

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

00322

175

FACULTAD DE CIENCIAS

**“VARIACIÓN TEMPORAL DEL FITOPLANCTON EN LA LAGUNA
CHIGNAHUAPAN, ESTADO DE MÉXICO”**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
BIOLOGA**

**PRESENTA:
GABRIELA ROSILES GONZÁLEZ**

**DIRECTOR DE TESIS.
DR. ENRIQUE ARTURO CANTORAL URIZA**

2003



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "variación temporal del fitoplancton en la Laguna Chignahuapan, Estado de México."

realizado por Rosiles González Gabriela

con número de cuenta 9419744-8 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza

Propietario Dr. Gustavo Montejano Zurita

Propietario M. en C. Francisco Valadez Cruz

Suplente Biól. Angélica Elaine González Schaff

Suplente Biól. Víctor Manuel Martínez Almeida

FACULTAD DE CIENCIAS
U N A M.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGÍA

L.B

Dedicatoria

A mis padres

Porque a cada paso mío siempre estuvieron ustedes para apoyarme y en momentos difíciles siempre supieron que decir para consolarme y animarme. Además agradezco que no solo me cuiden a mí sino que ahora me ayuden a cuidar a mi pequeña tesoro, tan bien que como lo hicieron conmigo.

A mi hermano

Por todas las risas y juegos compartidos en los que tu me enseñaste a seguir adelante, venciendo cualquier obstáculo.

A mi hermana

Por vencer mi mal humor, logrando hacerme reír y compartir buenos momentos, que ojalá duren para siempre. Gracias por jugar con Dany, no solo como su tía sino, como su amiga.

A Dany

Por ser tan tierno y esperarme todos los días para abrazarme y besarme, logrando darme ánimo para todo el día.

A Fran

Porque me has enseñado muchas cosas y sobre todo nos has dado amor.

A todos mis amigos

Por todos los momentos que compartimos juntos a lo largo de la carrera y la vida.

Agradecimientos

Quiero agradecer primero al M en C. Francisco Valadez porque por ti, empecé este trabajo. Gracias a ti he aprendido muchas cosas y no solo académicas; que me servirán toda la vida. Muchas gracias por tener tanta paciencia y ayudarme tanto, sin ti no lo habría logrado.

Dr. Enrique Cantoral, por el apoyo brindado en este trabajo y las sugerencias realizadas. Y sobre todo por estar siempre dispuesto a resolver todas mis dudas.

Dr. Gustavo Montejano, por leer la tesis y darme valiosos comentarios que lograron que tuviera presente otras ideas.

Biól. Víctor Martínez, gracias por los buenos consejos que me diste, ahora plasmados en este trabajo y además por compartir lo hermoso y difícil que es el fitoplancton.

Biól. Angélica González, por leer la tesis y tus valiosos comentarios.

Al Dr. Javier Carmona y al Dr. Eberto Novelo, por su interés en el trabajo y la ayuda brindada.

Quiero agradecer muy en especial a Sergio Castillo y a Jorge, porque gracias a ustedes pude terminar este trabajo. Aun recuerdo como se preocuparon por ayudarme y sufrimos juntos, a pesar de conocernos tan poco. Mil gracias.

Agradezco a todos los compañeros en el laboratorio, por lograr que mi estancia en él fuera amena.

Al programa de becas PROBETEL, por el apoyo económico brindado durante el desarrollo del presente trabajo.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	9
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 Objetivo general.....	11
3.2 Objetivos particulares.....	11
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	12
4.1 Descripción general del Alto Lerma.....	12
4.2 Laguna Chignahuapan.....	12
4.3 Geología.....	14
4.4 Hidrología.....	15
4.5 Vegetación.....	16
4.6 Fauna.....	17
4.7 Arqueología.....	17
5. METODOLOGÍA.....	18
a) Trabajo de campo.....	18
b) Trabajo de laboratorio.....	18
c) Trabajo de gabinete.....	20
6. RESULTADOS.....	21
6.1 Parámetros físicos y químicos.....	21
6.1.1 Temperatura e intensidad luminosa.....	21
6.1.2 Porcentaje de saturación de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno...22	22
6.1.3 Oxígeno disuelto y transparencia (disco de Secchi).....	22
6.1.4 Profundidad y conductividad	22
6.1.5 pH.....	22
6.1.6 Análisis de P- PO_4^{3-} y SiO_2 , presentes en el agua.....	23
6.2 Variación temporal en la composición del fitoplancton.....	26
6.3 Índice de similitud.....	26
6.4 Diversidad.....	29
6.5 Variación temporal en la densidad del fitoplancton.....	30

6.6 Variación temporal en la densidad del fitoplancton por división	30
6.7 Variación temporal en la densidad del fitoplancton por especies dominantes y representativas.....	32
6.8 Abundancia relativa, frecuencia, valor de importancia y coeficiente simple de dominancia.....	32
6.9 Análisis de componentes principales.....	37
7. DISCUSIÓN.....	39
7.1 Variación temporal en la composición del fitoplancton.....	39
7.2 Índice de similitud.....	40
7.3 Diversidad.....	42
7.4 Variación temporal en la densidad del fitoplancton.....	43
7.5 Variación temporal en la densidad del fitoplancton por división	45
7.6 Variación temporal en la densidad del fitoplancton por especies dominantes y representativas.....	46
7.7 Análisis de componentes principales.....	46
8. CONCLUSIONES.....	49
9. REFERENCIAS.....	51
ANEXO I.....	61
ANEXO II.....	64

RESUMEN

En la Laguna Chignahuapan, Estado de México, se efectuaron muestreos mensuales de marzo a octubre del 2001, en cada uno de ellos se registraron parámetros fisicoquímicos y biológicos, con el objeto de caracterizar el fitoplancton de la laguna, en términos de su composición y densidad. Los parámetros fisicoquímicos variaron de una época a otra (secas y lluvias), lo que se vio reflejado en la composición y densidad del fitoplancton (por división y especie). Se registraron 61 especies, pertenecientes a 4 divisiones, 5 clases y 36 géneros, con las siguientes proporciones: 26 Chlorophyta, 13 Heterokonthophyta, 9 Cyanoprokaryota y 3 Euglenophyta. Las especies dominantes fueron: *Chlorella* sp., *Monoraphidium minutum*, *Fragilaria construens* f. *venter*, *Aphanothece saxicola* y *Merismopedia tenuissima*. Se reconocieron tres principales grupos fitoplanctónicos (índice de Jaccard). Grupo I, representativo de la época de secas (marzo a mayo). Grupo II, formado por los meses de junio y julio, que corresponden al inicio de lluvias. Grupo III, integrado por los meses de agosto a octubre, que comprenden el fin de la estación lluviosa. La mayor diversidad, se presentó en el mes de agosto (2.65 bits/individuo). La mayor densidad fitoplanctónica, se registró en el mes de junio (3.9×10^5 org. ml⁻¹), durante el inicio de la época de lluvias. En cuanto a la densidad fitoplanctónica por división, se caracterizó por el dominio de las algas verdes y cianoprocariontas durante los meses de estudio, a excepción de marzo y septiembre. En marzo, dominan las Clorofitas y en septiembre dominan las Heterocontofitas. Con respecto a la variación por especie, *Chlorella* sp., mostró amplia tolerancia a las variaciones ambientales, manteniéndose durante todo el periodo de estudio. *Monoraphidium minutum*, incrementa su densidad en junio y junto con *Aphanothece saxicola* son las especies dominantes. Durante agosto y octubre domina *Merismopedia tenuissima*. Finalmente, en septiembre *Fragilaria construens* f. *venter* es la especie dominante. La variación del fitoplancton fue influenciada principalmente por el cambio en el nivel de agua, transparencia y dilución de la conductividad y pH. La laguna Chignahuapan se puede caracterizar como un cuerpo mesotrófico a eutrófico.

