



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Facultad de Estudios Superiores  
Campus Iztacala**



**Variación espacio-temporal del fitoplancton en el Jardín de  
plantas acuáticas del parque ecológico Xochitla, Tepetzotlán,  
Estado de México**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO**

**PRESENTA**

**Dennis Adriana Monterrubio Pasapera**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**M. en C. GLORIA GARDUÑO SOLÓRZANO**

**LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO**

**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.

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por darme la oportunidad de recibir educación de alta calidad en esta que es la máxima casa de estudios, permitiéndome realizarme tanto profesional como personalmente.

Así mismo agradezco a la **Facultad de Estudios Superiores Iztacala**, porque en sus instalaciones encontré más que conocimiento, me abrió el panorama y porque siempre obtuve el apoyo que necesité de cualquiera del personal que en ella labora.

A la **fundación Xochitla A.C.**, quienes nos permitieron la elaboración del trabajo así como todas las facilidades brindadas. En particular a las **Biólogas Nayelli González y Mónica López Hernández**.

Al **equipo** que forma parte del proyecto “**Algas epicontinentales de la Faja Volcánica Transmexicana**”, el cual fue realizado en las instalaciones del **herbario IZTA** y en el laboratorio de Limnología Tropical de la UICCSE.

Muy especialmente, con mucho cariño, respeto y admiración a mi asesora **M. en C. Gloria Garduño Solórzano** quien además de apoyarme incondicionalmente en la parte académica, me brindó su apoyo en otras circunstancias de la vida, me demostró que siempre existe una manera correcta de hacer las cosas por difíciles que parezcan, que con trabajo y dedicación todas las metas son alcanzables. Mil gracias por su apoyo y su amistad.

A los profesores que revisaron y corrigieron el presente trabajo.  
**M. en C. Guadalupe Oliva Martínez, Biol. Ángeles García Gómez, M. en C. Ángel Durán Díaz y Q.F.B. Esperanza del Socorro Robles Valderrama.**

Al **Biol. Armando Rodríguez Rocha** quien me brindó apoyo importante para la realización de algunos de los estadísticos que forman parte de esta tesis y al Dr. Alfonso Lugo Vázquez por las facilidades para el uso del microscopio invertido.

Además del apoyo para observación al microscopio electrónico a cargo del Biol. Rafael Quintana, en la FES Iztacala, UNAM. A todos les agradezco su valiosa participación y observaciones para la elaboración de este documento.

En especial le doy gracias a **DIOS** y al vida por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida acompañada de las personas que amo.

## DEDICATORIA

Dedico este pequeño trabajo con todo mi corazón y una gran alegría a mis padres **Arq. Luis Manuel Monterrubio Gómez** y **Lic. María Eugenia Pasapera Limón**, sin ustedes esto jamás hubiera sido posible, por su apoyo y orientación y porque se que este es uno de los mas grandes sueños que hemos compartido. Se que no fue fácil para ninguno pero siempre recibí de ustedes los consejos y la guía necesaria para no perderme en el camino. Los quiero, admiro y respeto. No tengo palabras para agradecerles su apoyo y su amor.

A mis hermanas **Jessica y Andrea Monterrubio Pasapera**: Niñas mil gracias por ser parte de mi vida, por apoyarme y ayudarme, porque siempre tuvieron palabras de aliento cuando mas las necesité y sobretodo porque aguantaron mis peores ratos durante todo este proceso.

Las adoro chamacas!!!!!!!!!!

A mi abuelo **Dr. Agustín Pasapera Aussenac**, gracias por apoyarme y enseñarme que ser Universitario es mas que simplemente formar parte de una Facultad, que ser un PUMA se lleva con orgullo en la sangre y el corazón. Te admiro y respeto.

A mi abuela **Margarita Pasapera Limón** porque se que siempre estuve en tus oraciones cuando las cosas parecían no funcionar. Te quiero Nonita!!!!!!

A mi abuela **Isabel Gómez Salgado** gracias por todo tu apoyo abue, se que siempre cuento contigo!

A la **Dr. Margarita Sousa** mil gracias por su apoyo, por considerarme parte de su familia. Usted siempre confió en mi y me dio ánimos. Es una parte muy importante de mi vida.

A mis tíos **Adri, Anna, Claudia Agustín, José, Juanis, Maite, Magos y Pita**, gracias por confiar en mi y apoyarme.

A mis primos, quienes son una gran alegría y apoyo: **Ale, Ana Sofía, Agustín, Claudia, Emanuel, Fernanda Gabriel, Ikram, Jimena, Marco y Tamy**. Una dedicatoria muy especial a mi querido primo **Eduardo** porque es de todos el que mas ha convivido conmigo. Los quiero a todos.

Para **Alejandro Borda Sánchez**, quizá sea a ti a quien le haya tocado la parte mas difícil de la realización de esta tesis, te agradezco por todo tu apoyo y comprensión, gracias por estar a mi lado y caminar de la mano.

A mis queridos amigos: **César, Cristina, Luis, Susy, D'Lucas** quienes han sido parte fundamental de todo esto. Mil gracias a: **Connie, Jessi, Lulú, Deya, Luigui**,

**Abraham, Ricardo, Claudia Ismene y Claudia Inés**, sin ustedes el paso por la Facultad jamás hubiera sido lo mismo, gracias por compartir conmigo momentos de alegría y tristeza.

A todos ustedes que dejan una huella importante en mi vida y en mi corazón, todos y cada uno son una pieza importante en este pequeño rompecabezas.

## ÍNDICE

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	9
OBJETIVOS	10
Objetivo general	10
Objetivos particulares	11
ÁREA DE ESTUDIO	11
Topografía	11
Edafología	12
Hidrología	12
Clima	12
Temperatura y precipitación	12
Fauna	13
Flora	13
MATERIAL Y MÉTODOS	13
Fitoplancton (a)	15
Determinación del Fitoplancton (b y c)	17
Parámetros Físico-químicos (d)	17
RESULTADOS	18
Composición del Fitoplancton	18
Dominancia	21
Variación espacio-temporal del Fitoplancton	23
Análisis de Cluster de la variación espacial del fitoplancton	23
Análisis de Cluster de la variación temporal del fitoplancton	23
Parámetros Físico-químicos	24
Correlación	27
DISCUSIÓN	29
Composición del fitoplancton	29
Comunidad fitoplanctónica	30
Condiciones ambientales	30
pH	30
Temperatura	31
Oxígeno disuelto	31
Nitratos	32
Fosfatos	32
CONCLUSIÓN	33
LITERATURA CITADA	34
Páginas de internet consultadas	37
APÉNDICES	39

# VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL FITOPLANCTON EN EL JARDÍN DE PLANTAS ACUÁTICAS DEL PARQUE ECOLÓGICO XOCHITLA, TEPOTZOTLÁN, ESTADO DE MÉXICO

Dennis Adriana Monterrubio Pasapera

## RESUMEN

Se estudió mensualmente la variación espacio-temporal del fitoplancton durante enero- diciembre del 2006, en el Jardín de Plantas acuáticas Xochitla. Se establecieron dos estaciones en las que se realizaron muestreos de fitoplancton a nivel superficial. Se midieron pH, temperatura, O<sub>2</sub> disuelto, nitratos y fosfatos. El pH mostró una gran variación desde valores ligeramente ácidos (4.7) hasta alcalinos (9.2). La temperatura del agua en el estanque correspondió a un ambiente de aguas templadas (14.4-25.8°C). Los valores obtenidos de oxígeno oscilaron entre 2.5-5.9 mg L<sup>-1</sup>, por lo que el estanque generalmente estuvo bien oxigenado durante el año. Los valores de los NO<sub>3</sub> fluctuaron entre 0.16 y 0.617 mg L<sup>-1</sup>, mientras que el PO<sub>4</sub> varió desde 0.05 hasta 0.51 mg L<sup>-1</sup>. Se determinaron un total de 36 especies distribuidas en 26 géneros y 4 phylum de los cuales el 58% corresponde a Chlorophyta, 33% a Cyanobacteria, 6% a Bacillariophyta y 3% a Pyrrophyta. La mayor abundancia correspondió a las Chlorophyta seguidas de las Cyanobacteria. El grupo de las Bacillariophyta se presentó durante el ciclo anual en bajos porcentajes de organismos. Mientras que las Dynophyta se mostraron solo en algunos meses en porcentajes bajos. El análisis de frecuencia (%) contra abundancia mostró que 10 especies (29%) fueron dominantes a lo largo del muestreo. La comunidad fitoplanctónica no mostró variación espacial; por otro lado el análisis de cluster para la variación temporal muestra claramente la existencia de tres grupos. La concentración de nutrimentos (PO<sub>4</sub> y NO<sub>3</sub>) y la presencia de las diferentes especies encontradas en el jardín de Plantas acuáticas de Xochitla reflejan la tendencia de este ambiente de mesotrófico a ligeramente eutrófico.

**Palabras Clave:** Variación espacio-temporal, lago urbano, plantas acuáticas, fitoplancton

## INTRODUCCIÓN

Xochitla “lugar de flores” tiene una extensión de 70 hectáreas situada al noreste de la ciudad de México, en el municipio de Tepozotlán, México, comprometida para ser un área verde permanente. Esta institución está desarrollando un jardín botánico que consta de dos importantes colecciones: un *Arboretum* y un jardín de plantas acuáticas. Su objetivo es establecer, mantener y propagar diversas especies de árboles y plantas acuáticas, nativas del centro del país, de importancia ambiental y cultural, con fines científicos, ecológicos, recreativos y educativos (<http://www.xochitla.org.mx/html/index.html>).

El Jardín de Plantas Acuáticas de Xochitla es la recreación de un sistema lacustre, como lo fue la cuenca del Valle de México hace cientos de años. Actualmente alberga una de las colecciones de plantas acuáticas más importantes en el país por su tamaño y diversidad, ya que se han logrado propagar y conservar 15 especies, estas fueron colectadas en diferentes localidades canales de riego de Cuautitlán Izcalli, el Lago de Zumpango, Edo de México; en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo; En los lagos de Pátzcuaro, Zirahuén y Cuitzeo, en Michoacán y la laguna de Zempoala, en Morelos. Algunas de estas plantas se encuentran en amenaza de extinción en condiciones naturales, como son: *Nymphaea gracilis*, *N. odorata*, *N. mexicana* y *Sagittaria macrophylla*. Desde el año 2001, el Jardín de Plantas Acuáticas se ha desarrollado sobre un estanque<sup>1</sup>, de una hectárea de extensión, el abasto de agua proviene en parte del tratamiento biológico de aguas residuales domésticas, del fraccionamiento contiguo y de un pozo de aprox. 100 metros de profundidad (anónimo, s/a).

---

<sup>1</sup> Estanque: Según Ringuelet (1962) señala que trata de ambientes relativamente pequeños y profundidad reducida, cuyas condiciones ecológicas se pueden comparar con una laguna o pequeño lago natural, que una vez madurado, es colonizado por plantas acuáticas. No hay diferenciación en región litoral y profunda, además de carecer de un ciclo término definido (Ortega *et al.*, 1994).

