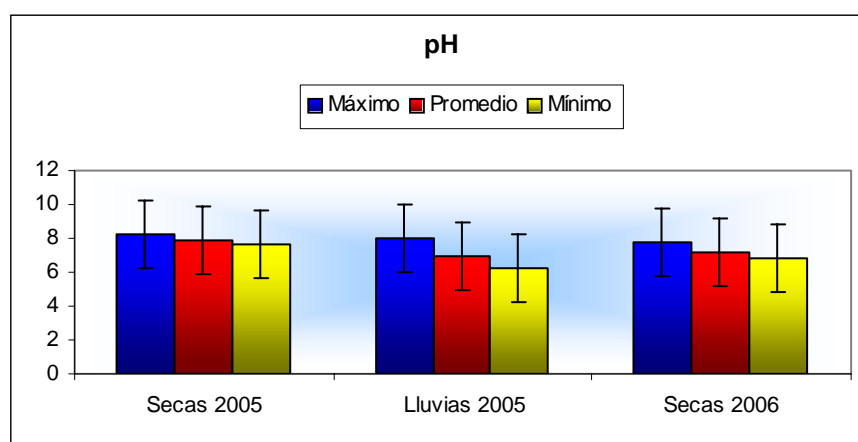


Figura 36. Promedios, máximos y mínimos de pH ( $\pm$  d.s.). En la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

## Sedimentos (Grava, Arena, Lodo)

El factor de mayor influencia sobre la distribución y proporción de los sedimentos es la temporalidad, debido a la influencia de los vientos, corrientes y afluentes maréales y dulceacuícolas, las gravas fueron las que se encontraron en menor proporción de los 3 tipos de sedimento, siendo mas altas

en la temporada de secas 2006 y menores en la temporada de secas 2005, fluctuando de 0% hasta 27.10 % (Figura 37), las arenas se registraron en mayor proporción en las temporada de secas 2005, y en menor cantidad en la temporada de secas 2006 fluctuando de 22.70 % hasta el 100% (Figura 38), los lodos fueron mayores en la temporada de lluvias 2005 y menores en la temporada de secas 2005, fluctuando de 0% hasta el 89% (Figura 39), de manera general los sedimentos se encontraron con la siguiente distribución espacial, la grava solo en las zonas internas de la laguna cercanas a la Laguneta, las arenas se concentraron en el canal y en la boca de comunicación con el mar, los lodos hacia el interior y zonas medias de la laguna, y no hubo variaciones significativas con el trabajo de Castellanos (2002). Las diferencias encontradas entre ambos trabajos se deben posiblemente a la metodología utilizada, ya que Castellanos, utilizó el método del Hidrómetro de Bouyoucos, el cual es un método analítico, y más preciso y en este trabajo se utilizó la técnica de Wentworth que es un método mecánico y menos preciso. Los sedimentos son importantes en un estuario por que en ellos viven gran cantidad de organismos del inbentos y el epibentos, estos a su vez son de gran importancia en las cadenas tróficas ya que son la base de la alimentación de muchos organismos nectónicos (De Sylva, 1985).



**Carbono Orgánico Total**

La cantidad registrada total fue muy similar en 2 muestreos, en llluvias 2005 registró un promedio de 1.71% y en secas 2006 tuvo un promedio de 1.72%, teniendo gradientes de 0 % a 3.2 % (Figura 40), la distribución horizontal muestra mayores concentraciones en la cercanía de las desembocaduras de los ríos, esto debido a que los ríos acarrear grandes cantidades de materia orgánica que al chocar con el agua salada se floclula y se sedimenta, los niveles están dentro de lo normal para un estuario que va de 0.5 % a 5 % (De La Lanza, 2001). Este patrón concuerda con los estudios de Calva & Botella (1999 citado por Calva *et al.*, 2006).