1. INTRODUCCIÓN

Los ambientes acuáticos continentales, se agrupan de manera general en dos grandes categorías: lóticos y lénticos. Los ambientes lóticos, como los ríos, manantiales, arroyos y cascadas, son aquellos en los que el agua se mueve constantemente con un flujo unidireccional continuo; son sistemas abiertos debido a que su masa autótrofa es insuficiente para soportar a los consumidores, los cuales dependen enormemente de la hojarasca y detritus que obtienen de la tierra de los alrededores del cauce. Además, el continuo movimiento del agua y pérdida del material transportado, evita el reciclaje de nutrimentos y sólo es utilizado una vez. Es decir, el continuo movimiento de agua disuelve sustancias y suspende partículas derivadas de la cuenca, además de provocar un lavado constante de los materiales presentes (Mills 1972; Vannote *et al.* 1980 y Wetzel 2001).

Lo anterior, aunado a la sobresaturación de oxígeno disuelto en el agua motiva que los organismos, tanto flora como fauna, que se desarrollan en cada categoría lótica, sean distintos a aquellos que se desarrollan en los ambientes lénticos (Odum 1972). Además, la alta heterogeneidad espacial y frecuentes cambios en los hábitats, se evidencia en la forma de crecimiento dominante de los organismos que habitan en él, ya que presentan adaptaciones especiales a condiciones con flujo de agua, siendo las comunidades bentónicas las más características (Wetzel 2001).

Entre el gran número de factores que componen a los ambientes lóticos, tres de ellos influyen en el desarrollo de los organismos: 1) la velocidad de corriente, 2) el intercambio de nutrimentos, y 3) la tensión de oxígeno (Odum 1972).

Aunque la presencia de una corriente definida y continua es una de las características principales de los hábitats lóticos, la velocidad varía grandemente en diversas partes del mismo río, tanto en sentido longitudinal como transversal, respecto a la dirección de la corriente, lo mismo de un momento a otro. La velocidad de corriente está determinada por la inclinación de la superficie, la rudeza del cauce, la profundidad y el ancho del lecho del río (Odum 1972).

Por otra parte, los ambientes lénticos (lagos, charcos y presas), son aquellos en los que el flujo de agua no presenta dirección preferente en la horizontal, y generalmente su estructura se organiza alrededor del eje vertical (Margalef 1983). Las entradas son irregulares y dependen principalmente de los ríos, por lo que a falta de actividad mecánica constante por parte del agua, se provoca una lenta erosión en áreas selectivas y por lo tanto, baja descarga de sedimentos y nutrimentos. Esta limitación, disminuye el tiempo de renovación de los materiales en el sistema, favoreciendo variaciones temporales, además de reacciones químicas y biológicas que pueden causar modificaciones selectivas a la cantidad y calidad de nutrimentos y sustancias orgánicas, presentes en ambientes lénticos. Esta marcada diferencia, en los aportes de agua, se evidencia en la forma de vida de la mayoría de los organismos que ahí se desarrollan. Entre estas formas de vida, el plancton se encuentra restringido a aguas lénticas y grandes ríos con flujo lento (Wetzel 2001).

El plancton, comprende organismos que viven suspendidos en la columna de agua, son frecuentemente microscópicos y presentan una locomoción restringida, sujeta al movimiento pasivo inducido por el viento y las corrientes, y esta constituido por dos grandes grupos: el fitoplancton y zooplancton (productores y consumidores, respectivamente). El zooplancton es extremadamente diverso, y en ambientes epicontinentales se incluyen representantes de casi todos los Phyla: protozoos, rotíferos, cladoceros, copepodos y ciertas larvas inmaduras de insectos (Odum 1969, Margalef 1983; Reynolds 1984b; Harris 1986; Wetzel 1981, 2001).

El fitoplancton, conjunto de organismos que comparten niveles de organización y funciones similares dentro de la zona fótica (Margalef 1983), se encuentra constituido por diferentes poblaciones de algas microscópicas unicelulares o coloniales, que generan oxígeno y materia orgánica (productores primarios). Además, de jugar parte importante en los ciclos del nitrógeno, azufre, fósforo y carbono (Ville *et al.* 1992).

En las aguas continentales, el fitoplancton está integrado por los siguientes grupos: cianoprocariontes, clorofitas, crisofitas, criptofitas, dinofitas y euglenofitas (Bourrelly 1968, 1970; Margalef 1983).

El fitoplancton, se utiliza como extenso objeto de estudio por: 1) la corta duración de su vida individual, 2) sus cambios anuales de carácter sucesional, 3) su característica de ser indicadores muy finos de las condiciones del ambiente y 4) por que su composición poblacional refleja los valores de variables ambientales sobre diversos periodos de tiempo (Margalef 1983, Gomes 2000).

El fitoplancton sufre variaciones estacionales y espaciales en su abundancia y composición. Los cambios estacionales ocurren en escalas de semanas, meses y años; sin embargo, pueden presentarse pequeñas oscilaciones con mayor frecuencia en escalas mucho más cortas (minutos y horas), denominada segregación vertical, la cual es favorecida principalmente por diferentes mecanismos de alimentación y presencia de luz. En la horizontal la distribución de los organismos ocurre formando manchas y se cree que son influenciados por los vientos y por gradientes en las características físicas y químicas (Margalef 1983; Reynolds 1984b).

La variación espacial para lagos templados esta relacionada principalmente con el gradiente latitudinal en que se localizan. Las variables ambientales que influyen en los cambios son: la duración del día, irradiancia total y su atenuación, temperatura, estructura termal y la disponibilidad de nutrimentos, además de la abundancia de los herbívoros (Reynolds 1984b). Sin embargo, para regiones subtropicales y tropicales la variación será determinada por cambios abruptos en factores abióticos como son: los inducidos por los vientos, turbidez, la marcada estacionalidad de lluvias, asociada a salida y entrada de agua y a la mezcla vertical dentro del lago; y a su vez, estas tres ultimas variables afectan la concentración de nutrimentos (Wetzel 2001).

Estas diferencias, resultan en dos patrones de variación del fitoplancton dentro de los lagos. En lagos templados, la variación del fitoplancton muestra una constancia en su periodicidad, resultado de la regularidad en la fluctuación de las condiciones climáticas de esta región. En los lagos tropicales, la variación no es regular y se asocia en gran medida con las fluctuaciones en las condiciones ambientales locales (Reynolds 1984b).

Como se puede apreciar, para poder hablar de presencia y distribución del fitoplancton es necesario tener en cuenta varios factores que determinan su presencia en los ambientes acuáticos.