En las zonas de aguas abiertas de lagos y embalses, el fitoplancton constituye la base esencial de la trama trófica, por lo que estos cuerpos de agua pueden considerarse como sistemas autótrofos. El fitoplancton es un conjunto de organismos acuáticos, que tienen capacidad fotosintética y viven dispersos en el agua con escaso o nulo poder de locomoción, se encuentra en la base de la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos, ya que sirve de alimento a organismos mayores; es decir realiza la parte principal de la producción primaria y es una fuente importante de materia orgánica en prácticamente todos los ambientes acuáticos (Levinton, 1995; Yañez-Arancibia y Day, 1988). Por su corto ciclo de vida, responde rápidamente a los cambios ambientales, por esto la composición específica de esta comunidad es un buen indicador de la calidad del agua en la que se desarrollan. Estos organismos tienen diferentes necesidades de nutrimentos al igual que límites de tolerancia a determinados variables ambientales. Por ello el conocimiento de sus condiciones físico-químicas resulta fundamental para la comprensión de las comunidades (Round, 1981). El fitoplancton es una comunidad que influye en las características de la calidad del agua, cuando se desarrolla demasiado: en una situación de exceso de nutrimentos y de temperatura favorable, estos organismos pueden multiplicarse rápidamente formando un florecimiento o "bloom" (De la Lanza y Hernández, 2003).

La distribución espacial de las algas está afectada por la forma y tamaño del cuerpo de agua, posición del afluente y estratificación, estas comunidades se ven afectadas, tanto directa como indirectamente, por un conjunto de factores, cuyo entendimiento integral permite comprender la importancia de las algas como productores primarios, por la misma razón, ellas pueden indicar las condiciones predominantes de un cuerpo de agua durante cierto tiempo, lo suficiente para que se vean afectadas en cuanto a composición y abundancia de sus poblaciones (Margalef, 1983; Round, 1981).

El fitoplancton esta sometido a una fuerte influencia estacional y en las zonas tropicales se puede observar grandes contrastes entre las asociaciones de especies en las épocas de lluvias y de sequía (Horne y Goldaman, 1994 in González *et al.* 2004).

De este modo las comunidades de algas no se mantienen constantemente idénticas, pues el medio en que están inmersas se encuentra sometido a diversos factores que alteran sus propiedades, ya sea en función del tiempo o de otras condiciones externas (Margalef, 1955), por lo tanto las especies varían en estrecha relación con los cambios en las variables físico-químicas, como son: luz, temperatura, pH, además de los nutrientes (Wetzel,1975).

## ANTECEDENTES

En el mundo se han realizado algunos estudios de las comunidades fitoplanctónicas en ambientes someros. Yamamoto y Nakahara (2006) estudiaron la sucesión estacional de la diversidad del fitoplancton y las variaciones en la distribución vertical en un estaque pequeño poco profundo. Soyulu y Gonulu (2006) investigaron la variación estacional de la diversidad, composición y riqueza del fitoplancton en un lago somero de Turkia. Morris *et al.* (2006) evaluaron el impacto de la cosecha de las plantas acuáticas sobre la abundancia de las algas flageladas y Cyanobacterias en un lago urbano somero en Australia. Izaguirre y Vinocur (1994) estudiaron la estacionalidad del fitoplancton en once lagos someros de Buenos Aires, Argentina.

En México solo seis entidades federativas registran información sobre el estudio de las comunidades fitoplanctónicas de ambientes someros. En Michoacán, Alvarado *et al.* (1984) analizaron los procesos causantes del fenómeno de hipertroficación en el Lago Cuitzeo comparando la composición y abundancia fitoplanctónica. En el Estado de México, Mendoza-González (1985) realizó un estudio ficoflorístico estacional de la laguna de Victoria. Mientras en Guanajuato Serna-Hernández y López-López (1996) investigaron las comunidades fitoplanctónicas y su relación con factores ambientales del embalse Ignacio Allende durante un ciclo anual. En Morelos, García-Rodríguez y Tavera (1998) estudiaron la composición del fitoplancton de la Laguna de Zempoala. En el D.F. Sámano Bishop y Sokoloff (1931) y Sámano Bishop (1933, 1934, 1935 y 1940) citaron algunos géneros de algas del Valle de México. Alcocer *et al.*, (1988), Escobar *et al.*, (1994) estudiaron el fitoplancton de los estanques del jardín Botánico exterior de Ciudad Universitaria. Alcocer y Lugo (1995) evaluaron el estado trófico del lago viejo de Chapultepec. Tavera *et al.*, (2000) estudiaron las algas Chlorococcaceas del parque ecológico de Xochimilco. Rodríguez (2006) investigó la variación espacio-temporal y la estructura de ensamblado del

fitoplancton en el lago Tezozómoc. En Veracruz, Torres-Orozco y Estrada Hernández (1997) observaron los patrones de migración vertical diaria de los elementos dominantes de la comunidad planctónica y sus relaciones con algunos factores hidrológicos.

Existen pocos trabajos en donde se aborde el estudio de la composición fitoplanctónica en lagos someros en los que se desarrollen plantas acuáticas sumergidas. Escobar *et al.* (1994) analizaron el fitoplancton de los estanques del Jardín Botánico exterior de Ciudad Universitaria, D.F. y Morris *et al.* (2006) evaluaron el impacto de la cosecha de las plantas acuáticas sobre la abundancia de las algas flageladas. Es por esto que el presente trabajo permitirá ampliar el conocimiento del fitoplancton en lagos someros con plantas acuáticas.

## ÁREA DE ESTUDIO

Fundación Xochitla A.C., se localiza en el Estado de México, a 43 km al noreste de la Ciudad de México y a 2 Km al este del Municipio de Tepetzotlán, entre los 19°42'30" latitud norte y 99°11'47" longitud oeste. Comprende alrededor de 70 ha de forma triangular que formaron parte del antiguo Rancho El Morro (Anónimo, s/a) (Figura 1).

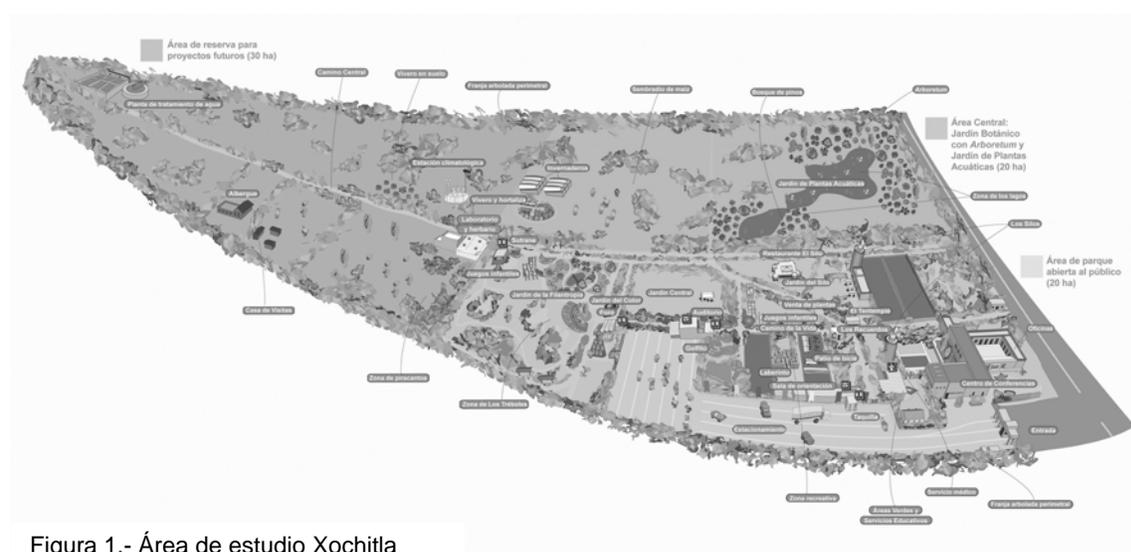


Figura 1.- Área de estudio Xochitla

### ***Topografía***

Xochitla se ubica en la planicie que forma la subcuenca del río Cuautitlán en las estribaciones de la Sierra de Tepotzotlán. La topografía de los alrededores de área de estudio presenta diferentes altitudes que van desde los 2,250 m.s.n.m. en las partes más altas de la sierra que corresponde al pico La Palma y al Cerro Tres Cabezas.

### ***Edafología***

Algunas áreas presentan unidades de litosoles, luvisoles y cambisoles. Estos tienen una textura que va de fina a media (arcillosa), bajo en sales y con un pH de 6 a 6.6. El potencial de fertilidad es bajo ([http://seduv.edomexico.gob.mx/planes\\_municipales/Tepotzontlan/tepotzotlan%20mayo%202003.pdf](http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/Tepotzontlan/tepotzotlan%20mayo%202003.pdf)).

### ***Hidrología***

La reserva se encuentra incluida dentro de la región hidrológica Cuautitlán, localizada al noreste de la cuenca del Valle de México; se ubica arriba de la unión del Río Hondo de Tepotzotlán con el río Cuautitlán. Los límites geográficos de esta subcuenca están representados al norte por la sierra de Xalapa, al oeste por la sierra de Tepotzotlán, al sur por la sierra de Guadalupe y al este por el gran canal de desagüe.

La fundación Xochitla es abastecida de agua por tres fuentes principales:

1.- La presa La Concepción, de la cual se derivan el río Hondo de Tepotzotlán, que es afluente del río Cuautitlán y el río de la Zanja Real, que lleva un curso de poniente a oriente.

2.- Un pozo con una profundidad de 100 m, del cual se abastece al jardín de plantas acuáticas.

3.- El agua potable proviene del municipio, la cual es parte de la red acuífera subterránea de la Ciudad de México.

### **Clima**

Según la clasificación de Köppen modificada por García (1981), se clasifica como clima templado subhúmedo con lluvias en verano, verano fresco y largo y poca oscilación térmica C(w)(w)b(i').

### **Temperatura y precipitación**

El área presenta un valor promedio de temperatura anual de 14.7°C; la temperatura máxima es de 23.3°C y la mínima de 6°C. El mes de junio es el más caliente con 17.6°C y enero el más frío con 10.9°C. La precipitación oscila entre los 700 y 800 mm anuales (Rodríguez, 2002).

### **Fauna**

Debido a las condiciones limnológicas y vegetación acuática del estanque, se han establecido una pequeña población de patos residentes *Anas platyrhynchos diaza* "pato Mexicano", también es visitado por 3 especies de garzas *Aredea herodias* "Garza morena", *Bubulcus ibis* "Garza ganadera", *Nictycorax nictycorax* "Garza corona negra" que se alimentan en este sitio, y otras especies de *Gallinula fulica*, *G. chloropus*, *Charadrius vociferus* "Chorlito tildío" y *Actitis macularia* "Playerito alzacolita.