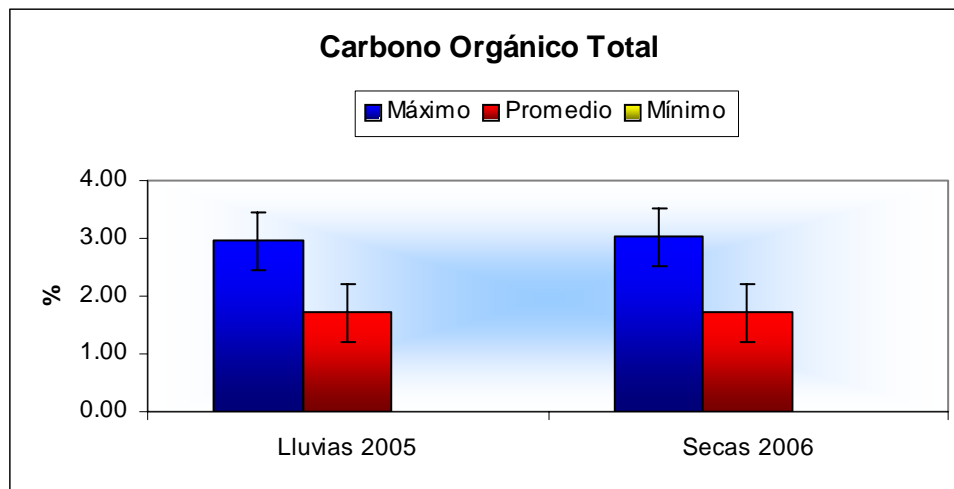


Figura 40. Promedios, máximos y mínimos de carbono orgánico total (%)( $\pm$  d.s.). En la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y llluvias 2005 y secas 2006.



## ***Características De La Comunidad Zooplanctónica***

### **Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y Valor de Importancia**

En el caso de la densidad relativa para las tres temporadas, el grupo *Copepoda* fue el que obtuvo los valores más altos, es decir, esto no varió entre las temporadas, los valores más bajos fueron ocupados por los ostrácodos en las tres temporadas, sin embargo, en la de secas 2005, se encontró también en densidades muy bajas a los poliquetos y los moluscos, grupos que no fueron hallados en el resto de los muestreos debido quizás a que no fueron introducidos a la laguna por el flujo de mareas (Álvarez *et al.*, 2006). También cabe mencionar que en las tres temporadas, el segundo lugar fue siempre ocupado por las larvas de crustáceo, es decir, los grupos con mayor densidad relativa, no variaron de temporada en temporada cabe mencionar el papel que tiene en esto los ciclos reproductivos de los crustáceos ya que hay una constante emigración e inmigración de larvas y adultos al sistema.

La frecuencia relativa mostró el mismo comportamiento que la densidad relativa. Siendo los copépodos los más frecuentes, en segundo lugar las larvas de crustáceo y los ostrácodos los menos frecuentes para las tres temporadas y esto se reflejó de igual manera en el valor de importancia, por lo cual los copépodos son el grupo más importante, siguiéndole las larvas de crustáceo y los ostrácodos, este fenómeno se observa en una gran cantidad de lagunas de Veracruz, como son: Laguna Madre, Tamiahua, Pueblo Viejo, Tampamachoco, La Mancha, Mandinga y Alvarado (Álvarez-Silva & Gómez-Aguirre, 2000).

Esta situación refleja un comportamiento normal, ya que el grupo de los crustáceos y los copépodos de manera particular ocupan entre el 90% y el 60%

del total de la biomasa zooplanctónica en regiones oceánicas (Campos & Suarez, 1994).

### **Distribución y Abundancia**

De manera general se puede decir, que la distribución del zooplancton no fue uniforme, si no que se estableció en parches, de modo que en ciertos espacios en dónde las condiciones ambientales fueron más propensas para el crecimiento del zooplancton, éste tendió a concentrarse, comportamiento que es normal para este tipo de ambientes lagunares-estuarinos (De la Lanza & Cáceres, 1994). Regularmente, la distribución del zooplancton esta definida por la salinidad, pero en esta laguna, la salinidad mostró un comportamiento muy homogéneo por temporada climática, por lo que los parámetros determinantes fueron el oxígeno disuelto y la temperatura, donde los copépodos fueron el grupo con mayor abundancia y más amplia distribución durante las 3 temporadas, abarcando casi toda la laguna, después siguieron las larvas de crustáceo, los malacostrácos ocuparon el tercer lugar y los cladóceros ocuparon el cuarto lugar, este patrón sigue el mismo comportamiento que el valor de importancia y concuerda por lo encontrado por Day & Yañez-Arancibia (1982 citado por Pantaleón *et al.*, 2005).

