

**Universidad Nacional Autónoma de México**



**Facultad de Estudios Superiores Zaragoza**

**“Variación nictímera y mensual de la abundancia fitoplanctónica de la laguna La Mancha, Ver., durante un ciclo anual (mayo 2012 a mayo 2013)”.**

**TESIS**

**Que para obtener el título de**

**Biólogo**

**Presenta:**

**Jhoselyn Andrea Ramos Percastre.**

**Directora de Tesis:**

**Dra. María Esther Meave del Castillo**

**Asesor interno:**

**Dr. Manuel Arnoldo Castillo Rivera.**



**México, D.F. Octubre, 2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



La presente tesis se desarrolló dentro del Proyecto de Investigación de Ecología de poblaciones y comunidades de peces del Laboratorio de Peces del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

## RESUMEN

El fitoplancton es la fracción fotosintética del plancton del ambiente acuático y su distribución está dada por factores bióticos y abióticos. Dichos factores varían en ciclos nictímeros (24 horas continuas), por lo que el objetivo del trabajo fue investigar si el fitoplancton respondía a los cambios registrados en ciclos de 24 horas a lo largo de un ciclo anual. El estudio se realizó en la laguna La Mancha, Veracruz, correspondiente a un sistema salobre; las muestras fueron colectadas con botella Van Dorn a 1 m de profundidad, en la boca de la laguna, mensualmente en el periodo comprendido de mayo de 2012 a mayo de 2013. Las colectas se efectuaron cada dos horas desde las 18:00 de un día hasta las 16:00 del día siguiente. Los conteos de las células fitoplanctónicas se realizaron mediante el método de Utermöhl. El conteo se hizo reconociendo 4 grupos: diatomeas (Bacillariophyta,) dinoflagelados (Dinophyta), cianofitas (Cyanophyta) y prasinofíceas (Prasinophyceae) principalmente. Como resultados se obtuvo que febrero fue el mes con la mayor densidad promedio (32,140 céls. L<sup>-1</sup>), mientras que abril presentó los menores valores de densidad (15,903 céls. L<sup>-1</sup>). Las variaciones en la abundancia fitoplanctónica a lo largo del día fueron pequeñas y no significativas, y tampoco se encontraron relaciones con los parámetros ambientales evaluados (salinidad, mareas y condición de la boca). En particular en el mes de febrero a las 08:00 horas se registró el valor de densidad fitoplanctónica más alto (12,213 céls. L<sup>-1</sup>), en comparación con el valor más bajo (4,587 céls. L<sup>-1</sup>), reportado en el mes de junio a las 14:00 horas. Se observó que durante la época de secas (febrero a mayo) y la época de nortes (diciembre a enero), el fitoplancton aumentó conforme disminuyó el nivel de la marea. Por el contrario durante la época de lluvias (junio a noviembre), la densidad disminuye mientras aumenta el nivel de marea.

## ÍNDICE

Agradecimientos y dedicatorias.....	<i>iv</i>
Resumen.....	<i>v</i>
1. Introducción.....	1
1.1 Justificación .....	7
1.2 Área de estudio.....	9
2. Antecedentes.....	13
3. Objetivos.....	15
4. Metodología.....	16
5. Resultados .....	20
Comportamiento nictímero de parámetros ambientales.....	20
Comportamiento mensual de parámetros ambientales.....	23
Composición florística y abundancia total.....	28
Comportamiento nictímero del fitoplancton.....	31
Comportamiento estacional del fitoplancton.....	35
Análisis nictímero por mes.....	40
6. Análisis de resultados y discusiones.....	46
7. Conclusiones.....	54
8. Bibliografía.....	55

## 1. Introducción.

El fitoplancton es la fracción fotosintética de la comunidad acuática que vive suspendida en el agua, a merced de los movimientos de las corrientes (Reynolds, 1983). Está compuesta por diversas poblaciones microalgales que viven en el ambiente pelágico, algunas de ellas presentan locomoción por medio de flagelos, o bien, presentan mecanismos hidrodinámicos que les permite realizar migraciones verticales en ambientes poco turbulentos (Wetzel, 2001). Su distribución y frecuencia en la columna de agua está dada por factores tanto bióticos como abióticos (De la Lanza-Espino *et al.*, 1994).

Como las plantas en el ambiente terrestre, el fitoplancton fija el carbono mediante el proceso de fotosíntesis en el ambiente acuático, haciéndolo disponible para los siguientes niveles tróficos; dado que son los productores primarios del ecosistema, el fitoplancton es consumido por el zooplancton, que a su vez puede ser consumido por moluscos, crustáceos y peces, por ello se considera que son los productores primarios que sustentan a toda la comunidad de organismos animales en los sistemas acuáticos. Los factores ambientales más importantes que tienen influencia sobre el crecimiento del fitoplancton son la luz y la disponibilidad de nutrientes tales como los fosfatos, los nitratos, el amonio y sobre todo para las diatomeas, los silicatos. Por ello, el crecimiento del fitoplancton está limitado a la zona de la columna de agua donde hay luz y nutrientes (Alvarado, 2003).

Los cocolitofóridos son organismos fitoplanctónicos que poseen estructuras de calcio en su pared (cocolitos) y de esta manera funcionan también como

sumideros de carbono y mitigan de alguna manera el efecto invernadero del planeta.

Hay muchas especies de fitoplancton en el ambiente marino (aproximadamente 5,000), cada una de ellas presentan una forma, tamaño y función característica. Sin embargo, de manera general los distintos grupos fitoplanctónicos presentan distintas formas de nutrición y por ellos de condiciones de turbulencia de la columna de agua. Para fines de cumplir los objetivos del presente trabajo, la abundancia del fitoplancton en el ambiente se contabilizó a nivel de grupo.

Según Graham y Wilcox (2000), existen 8 Divisiones algales dentro del fitoplancton. Cada uno de los grupos contiene atributos únicos en su morfología, composición bioquímica, de pigmentos y sustancias de reserva, estructura celular de organismos tales como los cloroplastos y funciones. A continuación se da una lista de los distintos grupos con una breve descripción:

- Cyanophyta o cyanoprocariota: conocidas comúnmente como algas verde-azules, son células procariontes que pueden ser unicelulares o formar cenobios, planos o globulares. Las cianobacterias comparten con algunas otras bacterias la habilidad de fijar el nitrógeno ( $N_2$ ) del aire, que consiste en el gas más abundante, y reducirlo a amonio ( $NH_4$ ).
- Glaucophyta: son organismos eucariontes que tienen una pared de peptidoglucano, contienen plastidios verde-azules y almacenan almidón. Existen aproximadamente 9 géneros y cuyas especies son todas de agua dulce.



- Euglenophyta: este grupo contiene principalmente a organismos de agua dulce, aunque existen especies salobres y marinas; con un total de 43 géneros y 800 especies, que se mueven con ayuda de 1 o 2 flagelos, flexibles y presentan pigmentación verde debido a la presencia de clorofila a y b.
- Cryptophyta: el grupo contiene organismos biflagelados, que presentan uno o dos plastidios grandes, con clorofila a, c2 y ficoeritrina. Compuesta por una clase y un orden únicamente.
- Prymnesiophyta o Haptophyta: este grupo está compuesto por 50 géneros y 500 especies, entre las cuales se encuentran los cocolitofóridos cuyas paredes presentan cocolitos de carbonato de calcio. Estos organismos son capaces de moverse con un par de flagelos apicales. Su característica particular más relevante es la presencia de tres flagelos y el central se llama haptonema, constituido por retículo endoplásmico. Los laterales sirven para su movimiento.
- Dinophyta: este grupo contiene a los organismos conocidos ampliamente como dinoflagelados, existen alrededor de 550 géneros y 4,000 especies, de las cuales solo 220 son de agua dulce. Existen especies tanto ribereñas como fósiles. Varias especies son productoras de toxinas y por ello varias son formadoras del fenómeno conocido como FAN (Florecimiento Algal Nocivo).

- OcropHYta: contiene varias clases y entre ellos a los organismos conocidos como diatomeas. Dentro de esta división, las diatomeas son el grupo más importante con 250 géneros y alrededor de 100,000 especies. La mayoría son organismos inmóviles con paredes de silicio que se mueven pasivamente con las corrientes. Otros presentan complejos intercambios de iones para realizar migraciones verticales o bien, utilizar el rafe para desplazarse sobre una capa de agua. Las diatomeas tienen una compleja pared de sílice llamada frústula y aspectos particulares en los cloroplastos lo que ha guiado a que varios autores conserven este grupo como una división distinta denominada Bacillariophyta.
- Chlorophyta: contiene a los organismos conocidos como algas-verdes, existen 350 géneros y 2,500 especies. Son especies que se mueven con dos o más flagelos iguales y tienen pigmentación verde debido a que presentan clorofila a y b. Es un grupo principalmente dulceacuícola. En esta división se encuentra la familia Prasinophyceae, encontrada en el presente estudio.

Las lagunas costeras son cuerpos de agua someros, separados del océano por una barrera generalmente arenosa. Estos cuerpos de agua se encuentran conectados al menos intermitentemente al océano por una o más entradas temporales (bocas). Normalmente estos cuerpos de agua presentan una orientación paralela a la costa y representan un 13% de la línea costera mundial (Kjerfve, 1994). La importancia de las lagunas costeras se debe a su interrelación

con otros ecosistemas costeros; al igual que por el uso y aprovechamiento de sus recursos por el hombre.

Los ciclos nictímeros se caracterizan por tener una duración de 24 horas, durante los cuales se alternan el día y la noche (Sournia, 1968). Estos ciclos inciden en el comportamiento de los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas acuáticos, en escalas de tiempo corto (De la Lanza-Espino *et al.*, 2000). Dado que el fitoplancton requiere de la luz solar, esta comunidad podría responder a cambios relacionados con los ciclos nictímeros. Moore (1955) y Madigan *et al.* (2004) señalan que el comportamiento del fitoplancton suele estar determinado tanto por las variaciones ambientales, como por su estado fisiológico y sus fases de desarrollo. Bajo condiciones ambientales específicas algunas especies del fitoplancton, entre las que destacan las diatomeas y los dinoflagelados (Zingone & Enevoldsen, 2000), se desarrollan de forma masiva, evento que se conoce como florecimientos algales o “blooms”.

El estudio de las variaciones nictímeras de temperatura del agua, oxígeno disuelto y otras variables acopladas a medidas climatológicas, tales como el viento, la radiación solar y la precipitación, tienen gran importancia para indicar los principales mecanismos de funcionamiento y las interrelaciones que ocurren en cortos periodos de tiempo (variaciones nictímeras) en los sistemas acuáticos. Las oscilaciones periódicas se deben no solo a los ciclos de luz/oscuridad que afectan las actividades de los organismos, sino también a la acción de los factores climáticos sobre la estructura vertical del sistema.

La estructura vertical de la columna de agua de los ecosistemas acuáticos sufre reorganizaciones periódicas y la consecuencia fundamental es que se conectan los ciclos de estas reorganizaciones y sus principales eventos (Gavilán, 1990). A partir de estos ciclos y de acuerdo a la intensidad y la frecuencia de la entrada de energía turbulenta, se favorece la mezcla y el incremento en la diversidad de las comunidades acuáticas debido al carácter intermedio de la perturbación.

## **1.1 Justificación**

La importancia de estudiar al fitoplancton radica en que son los productores primarios y de ellos depende el funcionamiento del ecosistema acuático ya que proveen la energía que ellos incorporan a través del proceso de fotosíntesis.

Para Barbosa et al. (1981), las fluctuaciones presentadas por las variables limnológicas, en un periodo de 24 horas, juegan un papel fundamental en la caracterización de los cuerpos de agua tropicales. Por lo tanto, el estudio de las variaciones nictímeros de los factores climáticos, físicos, químicos y biológicos, es de fundamental importancia para la comprensión de los principales mecanismos de funcionamiento de los organismos y de las interacciones que ocurren en los ecosistemas acuáticos en cortos intervalos de tiempo (Gavilán, 1990).

El conocimiento de la biodiversidad de un área protegida, es un aspecto relevante para el manejo y conservación de los recursos naturales.

La variación estacional permite conocer la dominancia de los grupos algales en el transcurso de los meses y también encontrar las causas que propician estos cambios.

Por lo que este proyecto se realizó con la finalidad de conocer el comportamiento estacional y nictímero de la abundancia total fitoplanctónica, así como de los taxa más importantes durante un ciclo anual completo en un área protegida (RAMSAR) como lo es la laguna de La Mancha en el estado de Veracruz. Este estudio permitió conocer los principales grupos taxonómicos de fitoplancton que a su vez

logró una mejor comprensión de la dinámica ecológica del sistema para conservar y manejar los recursos del mismo de una manera adecuada.

## 1.2 Área de estudio.

La laguna La Mancha se localiza entre los paralelos  $9^{\circ} 22' - 9^{\circ} 24' N$  y los meridianos  $98^{\circ} 22' - 98^{\circ} 24' O$ , en la costa central del Estado de Veracruz, Municipio de Actopan (Fig. 1). Está ubicada a 30 kilómetros aproximadamente al norte de la Ciudad José Cardel y a 60 kilómetros del Puerto de Veracruz.

El sistema lagunar corresponde al tipo III según la clasificación de Lankford (1977), que corresponde a una depresión inundada, protegida por una barrera arenosa producida por la acción de la corriente y el oleaje. Su batimetría es somera (promedio 1.10 m), excepto en los canales de erosión; la salinidad es altamente variable a lo largo del año, registrándose desde condiciones limnéticas (0-5) hasta hipersalinas (>40) (Castañeda y Contreras-Espinosa, 1996). De acuerdo con García (2004), el clima de la zona corresponde al tipo AW<sub>2</sub> (cálido subhúmedo); con una precipitación histórica promedio de 1,767 mm/año y una tasa de evaporación de 1,500 mm/año. De noviembre a febrero la región sur del Golfo de México, es afectada por los nortes debido al desplazamiento de masas de aire polar continental provenientes de Canadá y Estados Unidos, que al pasar sobre el Golfo de México se cargan de humedad, provocando el aumento de la precipitación invernal y descensos rápidos en la temperatura. Los vientos fríos y húmedos generados por este meteoro alcanzan velocidades de hasta 80-100 km/h (Salas de León *et al.*, 1992).