### **Flora**

En el jardín de plantas acuáticas se han logrado propagar 15 especies que se han desarrollado favorablemente lo que permite su uso para propagación y reintroducción. Estas especies son: *Berula erecta* "berro de agua", *Equisetum hyemale var. affine* "cola de caballo o carrizillo", *Hydrocotyle ranunculoides*

“Ombligo de Venus”, *Labelia cardinalis* “Mirto rojo o cardenal de la laguna”, *Nymphaea gracilis* “Cabeza de Negro”, *N. mexicana* “Apapatla o Zasmol”, *N. odorata* spp. *odorata* “Apapatla o cabeza de negro”, *Nymphoides fallax* “Hojas de pescado o pan de manteca”, *Rorippa nasturtium-aquaticum* “Berro o cresón”, *Sagittaria macrophylla* “Papa de agua”, *Schoenoplectus americanus* “Tule o tule redondo”, *S. californicus* “Atolli o Tule”, *Thalia geniculata* “Platanillo”, *Typha domingensis* “Tule de espadilla”, *T. latifolia* “tule ancho o tule de agua”.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Conocer la variación espacio-temporal del fitoplancton en el estanque del Jardín de plantas acuáticas del parque ecológico Xochitla.

### **Objetivos particulares:**

1. Determinar la composición y variación de fitoplancton en dos estaciones de muestreo del jardín de plantas acuáticas de Xochitla durante el periodo enero a diciembre del 2006.

2. Determinar mensualmente parámetros físico-químicos: pH, temperatura, O<sub>2</sub> y nutrientes (N-NO<sub>3</sub> P-PO<sub>4</sub>), del jardín de plantas acuáticas de Xochitla.

3. Conocer la abundancia del fitoplancton de dos estaciones del jardín de plantas acuáticas de Xochitla.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estanque está recubierto por una geomembrana de alta densidad que impide la filtración del agua. Tiene un área de 6,966 m<sup>2</sup> y un volumen de 9,716 m<sup>3</sup>. El nivel máximo de profundidad del estanque es de 1.60 m, las plantas acuáticas que en él se encuentran están sembradas sobre macetones a la orilla de todo el lago, éstas se encuentran divididas por áreas según su uso tradicional, en el centro se encuentran plantas enraizadas de hojas flotantes y en las orillas plantas enraizadas de tallo largo. El estanque cuenta con tres aireadores que permanecen encendidos durante la mayor parte del año (figura 2).

La **estación 1** fue colocada en zona donde se encuentran las plantas acuáticas principalmente con usos alimenticios, en las coordenadas 19° 42' 57" N y 99° 11' 52" O; alrededor de ella se encuentran las siguientes especies: *Sagittaria macrophylla* "papa de agua" en la orilla del estanque, *Nymphaea gracilis* "Cabeza de Negro", *N. mexicana* "Apapatla o Zasamol" y *Nymphoides fallax* "hojas de pescado o pan de manteca" al centro del estanque. Tres de ellas están en amenaza de extinción. Muy cerca de la estación hay un aireador dirigido hacia la parte principal del estanque (figura 2).

La **estación 2**, representa una zona del estanque donde crecen plantas acuáticas principalmente medicinales y con uso artesanal, se encuentra en las coordenadas geográficas 19° 42' 56" N y 99° 11' 52" O, en la parte central en dirección al sur del estanque. En este lugar se localiza un muelle de madera; alrededor crecen *Typha latifolia* "tule ancho o de agua" y *Schoenoplectus californicus* "Atolli o tule", a la orilla está *Equisetum hyemale var. affine* "cola de caballo o carrizillo" y *Hydrocotyle ranunculoides* "ombbligo de Venus". Hacia el centro, *Nymphaea mexicana* "Apapatla o Zasamol" (figura 2).

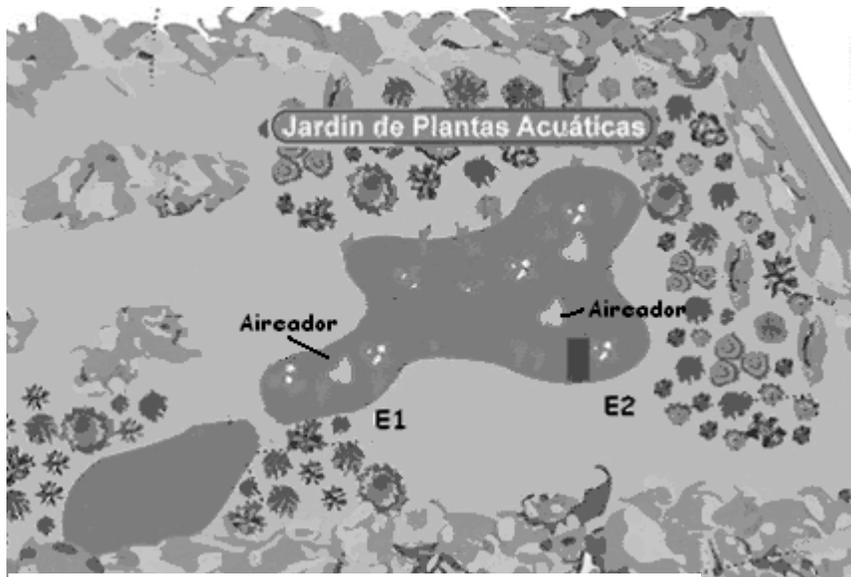


Figura 2.- Jardín de Plantas Acuáticas, estación E1 y estación E2.

El estudio del estanque comprendió la recolecta de fitoplancton mensual durante el periodo de enero a diciembre del 2006. En dos estaciones del Jardín de Plantas Acuáticas de Xochitla, ubicadas con un GPS marca Magellan modelo 410. En cada estación se tomaron cuatro muestras de 500 ml del agua, a la orilla del estanque en los primeros 20 cm de la columna.

Las muestras se procesaron de la siguiente manera: una de ellas se fijó con acetato de lugol para su cuantificación (**a**), otra fue preservada con formol al 5% para su determinación taxonómica (**b**), la tercera permaneció *in vivo*, para apoyo en la revisión taxonómica (**c**) y la última sirvió para realizar los análisis físico-químicos (**d**).

### ***Fitoplancton (a)***

*Fitoplancton* (cuantificación): La cuantificación de los organismos siguió la técnica de Utermöhl (Moreno, 2003). Debido a la abundancia de organismos encontrados en las muestras se utilizó una cámara de sedimentación de 10 ml por 24 horas y se utilizó un microscopio invertido marca Nikon eclipse TE2000-U.

Para determinar el número de células por mililitro se utilizó la fórmula indicada por APHA *et al.*, (1995).

$$\text{No. de organismos /ml} = \frac{C \times A_t}{A_f \times F \times V}$$

De donde:

C= No. de organismos contados

A<sub>t</sub>= área total del fondo

A<sub>f</sub> = área de un campo

F= No. de campos contados

V = Volumen

Se contaron únicamente las células con contenido celular, considerando el número de campos, hasta totalizar 400 individuos, para, filamentos o colonias de los organismos más abundantes (Villafañé y Reid, 1995)

Para determinar la abundancia de especies se elaboró una gráfica de abundancia vs frecuencia utilizándola hoja de calculo de Excel versión 2000. En esta gráfica se presenta el porcentaje de frecuencia contra el logaritmo natural de la abundancia total de cada especie. Las líneas divisoras son las medidas de los porcentajes de frecuencia y del logaritmo de la abundancia para todas las especies Este diagrama permite definir a las especies como dominantes (aquellas que con alta frecuencia y alta abundancia), temporales (baja frecuencia y alta abundancia), constantes (baja abundancia y elevada frecuencia) y raras (baja abundancia y baja frecuencia).

Los datos numéricos de la abundancia del fitoplancton se homogenizaron transformándolos con la formula  $\log_{10} (n+1)$ . Para el análisis de la variación espacio-temporal del fitoplancton se utilizó en programa Statistica versión 6.0 con

el que se elaboró el análisis de cluster, utilizado un coeficiente de similitud 1-r de Pearson y el método de enlace completo (García de León *in* Oliva 2001).

### ***Determinación del Fitoplancton (b y c)***

El fitoplancton analizado fue obtenido por colecta directa de 500 ml. Se observaron *in vivo* inmediatamente después de la colecta y después se fijó el material con formol 5%. Para la identificación se utilizaron las obras de Comas (1996), Cronberg (2005), Desikachary (1959), John *et al.*, (2002), Komárek y Anagnostidis (1999), Komárek (2003) y Prescott (1982). Se tomaron fotografías al microscopio óptico con contraste de fases y con una cámara digital marca Sony de ocho megapíxeles. Finalmente a cada muestra se le asignó el número de colección correspondiente en el herbario IZTA.

Para verificar los nombres científicos aceptados y sinónimos se utilizaron los sistemas de información taxonómica integrada (ITIS). Así como el Index Nominum Algarum (INA) y la base de datos de Cyanobacteria de Komárek y el algae database.

Los esquemas de clasificación considerados en el trabajo siguieron los criterios de Van den Hoek *et al.*, (1995) para Chlorophyta, Komárek y Anagnostidis (1999) para Cyanobacteria, Round *et al.*, (1990) para Bacillariophyta y John *et al.*, (2002) para Phyrophyta.

### ***Parámetros Físicoquímicos (d)***

En cada una de las estaciones se registraron *in situ* los siguientes parámetros físico-químicos. En el nivel superficial (20 cm de profundidad).

La temperatura y oxígeno disuelto fueron registrados utilizando un aparato Multiline F/set2 WTW, el pH con un potenciómetro Conductronic pH10.

Otra muestra de agua, de 500 ml fue trasladada en un bidón de plástico (transportado a baja temperatura) a la Unidad de Investigación Interdisciplinaria en

Ciencias de la Salud y la Educación UIICSE de la FES Iztacala, donde fueron analizados, los fosfatos y nitratos.

Para la determinación del fósforo total como P-PO<sub>4</sub> se utilizó la técnica de cloruro estanoso y para los nitratos como N-NO<sub>3</sub> se usó la técnica de brucina (APHA, 1995).