### **Diversidad Ecológica**

La diversidad ecológica alcanzó el promedio más alto para la temporada de lluvias 2005 (Figura 41), debido principalmente a que presentó una menor

riqueza de grupos y una mayor homogeneidad en la distribución de la densidad relativa de cada grupo zooplanctónico, contrario a la temporada de secas 2005 la cual presentó el valor promedio más bajo, debido principalmente a que a pesar de presentar una mayor riqueza de grupos la distribución de su abundancia fue muy desigual, siendo el grupo *Copepoda* el más abundante.

Es común encontrar una diversidad ecológica baja en las lagunas costeras debido a la alta variabilidad de estos sistemas en términos de salinidad y temperatura (De La Lanza & Cáceres, 1994), esto tiene como consecuencia que los grupos mejor adaptados sean ecológicamente dominantes y se encuentren en mayor abundancia y tengan un valor de importancia ecológica más alto, (como es el caso del grupo *Copepoda*).

Los valores obtenidos en comparación con otros estudios (Álvarez *et al.*, 2003), (Álvarez-Silva & Gómez-Aguirre, 2000) y (Álvarez *et al.*, 2006) son bajos, debido principalmente a que estos trabajos fueron realizados en lagunas ubicadas en latitudes más bajas, lo que es un factor determinante en los valores de diversidad ecológica de las comunidades.

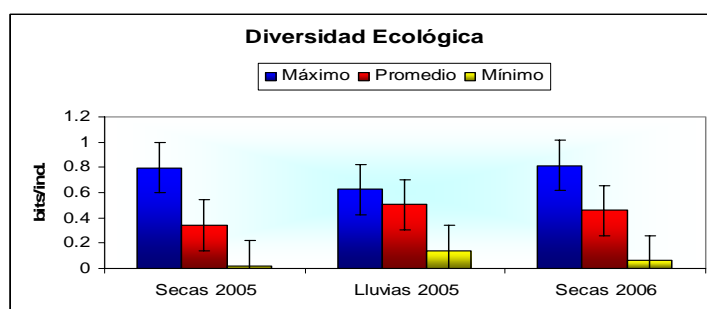


Figura 41. Promedios, máximos y mínimos de valores de diversidad ecológica (bits/ind.) ( $\pm$  d.s.). En la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante las temporadas de secas y lluvias 2005 y secas 2006.

## Tendencias Generales de la Laguna

Este tipo de trabajos tienen una gran importancia debido a que gracias a ellos se puede monitorear cambios en la morfología y en la química de la laguna, lo cual, tiene una gran relevancia biológica y ecológica debido a que estos factores determinan de manera directa la distribución y abundancia de los todos los seres vivos, de tal forma que podemos inferir hacia donde se dirige el sistema y las poblaciones que en él habitan. Las lagunas costeras son idóneas para la reproducción y crianza de diferente fauna como moluscos, peces y crustáceos, algunos de ellos, de importancia económica, ya que estas lagunas presentan características que propician una elevada productividad primaria como son: nutrientes, temperatura y salinidad, por lo que si existiesen cambios en estos factores podrían alterar esta característica.

Por otro lado, esto tiene también relevancia económica, debido a que en estos sistemas se encuentran algunos de los recursos de mayor potencial productivo del país, como es el caso de la laguna de Sontecomapan, en donde no sólo se explota el recurso pesquero, sino que también se utiliza con fines turísticos.

Analizando las investigaciones previas desde 12 años atrás y lo obtenido en este trabajo, se pueden obtener algunas tendencias de la laguna a lo largo del tiempo:

De manera general la laguna se ha hecho más profunda sobre todo en el canal de comunicación con el mar, debido posiblemente a la influencia de la marea, las corrientes generadas por los vientos, así como por fenómenos como los Nortes y huracanes que han modificado la morfología de esta laguna y por consecuencia ha descendido un poco su temperatura.

Otro caso es el de la salinidad, la cual parece estar aumentando como se observó en el último muestreo del 2006 aunque esto no se puede decir, con exactitud, ya que muy probablemente fue debido a las condiciones de norte que se presentaron, ya que los vientos acarrearón grandes cantidades de aguas marinas al interior de la laguna y por lo tanto la salinidad se modificó.

El resto de los parámetros han permanecido constantes en sus variaciones por temporada climática.