La extensión lagunar de La Mancha es de 1.35 km<sup>2</sup> (135 ha), con una longitud aproximada de 3 Km; la laguna está rodeada de bosque de manglar que cubre

una superficie de 300 ha (Hernández-Trejo *et al.*, 2006). Dicha comunidad en la porción sur se compone de por lo menos tres asociaciones de mangle, *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* (López-Portillo *et al.*, 2009) que difieren en la dominancia y composición de especies (Utrera-López y Moreno-Casasola, 2001).

La laguna La Mancha recibe la descarga del río Caño Grande y de su cuenca. El paisaje se compone principalmente de tierras de cultivo y pastizales para la ganadería (Lima-Mena, 1992). En la cuenca del río Caño Grande, Travieso-Bello (2000) elaboró un mapa de vegetación de 5,264 ha, de las cuales 1,164 ha son de vegetación natural (principalmente 426 ha de bosques tropicales de hoja perenne y semiseco, 312 de humedales y 426 ha de vegetación de dunas), 2,774 ha de pastos y tierras agrícolas, y 1,326 ha de vegetación secundaria (campos abandonados). Los pastizales representaron el 42% (2078 ha) de la superficie total. La laguna de La Mancha es considerada como un sistema de características intermitentes por el efecto de la apertura y cierre de su boca (Mee, 1977) que a su vez está regulada por el balance de la marea (tipo mixta con predominancia diurna, con una amplitud que varía de 30-80 cm y una media anual de 50 cm; vientos y descargas de agua dulce (CICESE, 2009). La conectividad entre la laguna y el mar, generalmente interrumpida durante los meses de septiembre y octubre, cuando la barra de arena se cierra, durante el inicio de la temporada de nortes. La boca se abre nuevamente en marzo o abril, ya sea porque la cuenca de la laguna se llena; erosionando la barra arenosa debido al flujo constante del río



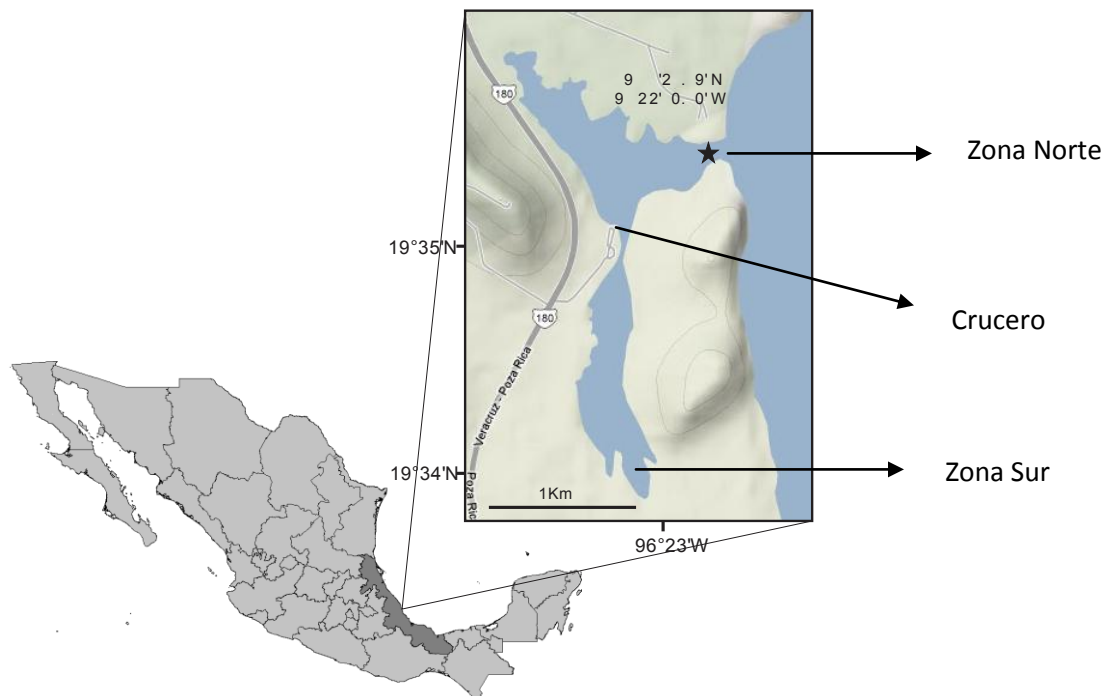
Caño Grande (Villalobos-Figueroa *et al.*, 1984), o bien debido a la intervención mecánica de los residentes locales (Utrera-López y Moreno Casasola, 2001).

La dinámica de apertura-cierre de la boca, regula los ciclos y procesos hidrológicos, biológicos y ecológicos del sistema (Lara-Domínguez *et al.*, 2006), de manera que al interior del mismo se identifican dos zonas: 1) la Zona Sur, la cual se distingue por ser una cuenca semicerrada, con influencia de agua dulce a través del río Caño Grande, rodeada por manglar (Utrera *et al.*, 2001) y 2) la Zona Norte, ubicada en el área de influencia de la boca y una zona de transición conocida como el Crucero (Villalobos-Figueroa *et al.*, 1984; Legaria, 2003; Rivera *et al.*, 2008).

En condiciones de boca cerrada la zona sur se caracteriza por su bajo contenido de oxígeno disuelto ( $3.69 \text{ mg. L}^{-1}$ ), y en cambio altas concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) y ortofosfatos ( $10.52$  y  $5.7 \text{ } \mu\text{M}$  respectivamente) (Contreras-Espinosa *et al.*, 2005). La zona norte por el contrario se caracteriza por una alta oxigenación y una baja concentración de nitrógeno total y ortofosfatos; ambas zonas no obstante son altamente productivas ( $150 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ). En condición de boca abierta, la salinidad se incrementa (22) y en ambas zonas la concentración de oxígeno aumenta ( $4.8 \text{ mg.L}^{-1}$ ), mientras que la concentración de NID disminuye ( $8.2 \text{ } \mu\text{M}$ ) y se registra una baja concentración de clorofila *a* ( $12 \text{ mg m}^{-3}$ ).

La laguna presenta dos épocas contrastantes en el año, una de ellas durante el invierno, cuando el flujo de agua dulce disminuye y los nortes transportan a lo

largo de la costa sedimentos que se acumulan en la entrada, produciendo el cierre de la boca. En general, la boca se puede cerrar desde mediados de octubre hasta mediados de diciembre y la laguna permanece cerrada durante la estación seca de febrero a junio (Utrera-López y Moreno-Casasola 2001). La segunda época corresponde a la temporada de lluvias, cuando la boca permanece abierta; durante la primera parte de la época de lluvias, la descarga de los ríos aumenta y el agua se acumula gradualmente en la laguna y a menudo conduce a la inundación de los manglares que rodean la laguna (Yáñez-Espinosa *et al.*, 2009). El aumento del nivel del agua dentro de la laguna alcanza un nivel, que provoca la erosión de la barra, causando que la boca se abra. Esto conduce a un intercambio activo entre la laguna y el mar aledaño, y al desarrollo de gradientes de salinidad, turbidez, y oxígeno disuelto en su interior (Lara-Domínguez *et al.*, 2005).



**Figura 1.** Mapa del área de estudio, laguna La Mancha, Ver. La ubicación del sitio de muestreo está indicada con una estrella.

## **2. Antecedentes.**

Barreiro-Güemes y Martínez (1991) realizaron un estudio en la laguna La Mancha, evaluando la productividad primaria de tres comunidades de productores primarios (fitoplancton, pastos sumergidos y manglares) en tres épocas diferentes del año (julio, octubre y abril). En cuanto al fitoplancton se establecieron seis estaciones de muestreo, dos en la boca, dos en el crucero y dos cerca de la desembocadura del Río Caño Grande. La productividad primaria se calculó por el método de variación de oxígeno en botellas claras y oscuras, obteniéndose que el mes de octubre se obtuvieron los mayores valores de producción primaria, seguidos de julio y abril con la menor producción primaria. Por otro parte, julio fue el mes más salino y abril el de menor salinidad registrada.

Contreras-Espinosa (2005) evaluó la productividad fitoplanctónica, y las características de la laguna durante los meses de junio, agosto, octubre, diciembre y febrero del año 2003. Dicho trabajo recalca que los meses durante los cuales la boca permanece abierta (agosto, octubre y febrero) la productividad primaria es menor que durante los meses en los cuales está cerrada (junio y diciembre).

Psuty, *et al.*, (2009) realizaron un estudio de la interacción que existe entre el transporte de sedimentos a lo largo de la costa y las condiciones en la laguna, del cual es importante mencionar que el régimen hidrológico de la laguna se presenta cuando hay un crecimiento en el nivel de agua pero y una salinidad más baja, ocurren cuando la boca se encuentra cerrada, mientras que cuando hay un menor

nivel de agua, la salinidad aumenta y hay acumulación de sedimentos en el delta de la marea de inundación cuando la boca está abierta).

Varona-Cordero (2011) evalúa la influencia de las condiciones fisicoquímicas sobre el fitoplancton en las lagunas costeras de México mencionando que la laguna de La Mancha durante la época de secas tiene una densidad fitoplanctónica de  $12 \times 10^3$  céls.  $L^{-1}$  mientras que en la época de lluvias disminuyó a  $1.7 \times 10^3$  céls.  $L^{-1}$ .

La explicación para los datos anteriores es que durante el periodo en que la boca de la laguna La Mancha se cierra, se alcanza una mayor estabilidad relativa en el sistema, promoviendo el crecimiento de poblaciones fitoplanctónicas autóctonas (principalmente diatomeas), lo cual se señala en un incremento en la concentración de biomasa y productividad primaria (Contreras-Espinosa *et al.*, 2005). Pérez-Maqueo, *et al.*, (2011) también recalca que en los meses durante los cuales la boca se encuentra abierta (agosto-octubre), la productividad primaria es menor que durante el periodo en que la boca está cerrada (diciembre). Contreras-Espinosa *et al.* (2005) señalan que este aumento en la productividad y biomasa refleja intensos procesos *in situ* de reciclamiento de nutrientes, suficientes para mantener las características ecológicas óptimas para el sistema. Sin embargo, diversos estudios realizados en otras lagunas tropicales con bocas efímeras tales como el de Suzuki *et al.*, (2002), señalan que bajo condiciones de boca cerrada pueden manifestarse condiciones de hipertrofia como resultado del incremento en la concentración de nutrientes.

### **3 Objetivos.**

Objetivo general:

Contribuir al conocimiento de la densidad fitoplanctónica total y de los principales grupos que constituyen a la laguna La Mancha, Veracruz durante ciclos nictímeros y estacionales con colectas efectuadas durante un año (mayo 2012 – mayo 2013).

Objetivos particulares:

- Contribuir al conocimiento de los grupos algales dominantes en la laguna La Mancha, durante los ciclos nictímeros en los distintos meses y épocas estudiados.
- Analizar los cambios estacionales en la densidad fitoplanctónica total y de los principales grupos algales.
- Registrar los cambios nictímeros (ciclo de 24 h) en la densidad fitoplanctónica total y de los principales taxa.

#### 4. Metodología.

- Muestreo.

Las muestras de fitoplancton fueron tomadas en un punto fijo, cercano a la boca de la laguna (Fig.1). En esta estación se realizaron muestreos cada mes, de mayo de 2012 a mayo de 2013. En cada mes se realizaron ciclos de 24 horas, tomando muestras cada 2 horas (12 muestras por mes) durante luna nueva, para maximizar las diferencias de luz-oscuridad. Las muestras se tomaron con botella Van Dorn a 1 m de profundidad desde una lancha. Estas muestras se guardaron en frascos de vidrio ámbar de 125 ml y se fijaron *in situ* con lugol.

- Parámetros fisicoquímicos.

La temperatura y el oxígeno disuelto del agua y de la laguna se registraron con la ayuda de un oxímetro; mientras que la salinidad se midió con un refractómetro ATAGO modelo S-10E con una precisión de 0-10%.

- Evaluación de la densidad fitoplanctónica.

En el laboratorio de Fitoplancton Marino y Salobre de la UAMI, las muestras se concentraron con cámaras de sedimentación (Fig. 2). Para decidir el volumen adecuado se hicieron pruebas observando los resultados en el microscopio invertido, observándose que si se ponían a sedimentar cantidades mayores a 25 ml, la visibilidad de los organismos en el campo del microscopio era casi imposible debido al alto contenido de materia orgánica en las muestras. En este sentido, se optó por poner a sedimentar 25 ml para efectuar los conteos, dejando sedimentar a los organismos por más de 16 horas de acuerdo a los parámetros de Edler

(1979) (ver tabla 1). El conteo se realizó registrando los organismos de toda la cámara, dado que el valor de 400 células contadas recomendado por Lund *et al.* Nunca se alcanzó en las lecturas particulares, las muestras se leyeron por triplicado, haciendo un barrido de la misma con el platino móvil.



**Figura 2.** Cubetas de sedimentación de 25ml para método de Utermöhl.

**Tabla 1.** Tiempos de sedimentación para muestras de fitoplancton preservadas con lugol. Edler (1979)

<b>Vol. De la cámara en mL.</b>	<b>Altura de la cámara aprox. En cm</b>	<b>Tiempo de sedimentación en hrs.</b>
2	1	3
10	2	8
25	5	16
50	10	24

- Cuantificación de las células.

Para calcular a abundancia fitoplanctónica se utilizó el método de Utermöhl (Utermöhl, 1958), analizando las muestras concentradas con ayuda de un microscopio invertido Motic (AE31). El microscopio se denomina invertido, porque los objetivos del mismo están ubicados por debajo de la platina (enfocando en primer lugar el fondo de la cámara de sedimentación). Debido a la gran cantidad de materia orgánica que contenían las muestras, se leyó todo el fondo de la cubeta de las tres submuestras, a un aumento de 40x.