Luz

La luz es un factor limitante para la vida en el agua, puesto que es muy importante en la realización de la fotosíntesis, este parámetro es inseparable de la temperatura, la cual tiene un gran efecto sobre la velocidad de los procesos químicos y biológicos del ecosistema acuático influyendo sobre el metabolismo y la fisiología de los organismos (Cervantes 1988). La calidad y cantidad de luz, varían con respecto al tiempo y lugar donde esté incidiendo. En lagos tropicales, la luz y la temperatura – debido a su poca variación por latitud- no limitantes. Parte de la luz que penetra en el agua es absorbida selectivamente, es decir, determinadas longitudes de onda penetran más profundamente que otras. Una parte de la luz es desviada o sufre fenómenos de reflexión. Por tanto, las condiciones ópticas de las aguas son de importancia primordial para la productividad biológica y para el mantenimiento de la vida. Una de las propiedades ópticas del agua que influye en la penetración de la luz es la transparencia. Si existen muchos materiales en suspensión, la penetración de la luz será menor; esto puede constituir un factor limitante para el desarrollo de los organismos vivos. Si la turbidez del agua proviene de la concentración de los seres vivos, la productividad es mayor (Margalef 1977; Dokulil 1994; Padisák 1993; Reynolds 1998).

Temperatura

Los cambios de ésta son muy variadas y diversas pues la radiación solar depende del ángulo de incidencia, la época del año, la cobertura de nubosidad y la latitud. Según la latitud y la altitud los cuerpos de agua pueden presentar calentamiento de la parte superficial y por ende estratificarse ya sea de manera permanente o estacional y así con la presencia de una discontinuidad térmica, la cual puede evitar la mezcla, la renovación de aguas profundas y por tanto la oxigenación (Margalef 1977). Los vientos fuertes en ciertas condiciones pueden llegar a romper la estratificación y con ello homogeneizar toda la columna de agua cambiando así la dinámica

trófica y la composición de las diferentes comunidades dentro del lago. Es tal vez el factor que más influencia tiene en los lagos, pues determina la densidad, viscosidad y movimiento del agua. La temperatura juega un papel importante en la distribución, periodicidad y reproducción de los organismos (Margalef 1977).

pH

La importancia del pH, guarda estrecha relación con las diferentes formas del CO_2 en los cuerpos acuáticos. El anhídrido carbónico de la atmósfera se disuelve en agua, para formar ácido carbónico no disociado (H_2CO_3), reacción favorecida a pH menor de 8; sin embargo como el ácido carbónico es un ácido débil que se disocia rápidamente a iones bicarbonato, carbonato y iones hidroxilo (OH^-). La pérdida de CO_2 , utilizado en la fotosíntesis, o utilizado en la respiración, tiende a cambiar el pH del agua, sin embargo la actividad amortiguadora del sistema de equilibrio resistirá a cambios en el pH. En la práctica tiene mucha importancia porque define la concentración de carbono inorgánico que está a disposición de los productores primarios y la forma y cantidad de metales en solución. La distribución del CO_2 y pH en la superficie del agua varía estacionalmente y verticalmente en los lagos, en relación con los recursos autóctonos, condiciones físicas, entradas biológicas y consumo (Margalef 1983; Wetzel 2001).

Composición iónica

La composición iónica de los cuerpos epicontinentales dominada por Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{--} , SO_4^- y Cl^- (medido como conductividad), pueden influir en el fitoplancton. Las concentraciones del Mg^{++} , Na^{++} , K^+ y Cl^- son relativamente conservativas y sufren menores fluctuaciones espaciales y temporales dentro del lago por utilización biótica y mediante cambios ambientales. Mientras que, el calcio, carbón inorgánico y sulfatos son dinámicos y las concentraciones de estos iones son influenciadas fuertemente por el metabolismo, crecimiento, regulación osmótica y formación de estructuras duras en algunos organismos fitoplanctónicos (Darley 1987; Wetzel 2001).

Concentraciones de compuestos ionizados, tal como nitrógeno, fósforo y numerosos elementos menores, usualmente contribuyen en menor proporción a la conductividad total, sin embargo, muestran inmensa importancia biológica al influir en la variación del fitoplancton (Wetzel 2001). Los elementos menores tales como cobre, manganeso, magnesio, fierro y zinc son requeridos en cantidades bajas, como componentes esenciales de la función enzimática. Mientras que, los nutrimentos principales (N y P) son requeridos para llevar a cabo el metabolismo del fitoplancton. El silicato (Si) puede ser incluido como nutrimento principal, pues es el componente principal de las paredes de diatomeas (Harris 1986; Darley 1987).

Nutrimentos

Los nutrimentos principales no son sustancias conservativas a través del tiempo. La distribución espacial y temporal de estos elementos es influenciada por el tamaño del cuerpo de agua, de la solubilidad del nutrimento y procesos químicos y biológicos, tales como consumo, crecimiento, depredación y sedimentación en la columna de agua (Wetzel 2001). Así, la variación en la composición química del cuerpo de agua puede ser un importante regulador de la abundancia, composición y distribución geográfica y periódica del fitoplancton, relacionado con la cantidad de estos nutrimentos (Harris 1986).

Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los principales requerimientos para las algas para la síntesis de aminoácidos y proteínas. En el agua pueden encontrarse varias especies iónicas (N_2 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) potencialmente disponibles para las algas. El nitrógeno puede ser el mayor nutrimento limitante en la producción primaria en cuerpos tropicales, porque la fuente de N para suelos tropicales es baja (Harris 1986; Darley 1987).

Fósforo

El fósforo es esencial en la función y crecimiento del fitoplancton, al ser componente de ácidos nucleicos y de adenosin trifosfato. El fósforo en agua usualmente se presenta en estado oxidado como ortofosfato (PO_4^{3-}), siendo la única fuente inorgánica para las algas, aunque muchas otras obtienen el elemento a partir de varios fosfatos orgánicos (Darley 1987).

Silicio

La presencia del silicio en la pared celular de diatomeas y crisofitas, les confiere un requerimiento de silicio en la forma de ácido ortosilício ($\text{Si}(\text{OH})_4$). Además, de requerir pequeñas cantidades de este elemento para sintetizar su ADN (Darley 1987).

Oxígeno

La disponibilidad de oxígeno, que es producto de la fotosíntesis y la distribución de luz, juegan un papel importante en la oxidación de sustancias (Margalef 1977, 1983). Dado que el oxígeno es uno de los gases indispensables para la vida, se ha trabajado con él para conocer la tasa de respiración de los seres vivos en ecosistemas acuáticos y de manera indirecta por parte del fitoplancton ya que es liberado al medio a través de la fotosíntesis. Por otro lado, las variaciones de oxígeno en la columna de agua han sido usadas para determinar la capacidad de producción de un cuerpo de agua, es decir, estado eutrófico, mesotrófico u oligotrófico.

El estado eutrófico, se entiende como una alta concentración de nutrimentos (valorando los diferentes nutrimentos o simplemente el oxígeno a través de métodos estándar) en la capa superficial, por lo que la producción y biomasa del fitoplancton incrementan de manera rápida y exponencial, mientras en el fondo se establece una zona de anoxia debido al desequilibrio entre la descomposición de materia orgánica y la mineralización misma de dichos nutrimentos. La condición oligotrófica se refiere al caso inverso, es decir, pocos nutrimentos (o bajas concentraciones de oxígeno) en la capa superficial dando como resultado una producción y

biomasa fitoplanctónica baja. El estado intermedio entre estos dos, es conocido como mesotrófico (Margalef 1977; 1983).