## RESULTADOS

### *Composición del fitoplancton*

Se determinaron un total de 36 especies distribuidos en 26 géneros, en 4 Phyla de los cuales el 58% pertenecen a Chlorophyta, 33% a Cyanobacteria, 6% a Bacillariophyta y 3% a Dynophyta. (figura 3)

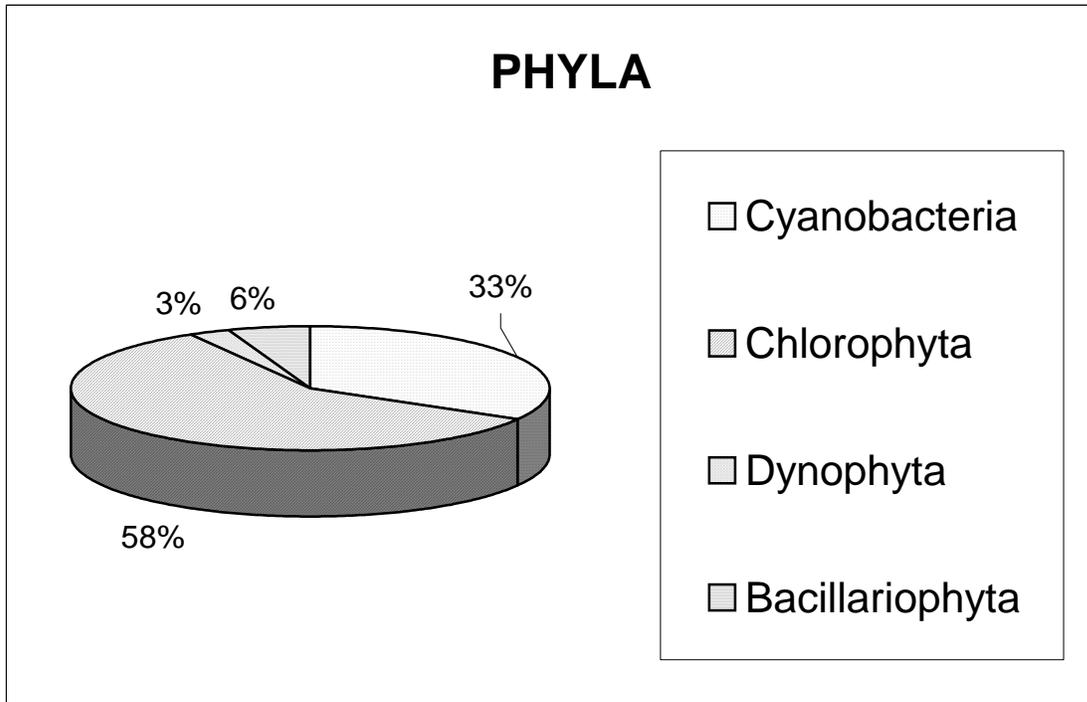


Figura 3. Porcentaje de especies por Phyla.

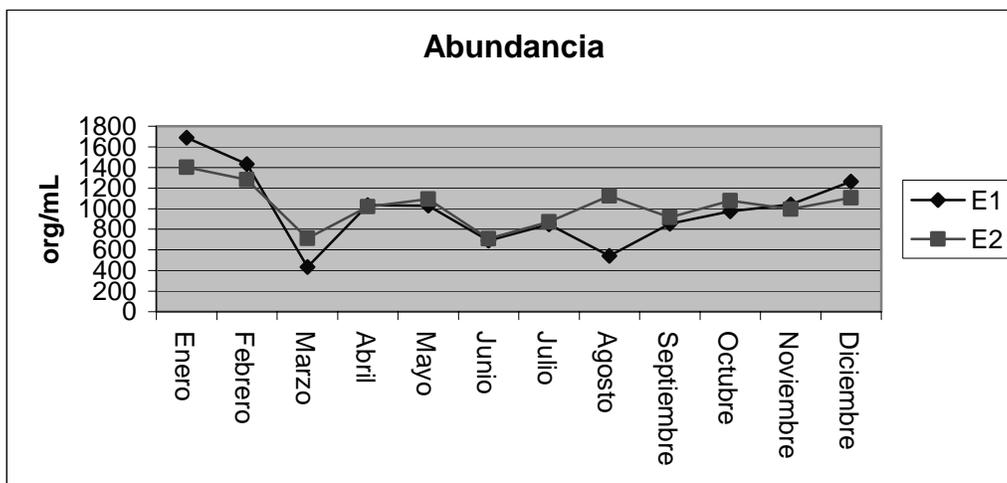


Figura 4. Abundancia de organismos en org/ml a lo largo del ciclo anual en cada una de las estaciones de colecta

La abundancia de los organismos se mantuvo constante a lo largo de los meses de muestreo con excepción del mes de enero en el que se registró la mayor cantidad de organismos 1688 org/ml y marzo en donde se registró la menor cantidad de organismos 434 org/ml (Figura 4).

En la tabla 1, se anotan las dos especies con mayor abundancia para cada una de las estaciones a lo largo del ciclo anual estudiado. De ella se observa que *Closteriopsis aff. longissima* se presentó abundante en cinco meses de muestreo. Por su parte, *Teraedrön minimum* y *Cosmarium pygmeum* fueron abundantes en tres meses del muestreo.

Tabla 1. Registro de mayor abundancia en cada estación durante los meses de muestreo.

Mes	Especie	E1	E2
Enero	<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	355	274
	<i>Closteriopsis aff. longissima</i>	461	437
Febrero	<i>Closteriopsis aff. longissima</i>	461	476
	<i>Aphanocapsa Holistica</i>	132	109
Marzo	<i>Aphanocapsa holistica</i>	65	70
	<i>Monoraphidium irregulare</i>	63	180
Abril	<i>Closteriopsis aff. longissima</i>	215	200
	<i>Monoraphidium irregulare</i>	366	301
Mayo	<i>Monoraphidium irregulare</i>	228	193
	<i>Teraedrön minimum</i>	424	416
Junio	<i>Closteriopsis aff. longissima</i>	108	97
	<i>Teraedrön minimum</i>	152	170
Julio	<i>Teraedrön minimum</i>	158	174
	<i>Anabaena sp.</i>	123	134
Agosto	<i>Anabaena sp.</i>	166	470
	<i>Fragillaria</i>	72	90
Septiembre	<i>Closteriopsis aff. longissima</i>	238	230
	<i>Anabaena sp.</i>	162	129
Octubre	<i>Gleothece samoneis</i>	141	124
	<i>Cosmarium pygmeaum</i>	317	300
Noviembre	<i>Cosmarium pygmeaum</i>	229	245
	<i>Anabaena sp.</i>	187	151
Diciembre	<i>Cosmarium pygmeaum</i>	397	264
	<i>Anabaena sp.</i>	237	199

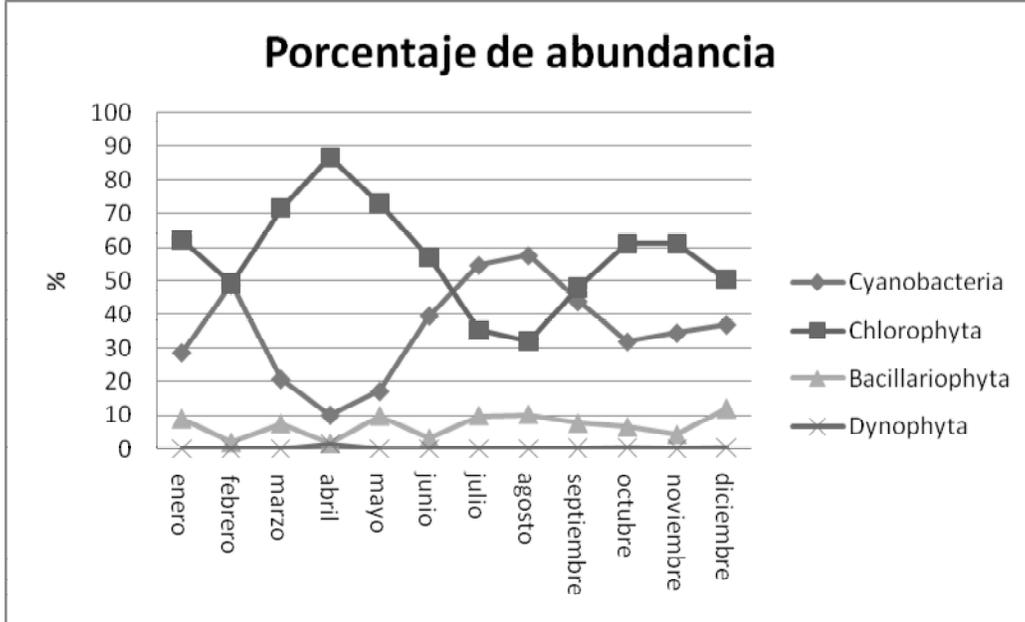


Figura 5. Porcentaje de abundancia a través del ciclo anual de los diferentes phylum.

El Phylum que presentó un porcentaje mayor de abundancia de organismos a lo largo del año fueron las Chlorophyta que mostraron su pico máximo en el mes de abril seguidas de las Cyanobacterias que tuvieron su máxima abundancia durante los meses de julio y agosto. Por su parte las Bacillariophyta fue un grupo que se desarrolló durante todo en año en cantidades bajas y las Dynophyta se presentaron solo en algunos meses porcentajes muy bajos (figura 5).

### **Dominancia**

El análisis de frecuencia (%) contra abundancia ( $\text{Log}_{10}(n+1)$ ) mostró que 10 especies (29%) fueron dominantes (*Closteriopsis* aff. *longissima*, *Tetraëdron minimum*, *Monoraphidium irregulare*, *Nitzschia palea*, *Aphanocapsa holsatica*, *Merismopedia tenuissima*, *Oocystis pusilla*, *Anabaenopsis elenkinii*, *Chroococcus*

*minimus*, *Gleothece samoensis*). Ocho especies (24%) fueron constantes (*Coleosphaerium kuetzignianum*, *Cyclotella meneghiniana*, *Fusola viridis*, *Scenedesmus dimorphus*, *Nephrochlamys subsolitaria*, *Scenedesmus quadricauda*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus acuminatus*). Dos (6%) fueron temporales (*Anabaena* sp. y *Cosmarium pygmeum*) y 14 (41%) fueron raras (*Microcystis flos-aquae*, *Chroococcus dispersus*, *Dictyosphaerium ehrenbergianum*, *Pseudanabaena mucicola*, *Carteria klebsii*, *Merismopedia punctata*, *Coelastrum sphaericum*, *Cosmarium laeve*, *Scenedesmus obtusus*, *S. arcuatus*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Snowella lacustris* y *Pediastrum boryanum*).