Para hacer los cálculos de la densidad de cada submuestra, se multiplicó el número obtenido por 1,000 y se dividió entre 25. Al final, los valores de las 3 submuestras calculadas se promediaron para obtener un solo dato más confiable, el cual correspondió al número total de células que hubo en un litro de agua (céls.L<sup>-1</sup>).

- Identificación de grupos algales.

La cuantificación de la densidad en el microscopio invertido se realizó a nivel de grupo, reconociendo al menos 4 divisiones: Bacillariophyta (diatomeas incluyendo las céntricas y pennadas), Cianophyta (algas verde-azules), Chlorophyta (incluye a las algas verdes) y Dinophyta (dinoflagelados). En ocasiones después de haber



realizado los conteos, se tomaron alícuotas de la muestra con la ayuda de una pipeta Pasteur para observarla en un microscopio óptico LEICA DMLB (Fig.3) y tomar fotografías de los organismos para identificar algunos ejemplares, con base en su morfología y dimensiones.

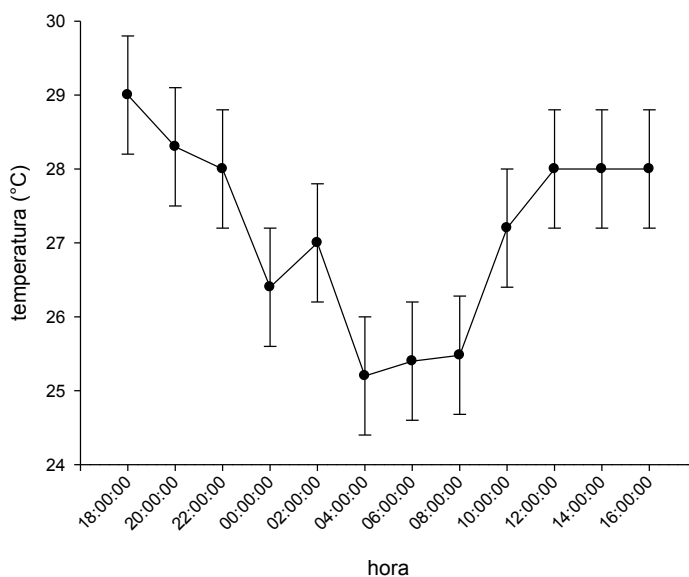


**Figura 3.** Microscopio LEICA para toma de fotografías.

## 5. Resultados.

### 1. Comportamiento estacional y nictímero de variables ambientales.

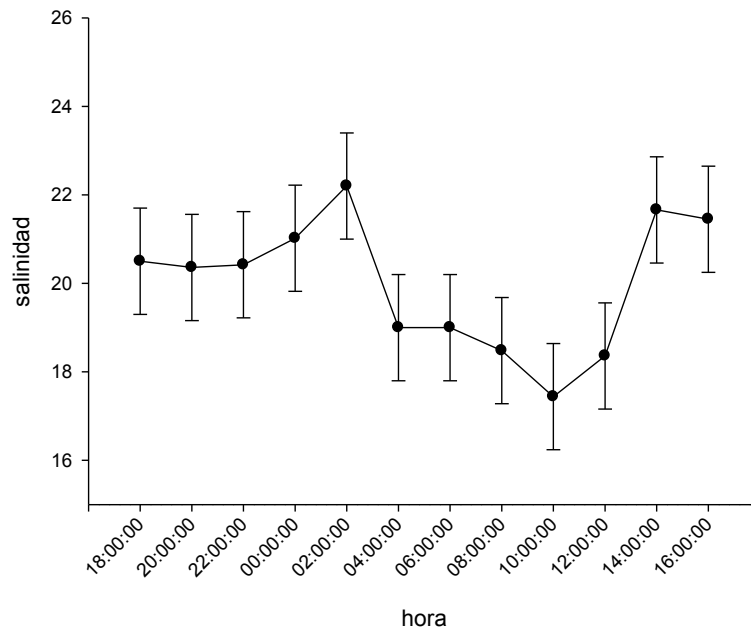
En relación con la variación nictímera de las variables ambientales, los valores de la temperatura registrada por hora mostraron diferencias significativas ( $H= 40.31$ ,  $g.l.= 11$ ,  $p < 0.0001$ ). En la figura 4 se observa a las 18:00 hr un valor de 29°C, el cual fue descendiendo hasta llegar a un valor de 25.6°C a las 4:00 hr, para después aumentar progresivamente hasta alcanzar el valor más alto a las 14:00 hr (28.5°C), seguido de las 16:00 hr (28.4°C).



**Figura 4.** Comportamiento nictímero de los promedios de la temperatura del agua en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio.

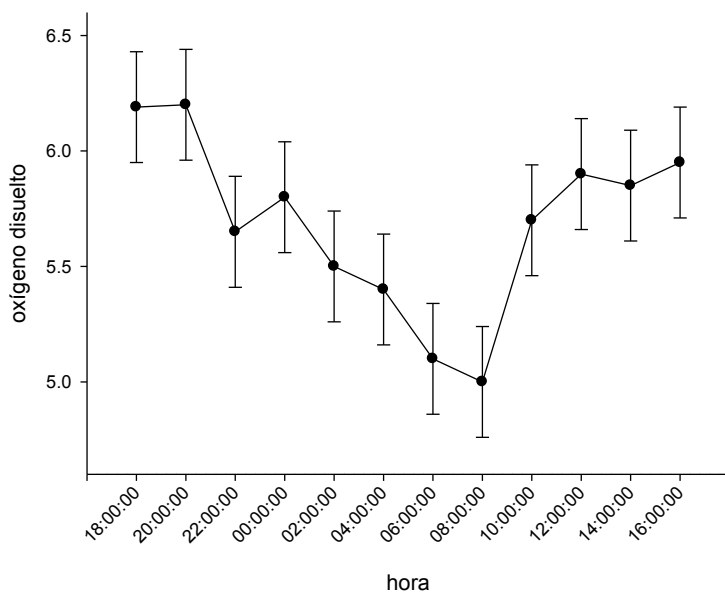
La variación nictímera de los promedios de la salinidad por hora, mostró una tendencia a presentar valores altos de las 12:00 a las 02:00 hr y valores bajos de

las 6:00 a las 10:00 hr (Figura 5). No obstante lo anterior, estos valores no mostraron diferencias significativas entre horas ( $H= 7.16$ , g.l. = 11,  $p = 0.78$ ).



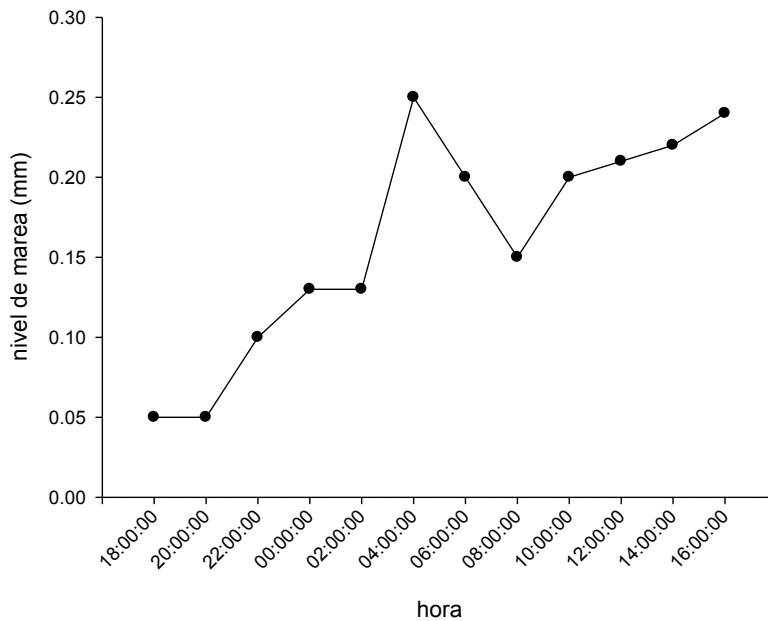
**Figura 5.** Comportamiento nictímico de los promedios de la salinidad del agua de la laguna la Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio.

La variación nictímera de los promedios de oxígeno disuelto por hora mostró valores bajos de las 02:00 a las 08:00 h y valores altos de las 10:00 a las 00:00 h (Fig. 6). No obstante a lo anterior, los resultados no mostraron diferencias significativas ( $H= 13.77$ , g.l.= 11,  $p = 0.25$ ).



**Figura 6.** Comportamiento nictífero de los promedios del oxígeno disuelto del agua de la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio.

La variación del nivel de marea entre horas registró el valor más bajo a las 18:00 y 20:00 hr (0.05 mm); aumentando hasta 0.1 mm a las 22:00 hr. Posteriormente aumentó a la medianoche y 02:00 hr (0.12 mm), hasta alcanzar el valor máximo a las 4:00 h (0.25mm). Descendió la marea a las 08:00 h registrándose un valor de 0.15 mm para alcanzar un valor de 0.24 a las 16:00 hr.



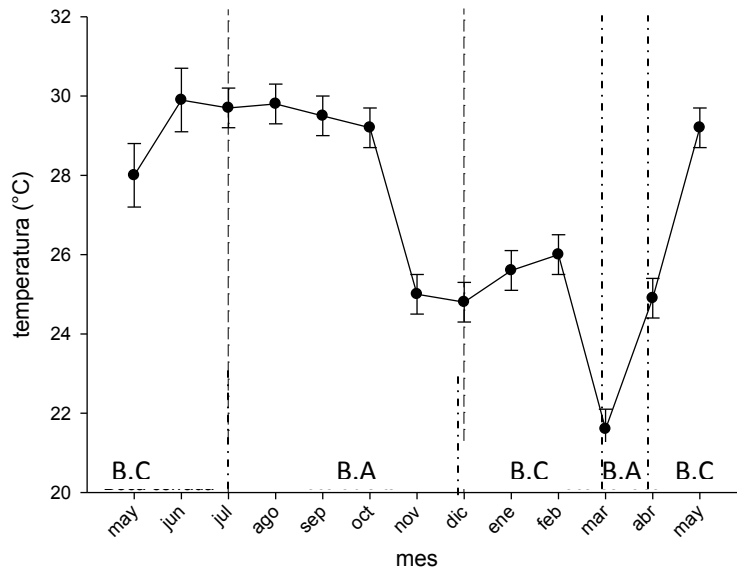
**Figura 7.** Comportamiento nictímico de los promedios de los niveles de marea en la laguna La Mancha, Veracruz.

En cada muestreo se tomaron datos ambientales con su correspondiente réplica, obteniéndose un máximo de 303 lecturas. El promedio total, desviación estándar, valor mínimo, valor máximo y número de datos considerados para cada uno de los factores ambientales evaluados se muestra en la Tabla 2. Durante el período de estudio, la boca del sistema permaneció abierta de julio a diciembre de 2012 y en abril de 2013 y cerrada de mayo a junio de 2012 y de enero a marzo de 2013.

**Tabla 2.** Promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (s), valor mínimo (Mín.), valor máximo (Máx.) y número de datos (n), registrados para cada variable ambiental considerada en la Laguna de La Mancha, durante el período de mayo 2012 a mayo 2013.

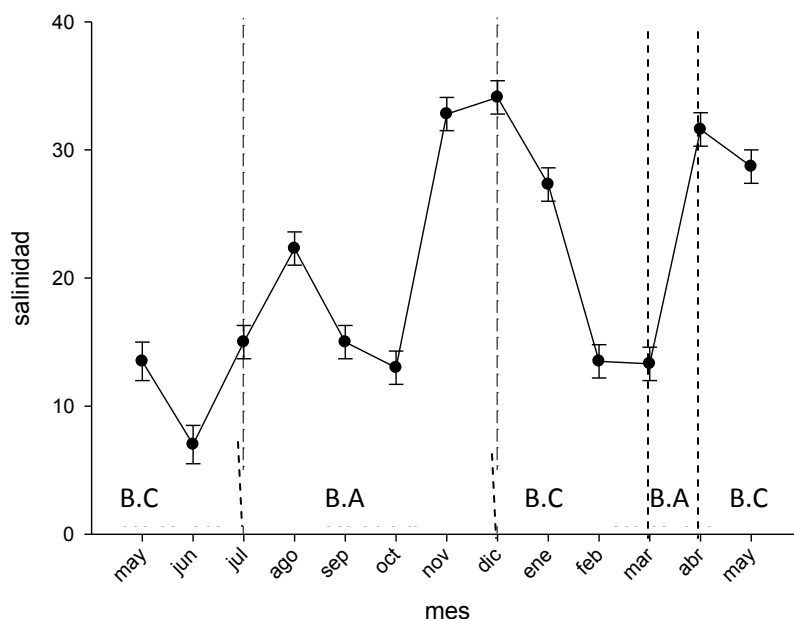
<b>Variables Ambientales</b>	$\bar{x}$	s	Mín.	Máx.	n
Temperatura (°C)	27.09	2.76	21.7	29.7	298
Salinidad	20.42	9.52	7	34.16	303
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5.49	1.23	3.32	7.14	298
Nivel de Marea (mm)	17.80	20.59	-29.57	67.3	284
Precipitación (mm)	98.52	97.54	12.8	265.8	13

La variación mensual de la temperatura promedio se muestra en la Figura 8. En ésta se observa que de mayo a junio existió un aumento en la temperatura, alcanzándose en este último mes el valor más alto durante el ciclo el estudio (29.9°C). Posteriormente la temperatura descendió en los meses de agosto y septiembre, para llegar a un severo descenso para el mes de noviembre y diciembre registrándose 25.7 y 25°C respectivamente. Enero y febrero mostraron un aumento en la temperatura del agua, registrando posteriormente el valor más bajo de temperatura (21.6°C) en el mes de marzo. En los últimos dos meses nuevamente se observó un aumento en la temperatura del agua, siendo el valor del mes de mayo de 2013 uno de los valores más altos encontrados (29.1 ° C). Los valores mensuales mostraron diferencias significativas a lo largo del período de estudio ( $H = 221.919$ , g.l.= 12,  $p < 0.0001$ ).



**Figura 8.** Comportamiento estacional de los promedios mensuales de la temperatura del agua de la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio. B.A indica los periodos de boca abierta y B.C los periodos de boca cerrada.