En cuanto a los estudios fitoplanctónicos, se ha enfatizado en el ambiente marino con el objeto de explotarlos industrialmente. En las aguas continentales, ha sido menor el interés en este sentido, quizá porque México solo posee 17 cuerpos de agua continental mayores a 100 km² (Alcocer & Escobar 1996). Por este motivo, es indispensable seguir llevando a cabo estudios en estos cuerpos de agua, como paso importante para conocer el potencial de los mismos, y como menciona Sánchez *et al.* (1989), para tomar decisiones de regionalización, planeación y manejo. Los estudios de tipo ecológico del fitoplancton en el tiempo pueden ayudar a maximizar la utilización de fuentes o recursos en periodos favorables y minimizarlos en tiempos desfavorables en zonas de importancia ecológica. La intención del presente estudio es caracterizar la variación del fitoplancton en composición y densidad en la laguna Chignahuapan.

2. ANTECEDENTES

En México, los enfoques que se han dado a los estudios realizados en ambientes lénticos, son principalmente taxonómicos y ecológicos. Entre los trabajos de carácter taxonómicos, destacan los realizados por Sámano-Bishop (1934, 1940), Rioja (1940), Brehm (1942) y Banderas (1997).

Respecto a los trabajos con orientación ecológica, sobresalen los realizados por Manilla (1978), García (1985), Chang (1989), Vázquez (1991, 1997) y Ramos (2001), quienes se enfocan a problemas de contaminación y su relación con el plancton. Por otra parte, entre los trabajos relacionados con aspectos de productividad, se encuentran los realizados por González (1984), Chávez (1986), Quiroz *et al.* (1992) y Molina (1998). Mientras que los realizados por Delgadillo (1980) y Lucero *et al.* (1982 En: Chang 1989) se centran en el análisis cuantitativo y cualitativo de la biomasa planctónica. Finalmente, entre los trabajos relacionados con aspectos de variación espacio-temporal, destacan los realizados por Flores-Granados (1980), Suárez, (1983), Hernández-Becerril & Tapia (1987), Vázquez (1995), García-Rodríguez & Tavera (1998) y Tavera & Castillo (2000).

El Alto Lerma, cuenta con cinco trabajos relacionados con estudios de ambientes lénticos. Uno de los primeros se remonta al año de 1940, donde Sámano presenta descripciones de algunas algas verdes y euglenofitas de la Laguna de Lerma, además incluye información del Lago de Chapultepec, Canal de Desagüe del Valle de México, Ranario del Instituto de Biología, Lago de Texcoco y Xochimilco.

Otro, realizado por Rioja y Herrera (1951) presenta un listado faunístico y florístico de los organismos más sobresalientes que habitan las ciénagas y lagunas cercanas a la población de Lerma. Este trabajo, incluye géneros y asociaciones de organismos planctónicos.

Méndoza-González (1985) lleva a cabo un listado ficoflorístico de las especies presentes en la Laguna de Victoria, incluyendo su variación estacional, con base a los regímenes de

precipitación y nutrimentos presentes. Esta laguna se encuentra aledaña a la Laguna Chignahuapan.

Carrillo (1989), realiza un trabajo para determinar la fuente principal de alimento utilizada por las aves en la Laguna Chignahuapan. Vázquez (1997), realiza un estudio en la zona del Alto Lerma, enfocado a aspectos de calidad del agua, empleando la determinación de clorofilas como indicador de la contaminación por metales pesados.

La Laguna Chignahuapan se encuentra dentro del programa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS, clave AICA C-11 "Ciénagas de Lerma"). Además, de ser un remanente de humedales en la región central de México y con importancia ecológica de la zona (CONABIO 2002), por esta misma razón se encuentra registrada como Unidad para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA) con la clave SEMARNAP-UMA-EX0002-MEX (SEMARNAP 2002).

El presente estudio se llevó a cabo en la región del Alto Lerma, en la Laguna Chignahuapan (nueve aguas), sitio que después de la captación de manantiales y mantos acuíferos para abastecer al Distrito Federal, a partir de 1942, mantiene cierto nivel de agua y que pese a la degradación a la que se ha sometido, se sigue utilizando como lugar de caza y pesca como actividades económicas secundarias y complementarias de los pobladores (Sugiura 1998).

A pesar de la importancia ecológica y social que representa la laguna, no existen estudios actuales de su diversidad fitoplanctónica, por tanto no existe un plan de manejo adecuado para que los pobladores puedan seguir aprovechando los recursos naturales de manera sustentable; por esta razón el presente trabajo contribuirá a ampliar el conocimiento del fitoplancton, base de las relaciones tróficas presentes en la laguna.

3. OBJETIVOS

3.1. *Objetivo general:*

- Caracterizar el fitoplancton de la laguna Chignahuapan, en términos de la variación temporal de su composición y densidad.

3.2. *Objetivos particulares:*

- a) Obtener el listado de especies fitoplanctónicas de la Laguna Chignahuapan
- b) Obtener los valores de abundancia relativa, frecuencia relativa, valor de importancia y coeficiente simple de dominancia, para todas las especies
- c) Determinar los factores que influyen en la variación temporal (composición y densidad) del fitoplancton en la Laguna Chignahuapan

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Descripción general del Alto Lerma

Desde el punto de vista geográfico la región del Alto Lerma ocupa una pequeña parte del extremo sur de la Región Hidrológica Lerma-Santiago, que se localiza en la provincia fisiográfica constituida por la Faja Volcánica Transmexicana (Sugiura 1998).

La Cuenca del Alto Lerma, la más elevada de las cuencas lacustres de México (2,752 m snm), es circundada por edificios volcánicos, principalmente cuaternarios. Al oriente, la Sierra del Ajusco, con 3,973 m snm, da principio al eje que se prolonga hacia el noreste con los nombres Cerro de San Miguel, Sierra de las Cruces y Monte Alto. Al sur se encuentran desde el Ajusco, unos conos volcánicos pequeños que forman parte de los montes de Ocuilan y de los lomeríos de Tenango, los cuales al seguir hacia el poniente, se elevan hasta llegar al volcán Nevado de Toluca, situado en el sudoeste con 4,575 m snm. Finalmente, al occidente, los lomeríos y los montes de Calimaya, se continúan al noreste por la cadena de cerros del municipio de Toluca (Albores 1995).

4.2. Laguna Chignahuapan

La laguna Chignahuapan se ubica en la porción sur del Alto Lerma, al poniente de la Sierra de las Cruces y la Sierra de Monte Alto ($19^{\circ} 08' N$, $99^{\circ} 31' O$, a 2,650 m snm). La laguna presenta aguas que alcanzan dos o tres metros de profundidad y se encuentra rodeada por áreas de régimen palustre o sometidas a anegación estacional y es alimentada desde el oriente por varios manantiales, entre los principales destacan: Tepozoco, Tecalco, Texcoapa, Pretunta, Ixcahuiapa, Ixcahuapita y Atotonilco (Sugiura 1998) (Figuras 1 y 2).

El punto de colecta, localizado a los $19^{\circ} 09' 0.365'' N$, $99^{\circ} 30' 0.005'' O$ a 2,650 m snm (Figura 1), fue seleccionado por no estar influenciada por vegetación acuática enraizada, además, de ser un sitio que potencialmente representa la composición fitoplanctónica de la laguna.