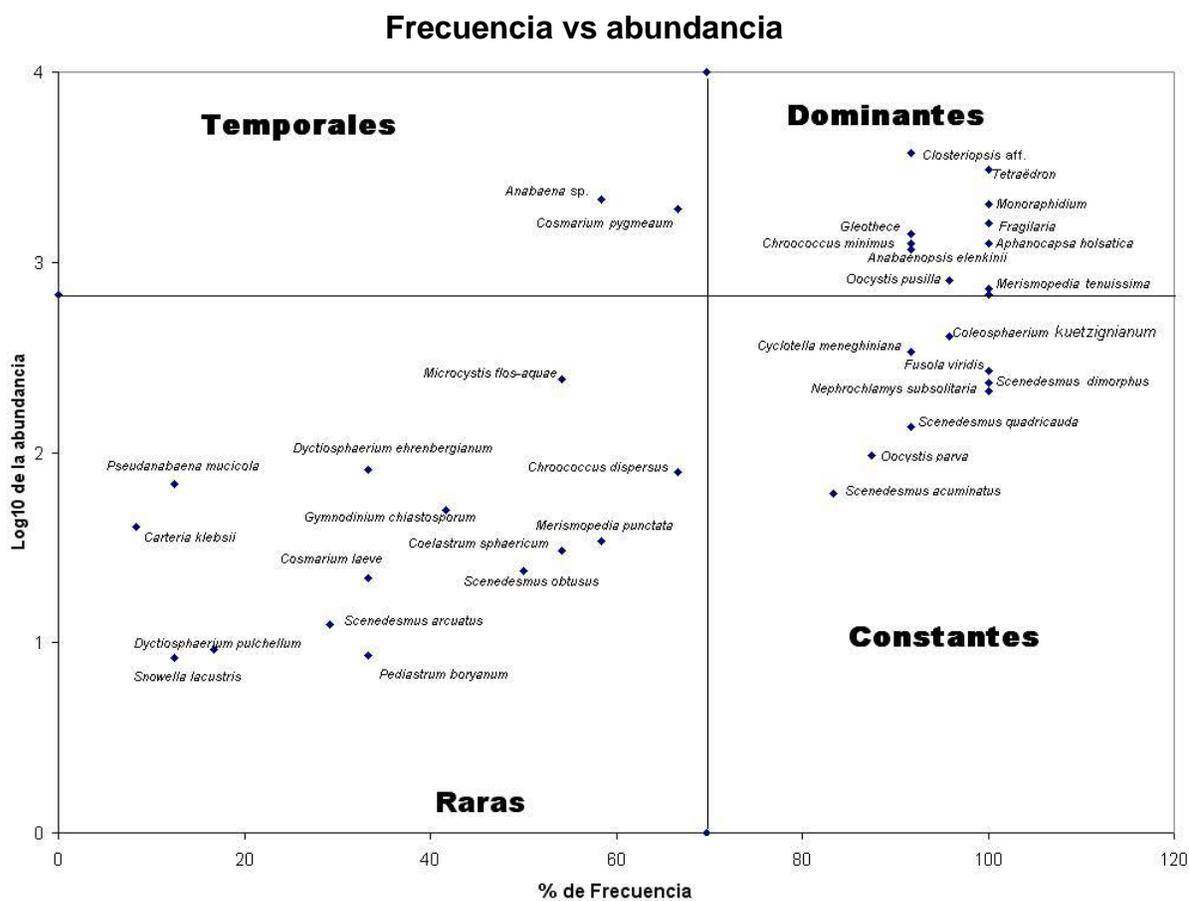


Figura 6. Tabla de frecuencia vs abundancia de la composición del fitoplancton.

### ***Análisis de Cluster de la variación espacial del fitoplancton.***

El análisis de cluster se llevó a cabo con las especies dominantes, temporales y algunas de las constantes. Este análisis muestra que el estanque presenta condiciones limnológicas homogéneas y no se registran diferencias en la composición del fitoplancton. El valor máximo de 1- Person r es de 0.1224, lo que significa que existe una gran similitud entre las dos estaciones de muestreo. Esto se puede afirmar al observar en la figura 6 que 10 *taxa* estuvieron presentes durante todo el ciclo anual en ambas estaciones, 24 *taxa* registraron presencia en la mayoría de los meses estudiados y *Snowella lacustris* sólo se presentó en los meses de noviembre y diciembre cuando se registró la temperatura más baja. *Carteria klebsii* solo se registró en la estación dos durante dos meses de muestreo (febrero y marzo) y *Gymnodinium chistosporum* tuvo presencia discontinua.

### ***Análisis de Cluster de la variación temporal del fitoplancton***

Este análisis se realizó para conocer la similitud entre los meses de muestreo, utilizando las especies dominantes, temporales y algunas de las constantes. En la figura 7 se muestra claramente la existencia de tres grupos. El primero formado por enero y febrero de 2006, el segundo por marzo y abril y el último conformado por los meses de mayo a diciembre de 2006. Esto indica que la composición fitoplanctónica mostró una variación temporal en el área de estudio.

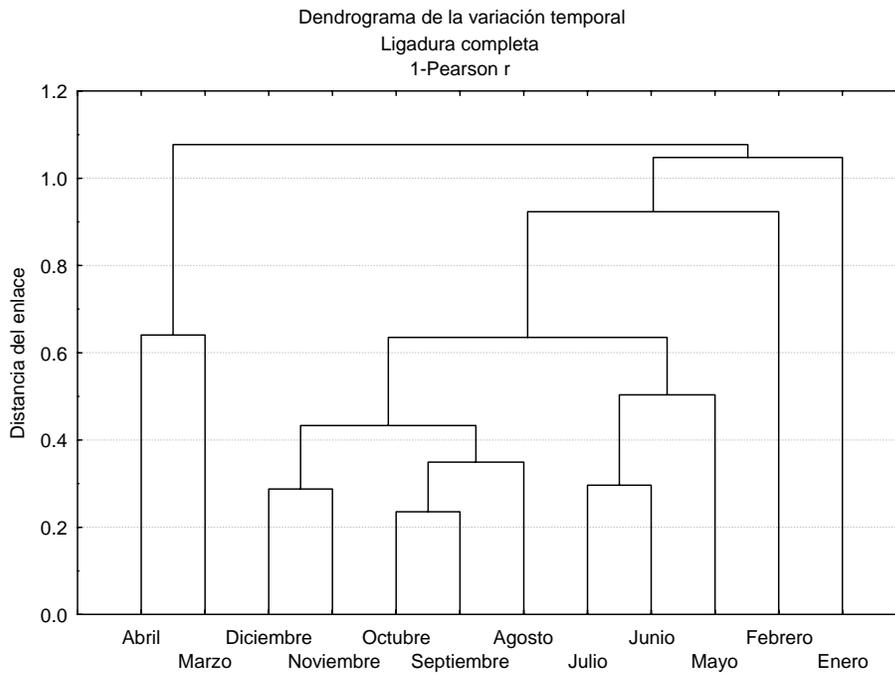


Figura 7. Dendrograma de la variación temporal del fitoplancton.

### ***Parámetros físico-químicos***

#### **pH**

El pH mostró una gran variación desde valores ligeramente ácidos (4.7 en septiembre) hasta altamente alcalino (9.2 en febrero). Por lo que durante el ciclo anual se encontró una diferencia entre el valor máximo y mínimo de 4.5.

En general, el ambiente mostró un pH circumneutral a ligeramente básico (figura 8).

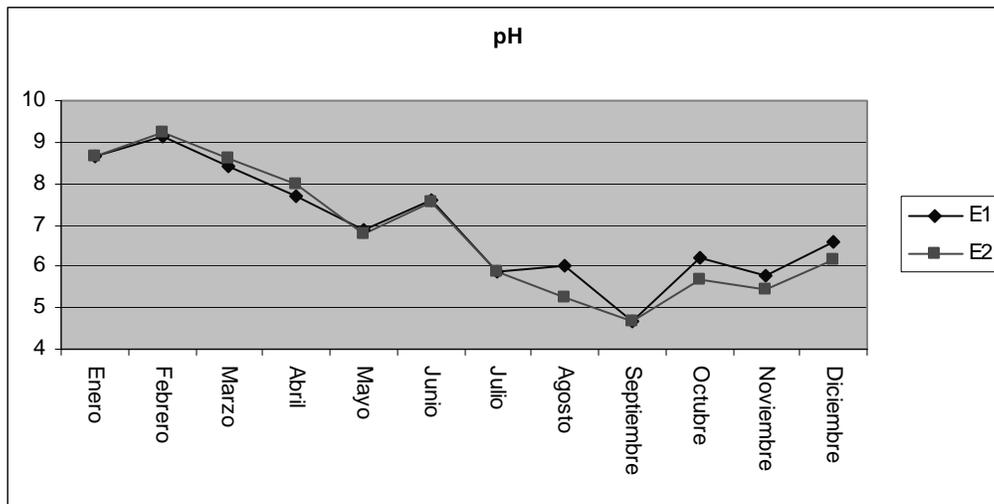


Figura 8. Variación temporal del pH en las dos estaciones estudiadas.

### Temperatura

La temperatura del agua en el estanque varió desde 14.4°C en diciembre y la más alta de 25.8°C en agosto, lo que corresponde a un ambiente de aguas templadas. De mayo a septiembre la temperatura se mantuvo por encima de los 20°C y disminuyó durante los meses de octubre a febrero (figura 9).

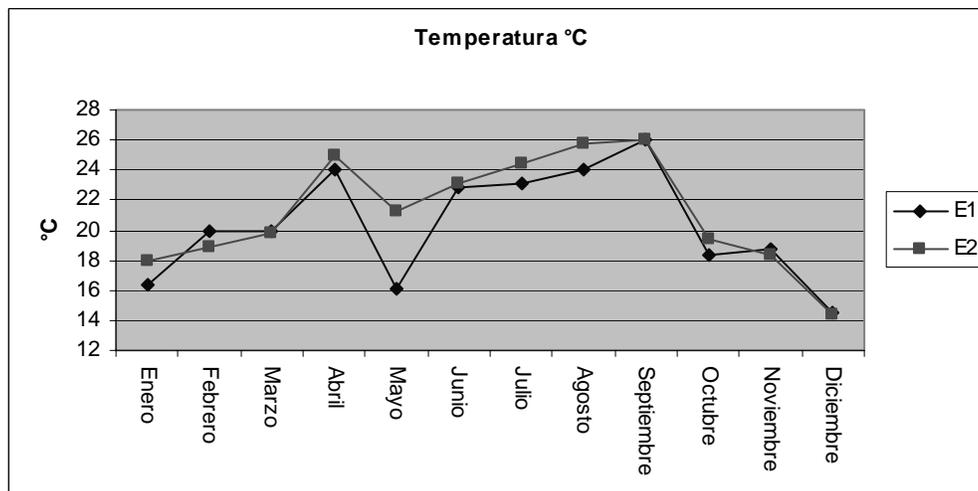


Figura 9. Variación temporal de la temperatura en las dos estaciones estudiadas.