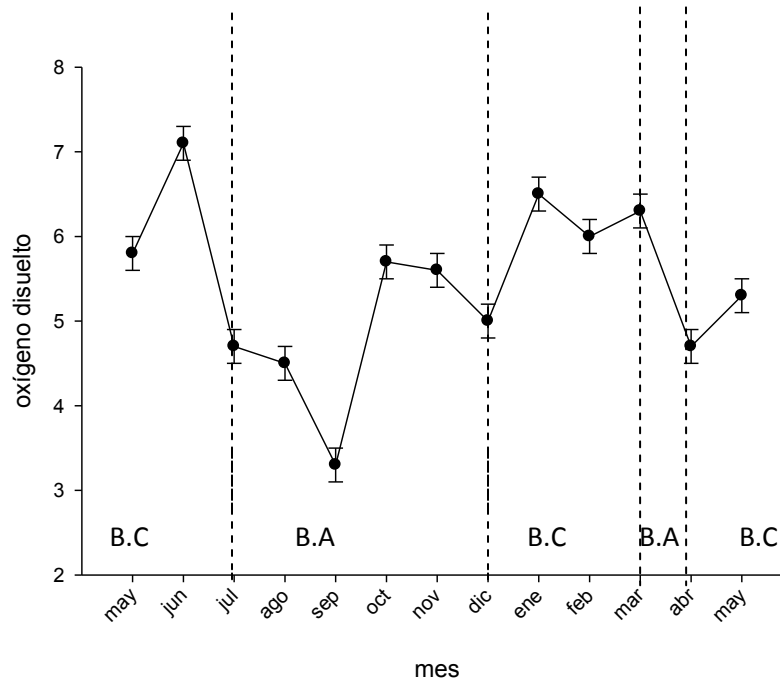
Los valores promedios mensuales de salinidad se muestran en la figura 9, los cuales mostraron diferencias significativas a lo largo del estudio ( $H = 232.73$ ,  $g.l.= 12$ ,  $p < 0.0001$ , Figura 9). Así, se registró para el mes de mayo un valor de salinidad de 13.5, el cual descendió a  $7 \text{ mg.L}^{-1}$ , para junio, siendo el valor más bajo del estudio (Fig. 5). Hubo un aumento durante los meses de julio y agosto el cual volvió a descender hasta octubre. En los meses de noviembre ( $32.8 \text{ mg.L}^{-1}$ ) y diciembre ( $34.1 \text{ mg.L}^{-1}$ ) se registraron los valores más altos de salinidad. Posteriormente, existió un fuerte descenso de enero a marzo, para volver a ascender durante los meses de abril y mayo.



**Figura 9.** Comportamiento estacional de los promedios mensuales de la salinidad del agua de la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio. B.A indica los periodos de boca abierta y B.C los periodos de boca cerrada.

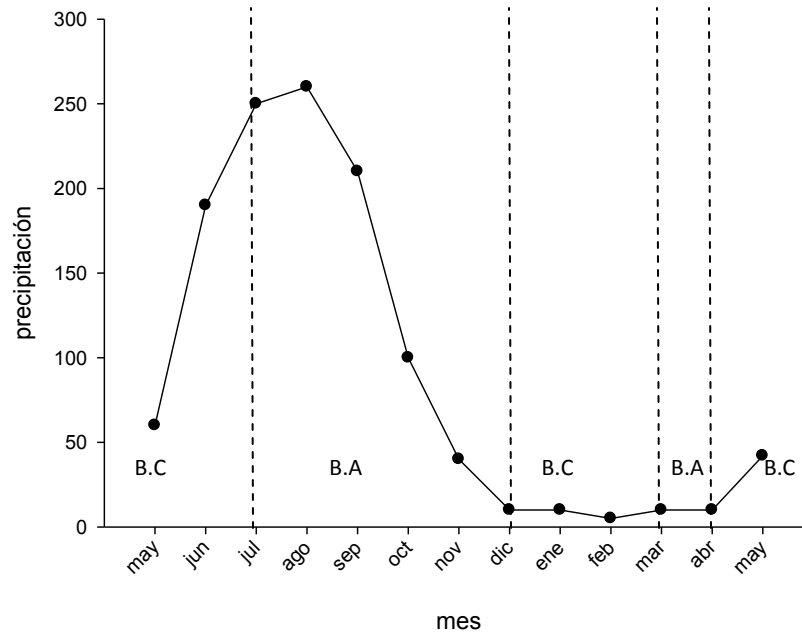
En relación con el oxígeno disuelto, junio fue el mes en el que el agua tuvo la mayor cantidad de oxígeno de los 13 meses de estudio, con un valor de 7.1 mg/L, el cual tuvo un ligero descenso para el mes de agosto a 4.8 mg/L. Posteriormente, hubo un fuerte descenso del oxígeno hacia el mes de septiembre registrándose el menor valor de todo el muestreo (3.2 mg/L). Como se observa en la figura 10, septiembre, diciembre y abril fueron los meses con los valores más bajos registrados. Los promedios mensuales del oxígeno disuelto, mostraron diferencias significativas entre los meses estudiados ( $H = 11.36$ , g.l.= 12,  $p = 0.04$ ).





**Figura 10.** Comportamiento estacional de los promedios mensuales del oxígeno disuelto del agua de la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio. B.A indica los periodos de boca abierta y B.C los periodos de boca cerrada.

De acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Nacional (promedios de 1951 a 2010), en el comportamiento estacional de la precipitación (Fig. 11), hubo un aumento de mayo a agosto de 2012, siendo este último el mes más lluvioso, a partir del cual el nivel comenzó a descender, siendo febrero el mes menos lluvioso.



**Figura 11.** Comportamiento estacional de los promedios mensuales de la precipitación en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio. B.A indica los periodos de boca abierta y B.C los periodos de boca cerrada.

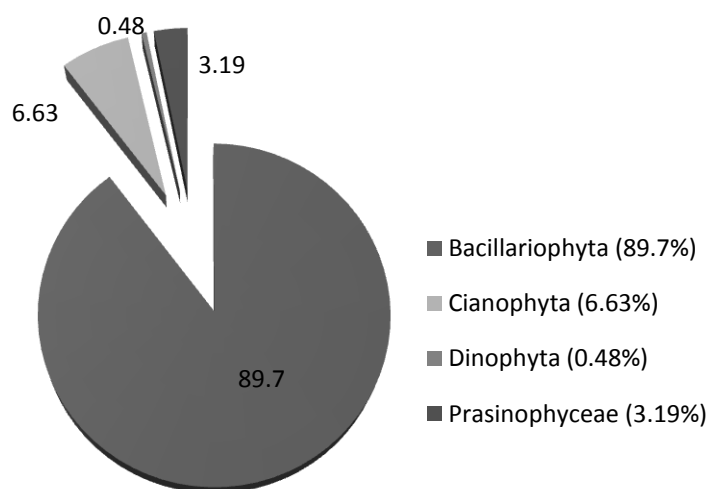
#### 4. Composición florística y abundancia total.

Se colectaron 154 muestras para un estimado de 3,340,600 células que se agruparon en 4 Divisiones algales. Los valores promedio, mínimo y máximo de la abundancia fitoplanctónica total así, como por grupo algal, se muestran en la Tabla 3. La proporción de cada uno de los grupos algales en la laguna de La Mancha, se encuentra representada en la Figura 12, donde se observa que durante el ciclo anual completo el grupo de las diatomeas (Bacillariophyta) fue el de mayor abundancia, representando en un 89.7% del total de la comunidad fitoplanctónica de la laguna. La cianofitas alcanzaron un 6.63%, mientras que el

grupo de las algas verdes (Prasinophyceae) representan el 3.19%. El grupo algal con el menor porcentaje de abundancia fue el de los dinoflagelados (Dinophyta), alcanzando únicamente el 0.48%. Para el caso particular de las diatomeas, en 25 casos fue posible identificar a los organismos hasta género y/o especie, las cuales se registran en la Tabla 4.

**Tabla 3.** Valores promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (s), mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) de la abundancia fitoplanctónica total y por grupo algal en la laguna, La Mancha, Veracruz durante el periodo de mayo 2012 a mayo 2013.

	$\bar{x}$	s	Mín.	Máx.
Fitoplancton total	7231 céls. L <sup>-1</sup>	2159.14	3200 céls. L <sup>-1</sup>	14040 céls. L <sup>-1</sup>
Cianophyta	158.61 céls. L <sup>-1</sup>	336.60	0 céls. L <sup>-1</sup>	2520 céls. L <sup>-1</sup>
Bacillariophyta	7000 céls. L <sup>-1</sup>	2181.21	2760 céls. L <sup>-1</sup>	13920 céls. L <sup>-1</sup>
Dinophyta	4.67 céls. L <sup>-1</sup>	26.32	0 céls. L <sup>-1</sup>	360 céls. L <sup>-1</sup>
Prasinophyceae	67.18 céls. L <sup>-1</sup>	194.40	0 céls. L <sup>-1</sup>	1960 céls. L <sup>-1</sup>



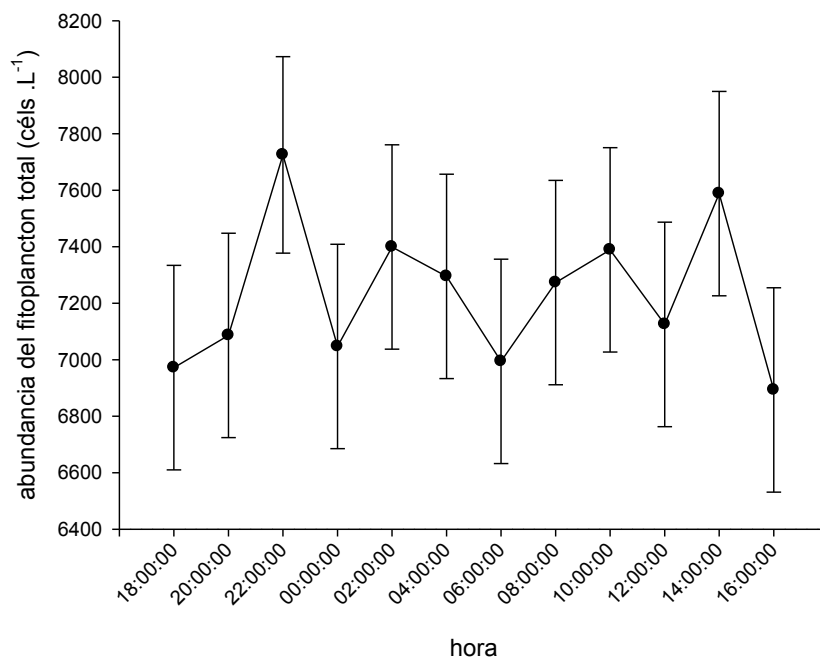
**Figura 12.** Gráfica de porcentajes de los 4 grupos algales reconocidos en la laguna La Mancha, Ver.

**Tabla 4.** Clasificación taxonómica de acuerdo con Round et al. (1990) de diatomeas (Bacillariophyta) que pudieron ser identificadas hasta género y/o especie durante el periodo de estudio de mayo de 2012 a mayo de 2013 en la laguna La Mancha, Veracruz.

<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>
Coccinodiscophyceae Round <i>et al.</i>	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i>	<i>Thalassiosira</i> sp.
	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>	<i>Melosira numuloides</i> Agardh
	Coccinodiscales	Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus</i>	<i>Actinocyclus</i> sp.
		Coccinodiscaceae	<i>Coccinodiscus</i>	<i>Coccinodiscus</i> sp.
	Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Hemiaulus</i>	<i>Hemiaulus</i> sp.
			<i>Eucampia</i>	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow
			<i>Rhizosolenia</i>	<i>Rhizosolenia</i> sp.
	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Guinardia</i>	<i>Guinardia</i> sp.
			<i>Dactyliosolen</i>	<i>Dactyliosolen</i> sp.
			<i>Chaetoceros</i>	<i>Chaetoceros lacinosus</i> tt
Chaetocerotales	Chaetoceraceae	<i>Chaetoceros</i>	<i>Chaetoceros subtilis</i> Cleve	
		<i>Chaetoceros</i>	<i>Chaetoceros</i> sp.	
		<i>Chaetoceros</i>	<i>Chaetoceros</i> sp.	
Leptocylindrales	Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus</i>	<i>Leptocylindrus</i> sp.	
Fragilariophyceae Round	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Asterionellopsis</i>	<i>Asterionellopsis</i> sp.
	Licmophorales	Licmophoraceae	<i>Licmophora</i>	<i>Licmophora</i> sp.
Bacillariophyceae Haeckel	Achnantales	Achnantaceae	<i>Achnantes</i>	<i>Achnantes</i> sp.
		Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis</i> sp.
		Naviculales	Diploneidaceae	<i>Diploneis</i>
	Naviculaceae		<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i> sp.
	Pleurosigmaceae		<i>Pleurosigma</i>	<i>Pleurosigma</i> sp.
	Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	<i>Amphora</i> sp.
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia</i> sp.
		Bacillariaceae	<i>Pseudonitzschia</i>	<i>Pseudonitzschia</i> sp.
	Suriellales	Entomoneidaceae	<i>Entomoneis</i>	<i>Entomoneis</i> sp.
		Surirellaceae	<i>Surirella</i>	<i>Surirella</i> sp.