En este análisis se consideraron investigaciones realizadas desde hace 12 años, en los cuales la laguna ha sido ampliamente influenciada por actividades humanas como: tala de árboles, turismo y explotación pesquera, y en lo que a la hidrología respecta, se puede decir que estas actividades no ha repercutido en gran medida, ya que la mayoría de los parámetros hidrológicos han permanecido constantes variando únicamente por temporada climática, reflejando que estas prevalecen (Tabla 2).

Tabla 2 Comparación de los trabajos utilizados en el análisis de investigaciones realizadas desde hace 12 años en la laguna de Sontecomapan, Veracruz.

Parámetro /Trabajo	Morán (1995)	Zamora (2002)	Castellanos (2002)	Cabral (2007)
Profundidad (cm.)	XX	140.77	144.6	166.57
Transparencia (cm.)	60.05	81.05	76.9	92.38
Temperatura (°C)	27.47	27.68	27.8	26.52
Salinidad (‰)	10.83	8.06	8.40	9.09
Conductividad (mS)	XX	XX	XX	13.87
Oxígeno mg/L	5.75	6.23	7.3	9.35
pH	7.50	XX	XX	7.35
% Grava	XX	XX	14.6	3.37
% Arena	XX	XX	48.6	63.41
% Lodo	XX	XX	36.8	33.00
% Carbono orgánico	XX	XX	XX	1.72

## **Conclusiones**

- Los parámetros fisicoquímicos cambiaron a consecuencia de las condiciones meteorológicas presentes en los diferentes muestreos.
- La profundidad y transparencia nos indican que la laguna es somera y transparente.
- La temperatura nos indica que la laguna es cálida por su ubicación geográfica.
- Durante las temporadas de secas la laguna fue mesohalina sin embargo en el 2005 hubo mayor influencia dulceacuícola y en el 2006 la influencia mayor fue marina.
- El oxígeno disuelto nos indica que la laguna esta bien oxigenada.
- El pH nos indica que la laguna es neutra.
- La textura y porcentaje de los sedimentos nos indican que la laguna tiene una textura de tipo arena lodosa con huellas de grava.
- El carbono orgánico total nos indica que la laguna está dentro de lo normal para un estuario.
- El grupo *Copepoda* fue el que obtuvo el valor de importancia más alto así como una mayor distribución y abundancia para las tres temporadas muestreadas.
- La distribución del zooplancton no fue uniforme, si no que se estableció en parches, de modo que en ciertos espacios donde las condiciones son adecuadas el zooplancton tiende a concentrarse.
- La diversidad ecológica del zooplancton fue baja, lo cual refleja un comportamiento normal en una laguna costera.



## Referencias

- 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 (Biología), Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México. 39 p.
- Álvarez-Silva, C. & S. Gómez-Aguirre. 2000. Listado actualizado de la fauna de Copépodos (Crustacea) de las lagunas costeras de Veracruz. *Hidrobiológica* 10 (2): 161-164 pp.
- Álvarez, S. C., Miranda A. G. & De Lara. I. G. 2003. Familia Pontellidae (Crustacea: Copepoda) en la Bahía La Ventosa, Oaxaca, México: Sistemática y ecología. *Revista de Biología Tropical* 51 (3): 737-742 pp.
- Álvarez, S. C., Miranda A. G., De Lara. I. G. & Gómez. A. S. 2006. Zooplancton de los sistemas estuarinos de Chantuto y Panzacola, Chiapas, en época de secas y lluvias. *Hidrobiológica* 16 (2): 175-182 pp.
- Arias, L. L. V. 1998. *Hidrología de la laguna Camaronera Ver., México*. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México. 115 p.
- Arriaga, C. L., V. Aguilar, S. & J. Alcocer D. 2002. *Agua continentales y diversidad biológica de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Blanco, J, F., Carrillo, G, F., Francisco, V., Torres, H, A., Zuluaga, M, A. & Cruz, P, G. 2004. Caracterización fisicoquímica de la laguna La Mancha (Veracruz, México). *Ecología de ecosistemas tropicales mexicanos*. 10 (2). 50-56 pp.