## Oxígeno disuelto

Los valores obtenidos de oxígeno disuelto oscilaron entre 2.5 mg L<sup>-1</sup> en marzo hasta 5.9 mg L<sup>-1</sup> en mayo, estos se mantuvieron constantes la mayor parte del año en un intervalo de entre 4 y 5 mg L<sup>-1</sup>

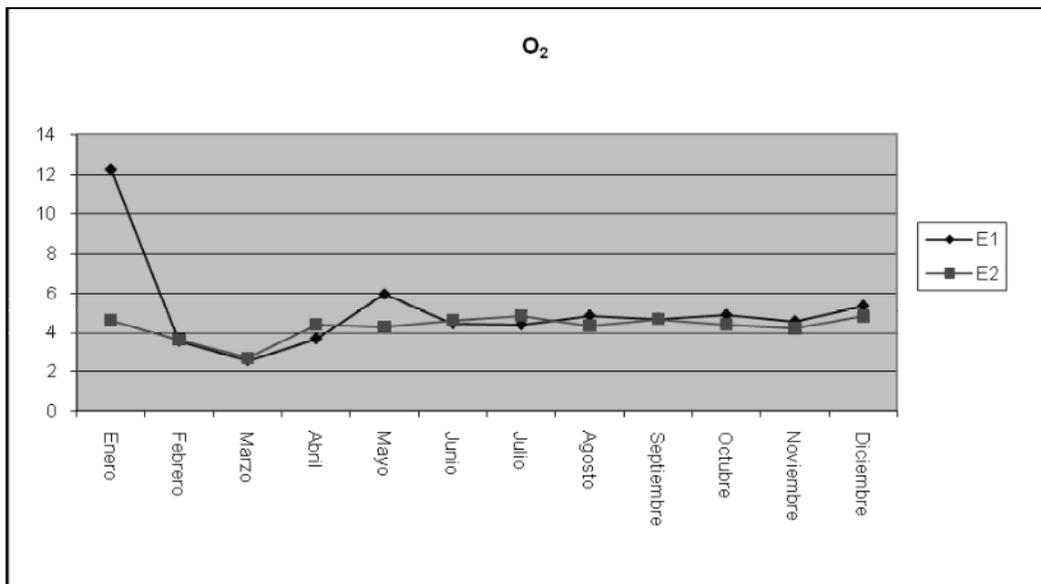


Figura 10. Variación temporal del oxígeno en las dos estaciones estudiadas.

## Nitratos y fosfatos

Los valores de los N-NO<sub>3</sub> oscilaron entre 0.16 mg L<sup>-1</sup> el mas bajo en el mes de mayo y 0.617 mg L<sup>-1</sup> el mas alto en el mes de octubre, mientras que el P-PO<sub>4</sub> registró el valor mas alto 0.51 mg L<sup>-1</sup> en el mes de marzo y el mas bajo de 0.05 mg L<sup>-1</sup> en el mes de junio.

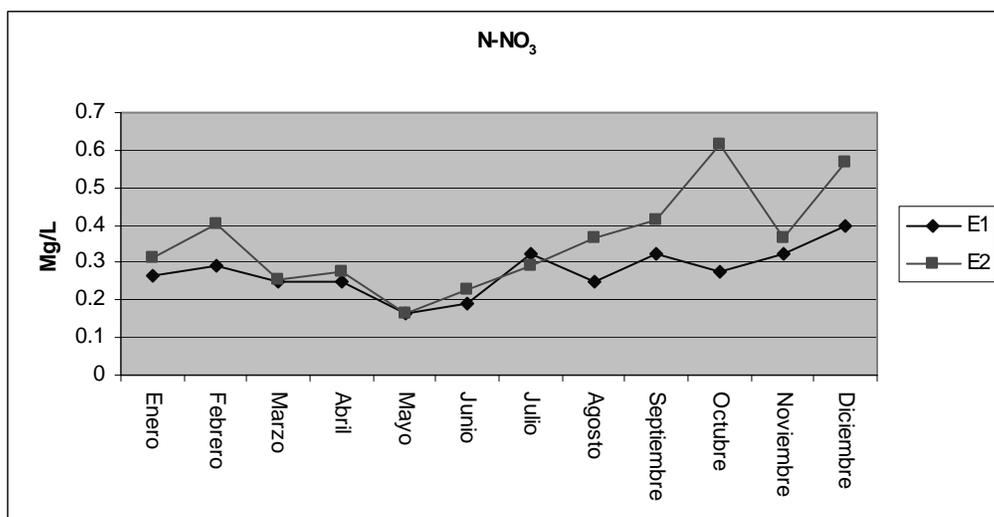


Figura 11. Variación temporal del N-NO<sub>3</sub> en las dos estaciones estudiadas.

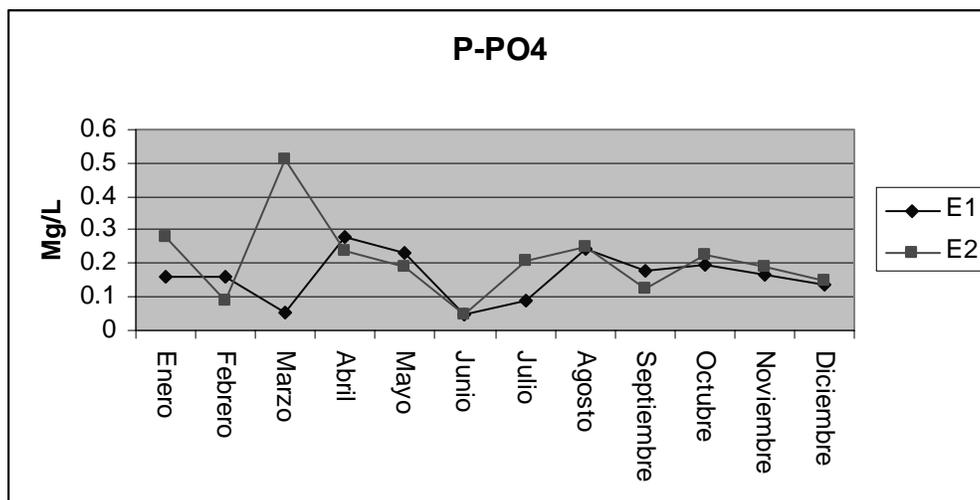


Figura 12. Variación temporal del P-PO<sub>4</sub> en las dos estaciones estudiadas.

### Correlación

De manera general en el estanque, sólo algunas especies mostraron afinidad con los valores físico-químicos registrados. *Aphanocapsa holsatica* fue la única especie que mostró afinidad con la temperatura (0.62). El oxígeno disuelto mostró relación con tres especies: *Nitzschia palea*, *Anabaenopsis elenkinii* y *Chroococcus minimum*. El pH solo mostró relación con dos de las especies *Aphanocapsa holsatica* y *Oocystis pusilla*. Mostraron afinidad por los nitratos *Merismopedia*

*tenuissima* y *Fusola viridis*. Ninguna especie mostró relación directa con los fosfatos.

	<i>A. holsatica</i>	<i>N. palea</i>	<i>O. pusilla</i>	<i>A. elenkinii</i>	<i>C. minimus</i>	<i>M. tenuissima</i>	<i>F. viridis</i>
Temperatura	0.62						
Oxígeno		0.59		0.69	0.50		
pH	0.70		0.59				
Nitratos						0.58	0.60
Fósforos							

Tabla 2. Correlación general del fitoplancton a través del ciclo anual estudiado.

Los valores de correlación espacial muestran que las especies que presentaron relación con los parámetros físico-químicos fueron 10 taxa. de la siguiente forma. El oxígeno disuelto estuvo correlacionado con *N. palea*, *O. pusilla* y *A. elenkinii* y *C. meneghiniana*. Para el pH *C. meneghiniana* y *G. samoensis* mostraron afinidad por esta variable, a diferencia de *A. holsatica* y *O. pusilla* que solo fueron correlacionadas en la estación 1. Para nitratos, *T. minimum* y *F. viridis* mostraron relación en ambas estaciones de colecta, mientras que *M. tenuissima* solo se vio relacionada en la estación dos. Los fosfatos solo tuvieron correlación con *M. irregulare* en la estación 1.

Tabla 3. Correlación espacial del fitoplancton a través del ciclo anual estudiado.

		<i>T. minimum</i>		<i>M. irregulare</i>		<i>A. holsatica</i>		<i>N. palea</i>		<i>O. Pusilla</i>		<i>A. elenkinii</i>		<i>G. samoensis</i>		<i>M. tenuissima</i>		<i>F. viridis</i>		<i>C. meneghiniana</i>		
		E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	
Oxígeno	1							0.801		0.661		0.952									0.836	
	2							0.002		0.019		0									0.001	
pH	1					0.806				0.64				0.705	-0.82						0.589	0.718
	2					0.002				0.025			0.01	0.001							0.047	0.009
Nitratos	1	0.596	0.589														0.706	0.647	0.752			
	2	0.041	0.044														0.1	0.023	0.005			
Fósforos	1			0.063																		
	2			0.028																		

1 Correlación Pearson, 2 Valor de p

## DISCUSIÓN

### ***Composición del fitoplancton***

La composición de la comunidad fitoplanctónica registrada en el presente trabajo estuvo dominada por las Chlorophyta seguida por las Cyanobacterias. Resultados también observados en lagos someros eutróficos por Kagalou *et al* (2003) en el lago Pamvotis, Grecia; Temponeras *et al.*, (2000) en el lago Doirani, Grecia y Rodríguez (2006) en el lago Tezozómoc, D.F. México. Es importante apuntar que los lagos someros con crecimientos de macrofitas han sido señalados por Izaguirre y Vinocur (1994) como ambientes de baja riqueza específica de fitoplancton. Mientras que en lagos sin macrofitas hay alta diversidad fitoplanctónica. Con ello se explica la baja riqueza específica (36 especies) registrada en el área de estudio.

La literatura consultada señala el estado trófico de las especies registradas corresponden al 63.9% (23) a mesotrófico-eutróficos: (*Aphanocapsa holsatica*, *Merismopedia punctata*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus acuminatus*, *Tetraëdron minimum*, *Nitzschia palea*, *Cyclotella meneghiniana*, *Scenedesmus dimorphus*, *Closteriopsis aff. longissima*, *Scenedesmus quadricauda*, *Merismopedia tenuísima*, *Microcystis flos-aquae*, *Pediastrum boryanum*, *Coleosphaerium kuetzignianum*, *Oocystis pusilla*, *Nephrochlamys subsolitaria*, *Snowella lacustris*, *Chroococcus dispersus*, *Chroococcus minimus*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Monoraphidium irregulare*, *Pediastrum tetras*, *Scenedesmus arcuatus*). El 36.1% (13) de las especies se mencionan como cosmopolitas (Izaguirre y Vinocur, 1994; Comas, 1996; Komárek, 1999 y John *et al.*, 2002). Lo que indica que el jardín de plantas acuáticas de Xochitla presenta un ambiente con un estado trófico de mesotrófico a eutrófico.

De los *taxa* registrados por la autora, 11 de ellos han sido señalados por Izaguirre y Vinocur (1994) para lagos someros con macrofitas y 25 son nuevos registros para México y no se habían señalado para este tipo de ambientes.

### ***Comunidad fitoplanctónica***

La comunidad fitoplanctónica no expone marcadas diferencias durante el periodo de estudio. Morris *et al* (2006) señalan que para lagos someros poco profundos en zonas calidas la mezcla de la columna de agua es frecuente, lo que permite a los organismos no móviles permanecer bien distribuidos y evitar la sedimentación. Esto aunado a la presencia de aireadores en el área de estudio permite que los organismos se distribuyan homogéneamente a lo largo del estanque.

La cantidad de organismos registrados mensualmente no supera a los  $1 \times 10^4$  organismos por mililitro, lo que nos indica que en el lago no se presentaron florecimientos algales (Pizzolon, 1996).

Las especies de fitoplancton identificadas y las cantidades de nutrimentos (nitrógeno y fósforo) son características de condiciones eutróficas y abundancia de materia orgánica (Comas, 1996).