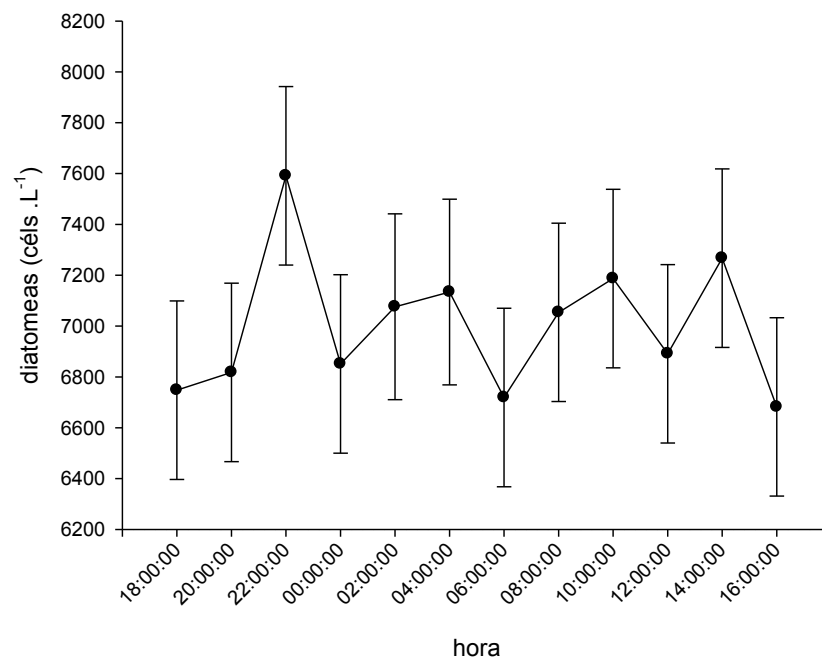
#### 4. Variación nictímera.

En relación con la variación nictímera en la columna de agua a lo largo de un día (Fig. 13) se observa que el valor máximo de abundancia fitoplanctónica total se registró a las 22:00 hrs (7,725 céls. L<sup>-1</sup>), el cual descendió durante la madrugada registrando un valor de 6,994 céls.L<sup>-1</sup> a las 06:00 hrs. Posteriormente hubo un aumento en las siguientes horas, registrando un valor hasta de 7,588 células a las 14:00 h, y luego el fitoplancton descendió nuevamente a las 16:00 h, cuando se registró el valor mínimo de céls.L<sup>-1</sup> (6,893). No obstante lo anterior, los valores del fitoplancton por hora no mostraron diferencias significativas, (H = 4.44, g.l. =11, p = 0.95).



**Figura 13:** Variación nictímera de la abundancia total del fitoplancton en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan los valores promedio y las barras el error estándar del promedio.

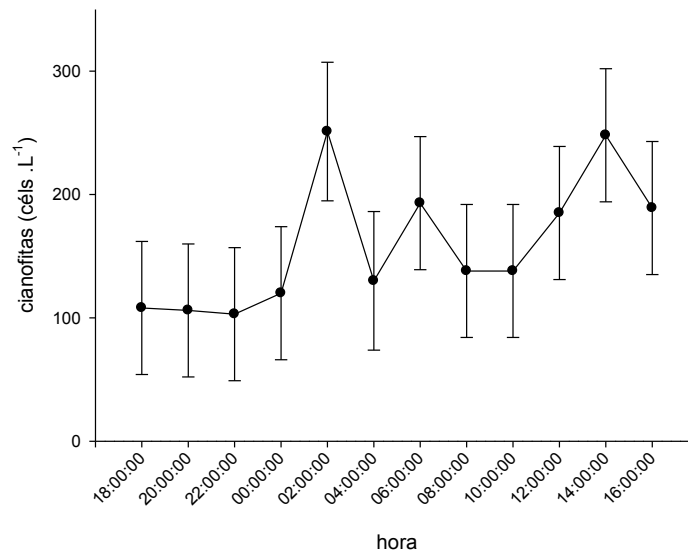
En la variación nictímera de la densidad de las diatomeas (Bacillariophyta) registró el valor más alto (7,591 céls.  $L^{-1}$ ) a las 22:00 hrs. Posteriormente los valores descendieron hasta registrar 6,719 céls.  $L^{-1}$  a las 06:00 hrs. Dicho valor volvió a aumentar registrando 7,267 céls.  $L^{-1}$  a las 14:00 hrs, sin embargo, descendió hasta alcanzar un valor mínimo de 6,718 céls.  $L^{-1}$  a las 16:00 hrs. Estos valores no mostraron diferencias significativas ( $H = 4.87$ , g.l. = 11,  $p = 0.93$ ).



**Figura 14.** Variación nictímera de la abundancia de las diatomeas (Bacillariophyta) en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio.

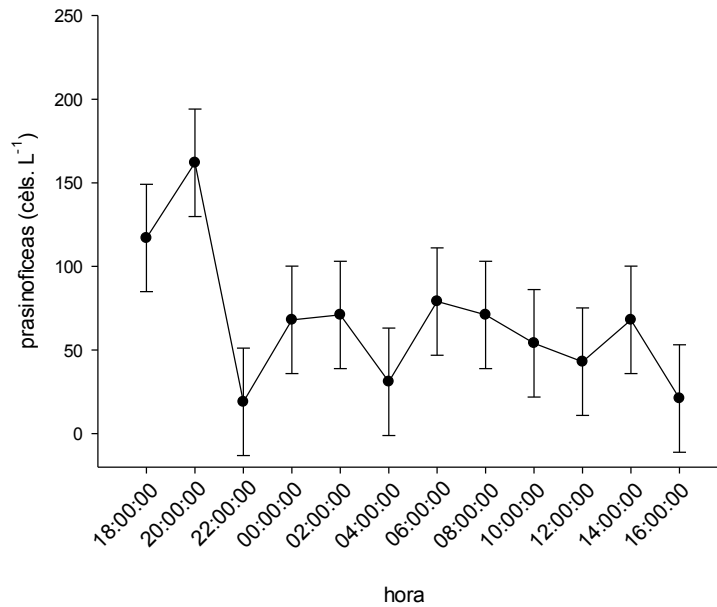
La variación nictímera de las cianofitas (Cyanophyta) (Fig. 15) mostró una tendencia a registrar sus valores más altos a las 02:00 y 14:00 h (251 y 248 céls.  $L^{-1}$  respectivamente) y los valores más bajos durante la tarde y hasta la media noche, registrándose un valor mínimo de 100 células a las 22:00 h. Dichos

valores no presentaron diferencias significativas entre horas ( $H = 8.2$ ,  $g.l = 11$ ,  $p = 0.93$ ).



**Figura 15.** Variación nictímera de la abundancia de cianofitas (Cyanophyta) en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del

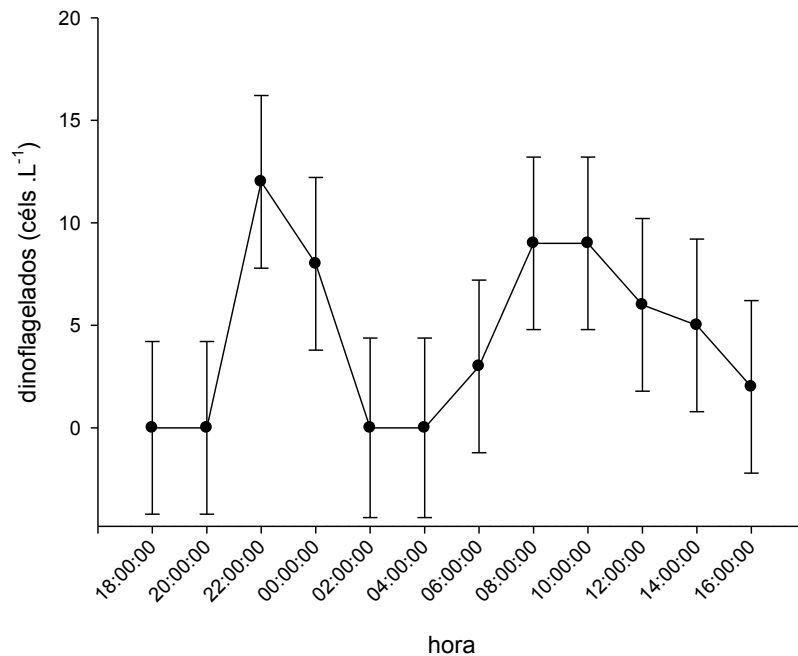
Con respecto a la variación nictímera de las algas verdes (Prasinophyceae), los resultados muestran una tendencia a registrar valores por debajo de las 100 células desde las 22:00 hrs hasta las 16:00 hrs (Fig. 16). Los valores más altos se registraron por la tarde, a las 18:00 y 20:00 hrs, con un máximo de 162 células a las 20:00 hrs. Aún así, dichos valores no presentaron diferencias significativas ( $H = 13.06$ ,  $g.l = 11$ ,  $p = 0.28$ ).



**Figura 16.** Variación nictímera de la abundancia de algas verdes (Prasinophyceae) en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio.

La variación nictímera de dinoflagelados (Dinophyta) registró su valor máximo a las 22:00 h con 12 céls L<sup>-1</sup>, el cual descendió hasta desaparecer a las 04:00 h. Posteriormente vuelve a ascender hasta registrar valores de 9 células a las 08:00 y 10:00 h, y vuelve a descender registrando el valor mínimo de 2 céls L<sup>-1a</sup> las 16:00 h. Dichos valores no presentaron diferencias significativas (H = 13.03, g.l. = 11,  $p = 0.29$ ).

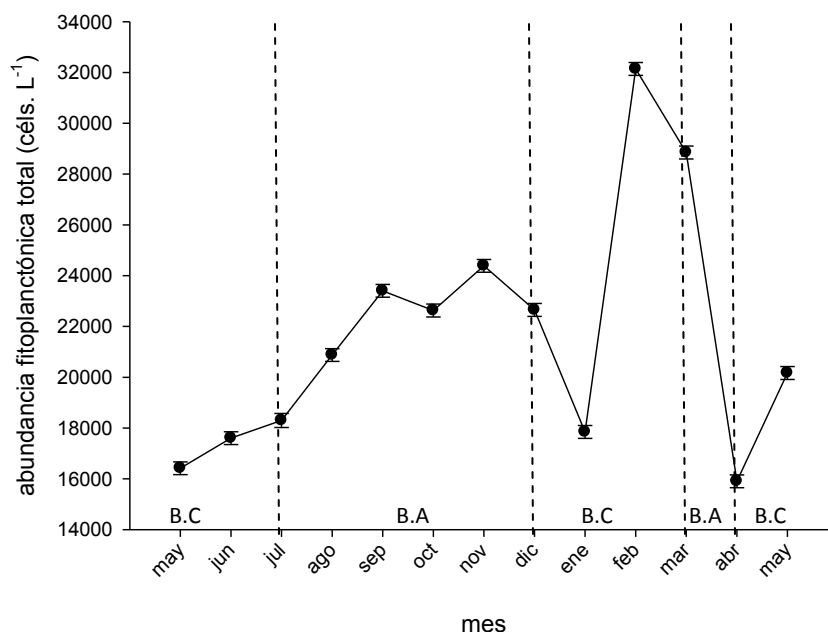




**Figura 17.** Variación nictímera de la abundancia de dinoflagelados (Dinophyta) en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio.

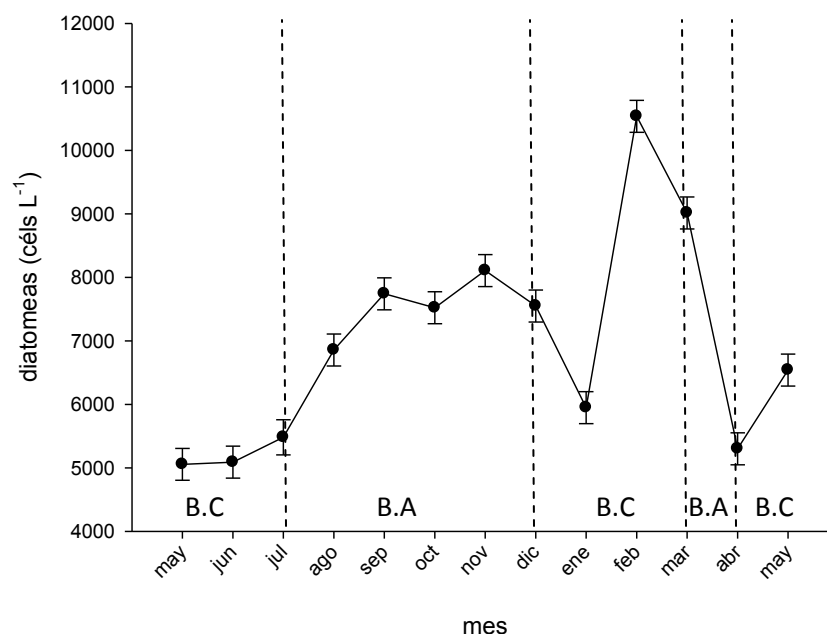
#### 4. Variación estacional.

En relación con la variación estacional, el fitoplancton total registrado en La Mancha, Ver., mostró diferencias significativas entre los meses estudiados ( $H = 225.90$ ,  $g.l = 12$ ,  $p < 0.0001$ ). En la figura 18 se observa que el fitoplancton aumentó de mayo a noviembre y descendió durante enero. Posteriormente durante los meses de febrero y marzo, se alcanzaron los valores más altos de células estimadas (32,140 y 28,850 células .L<sup>-1</sup> respectivamente). En el mes de abril se registró el valor más bajo de fitoplancton de todo el periodo de estudio, con un estimado promedio de 15,903 células.



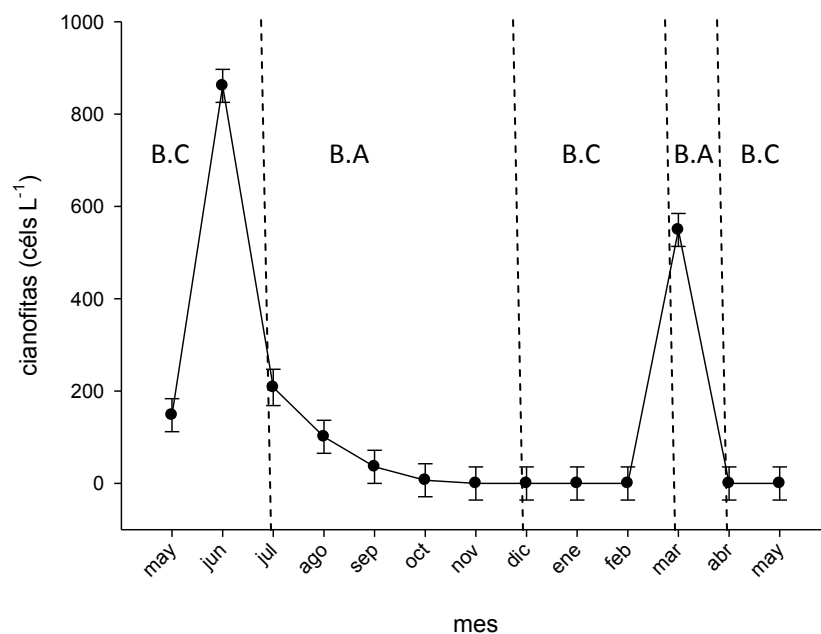
**Figura 18.** Variación estacional de la abundancia total de fitoplancton en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio. B.A indica los periodos de boca abierta y B.C los periodos de boca cerrada.