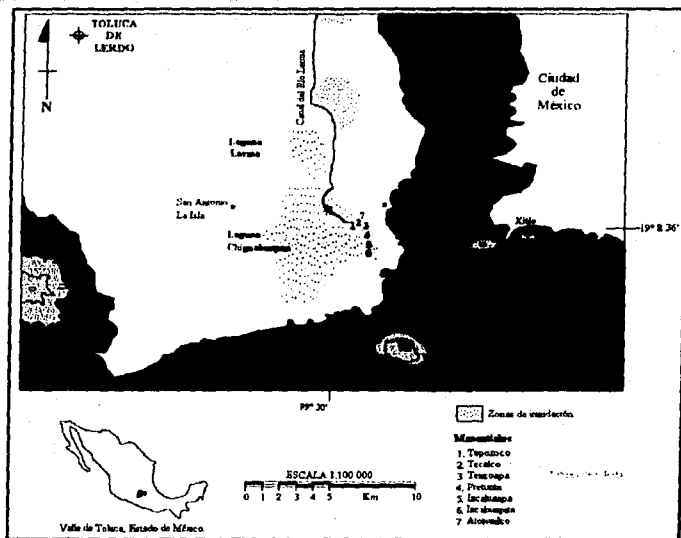


Figura 1. Ubicación de la Laguna Chignahuapan, Cuenca del Alto Lerma. Estado de México.



Figura 2. Vista panorámica de Laguna Chignahuapan, Cuenca del Alto Lerma. Estado de México.

El clima de la cuenca se caracteriza por ser el más húmedo de los templados, C (w2) b(i') (García 1980). La precipitación media anual asciende a más de 1000 mm y es un factor que permite reconocer una temporada de secas (octubre a abril) y otra de lluvias (mayo a septiembre, con una intensidad alta en julio y agosto). La temperatura promedio anual es de 17.5° C, los meses más fríos son diciembre y enero, mientras que los meses de mayor calor son abril y mayo (Albores 1995). Los vientos dominantes en la región se presentan todo el año (4-10 watts m⁻²) (INEGI 1980).

4.3. Geología

La historia geológica del Alto Lerma se resume en tres etapas: la primera se remonta a las erupciones miocénicas de la era Terciaria, cuando una actividad volcánica dio lugar a una serie de sierras y valles, cuya composición principal es de rocas dacíticas-andesíticas. En esta etapa inicial, el valle debió de haber tenido un drenaje bien definido (Sugiura 1998).

La segunda etapa se define por el volcanismo del Pleistoceno, era Cuaternaria, responsable de la efusión de lavas y materiales cineríticos del tipo basáltico-andesítico. Además se originó un gran número de conos volcánicos en dirección este-oeste (Bloomfield 1973 y Sánchez Rubio 1984 En: Sugiura 1998).

El tectonismo de esta segunda etapa provocó cambios morfológicos en el valle de Toluca, el cual formó una barrera que impidió el drenaje de la antigua cuenca hacia el norte. En consecuencia, el antiguo relieve se rellenó con aluviones, materiales volcánicos y tobas lacustres, transformándose en una cuenca semicerrada que formaban un terreno plano (Sánchez Rubio 1978 En: Sugiura 1998).

La tercera etapa de la historia geológica de la región se caracteriza por las actividades volcánicas que se dieron durante el holoceno, relacionadas con el grupo Chichináutzin (Bloomfield 1975 En: Sugiura 1998). Además se produjeron derrames importantes de lavas

basáltico-andesíticas. En esta etapa, los movimientos tectónicos abrieron la cuenca semicerrada y permitieron el drenaje del río Lerma hacia el norte (Sugiura 1998).

Desde el punto de vista geomórfico, la cuenca tiene origen ígneo, y la geoforma predominante es producto del volcanismo, a la que se añaden los sedimentos lacustres y los materiales de aluvión que conforman las planicies; sin embargo el transporte por gravedad y el tectonismo también tuvieron importancia en la conformación geomórfica. La cuenca posee los rasgos geomorfológicos de un vaso lacustre, es prácticamente plana y sólo se ve interrumpida por las cimas de pequeños cerros de rocas volcánicas que se levantan desde el fondo de depósitos cineríticos (Sugiura 1998).

4.4. Hidrología

Debido al predominio de cenizas volcánicas porosas del Cuaternario, se tiene un alto índice de permeabilidad en el suelo y subsuelo; junto con lo quebrado del terreno y la densidad de los bosques hacen posible la absorción del cuantioso líquido pluvial. Esto permite que la corriente acuosa emerja en las laderas inferiores (Albores 1995).

La zona lacustre, antes de su desecación, alcanzó más de 30 km en su eje longitudinal sur-norte. Se conformaba por tres tramos que se extendían en escalones sucesivos, hacia el norte. El primer tramo y el más elevado de los tres se conocía con el nombre de Ciénaga de Almoloya o Chignahuapan; el segundo, que abarcaba alrededor de 25 km², se conoce como laguna de Lerma o Chimaleapan y, el tercero -el más bajo de los tres, situado en el extremo norte-, era conocido con el nombre de Chiconahuapan o Laguna de San Bartolo (Sugiura 1998).

Medio siglo de explotación de los acuíferos subterráneos provocaron la extinción de los manantiales importantes y la desecación casi total de las antiguas lagunas. Sólo el primer tramo, Chignahuapan conserva todavía un pequeño almacenamiento, aunque muy inferior al que tenía antes del inicio de la desecación (Sugiura 1998). Este primer tramo corresponde al inicio del Río

Lerma-Santiago, el cual es una importante corriente que cruza la altiplanicie Meridional, cubriendo su cuenca un total de 125,370 km².

4.5. Vegetación

Albores (1995) divide en cuatro grupos, la vegetación que cubre los ríos y lagunas, así como praderas cercanas a éstas:

1) Hidrófitas emergidas: fundamentalmente tulares (*Scirpus* sp. y *Thypha* sp.) e Hidrófitas sumergidas: *Myriophyllum hyppuroides*, *M. heterophylla* y *Ceratophyllum demersum*. La vegetación microscópica (sobre todo en los canales): *Spirogira* y *Oedogonium*, y varias especies de *Lemna* sp. y *Wolffia* sp. mezcladas con *Azolla carolina* y *Spirodela polyrhiza*. Vegetación flotante: *Limnanthemum humboldtianum*, *Nymphae flavo-virens*, y *Eichornia crassipes*, con otras especies intercaladas como *Spiranthes* sp. y *Limnobium stoloniferum*.

2) Vegetación de litoral: *Eleocharis palustris*, *Leersia hexandra*, *Thypha latifolia*, *Sagittaria macrophylla*, *Echinochloa holciformis*, *Scirpus lacustris*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Juncus effusus*, *Sparganium* sp., *Carex* sp., *Panicum* sp., *Polygonum* sp., y *Bidens* sp.

3) Vegetación ruderal: *Amaranthus hybridus*, *Taraxacum officinale*, *Datura stramonium* y *Solanum rostratum*.

4) Vegetación de la llanura ribera: Sauces (*Salix bomplandiana* y *S. babilonica*), eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), pirules (*Schinus molle*), saucos (*Sambucus mexicana*), tejocotes (*Crataegus mexicana*), tepozanes (*Buddleia* sp.), *Eleocharis palustris*, *Panicum* sp., *Agrostis* sp., *Polygonum punctatum*, *P. persicarioides*, *Cologamia* sp., *Geranium* sp., *Lopezia racemosa*, *Sisyrinchium* sp., y *Dalea* sp.

En su mayor parte la vegetación silvestre ha sido sustituida por campos de cultivo.