### ***Condiciones ambientales***

#### ***pH***

Los valores de pH medidos mostraron la variación de ligeramente ácidos (4.6) a alcalinos (9.2). El pH registrado puede ser explicado debido a la alta actividad fotosintética de las macrofitas y las algas que se presenta en el área de estudio los cuales consumen elevadas cantidades de CO<sub>2</sub> disminuyendo su concentración en el agua favoreciendo el incremento de los valores de pH (Izaguirre y Vinocur, 1994). El análisis de correlación mostró valores positivos para *Aphanocapsa holsatica* y *Oocystis pusilla*. Estos valores han sido registrados en el lago de

Chapultepec, México lagos someros Lugo *et al.*, (1998) registraron entre 5.9 y 12.6 y Oliva *et al.*, (2005) para los humedales de Jilotepec encontraron valores entre 5.7 y 9.5.

*Carteria klebsii* has sido reportada para ambientes alcalinos (John *et al.*, 2002) mientras que *Cosmarium laeve*, *Cosmarium pygmeum* para ambientes con pH ácidos. Esto coincide con los datos registrados por la autora en los que se presenta la mayor abundancia de *Cosmarium pygmeum* en los meses fríos y de pH ácido.

### **Temperatura**

Con respecto a las variables físico-químicas medidas, la temperatura tuvo un comportamiento temporal mostrando las temperaturas mas bajas (14°C) durante la época de frío y sequía (octubre a febrero) y las mas altas (26°C) durante la temporada mas cálida y lluviosa (marzo a septiembre). Los registros de temperatura en tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, Estado de México (Oliva *et al.*, 2005) son semejantes a los registrados en el área de estudio, lo cual corresponde a ambientes con aguas templadas (15-30°C). Para este parámetro solo se encontró una especie con correlación positiva (*Aphanocapsa holsatica*).

### **Oxígeno disueltos**

En general los valores de oxígeno disuelto corresponden a un ambiente bien oxigenado, esto puede explicarse ya que el Jardín de Plantas acuáticas cuenta con tres aireadores distribuidos a lo largo del estanque. La homogeneidad de los valores puede atribuirse a que estos aireadores permanecen encendidos durante todo el ciclo anual. Por tanto estos valores difieren de la típica variación registrada en los lagos eutróficos someros del Distrito Federal, México (Rodríguez, 2006; Alcocer *et al.*, 1994 y Lugo *et al.*, 1998). Este parámetro mostró una correlación

positiva con tres de las especies encontradas (*Anabaenopsis elenkinii*, *Chroococcus minimum* y *Nitzschia palea*).

### **Nitratos**

Los valores de nitratos para lagos de Argentina estudiados por Izaguirre y Vinocur, (1994) oscilan entre 1.67 a 6.8 mg L<sup>-1</sup>. Mientras que para lagos urbanos del Valle de México han sido registrados valores desde no perceptibles hasta 5.58 mg L<sup>-1</sup> (Rodríguez, 2006). Esta diferencia de valores señalados con los registrados en el presente estudio se atribuye al tipo de agua con el que es recargado el jardín de Plantas acuáticas y a la dinámica de los nutrientes por los productores primarios. Para este valor el análisis de correlación presenta un valor positivo con algunas de las especies registradas (*Merismopedia tenuisima* y *Fusola viridis*).

### **Fosfatos**

Pocas Dynophyta se desarrollan en lagos con niveles de fosfatos mayores a 100 mg L<sup>-1</sup> (Temponeras *et al.*, 2000), lo cual explica la presencia discontinua del *Gymnodinium* en el lago. La variación de concentraciones de fósforo total en otros lagos someros de Argentina mostraron valores de 0.02 a 0.61 mg L<sup>-1</sup> por lo que los valores corresponden a lagos someros (Izaguirre y Vinocur, 1994). Es importante señalar que para lagos urbanos del Distrito Federal, México los valores difieren notablemente ya que los registros van de 0.4 a 6.9 mg L<sup>-1</sup> (Rodríguez, 2006; Alcocer *et al.*, 1994 y Lugo *et al.*, 1998). Sin embargo, en el presente estudio los valores registrados se explican porque el afluente lleva agua de la planta tratamiento del parque. Además que este nutriente es tomando por las

numerosas plantas acuáticas introducidas al Jardín. El análisis de correlación indica que los cambios en las concentraciones de fosfatos son independientes de la concentración del fitoplancton; ningunas de las especies registradas en el Jardín de Plantas acuáticas de Xochitla mostró correlación con este parámetro.

## **CONCLUSIÓN**

Se determinó un total de 36 taxa. De las cuales el grupo dominante fueron las Chlorophyta seguidos de las Cyanobacteria que lo corresponde a ambientes someros con crecimientos de plantas acuáticas sumergidas.

La variación del fitoplancton se encontró muy homogénea a lo largo del ciclo anual estudiado. Los registros cuantitativos de la comunidad fitoplanctónica permiten señalar que durante la época de estudio no se observó el desarrollo de blooms

Los parámetros físico-químicos y los registros de la comunidad fitoplanctónica encontrados en el presente estudio nos permite señalar que el lago somero tiene un buen manejo para el desarrollo y propagación de las 15 especies acuáticas que en el se encuentran.

El lago difiere de los parámetros ambientales registrados para otros lagos urbanos someros por la presencia de las Plantas acuáticas introducidas y el control de la entrada de los diferentes nutrientes; además de la presencia de aireadores que permiten una buena oxigenación de este.

Las plantas acuáticas que se encuentran en el lago tienen una influencia importante en la cantidad de nutrientes que se determinaron en el lago.

La concentración de nutrientes y la presencia de las diferentes especies encontradas en el jardín de Plantas acuáticas de Xochitla reflejan la tendencia de este ambiente de mesotrófico a ligeramente eutrófico.

## Literatura citada

- Anónimo, s.a. Jardín de plantas acuáticas, Fundación Xochitla. 16pp.
- Alcocer, D.J., E. Kato, E. Robles y G. Vilaclara, 1988. Estudio preliminar del efecto del dragado sobre el estado trófico del lago viejo de Chapultepec. *Contaminación Ambiental* 4:43-56.
- Alcocer, D.J. y A. Lugo, 1994. The urban lakes of Mexico City (Lago viejo de Chapultepec). *Lakeline* 15(2):14, 15 y 31.
- Alvarado, D. J., R.T. Zubieta, M.R. Ortega, T.A. Chacón, y R. Espinoza, 1984. Hipertroficación en un Lago Tropical somero (Lago Cuitzeo, Michoacán, México). *Revista de la Escuela de Biología .UMSNH*.1:1-20.
- APHA., AWWA., WPFC. 1995. *Standar Methods for the examination of water and waste water. 20 ed. American Public Health Association* (ed.) Washington. 1269 pp.
- Comas, G.A. 1996. *Las Chlorococcales dulceacuícolas de Cuba*. Biblioteca Phycologica , J. Cramer. Berlin. Stuttgart.192 pp.
- Cronberg, G. 2005. *Photo guide to Cyanobacteria Workshop on Biology and Taxonomy of Cyanobacteria*. Institute of Ecology/Limnology. University of Lund, Sweden. 32 pp.
- Desikachary, T.V. 1959. *Cyanophyta*. Indian Council of Agricultural Reserch. New Delhi. 688pp.
- De la Lanza, E. G., y P. S. Hernández, 2003. *Manual para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de calidad el Agua*. AGT Editor, S.A. México. 223 pp.
- Escobar-Briones, E., A.M. Cortés-Aguilar, M. García-Ramos, L.M. Mejía-Ortiz, y A.Y. Simas-Del Castillo 2002. Structure of a pond community in Central México. *Hydrobiologia* 467:133-139.
- García, E., 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen [para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana]*. 3° ed., editado por el autor, México, 525pp.

- García-Rodríguez, J. y R. Tavera, 1998. Fitoplancton del Lago de Zempoala. *Bol. Soc. Bot. México* 63:85–100.
- Horne y Goldaman 1994. *In*: Gonzáles, J.E., Ortaz, M., Peñaherrera, C., Matos, M. L., 2004. Fitoplancton de un embalse tropical hipereutrófico (Paocachinche, Venezuela): Abundancia, biomasa y producción primaria. *Interciencia* 29(10):548-555.
- Izaguirre, I y A. Vinocur, 1994. Typology of shallow lakes of the Salado River basin (Argentina), based on phytoplankton communities. *Hidrobiología* 277: 49-62.
- John, M.D., B. A. Whitton y A.J. Brook, 2002. *The freshwater Algal Flora of the British Isles*. An Identification guide to freshwater and terrestrial Algae. Cambridge University Press. United Kingdom. 702 pp.
- Kagalou, J., E., Pastregidou, G. Tsimarakis y D. Petridis, 2003. Evaluation of the tropical state of Lake Pamvotis Greece, a shallow urban lake. *Hydrobiologia* 506-509:745-752.
- Komárek, J., 2003. *Cocoid and Colonial Cyanobacteria In: Freshwater Algae of North America*. Elsevier Science. USA. pp. 59-116.
- Komárek, J., y K. Anagnostidis, 1999. Süßwasserflora von Mitteleuropa. *Cyanoprokaryota 1. Teil Chroococcales*. Gustav Fischer. Jena, 548 pp.
- Levinton, J.S. 1995. *Marine Biology function, biodiversity, ecology*. Oxford University Press. U.S.A. 127pp.
- Pizzolon, L., Importancia de las Cianobacterias como factor de toxicidad en las aguas continentales. *Interciencia*. 21(8):239-245.
- Lugo, A., Ma. R. Sánchez, Ma. E. González y J. Alcocer, 1998. Temporal patterns of planktonic ciliates abundance in three eutrophic urban lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1626-1630.
- Margalef, R., 1983. *Limnología*. Omega, Barcelona, España. 1010pp.
- Mendoza-González, A.C, 1985. Estudio Florístico estacional de la Laguna de Victoria o de Santiago Tilapa, México. *Phytologia* 58(7): 479-487.

- Moreno, J.L., 2003. Fitoplancton. *In*: De la Lanza y Hernández (Eds.) *Manual para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de la calidad del agua*. Pp. 13-45. AGT Editor. México.
- Morris, K., P.C.E. Baley, P.I. Boon y L. Hughes, 2006. Effects of plant harvesting and nutrient enrichment of plankton community structure in a shallow urban lake. *Hydrobiologia* 571:77-99.
- Oliva-Martínez, M.G., J.G. Ramírez-Martínez, G., Garduño-Solórzano, J., Cañetas-Ortega y M.M Ortega, 2005. Caracterización diatomológica en tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, Estado de México. *Hidrobiologica* 15(1):1-28.
- Ortega, M., J.L., Godínez, S.G., Garduño y Ma. G., Oliva, M. 1994. *Ficología de México algas continentales*. AGT Editor, S.A. México. 221pp.
- Prescott, G.W. 1982. *Algae of the western great lakes area*. Otto Koelts Sience Publishers. Alemania. 977 pp.
- Rodríguez, F.P., 2002. *Hábitos alimenticios de la lechuza de campanario Tyto alba en Xochitla, Tepetzotlán, Estado de México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM: México. 13-15 pp.
- Rodríguez, R.A. 2006. Variación espacio-temporal del fitoplancton en el lago de Tezozómoc, Azcapotzalco, Distrito Federal. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México. 48pp.
- Round, F.E., 1981 *The ecology of algae*. Cambridge, University Press, Great Britain, 653 pp.
- Round, F.E., R.M. Crawford y D.G. Mann, 1990. *The diatoms. Biology & Morphology of the genera*. Cambridge Univesity Press. Great Britain. 747pp.
- Sámano Bishop, A. 1933. Algunas Cianoficeas del Lago de Xochimilco. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón, México*. 4:24-31.
- Sámano Bishop, A.1934. Contribución al conocimiento de las algas verdes en el Valle de México. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón, México*. 5:149-177.
- Sámano Bishop, A. 1935. Algunas Zygnemataceas de Chapultepec. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón, México*. 6:167-171.