La variación mensual de las diatomeas (Bacillariophyta) se muestra en la figura 19, en la que se observa que existió un aumento desde mayo hasta noviembre y un descenso hasta enero de la densidad de diatomeas en la laguna La Mancha, Ver. Posteriormente la densidad de diatomeas volvió a aumentar para el mes de febrero registrándose el valor máximo de abundancia (32,140 células L<sup>-1</sup>). A partir de este mes, existió un descenso en la abundancia de diatomeas en la columna de agua hasta alcanzar un valor mínimo de abundancia de 15,903 células L<sup>-1</sup> en el mes de abril. Estos valores mensuales mostraron diferencias significativas (H=244.086, g.l.=12,  $p < 0.0001$ ).



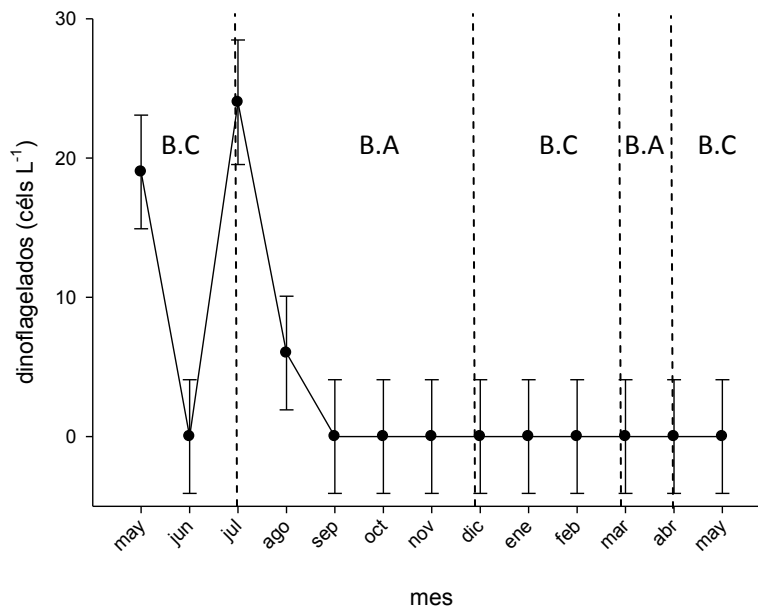
**Figura 19.** Variación estacional de la abundancia de diatomeas (Bacillariophyta) en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio. B.A indica los periodos de boca abierta y B.C los periodos de boca cerrada.

La variación estacional de las cianofitas (Cyanophyta) está representada en la figura 20, donde se observan dos picos en junio y marzo (861 y 549 células L<sup>-1</sup> respectivamente), mientras que octubre registró el valor mínimo de células (7 células). Durante noviembre a febrero y abril y mayo, no se registraron cianofitas. Las abundancias promedio mensuales de cianofitas mostraron diferencias significativas ( $H=322.29$ , g.l.=12,  $p<0.0001$ ).



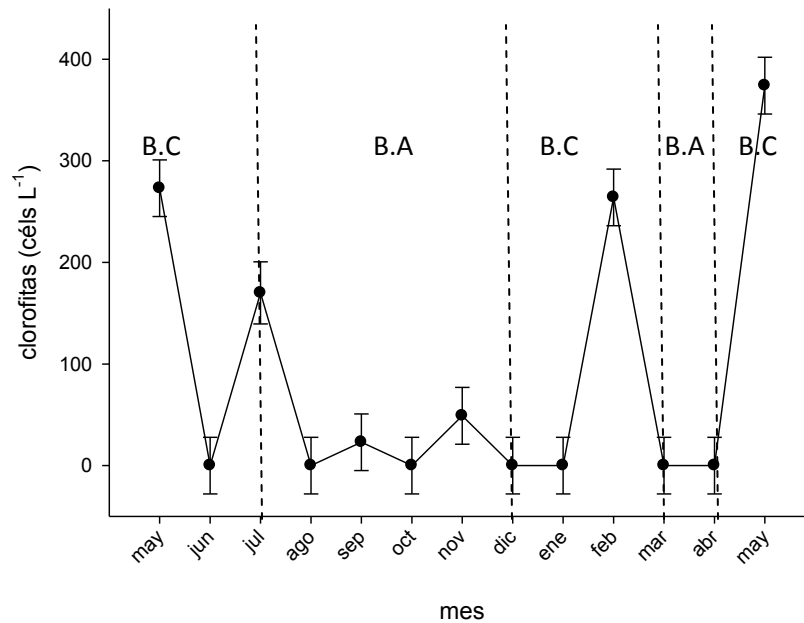
**Figura 20.** Variación estacional de la abundancia de cianofitas (Cyanophyta) en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio. B.A indica los periodos de boca abierta y B.C los periodos de boca cerrada.

Los dinoflagelados (Dinophyta), únicamente fueron colectados en los meses de mayo, julio y agosto. Los valores de abundancia mostraron diferencias significativas entre los meses de estudio ( $H=117.66$ , g.l.=12,  $p < 0.0001$ ) (Fig. 21).



**Figura 21.** Variación estacional de la abundancia de dinoflagelados (Dinophyta) en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio. B.A indica los periodos de boca abierta y B.C los periodos de boca cerrada.

En cuanto a la variación estacional de algas verdes (Prasinophyceae) se observó que las abundancias de este grupo fueron intermitentes; mayo, julio, febrero y mayo, registraron los valores más altos durante el ciclo anual, este último con el valor máximo de 374 células. L<sup>-1</sup>. De agosto a enero únicamente se registraron cianofitas en septiembre y noviembre con 23 y 49 células respectivamente, mientras que en los demás meses no se registró la presencia de este grupo. Los valores mensuales de abundancia presentaron diferencias significativas ( $H=262$ , g.l. =12,  $p < 0.0001$ ) (Fig. 22).



**Figura 22.** Variación estacional de la abundancia de las algas verdes (Prasinophyceae) en la laguna La Mancha, Veracruz. Los puntos señalan el valor promedio y las barras el error estándar del promedio. B.A indica los periodos de boca abierta y B.C los periodos de boca cerrada.

En cuanto a la relación de abundancia fitoplanctónica y el nivel de marea, se observa lo siguientes: en mayo de 2012 (Fig. 23<sup>a</sup>) los valores más altos de fitoplancton se registraron durante la bajamar, desde las 18:00 hasta las 02:00 h, con valores de nivel de marea entre -0.1 y -0.3 m mostrando los cuatro grupos algales, alcanzado un máximo de células las 02:00 h de 5,880 células. L<sup>-1</sup>, sin embargo, el nivel de marea comenzó a aumentar a partir de las 04:00 h hasta alcanzar la pleamar de 0.62 m a las 08:00 h registrándose uno de los valores más bajos de fitoplancton (4,907 células. L<sup>-1</sup>). Durante el mes de junio (Fig. 23b) estuvieron dominando diatomeas y cianofitas, alcanzándose un máximo de abundancia (7,147 células. L<sup>-1</sup>) en uno de los niveles más bajos de marea (-0.1 m) a

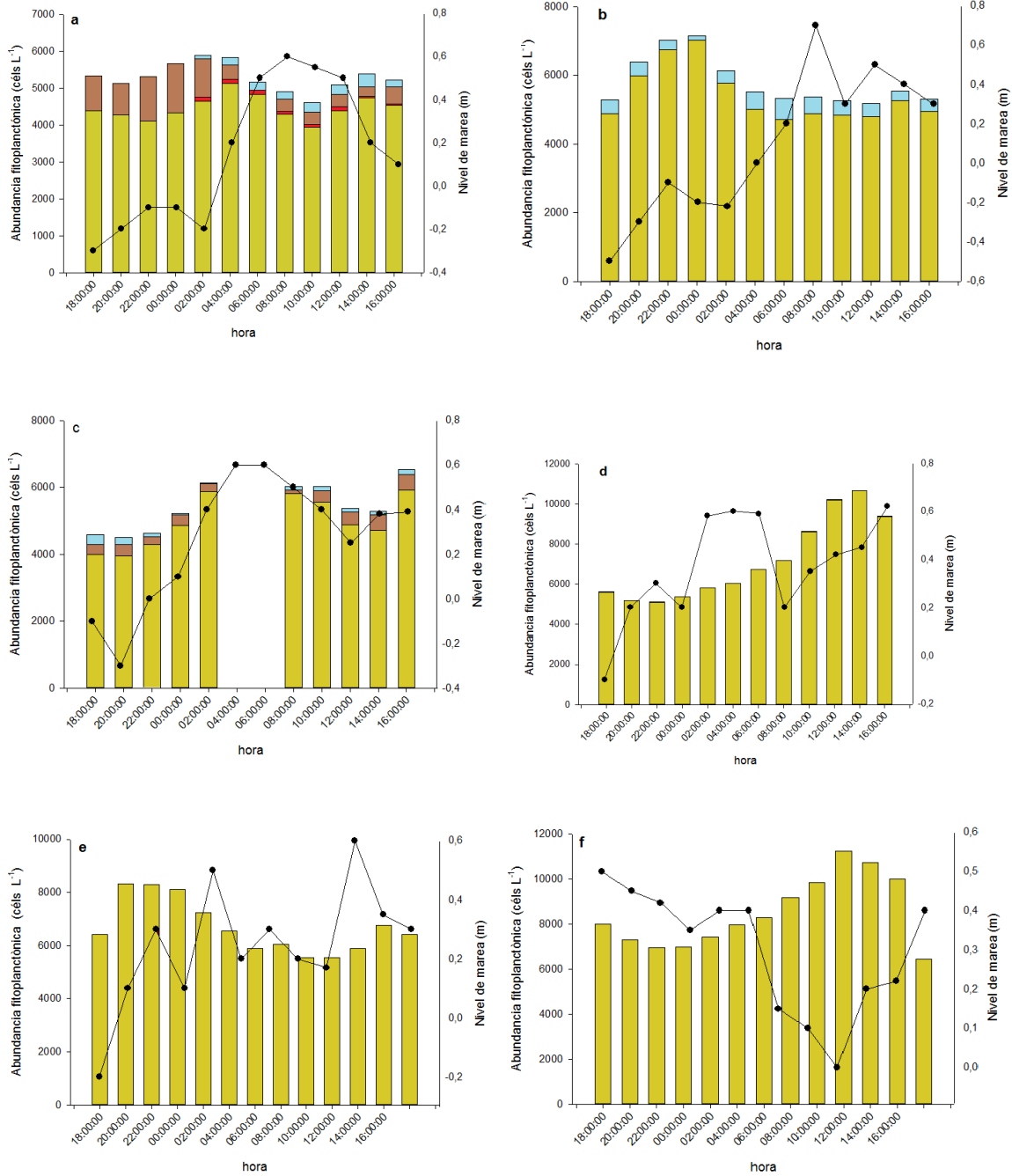
las 00:00 h. Mientras la marea comenzó a subir, el fitoplancton comenzó a descender, registrando su valor mínimo a las 12:00 h (5,187 céls. L<sup>-1</sup>) En el mes de julio (Fig. 23c) los niveles de pleamar (0.6 m) se registraron a las 04:00 y 06:00 h, sin embargo en esos horarios no hubo registro de células, pero en la bajamar (-0.2 m) el fitoplancton mostró una tendencia a registrar su valor más bajo de abundancia (4,507 céls. L<sup>-1</sup>) a las 20:00 h. Durante todo el mes se observó la presencia de diatomeas, prasinofíceas y cianofitas alcanzado un máximo a las 14:00 h (7,280 céls. L<sup>-1</sup>). Para los siguientes meses de agosto, septiembre y octubre (Fig. 23d-f) se observó únicamente la presencia de diatomeas, con los valores más altos de abundancia en agosto. En agosto (Fig. 23d), el valor más bajo de abundancia se registró a un nivel de marea de 0.3 m con un total de 5,120 células a las 22:00 h y el nivel más alto de abundancia se registró a un nivel de marea de 0.42 m con un total de 10,680 células a las 14:00 h, mientras que en septiembre a un nivel de marea de 0.1 m se registró el valor más alto de fitoplancton 8,320 células a las 20:00 h; a su vez, a 0.2 m de nivel de marea a las 10:00 h se registró el valor más bajo de fitoplancton (5,560 céls. L<sup>-1</sup>). En octubre (Fig. 23f) a un nivel de marea de 0.1 m a las 12:00 h se registró la mayor cantidad de células (11,240), mientras que a un nivel de 0.48 m de marea a las 14:00 h se registró el valor mínimo de fitoplancton (6,427 céls. L<sup>-1</sup>).