4.6. Fauna

La fauna del área lacustre según Albores (1995) era abundante y diversa, sin embargo actualmente se presentan pocos phyla, entre los que se encuentran:

- 1) Moluscos, con los géneros *Lymnaea* sp., *Physa* sp., y *Planornis* sp.
- 2) Artrópodos, muchos organismos de la Clase Crustácea e Insecta, particularmente importantes las larvas y adultos.
- 3) Anfibios, con los géneros *Ambystoma* sp. y *Rana*.
- 4) Reptiles, culebra de agua, con el género *Thamnophis* sp.
- 5) Peces introducidos: carpas dorada *Carassius auratus* (herbívora), *C. idella*, *Cyprinus carpio* y *Poecilia reticulata*.
- 6) Aves acuáticas migratorias del continente americano (particularmente anátidos) y originarias de la zona: *Anas diazi*, *Coturnicops noveborascensis*, *Geothlypis speciosa*, *Ixobrychus exilis*, *Rallus elegans tenuirostris*, *Rallus limicola*; con un total de 146 especies (CONABIO 2002).

4.7. Arqueología

Investigaciones arqueológicas indican que los recursos lacustres, así como el suelo aluvial fértil, han jugado un papel primordial para los habitantes ribereños en la milenaria historia de esta cuenca. Entre las principales actividades productivas destacan la pesca, caza y recolección, así como la obtención de materia prima para la elaboración de redes, canastas y petates. Sin embargo, a mediados del siglo XX estas actividades son sustituidas por el desarrollo industrial en la región, comenzando así una constante modificación antropogénica del entorno (desección, erosión, contaminación, deforestación, caza y ganadería).

5. METODOLOGÍA

El trabajo se dividió en tres fases: a) trabajo de campo, b) trabajo de laboratorio, y c) trabajo de gabinete.

a) Trabajo de campo

Con la ayuda de una lancha sin motor, se tomaron muestras mensualmente entre marzo y octubre del 2001 (abarcando las épocas de lluvias y secas) en la laguna Chignahuapan.

Los siguientes parámetros fisicoquímicos, fueron medidos *in situ*: pH y temperatura con potenciómetro Jenway 3405 (± 0.01), conductividad eléctrica medida con conductímetro Horiba ES-14, oxígeno disuelto con oxímetro YSI 5739 (0.2 mg l^{-1}); profundidad y transparencia, con disco de Secchi, e intensidad luminosa con luxómetro Photo-Meter 1.

Para los análisis de densidad fitoplanctónica y composición del fitoplancton se colectaron muestras superficiales de agua en botellas neutras (250 ml), las cuales fueron fijadas con una solución de Lugol ácido para la subsecuente determinación.

Las muestras para los análisis de nutrimentos fueron colectadas en botellas neutras y ácidas (1 L); conjuntamente se tomaron muestras en frascos de vidrio DBO (400 ml) para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), se midió en la botella la concentración de oxígeno inicial con oxímetro YSI 5739 (0.2 mg l^{-1}). Las muestras fueron transportadas en bolsas negras y hielera al laboratorio de Ficología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, donde se refrigeraron para su posterior análisis.

b) Trabajo de laboratorio

En el laboratorio se filtraron las muestras de agua para los análisis de nutrimentos, con un filtro millipore de $0.45 \mu\text{m}$. Posteriormente se midieron con un espectrofotómetro Hach ® DR

2000 los siguientes nutrientes: fosfatos ($P-PO_4^{-3}$, por el método de ácido ascórbico adaptado del *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (1980) y silicatos (SiO_2 , por el método azul heteropolar adaptado de (op. cit.)). Adicionalmente, se realizaron curvas de calibración y se aplicaron a los resultados obtenidos, para estos dos nutrientes, en el laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.

La determinación y conteo del fitoplancton se realizó con la ayuda de un microscopio Reichert (100X) con óptica de Contraste Interferencial (DIC) y se tomaron fotografías de las especies (cámara Nikon) para facilitar su determinación. La densidad fue estimada usando el método microdiagonal de Lackey (Apha-Awwa-Wpcf 1980, Anexo I), para lo cual se prepararon laminillas semipermanentes con 50 μ l de material; se realizaron 10 preparaciones para cada muestra de fitoplancton y se contabilizaron mínimo 400 organismos para cada una de ellas.

Para la determinación de las cianoprocariontas se utilizó el esquema de clasificación de Anagnostidis & Komárek (1985, 1988) y Komárek & Anagnostidis (1986, 1989). Para la determinación de las especies se emplearon los siguientes trabajos: Geitler (1932), Desikachary (1959), Komárek & Ettl (1958) y Komárek & Anagnostidis (1999).

Para la clase Bacillariophyceae, se siguió el esquema de clasificación de Simonsen (1979); para la identificación de las especies se utilizaron los siguientes trabajos: Germain (1981), Krammer y Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b).

Para el resto de los grupos se empleó el esquema genérico de Huber-Pestalozzi (1983, 1961), y para la identificación específica se utilizaron los siguientes trabajos: Huber-Pestalozzi (1961), Prescott (1962), Hoek den Van (1963), Komárek & Fott 1983 En Huber-Pestalozzi 1983), Sant' Anna (1984) y Comas (1996).

Para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), se incubaron las muestras en cámaras de ambiente controlado a 20 °C y en oscuridad durante 5 días, midiendo posteriormente la concentración de oxígeno disuelto (Anexo I).

c) Trabajo de gabinete

Se realizó la búsqueda y análisis de información para ambientes similares, con el fin de establecer parámetros de referencia para los datos obtenidos de la laguna Chignahuapan.

Para la interpretación de los datos, se les aplico los siguientes estadísticos: a) Índice de similitud (Jaccard), b) Índice de diversidad (Shannon-Wiener), c) Abundancia, frecuencia relativa, valor de importancia y coeficiente simple de dominancia para cada una de las especies (ver Anexo I), y d) Análisis de componentes principales, con la ayuda del software ANACOM versión 3 (De la Cruz 1991).

6. RESULTADOS

6.1. Parámetros físicos y químicos

En la tabla 1 se muestran los parámetros físicos y químicos que caracterizaron a la laguna Chignahuapan durante los meses de marzo a octubre del 2001. Los datos fueron tomados entre las 11 y 12 horas del día.

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos de la Laguna Chignahuapan.

	Profundidad (cm)	Transparencia (cm)	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (mg l ⁻¹)	% saturación de oxígeno	Conductividad K (µS)	DBO (mg l ⁻¹)	Intensidad luminosa µΣ·m ⁻² ·s ⁻¹
MAR	74	11	14.0	8.3	8.2	111	3112	38	0.26
ABR	70	15	21.0	8.0	6.0	94	1734	20	0.46
MAY	65	15	17.0	8.9	8.4	121	1287	28	0.28
JUN	64	19	19.0	8.5	7.0	105	1209	23	0.96
JUL	94	25	18.3	8.2	9.0	133	907	12	1.77
AGO	110	32	20.0	7.9	5.4	83	808	15	0.81
SEP	158	37	19.0	6.9	3.6	54	628	15	1.68
OCT	137	46	19.2	7.5	6.2	94	767	12	1.15

6.1.1. Temperatura e Intensidad luminosa

La temperatura superficial presentó su mayor valor en abril (21° C) y el menor en marzo (14° C); durante el resto de los meses la temperatura osciló ligeramente entre estos valores. La intensidad luminosa fluctuó mensualmente, se registraron valores bajos de marzo a mayo (0.26, 0.46 y 0.28 µΣ·m⁻²·s⁻¹, respectivamente) y máximos en julio y septiembre (1.77 y 1.67 µΣ·m⁻²·s⁻¹, respectivamente) (Figura 3).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.1.2. Porcentaje de saturación de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

El porcentaje de saturación de oxígeno y los valores de DBO₅ presentaron un comportamiento temporal similar, con valores altos en el mes de marzo (111 % y 38 mg l⁻¹, respectivamente) y bajos en septiembre y octubre (54 % y 15 mg l⁻¹, 93% y 12 mg l⁻¹, respectivamente) (Figura 3).