- Boltovskoy, D. 1981. *Atlas de zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Ministerio de Comercio e Intereses Marinos, Subsecretaría de Intereses Marítimos, República Argentina. Mar de Plata. Argentina. 936 p.
- Botello, R. M. A., Pastén, M. N. & Martínez, C. L. R. 1992. Caracterización de las condiciones hidrológicas y biomasa del fitoplancton durante otoño, en un sistema lagunar de la región central del Golfo de California. *Mem IX Congreso Nacional de Oceanografía*, Veracruz, Veracruz, México.
- Bulit, C., Signoret, M. & Esquivel, A. 1992. Caracterización ambiental de la laguna de Tampamachoco, Ver. *Mem IX Congreso Nacional de Oceanografía*, Veracruz, Veracruz, México.
- Bulit, C., Signoret, M., Esquivel, A. & Figueroa, G. 1994. Pigmentos y productividad fitoplanctónica en una laguna costera del norte de Veracruz, México: Logros y limitaciones. *Mem III Congreso de Ciencias del Mar*. La Habana, Cuba.
- Cadena, M. L., Carmona, D. G. & Rodríguez, L. E. 2004. Ictiofauna de la laguna de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz, México. *Mem IX Congreso Nacional de Ictiología*. Villahermosa, Tabasco, México.
- Calva, B. L. G., Pérez, R. A. & Márquez, G. A. Z. 2006. Contenido de carbono orgánico y características texturales de los sedimentos del sistema lagunar costero de Chantuto-Panzacola, Chiapas. *Hidrobiológica*. (16) 2: 127-136pp.

- Campos, H. & Suárez, M. 1994. *Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe I Biología y Sistemática*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. México. 353 p.
- Carranza-Edwards, A., Gutiérrez M. E. & Rodríguez R. T. 1975. Unidades morfo-tectónicas continentales de las costas mexicanas. *An. Centro de Cienc. Del Mar y Limnól. Univ. Nal. Autón. México*, 2(1): 81-88.
- Castañeda, L. O. & Contreras, E. F. 1994. Volumen III: Golfo de México. (De Tamaulipas a Veracruz). Serie: *Bibliografía completada sobre ecosistemas costeros mexicanos*. CONABIO/ UAM-I/ CDELM, pp 510-531.
- 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 (Biología), Escuela Nacional de Estudios Superiores, Iztacala, UNAM, México. 170 p.
- Castellanos B. A. 2002. *Caracterización hidrológica de la laguna de Sontecomapan, Veracruz de abril de 1995 a septiembre de 1996*. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México. 115 p.
- Chávez, S. 1980. *Elementos de Oceanografía*. 4ta Ed., Compañía Editorial Continental, S.A., México, 127-136 pp.
- Clayen, P. A. 1988. *Estudio sobre algunos parámetros biológicos en el Bagre Arius melanopus, Gunther de la laguna de Sontecomapan, Ver. México*. Tesis de licenciatura (Biología), Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México. 32 p.

- Contreras, F. 1993. Hidrología y nutrientes en lagunas costeras. En: Figueroa, M. G. (Ed.). *Fisicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas*. UAM Unidad Iztapalapa, pp 16-24.
- De la Cruz A. G. 1994. *ANACOM. Sistema para el análisis de comunidades*. Versión 3.0. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. CICIMAR-I.P.N. La Paz, B.C.S. 98 p.
- De La Cruz, A. G. & Franco, L. J. 1981. 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 Lanza, E. G. 1993. Importancia ecológica de los ciclos biogeoquímicos en los sistemas lagunares costeros. En: Figueroa, M. G. (Ed.). *Fisicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas*. UAM Unidad Iztapalapa, pp 16-24.
- De La Lanza, E. G. 2001. *Características físico-químicas de los mares de México*. Plaza y Valdes editores, México. 149 p.
- De La Lanza, E. G., & C. Cáceres, M. 1994. *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Univ. Autón. Baja California Sur, México. 525 p.
- De Sylva, D.P. 1985. Nektonic food webs in estuaries. Chap. 11: 233-246 pp. In: A. Yáñez-Arancibia (Ed.) *Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards an ecosystem integration*, 654p. DR (R) UNAM press. México 1985.
- Gallegos, A. & Zavala, J. 1994. Aspectos hidrológicos del paso de los vientos. *Mem III Congreso de Ciencias del Mar*. La Habana, Cuba.