Para noviembre (Fig. 24<sup>a</sup>) se observó que al existir una pleamar de 0,5 m a las 06:00 h, se registró el valor más bajo de fitoplancton (5,760 céls. L<sup>-1</sup>), mientras que en la bajamar (-0.3 m) que se registró a las 00:00 h, se alcanzó el valor máximo de abundancia fitoplanctónica (10,187 céls. L<sup>-1</sup>). Las prasinofíceas alcanzaron su

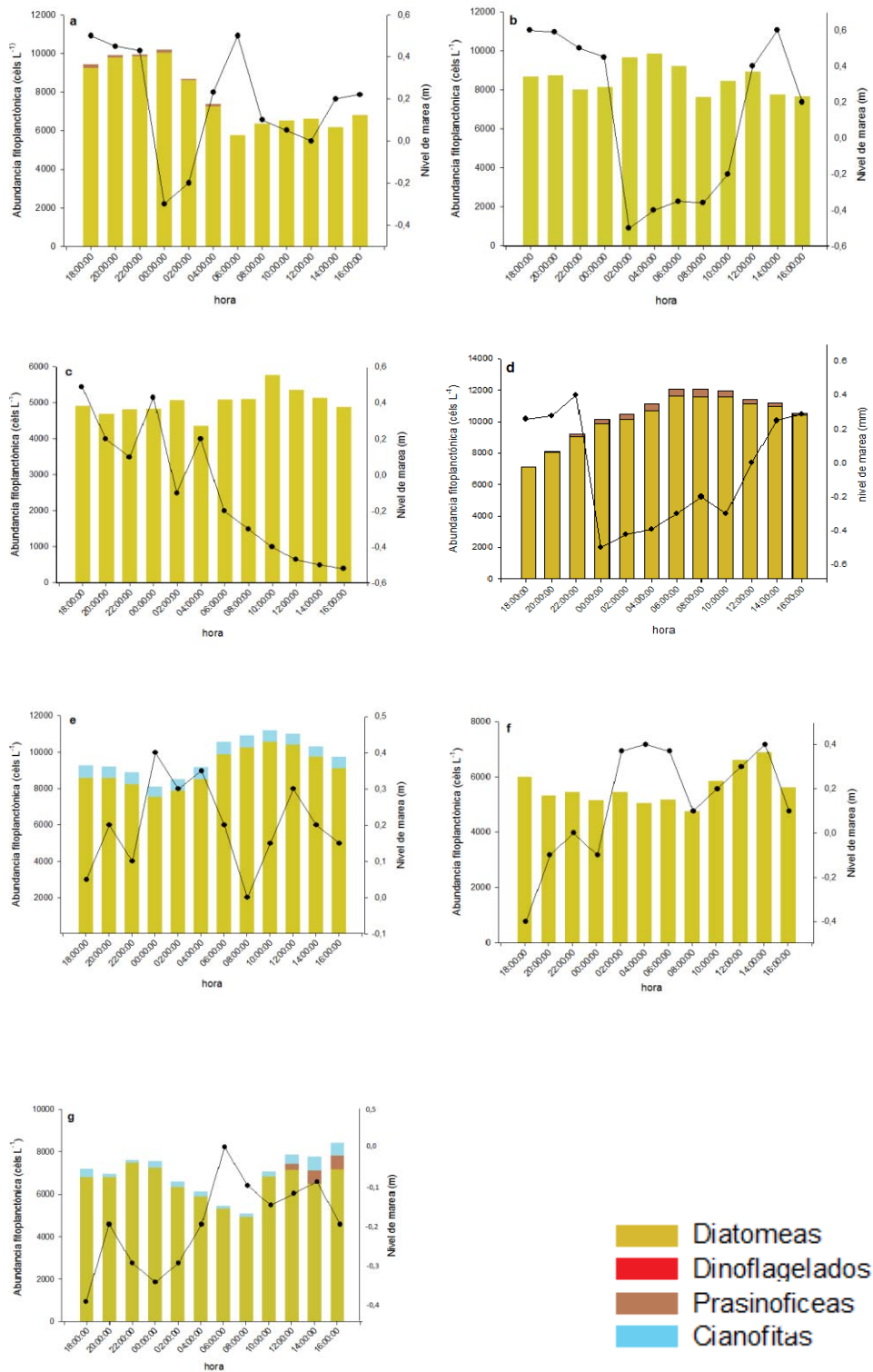
máximo durante la bajamar. En diciembre se observó un aumento en la abundancia cuando comenzó la bajamar, desde las 2:00 horas hasta las 12:00 h. Sin embargo; a las 14:00 h se registró una pleamar de 0.6 m (Fig. 24b); el cual corresponde con el valor más bajo de abundancia ( $16,320 \text{ céls. L}^{-1}$ ). En el mes de enero (Fig. 24c) se observó que el mayor número de células fitoplanctónicas se registró en los niveles más bajos de marea, registrándose un máximo de 5,760 células a las 10:00 h a un nivel de marea de -0.4 m. Febrero (Fig. 24d) fue el mes con la mayor abundancia fitoplanctónica; alcanzándose el valor más alto ( $12,213 \text{ céls. L}^{-1}$ ) a las 08:00 h a un nivel de marea bajo (-0.2 m). Durante este mes las prasinofíceas se observaron en casi todos los horarios (de las 20:00 horas a las 16:00 horas). En el mes de marzo (Fig. 24e) se presentaron diatomeas y cianofitas en todos los horarios, registrándose para el valor más bajo de marea (0 m) uno de los valores más altos de fitoplancton ( $10,907 \text{ céls. L}^{-1}$ ) a las 08:00 h.

En abril únicamente abundaron diatomeas; registrándose el nivel más alto de abundancia fitoplanctónica a un nivel de marea de 0.3 m a las 12:00 h y la menor abundancia en los valores más altos de marea (de 02:00 a 08:00 h) (Fig. 24f). Finalmente en mayo de 2013 (Fig. 24g) se observaron diatomeas, cianofitas y prasinofíceas. Las diatomeas y cianofitas fueron visibles en todos los horarios pero las clorofitas únicamente en los últimos 3 horarios (12:00, 14:00 y 16:00 horas) durante en niveles de bajamar (-0.1 m, -0.15 m y -0.2 m). La mayor abundancia fitoplanctónica ( $8,413 \text{ céls. L}^{-1}$ ) se registró a un nivel de marea de -0.2 m a las 14:00 h y los valores de menor abundancia fitoplanctónica se registraron en los niveles de marea -0.1 y 0 m.





**Figura 23.** Abundancias fitoplanctónicas por grupos, por hora y por mes; y nivel de marea marcado con una línea continua. a) mayo, b) junio, c) julio, d) agosto, e) septiembre y f) octubre.



**Figura 24.** Abundancias fitoplanctónicas por grupos, por hora y por mes; y nivel de marea marcado con una línea continua. a) noviembre, b) diciembre, c) enero, d) febrero, e) marzo, f) abril y g) mayo.

## 6. Discusión

### 1. Variación estacional de parámetros ambientales

Los parámetros ambientales son factores que influyen negativa o positivamente en el ambiente y la importancia de evaluarlos radica en poder conocer el estado en el que se encuentra éste (Ariza, 2012). En este trabajo se evaluó la variación de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nivel de marea, por mes y por hora.

Las variaciones de temperatura del agua observadas en la laguna de La Mancha, coincidieron con los valores reportados para la laguna de Sontecomapan, ubicada más al sur del área de estudio (Aké-Castillo *et al.*, 2008); esto hace ver que las condiciones de temperatura en ambas lagunas responden a un mismo comportamiento regional de la parte central del Estado de Veracruz, distinguiendo tres épocas climáticas: secas (marzo-mayo), lluvias (junio-septiembre) y nortes (octubre-febrero).

La época de secas se caracteriza por tener una precipitación muy escasa con periodos típicamente calientes y soleados; en La Mancha el valor promedio fue de 26.3 °C, con el valor más alto en mayo (29.2 °C), valores más bajos que los observados en la laguna de Sontecomapan en la misma época. Así, en un estudio realizado en 2002-2003 (Aké-Castillo *et al.*, 2008), en abril registró temperatura más alta (32°C) y presentó un promedio en la temporada de 27.8 °C.

Durante la época de lluvias, es decir, de junio a septiembre, se observaron los valores más altos de temperatura. Esto ocurre porque en esta época comienza el solsticio de verano, lo que hace que se reciban más rayos solares que cualquier otra época del año, por lo que la temperatura del cuerpo de agua aumenta durante esta época independiente de la presencia de lluvias (Varona, 2011).

Al ser los nortes el resultado de la acumulación de aire frío asociada a la alta presión del aire, en esta época se registraron las temperaturas más bajas (noviembre-febrero). Dichos valores son semejantes a los obtenidos en la laguna Tampamachoco al norte del área de estudio, pero diferentes de los registrados en la laguna Mandinga, pues en dicha laguna, las temperaturas más bajas se registraron durante la época de lluvias.

Los valores de salinidad en este estudio muestran que ésta fue mayor durante la época de nortes (23.48), debido quizás al acarreo de agua marina superficial hacia la zona costera por los vientos típicos de la época y a la alteración de las corrientes superficiales y la mezcla vertical, que recirculan sedimentos y nutrientes, ocasionando que el sistema acuático aumente sus niveles de salinidad durante esta época (Varona, 2011). Dichos nutrientes contienen sales minerales en altas concentraciones que se disuelven en el agua, afectando varios procesos físicos, tales como la evaporación, la condensación, la infiltración, así como propiedades importantes del agua tales como: densidad, viscosidad, tensión superficial, presión osmótica, punto de fusión, punto de ebullición y solubilidad de gases y de sustancias disueltas (Marín-Garvín, 2008).

En el estudio realizado por Varona (2011) en la laguna La Mancha, Veracruz, durante la época de lluvias, se registró un valor promedio de salinidad de 2.75, muy por debajo de los registrados en este estudio (15.0), pues durante esta época, la lluvia que cae es acarreada hacia las partes más bajas, lo que provoca que la salinidad del agua de la laguna disminuya en su camino hacia los mares. Estos datos difieren de lo observado en Sontecomapan por Aké-Castillo *et al.*, (2008), donde fue la época de nortes donde se registró el valor más bajo de salinidad (7.57).

La salinidad durante la época de secas registró un promedio de 21.63, menor al registrado para la laguna de Tampamachoco (Muciño-Márquez, *et al.*, 2011), donde registró un valor promedio de salinidad de 26.56. La salinidad registrada en esta época fue propia de la misma laguna y se debe principalmente a que no hay aporte de agua dulce al sistema.

El oxígeno disuelto hace referencia a la capacidad de un cuerpo acuático de brindar soporte a la vida vegetal y animal. Los valores óptimos de oxígeno para permitir la presencia de organismos oscilan entre 4 y 5 ml. L<sup>-1</sup> (NCADE, 2012). En la laguna La Mancha, el intervalo de oxígeno disuelto observado (4.94 - 5.75 ml. L<sup>-1</sup>) se encuentra dentro de los valores permisibles, siendo la época de lluvias la de menor cantidad de oxígeno, ya que el oxígeno disuelto en la columna de agua después de las tormentas, se mezcla con los sedimentos incorporados a la columna de agua, por lo que el oxígeno presenta valores mínimos durante esta época.

Al existir un aumento en la temperatura durante el verano en el presente estudio, la concentración del oxígeno disuelto disminuye, lo que ocasiona que el cuerpo acuático sea deficiente en oxígeno y ocasione la desaparición de especies especialmente de peces, afectando el fitoplancton por no presentar una condición aeróbica saludable y por lo tanto repercutiendo en la cadena alimenticia por ser los productores primarios (Varona, 2011)

En los nortes el oxígeno registró la mayor concentración, debido por una parte a la disminución de la temperatura que ocurre en esta temporada (octubre-febrero), y por otra al aumento de salinidad, lo que ocasiona que el oxígeno se vuelva más soluble, logrando que aumente como sucede en la laguna de Sontecomapan en la misma época (Aké-Castillo *et al.*, 2008).

El valor promedio de oxígeno disuelto durante la época de secas fue 5.61 ml. L<sup>-1</sup>, un poco por arriba que la concentración registrada durante la época de lluvias. Debido a que la boca se encontró la mayor parte del tiempo cerrada durante esta época, no existió entrada de agua marina al sistema y las mareas registradas fueron diurnas, por lo que no existe ninguna alguna con estos dos parámetros y quizás este valor de oxígeno es porque durante esta época no hay movimiento del agua y se queda estancada evitando la aireación del sistema.

## *2. Variación nictímera de parámetros ambientales.*

La temperatura a lo largo de día mostró una tendencia a presentar los valores más altos por la tarde, entre las 14:00 h y las 18:00 h (27- 29 °C) y por la noche y

amanecer (04:00 – 08:00 h), los valores más bajos (25 – 26 °C); esto debe ocurrir por la incidencia de los rayos solares a esas horas. El Sol llega a la capa superficial de la laguna y calienta el agua y el viento y las olas mezclan esta capa de la superficie con las que le siguen, de manera que el calor también se mezcla en dirección descendente (Aguilar-Rodríguez, 2004).

La variación nictímera de la salinidad muestra una tendencia a registrar los valores más bajos (17 – 19) durante la mañana, de las 6:00 h a las 10:00 h y los valores más altos (20 – 22) por la tarde (12:00 – 16:00 h). Esto se debe a que el agua dulce procedente de los ríos y las precipitaciones, hacen que disminuya la salinidad, mientras que la evaporación hace que aumente; al encontrarse los valores más altos durante el día, permite entender que al llegar los rayos solares a la superficie de la laguna el agua se evapora, pero no así las sales minerales, por lo tanto, la laguna experimentó un incremento en los niveles de salinidad durante la mañana.

Se observaron los valores más altos de oxígeno disuelto (3.3 – 7.1) a partir de las 10:00 h a las 20:00 h. Esto se debe los niveles de oxígeno disuelto pueden variar durante el día, elevándose a lo largo de la mañana y alcanzando un máximo en la tarde por la actividad del fitoplancton. Por la noche cesa la fotosíntesis, pero las plantas y animales continúan respirando, causando una disminución en los niveles de oxígeno.

### 3. Variación nictímera del fitoplancton.

La variación nictímera del fitoplancton se relaciona principalmente con el efecto que tienen los cuerpos celestes sobre el mar, afectando la cantidad de fitoplancton registrado en un sitio, pues con el efecto de las mareas a lo largo del día el agua se mueve, ocasionando que el fitoplancton se desplace también (Varona, 2011).

Existen muy pocos estudios sobre la variación nictímera del fitoplancton en lagunas costeras del Estado de Veracruz, sin embargo, en un estudio en la laguna de Sontecomapan, Veracruz, Muciño-Márquez *et al.* (2011) registraron la presencia de diatomeas de las 9:00 a las 13:00 h, mientras que en el presente estudio, las diatomeas fueron encontradas en los 12 horarios establecidos, de las 18:00 a las 16:00 h del día siguiente, aunque con una tendencia a registrar los valores más altos de 7, 700 céls. L<sup>-1</sup> por la noche sin existir diferencias significativas entre horas, lo que indicaría debido principalmente a que los organismos se desplazan verticalmente para recuperar su nutrición y reproducción que a altas profundidades durante la noche no logran.