6.1.3. Oxígeno disuelto y Transparencia (disco de Secchi)

Respecto al oxígeno disuelto, el valor más alto se registro en julio (9 mg l⁻¹) y el mínimo en septiembre (3.6). Con respecto a la transparencia se registraron niveles bajos durante marzo (11 cm), y el más alto en octubre (46 cm) (Figura 3).

6.1.4. Profundidad y conductividad (K₂₅)

La laguna presentó niveles bajos de profundidad durante los meses de marzo a junio (74 y 64, respectivamente), aumentando progresivamente a partir de julio a septiembre (94 y 158 cm, respectivamente). Mientras que la conductividad presentó su valor más alto en marzo (3112 µS), disminuyendo gradualmente a partir de abril a septiembre (1734 a 628 µS), similar comportamiento al mostrado por la DBO₅ (Figura 4).

6.1.5. pH

Respecto al pH, el valor más alto se registro en mayo (8.9) y el mínimo en septiembre (6.9). En general, los valores de pH se conservaron superiores a 7, dándole carácter alcalino a la laguna (Figura 4).

6.1.6. *Análisis de fosfatos ($P-PO_4^{3-}$) y silicatos (SiO_2) presentes en el agua*

El comportamiento de fosfatos y silicatos presentes en la laguna se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Principales iones ($mg\ l^{-1}$).

	<i>Fosfato</i>	<i>Silicatos</i>
MAR	4.0	86.30
ABR	2.6	153.2
MAY	1.6	50.00
JUN	2.3	98.90
JUL	1.6	36.50
AGO	1.6	30.40
SEP	3.3	113.3
OCT	1.6	76.10

Los valores de fosfatos registraron concentraciones notablemente altas durante los muestreos, particularmente en el mes de marzo ($4.0\ mg\ l^{-1}$). Mientras, que las concentraciones de silicatos registraron valores bajos en julio y agosto (36.5 y $30.4\ mg\ l^{-1}$, respectivamente) y altos en los meses restantes, con un máximo en abril ($153.2\ mg\ l^{-1}$) (Tabla 2 y Figura 4).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

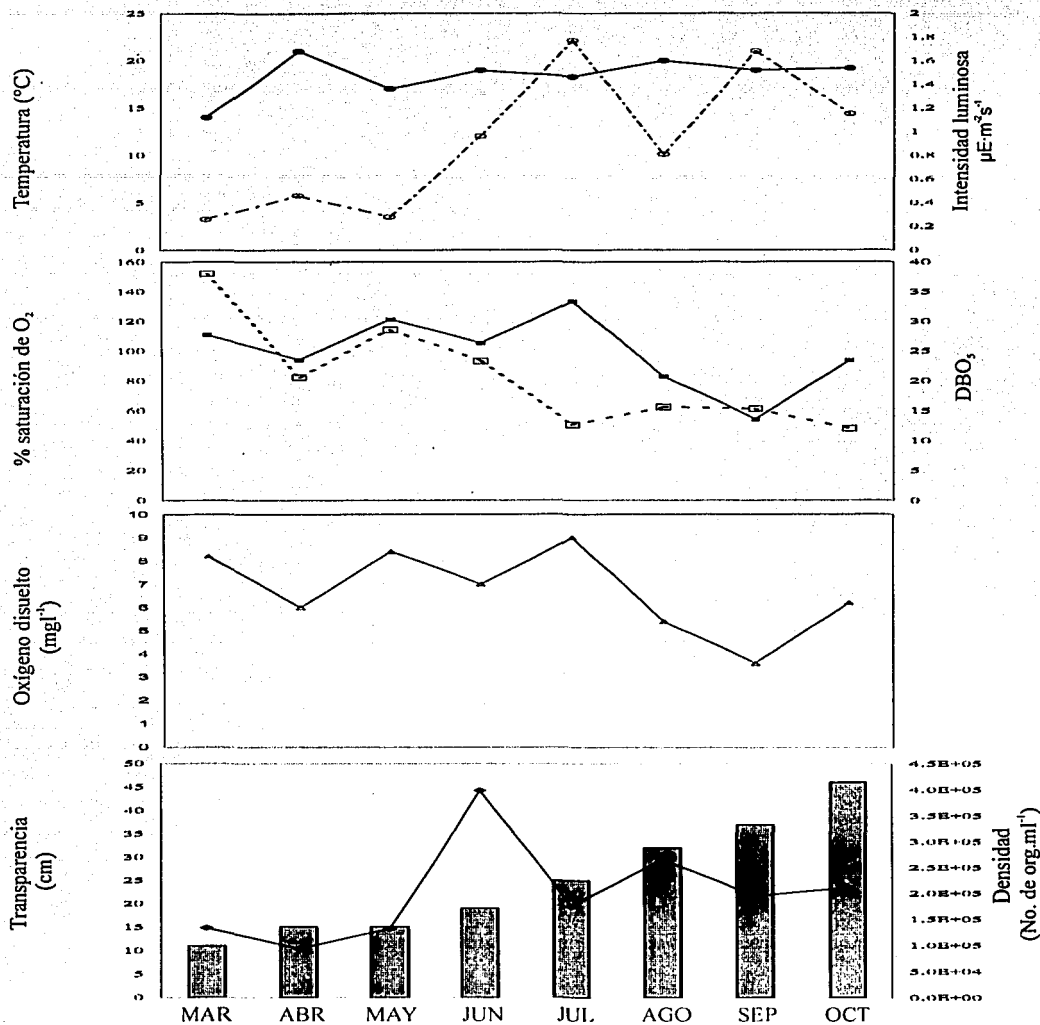
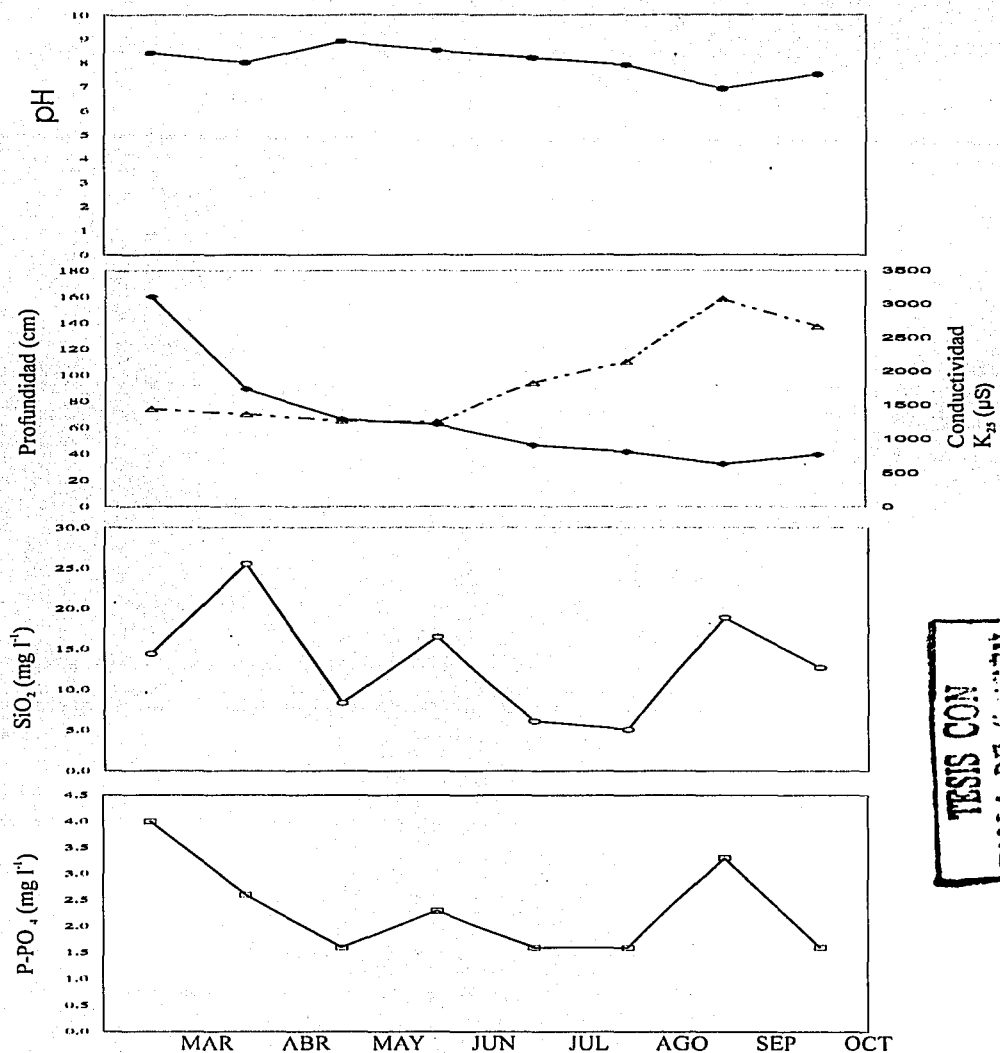