- Sámano Bishop, A. 1940. Algas del Valle de México. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón, México*. 11:41-50.
- Sámano Bishop, A y D. Sokoloff 1931. La flora y fauna de aguas dulces del Valle de México. II fascículos. *Mongr. I. Inst. Biol. Univ. Nac. México*, Fasc. 1:5-38; Fasc. 2 39-49.
- Soyulu, E.N. y I.A. Gonulo, 2006. Seasonal variations in the diversity, species richness and composition of the phytoplankton assemblages in a shallow lake. *Cryptogamie Algologie* 27(1): 85-101.
- Serna-Hernández, J.A, E. López-López 1996. Una aproximación al fenómeno de sucesión fitoplanctónica del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, por métodos multivariados. *Zoología Informa* 32:5-17.
- Tavera, R., E. Novelo y A. Comas, 2000. Chlorococcalean algae (s.l) from the Ecological Park of Xochimilco, México. *Algological Studies* 100:65-94.
- Temponeras, M., J. Kristiansen y M. Moustaka-Gouni, 2000. Seasonal variation in phytoplankton composition and physical-chemical features of the shallow Lake Doïran, Macedonia, Greece. *Hidrobiología* 424:109-122.
- Torres-Orozco B.R.E. y Estrada-Hernández, 1997. Patrones de Migración vertical en el plankton de un lago tropical. *Hidrobiológica* 7:33-40.
- Van den Hoek, C., D.G. Mann y H.M. Jahns, (1995). *Algae an Introduction to Phycology*. Cambridge, University Press. New York. 623pp.
- Villafañé, V.E. y F.M.H. Reid, 1995. *Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton* In: Alveal, K., Ferrario, M.E., Oliveira. E.C. y Sar. E. (eds.). Manual de Métodos Ficológicos. Editora Aníbal Pinto S.A. Chile. 169-185.
- Wetzel, R.G., 1975. *Limnology*. Saunders College Publishing, Philadelphia, 743 pp.
- Yamamoto, Y. y H. Nakahara, 2006. Seasonal variations in the diel, vertical distribution of phytoplankton and zooplankton in a shallow pond. *Phycological Research* 54(4):280-293.

Yañez-Aranciba, A. y J. W. Day, 1988. *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la laguna de Términos*. UNAM. México. 223 pp.

**Páginas de Internet consultadas:**

[http://seduv.edomexico.gob.mx/planes\\_municipales/Tepotzontlan/tepotzotlan%20mayo%202003.pdf](http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/Tepotzontlan/tepotzotlan%20mayo%202003.pdf)

<http://ucjeps.berkeley.edu/INA.html>. Index Nominum Algarum

<http://www.algaebase.org/>. Algae Base

<http://www.xochitla.org.mx/html/index.html>. Fundación Xochitla A.C. 2007

<http://www.cyanodb.cz/taxodetail/> . Cyano data base

<http://www.itis.gov>.

<http://128.32.109.44/e-ina.html>

## APÉNDICE 1.

### Listado sistemático de las especies fitoplanctónicas del Jardín de Plantas acuáticas Xochitla

**PHYLUM:** Cyanobacteria

**CLASE:** Cyanophyceae

**ORDEN:** Synechococcales

**FAMILIA:** Merismopediaceae

- *Aphanocapsa holsatica* (Lemmerman) Cronberg et Komárek 1994
- *Coleosphaerium kuetzignianum* Näegeli 1984
- *Merismopedia punctata* Meyen 1839
- *Merismopedia tenuissima* Lemmermann 1898d
- *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek et Hindák 1988

**ORDEN:** Chroococcales

**FAMILIA:** Chroococcaceae

- *Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmermann 1904
- *Chroococcus minimus* (Keissler) Lemmermann 1904

**FAMILIA:** Microcystaceae

- *Microcystis flos-aquae* (Wittrock) Kirchner 1898

**FAMILIA:** Cyanobacteriaceae

- *Gloeothece samoensis* Wile 1913

**ORDEN:** Nostocales

**FAMILIA:** Nostocaceae

- *Anabaena* sp. Bory 1822
- *Anabaenopsis elenkinii* Miller 1923

**ORDEN:** Pseudanabaenales

**FAMILIA:** Pseudanabaenaceae

- *Pseudanabaena mucicola* (Naumann et Huber-Pestalozzi) Schwabe 1964

**PHYLUM:** Chlorophyta

**CLASE:** Chlorophyceae

**ORDEN:** Chlorococcales

**FAMILIA:** Chlorellales

- *Closteriopsis* aff. *longissima* Lemmermann 1899

**FAMILIA:** Oocystaceae

- *Dictyosphaerium ehrenbergianum* Naegeli 1849
- *Dictyosphaerium pulchellum* Wood 1874
- *Fusola viridis* J. Snow 1902
- *Lahergemia subsalsa* Lemmermann 1898
- *Monoraphidium irregulare* (G.M. Smith) Kómarková-Legenerová 1969

- *Nephrochlamys subsolitaria* (G.S. West) Korshikov 1953
- *Oocystis parva* West & West 1898
- *Oocystis pusilla* Hansgirg 1890

**FAMILIA:** Hydrodictyaceae

- *Pediastrum boryanum* (Turp.) Meneghini 1840
- *Pediastrum tetras* (Ehrenb.) Ralfs 1844

**FAMILIA:** Scenedesmaceae

- *Coelastrum sphaericum* Näegeli 1849
- *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat 1902
- *Scenedesmus arcuatus* (Lemmermann) Lemmermann 1899
- *Scenedesmus dimorphus* (Turpin) Kützing 1833
- *Scenedesmus obtusus* Meyen 1829
- *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson 1835

**FAMILIA:** Chlorococcaceae

- *Tetraëdron minimum* (A. Braun) Hansgirg 1898

**ORDEN:** Volvocales

**FAMILIA:** Chlamydomonadaceae

- *Carteria klebsii* (Dang.) Dill 1895

**CLASE:** Zygnematophyceae

**ORDEN:** Zygnematales

**FAMILIA:** Desmidiaceae

- *Cosmarium laeve* Rabenhorst 1868
- *Cosmarium pygmaeum* W. Archer 1864

**PHYLUM:** Bacillariophyta

**CLASE:** Coscinodiscophyceae

**ORDEN:** Thalassiosirales

**FAMILIA:** Stephanodiscaceae

- *Cyclotella meneghiniana* Kützing 1844

**CLASE:** Bacillariophyceae

**ORDEN:** Bacillariales

**FAMILIA:** Bacillariaceae

- *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith.

**PHYLUM:** Dynophyta

**CLASE:** Dinophyceae

**ORDEN:** Gymnodiniales

**FAMILIA:** Gymnodiniaceae

- *Gymnodinium chiastosporum* (T.M. Harris) Criland 1958

## APÉNDICE 2.

Listado de los diferentes estados tróficos citados en la literatura consultada para las especies encontradas en el Jardín de Plantas acuáticas Xochitla . Referencias: (1) Comas, 1996; (2) Cronberg, 2005;

(3) John, Whitton, Brook, 2002; (4) Komárek, 1999 y (5) Oliva *et al.* 2005

ESPECIE	Estado trófico	REFERENCIAS
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmerman) Cronberg et Komárek 1994	Eutrófico	(4)
<i>Coleosphaerium kuetzignianum</i> Näegeli 1984	Mesotrófico	(3)
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen 1839	Eutrófico	(3)
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann 1898d	Mesotróficos, eutróficos	(3)
<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek et Hindák 1988	Oligotróficos-mesotróficos	(3)
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann 1904	Oligotróficos-mesotróficos	(4)
<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann 1904	Oligotróficos-mesotróficos	(4)
<i>Microcystis flos-aquae</i> (Wittrock) Kirchner 1898	Mesotróficos, eutróficos	(4)
<i>Gloeothece samoensis</i> Wile 1913	Cosmopolita	
<i>Anabaena</i> sp. Bory 1822	Cosmopolita	(3)
<i>Anabaenopsis Elenkinii</i> Miller 1923	Cosmopolita	(2)
<i>Pseudanabaena mucicula</i> (Naumann et Huber-Pestalozzi) Schwabe 1964		
<i>Closteriopsis aff. Longissima</i> Lemmermann 1899a	Eutróficos	(1)
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Näegeli 1849	Cosmopolita	(1)
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood 1874	Oligotróficos-mesotróficos	(1)
<i>Fusola viridis</i> J. Snow 1902	Cosmopolita	
<i>Lahergemia subsalsa</i> Lemmermann 1898	Cosmopolita	(3)
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M. Smith) Kómarková-Legenerová 1969	Oligotróficos-mesotróficos	(1)
<i>Nephrochlamys subsolitaria</i> (G.S. West) Korshikov 1953	Ligeramente Eutróficos	(1)
<i>Oocystis parva</i> West & West 1898	Eutrófico	(1)
<i>Oocystis pusilla</i> Hansgirg 1890	Mesotrófico, eutrófico	(3)
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Meneghini 1840	Mesotróficos, eutróficos	(3)
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenb.) Ralfs 1844	Oligotróficos-mesotróficos	(3)
<i>Coelastrum Sphaericum</i> Näegeli 1849	Cosmopolita	(3)
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat 1902	Eutrófico	(1)
<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmermann) Lemmermann 1899	Oligotróficos-mesotróficos	(1)
<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turpin) Kützing 1833	Eutrófico- muy eutróficos	(1)
<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen 1829	Cosmopolita	(3)
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson 1835	Cosmopolita	(1)
<i>Teraëdron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg 1898 <sup>a</sup>	Eutrófico	(3)
<i>Carteria Klebsii</i> (Dang.) Dill 1895	pH alcalino	(3)
<i>Cosmarium laeve</i> Rabenhorst 1868	Ácidofila	(3)
<i>Cosmarium pygmaeum</i> W. Archer 1864	Ácidofila	(3)
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing 1844	Eutrófica	(5)
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith		
<i>Gymnodinium chistosporum</i> (T.M. Harris) Criland 1958		