#### 4. Variación estacional del fitoplancton.

La importancia de estudiar al fitoplancton radica en que son los principales productores primarios del medio marino. De la misma manera que en el medio terrestre las plantas son el alimento primario del ecosistema.

La cantidad de fitoplancton encontrado en La Mancha en este estudio, de mayo de 2012 a mayo de 2013, fue bajo comparado con un estudio en la laguna de Sontecomapan, Veracruz (Aké-Castillo *et al.*, 2008) realizado de octubre 2002 a octubre 2003, donde la mayor cantidad de fitoplancton registrada fue 2 226 470 céls. L<sup>-1</sup>, mientras en la Mancha el valor máximo de densidad no sobrepasó las 13,000 céls. L<sup>-1</sup>. Estas diferencias pueden deberse a que en Sontecomapan tomaron en cuenta 10 sitios de muestreo, mientras que en el presente estudio únicamente el muestreo se realizó en la boca de la laguna.

La mayor cantidad de fitoplancton se registró durante febrero y marzo, tal como fue observado por Varona (2011); ésto puede explicarse en parte porque la temperatura interviene en el hundimiento o resuspensión de los organismos planctónicos, entre menor sea la temperatura, la densidad del agua será mayor y se hundirá mejor el plancton; por eso durante esta época se presentó una mayor cantidad de fitoplancton, ya que cuando entran los nortes al Golfo de México, se ocasiona una mezcla de la columna de agua y el aumento de nutrientes provenientes por el aporte de agua dulce de la laguna, el fitoplancton aumenta porque tiene que recuperar lo que se pierde durante el efecto de las mareas. (Varona y Mendieta, 2006).

El fitoplancton en la época de secas presentó valores intermedios entre la época de lluvias y la de nortes y estuvo dominado por diatomeas y fitoflagelados, coincidiendo con lo que observó Varona (2011), donde menciona que las partículas suspendidas experimentan un proceso de advección, es decir de su recorrido por la columna de agua, un proceso de asentamiento o hundimiento y resuspensión que facilita la retención de las mismas en la columna de agua, incluyendo diatomeas y dinoflagelados, lo cual justifica la presencia de varias especies fitoplanctónicas en la columna de agua.

Durante la época de lluvias (junio-septiembre) hay una mayor descarga del Río Caño Grande, lo que ocasiona un incremento en el volumen del agua, pero una densidad fitoplanctónica menor que en las dos épocas anteriores, pues durante estos meses la boca de laguna estuvo abierta y eso ocasionó pérdida del.

La presencia de diatomeas es frecuente debido a las altas concentraciones de sílice y a la presencia de condiciones iónicas autóctonas que aunadas a los nutrimentos y la radiación solar permiten la permanencia del grupo (Morales *et al.*, 2008).

## 7. Conclusiones

Con la llegada de los Nortes (octubre-febrero) el agua marina se mezcla con el agua de la laguna debido a que durante esta época, la boca de la laguna se encuentra principalmente abierta, intercambiando nutrientes de ambos cuerpos acuáticos, ocasionando que el fitoplancton aumente debido al aumento de nutrientes por la turbulencia generada en la laguna, durante esta época. Estos promedios entre meses mostraron diferencias significativas, registrando los valores de células fitoplanctónicas más altos durante esta época.

El análisis estadístico de los 4 grupos algales entre meses presentó diferencias significativas, siendo febrero y marzo los meses que registraron los valores más altos de fitoplancton, coincidiendo con el fin de la época de nortes y el comienzo de la época de secas respectivamente, por el contrario en abril, que corresponde al fin de la época de secas, se registró el valor más bajo de fitoplancton.

Aunque el Análisis de la Varianza (ANOVA) de células fitoplanctónicas realizado, no registró diferencias significativas entre horas, existió una tendencia del fitoplancton a registrar los valores más altos por la noche, ya que los valores más bajos de temperatura y los valores más altos de salinidad y oxígeno disuelto se registraron por la noche debido al intercambio que existió entre el agua marina entrante a la laguna.

Las diatomeas (Bacillariophyta) fue el grupo dominante en el periodo de mayo 2012 a mayo 2013 en la laguna La Mancha, Veracruz; esto se debe a que las diatomeas son el grupo algal más abundante del medio acuático.

## 8. Bibliografía.

Aguilar-Rodríguez. E., 2004. Física Espacial. *Geos*, 32(1): 23-28

Alvarado, J. J., Aguilar, J. F., 2003. Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico Costa Rica. *Rev. biol. trop.*, 57(1): 19-21.

Aké-Castillo., J., A., Vázquez, G., 2008. Phytoplankton variation and its relation to nutrients and allocthonous organic matter in a coastal lagoon on the Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78: 705-714.

Ariza, C., A., 2012. Aliasing functions and a dynamic approach to optimizing spectral widths in 2D experiments. Nueva York. *Rev. Magn. Reason. Chem.*, 48(1): 398-944

Barbosa, F. A. R., Torres, G. E., Coutiho, M. E., 1981. Ciclo anual de la temperatura y su influencia en las variaciones de algunos parámetros fisicoquímicos de la laguna Carioca del Parque Florestal del Rio Doce. *Acta limnológica, Brasil* 38(4): 129-151.

Barreiro-Güemes, T., 1991. Evaluación de algunas comunidades de productores primarios de la laguna de La Mancha, Veracruz. *Instituto de Limnología y Ciencias del Mar, UNAM*. pp. 5-8.

Castañeda, L., Contreras-Espinosa, F., Gutiérrez, M., 1996. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. *Rev. biol. trop.*, 44(2): 421-429.

Contreras-Espinosa, F., Rivera, G., N., E., Segura, A., R., 2005. Nutrientes y productividad primaria fitoplanctónica en una laguna costera tropical intermitente (La Mancha, Ver.) del Golfo de México. *Hidrobiológica* pp. 299-310.

De la Lanza-Espino, G., Cáceres, M., C., 1994. *Lagunas costeras y litoral mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, pp. 13-74.

Estaciones mareográficas del Centro de Investigación Científicas y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). 2009. Baja California, México.

Edler, L., 1979. *Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Phytoplankton and chlorophyll*. Ebro Hydrographical Confederation, España, pp. 740-93.

Flores, V., F., Kjerfve, B., 1992 *Mangrove ecosystems of the Pacific coast of Mexico. Distribution, structure, litter fall, and detritus dynamics. Coastal plant communities of Latin America*, Seeliger, USA, pp 269-288.

García, E., 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. EGM, México. pp.254.

Gavilán, R., A., 1990. Variaciones nictímeras de factores ecológicos de la represa de Barra Bonita, Sao Carlos, Brasil, *Rev. biol., trop.*, 57(2): 154-157.

Graham, L., E., Wilcox, L., W., 2000. *Algae*. Prentice Hall, USA, pp.8-30.

Hernández-Trejo., H., Priego, S., A., G., López, P., J., A., Isunza, V., E., 2006. Los paisajes físico-geográficos de los manglares de la laguna de La Mancha, Veracruz, México. Venezuela, *Rev. de ciencia y tecnología de América*, 31(3): 211-219.

Kjerfve, B., 1994. *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series, 60, USA, pp. 577.

Lankford, R., 1977. *Coastal Lagoons of Mexico. Their origin and classification. Estuarine Processes*, In Wiley (Ed.), Nueva York, pp. 182-215.

Lara-Domínguez, A., L., Yáñez, A., A., Twilley, R., R., 2006. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global Madera y Bosques. Instituto de Ecología A. C. México, 42(2): 3-19.

Legaria, M., L., 2003. *Dinámica del fitoplancton y su relación con variables físico-químicas en la Laguna costera La Mancha, Ver, México*. Tesis de licenciatura. (Biología). Universidad Veracruzana, Facultad de Biología, Xalapa, Veracruz. 132p.

Lima-Mena., J, Lara, L., M., González, R., A., 1992. Alimentación de la iguana verde (*Squamata: Iguanidae*) en la Mancha, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* 85(1): 139-152.

López-Portillo, J. A. L. Lara-Domínguez; A. Ávila-Ángeles y A. D. Vázquez-Lule. Caracterización del sitio de manglar La Mancha, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.

Lund, J., W., G., Kipling, C., Le Cren, E., D., 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiology*, 11(2): 143-221.

Madigan, M., T., Martinko, J., Parker, J, M., 2004. *Biología de los microorganismos*. Prentice Hall, USA, pp 1-20.

Margaleff, R., 1980. *Ecological correlations and relationship between primary productivity and community structure*. Mem. Inst. Ital. Hidrobiol., Italia, pp. 355-364.

Marín-Garvín., 2008. Procesos físicos del agua. Congreso Iberoamericano de Alimentos. España. *Instituto de Alimentos para el Desarrollo*. 2:19-23.

Mee, D., 1977. Coastal lagoons. *Chemical oceanography*. Barnes R. S. K., vol.7, USA, pp. 441-491.

Moore, H., B., 1955. *Variations in temperature and light response within a plankton population*. The Marine laboratory of Miami Florida, USA, pp. 175-181.

Morales, M., Maidana, N., I., Seeligmann, C., 2008. Bacillariophyceae del complejo lagunar Vilama (Jujuy, Argentina). Córdoba, Argentina, *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 44:3-4

Moreno, C., J., Warner, B., G., 2009. *Breviario para describir, manejar y conservar los humedales*. Serie Costa Sustentable número 1, Instituto Nacional de Ecología, Departamento de pesca y vida silvestre, Xalapa, México, 382 p.

Muciño-Márquez, R., E., Figueroa, T., M., G., Esquivel, H., A., 2011. Variación nictemeral de la comunidad fitoplanctónica y su relación con las especies formadoras de florecimientos algales nocivos en la boca de la laguna costera de Sontecomapan, Veracruz, México. *CICIMAR Océánides*, 26(1): 19-31.

North Carolina Association for Developmental Education (NCADE). 2012. USA.

Portilla, O., E., 2005. Lagunas costeras de Veracruz. Primer Encuentro de Experiencias de Manejo Colectivo de los Recursos Costeros. Instituto de Investigaciones Biológicas, Veracruz, México, pp. 1-22.

Pérez-Maqueo., O., Álvarez, M., L., L., Martínez, M., L., Gallego, F., J., B., Flores, P. 2011. Richness, diversity, and rate of primary succession over 20 year in tropical coastal dunes. México, Instituto de Ecología, AC., *Red de Ecología Funcional*, 63(4): 1597-1608.

Pérez, P., H., E., 2007. *Ecología de las Comunidades de Peces en Lagunas Costeras del Litoral de Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura (Hidrobiología). Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa 112 p.

Psuty, P., N., Martínez, M., L., López, P., J., Silveira, T., M., García, F., J., G., Rodríguez, N. A., 2009. Interaction of alongshore sediment transport and habitat conditions at Laguna La Mancha, Veracruz, Mexico. *J. Coast Manage.* 13(1): 76-87.

Rivera, G., N., E., 2008. *Variación espacio temporal de los parámetros físico-químicos, biológicos y de la distribución de los pastos marinos en la Laguna de La Mancha*. Tesis de Maestría (Ciencias). Universidad Veracruzana. Facultad de Biología. Xalapa, Veracruz. 80p.

Reynolds, C., S., 2000. Phytoplankton designer or how to predict compositional responses to trophic-state change. *Hydrobiologia*, 424:123-130.

Round, F., E., R., Crawford, M., Mann, D., G., 1990. *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press. Cambridge.

Salas de León, D., A., Monreal, G., N., A., Padilla, P., A., R., Alatorre, M., M., A., 1992. Hydrography And Estimation Of Density Currents In The Southern Part Of The Bay Of Campeche, Mexico. *Rev. Ciencias Marinas*. 18(4):115-133.

Suzuki, M., S., Figuereido, R., O., Castro, S., C., Silva, C., F., Pereira, E., A., Silva, J., A., Aragon, G. T., 2002. Sand bar opening in a coastal lagoon in the northern region of Rio de Janeiro state: hydrological and hydro chemical changes. Laboratorio de Ciencias Ambientales, Universidad del Estado del Norte Fluminense (UENF), USA, pp. 51-62.

Sournia, A., 1968. *Phytoplankton manual*. UNESCO, Paris, 335 p.

Travieso-Bello., A., C., Peresbarbosa, R., E., Moreno, C., P., 2000. *Manejo costero integral: el enfoque municipal*. Instituto Nacional de Ecología A. C., Veracruz, México, 1266 p.

Utermöhl 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodick. Mil. Inl.Verein. *Limnol.*, 9: 1-38.

Utrera-López., P., Moreno-Casasola, C., J., 2001. *La vegetación de los humedales mexicanos. Manual para el manejo y conservación en México*. Instituto Nacional de Ecología A. C. México, 240 p.

Varona, C., F., 2011. *Influencia de las condiciones físico-químicas sobre el fitoplancton y su respuesta al enriquecimiento de nutrientes en mesocosmos en lagunas costeras mexicanas*. Tesis de doctorado (Ciencias biológicas). Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 216 p.

Varona, C., F., Mendieta, G., J., 2006. Composición del fitoplancton de dos lagunas costeras del Pacífico tropical. *Hidrobiológica*, 26(2): 159-174

Villalobos-Figueroa, F., A., De la Parra, R., Galván, B., E., Cacho, O., J., Isaguirre, M., A., 1984. Estudio hidrogeológico de la laguna de La Mancha, Municipio de Actopan, Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, *Cuadernos de divulgación*, 15:51

Wetzel, R., G., Likens, G., E., 2001. *Limnological Analyses: Inorganic Nutrients: Nitrogen, Phosphorus, and Other Nutrients*. Springer Science Business, New York, pp. 85-111.

Yáñez-Espinosa., L., Ángeles, G., López, P., J., Bárrales, S., 2009. Variación anatómica de la madera *Avicennia germinans* en la Laguna La Mancha, Ver., México, *Soc. Bot. Mex.*, 85(11): 5-8.

Zingone A., Enevoldse, H., O., 2000. The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management. Botanical Institute. University of Copenhagen. *Ocean and Coastal Management* 43(9): 725-748.