- García, E. 1970. Los climas del estado de Veracruz (según el sistema de clasificación Köeppen, modificado por la autora). *An. Inst. Biol Univ. Nal. Autón.* México. 41, serie Botánica. (1): 3-34 pp.
- Herrera, N, A., Tamini, L, L., Zamora, T, P., Moreno, N, E. 2004. Descripción de parámetros como indicadores de gradientes en la laguna La Mancha, Veracruz, México. *Ecología de ecosistemas tropicales mexicanos.* 10 (2): 42-49 pp.
- Herrera-Silveira, J, A. 2006. Lagunas costeras de Yucatán (Se, México): Investigación, diagnóstico y manejo. *Ecotropicos.* 19 (2): 94-108 pp.
- Jiménez, V. M. 1984. *Contribución al conocimiento de la biología de los robalos (Centropomidae) de la laguna de Sontecomapan, Ver.* Tesis de licenciatura (Biología), Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México. 64 p.
- Lankford, R. R. 1977. *Coastal lagoon processes.* Elsevier Oceanography Series, 60. Elsevier Science Publishes B. V. Great Britain. pp 1-3.
- Marcano, J. E. 2006. La Hidrología.  
<http://jmarcano.topcities.com/ciencias/hidrologia.html>
- Martínez, H. M. G. M. 1987. *Distribución y abundancia estacional del ictioplancton de la laguna de Sontecomapan, Ver. México* Tesis de licenciatura (Biología), Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México. 136 p.
- Matus, P. J., Cárdenas, B. L. A. & Barreiro, G. M. T. 1992. Influencia de los factores climáticos sobre las variaciones espacio-temporales de algunos parámetros hidrológicos en la laguna de La Mancha, Ver. *Mem IX Congreso Nacional de Oceanografía, Veracruz, Veracruz, México.*

- Menéndez-Liguori, F. J. 1976. *Los manglares de la laguna de Sontecompan, Los Tuxtlas, Ver.* Tesis de licenciatura (Biología). Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala Univ. Nal. Autón. México, 136 p.
- Morán, S. A. 1994. *Caracterización hidrológica y espacio-temporal con base en los nutrientes y clorofila a de la laguna de Sontecomapan, Veracruz.* Tesis de licenciatura (Biología), Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México. 66 p.
- Pantaleón, L. B., Aceves, G. & Castellanos, I. A. 2005. Distribución y abundancia del zooplancton del complejo lagunar Chacahua-La Pastoría, Oaxaca, México. *Revista mexicana de biodiversidad.* 76 (1): 63-70 pp.
- Raz-Guzmán, M. A. & De La Lanza, E. G. 1993. Caracterización isotópica de la laguna de Términos, Campeche: Sedimentos, vegetación y crustáceos. En: Figueroa, M. G. (Ed.). *Fisicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas.* UAM Unidad Iztapalapa, pp 1-6.
- 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): pp 385-417.
- Rocha, R., Cházaro, R., Román, H., & Molina, M. 1996. Claves de identificación para estadio zoea, mysis, postlarvas (Caridea y Penaeidea) y megalopas (Anomuras y Brachyura) de la laguna de Alvarado, Veracruz, México. *Revista de Zoología,* No. Especial, (I): 1-22.
- Smith, D. G. 2001. *Pennak's freshwater invertebrates of the United States Porifera to Crustacea.* 4ta ed. Editorial Wiley & Sons Inc. 638 p.



- 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 (Biología), Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, 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.
- Servicio Mareógrafo Nacional. 2007. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geofísica. [www.mareografico.unam.mx](http://www.mareografico.unam.mx)
- 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.
- Winfield, A. I. 1987. *Distribución, abundancia y estacionalidad del orden Tanaidacea, (Crustacea: Perecarida) de la laguna de Sontecomapan, Ver. México* Tesis de Licenciatura (Biología), Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México. 52 p.
- Yáñez-Arancibia, A. 1986. *Ecología de la zona costera análisis de siete tópicos*. AGT Editor S.A, pp 11-49.
- Zamora, A. L. 2002. Hábitos alimentarios en larvas y juveniles de peces en la laguna de Sontecomapan Veracruz durante las temporadas climáticas de 1996-1997, Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad De Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México. 115 p.

<http://www.ibiologia.unam.mx/tuxtlas/localizacion/generalida>