Figura 3. Variación temporal en temperatura (círculos abiertos), Intensidad luminosa (círculos cerrados), Porcentaje de saturación (rectángulos cerrados), DBO_5 (rectángulos abiertos), Oxígeno disuelto (triángulos abiertos), Transparencia (línea) y Densidad de organismos (barras), en la Laguna Chignahuapan, Estado de México.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE CUBIERTA

Figura 4. Variación temporal en fosfatos (rectángulos abiertos), Silicatos (círculos abiertos), Conductividad (rombos cerrados), Profundidad (triángulos abiertos) y pH (círculos cerrados), en la Laguna Chignahuapan, Estado de México.

6.2. Variación temporal en la composición del fitoplancton

Se determinaron 61 especies (17 no se lograron determinar) pertenecientes a cuatro divisiones. La división con mayor número de especies fue la Chlorophyta con 36 (59%), seguida por Heterokontophyta con 13 (21%), Cyanoprokaryota con 9 (15%) y Euglenophyta con 3 (5%) (Figura 5 y Tabla 3).

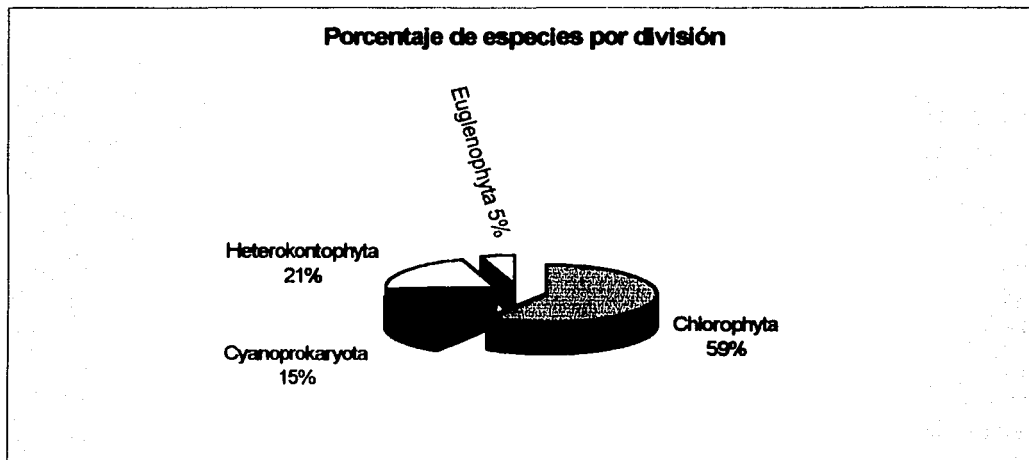


Figura 5. Porcentaje de especies por división.

6.3. Índice de similitud (Jaccard)

Se aplicó un análisis de cluster (Jaccard), con base en la composición específica (presencia, ausencia). Se reconocieron tres grupos con valores de similitud mayores del 50 % (Figura 6 y Tabla 4).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 3: Composición específica del fitoplancton de la laguna Chignahuapan.

DIVISION	CLASE	GENERO	ESPECIE
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	<i>Anabaenopsis</i> <i>Aphanothece</i> <i>Chroococcus</i> <i>Merismopedia</i> <i>Microcystis</i> <i>Phormidium</i> <i>Romeria</i> <i>Snowella</i>	<i>Anabaenopsis elenkini</i> Miller <i>Aphanothece saxicola</i> Nägeli <i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann <i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing f. <i>flos-aquae</i> (Witrock) Elenkin <i>Phormidium</i> sp. <i>Romeria elegans</i> (Koczw) Woloszimnetica <i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Anagnostidis & Hindák
Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Actinastrum</i> <i>Ankyra</i> <i>Chlamydomonas</i> <i>Chlorella</i> <i>Chlorococcum</i> <i>Closteriopsis</i> <i>Crucigenia</i> <i>Crucigeniella</i> <i>Dictyosphaerium</i> <i>Didymogenes</i> <i>Golenkinopsis</i> <i>Gregiochloris</i> <i>Lagerheimia</i> <i>Monoraphidium</i> <i>Nephrochlamys</i> <i>Oocystis</i> <i>Pediastrum</i> <i>Pseudotetrastrum</i> <i>Pteromonas</i> <i>Scenedesmus</i> <i>Tetraedron</i> <i>Tetrastrum</i> <i>Zoospora</i>	<i>Actinastrum gracillium</i> G. M. Smith <i>Actinastrum aciculare</i> f. <i>minimum</i> (Huber -Pestalozzi) Compere <i>Ankyra judayi</i> (G. M. Smith) Fott <i>Chlamydomonas epihiotica</i> Ettl <i>Chlorella</i> sp. <i>Chlorococcum humicola</i> (Nägeli) Rabenhorst <i>Closteriopsis acicularis</i> (G. M. Smith) <i>Crucigenia quadrata</i> Morren <i>Crucigeniella pulchra</i> (W. & G. S. West) Komárek <i>Dictyosphaerium</i> cf. <i>sphagnale</i> Hindák <i>Didymogenes palatina</i> Schmidle <i>Golenkinopsis</i> cf. <i>parvula</i> (Voronic.) Korschikov <i>Gregiochloris</i> sp. <i>Lagerheimia wratislaviensis</i> Schröd. <i>Monoraphidium contortum</i> (Thur. in Bréb.) Kom.-Legn. <i>Monoraphidium convolutum</i> (Corda) Kom.-Legn. <i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Kom.-Legn. <i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Kom.-Legn. <i>Monoraphidium tortile</i> (W. & G. S. West) Kom.-Legn. <i>Nephrochlamys subsolitaria</i> (W. S. West) Korschikov <i>Oocystis</i> sp. <i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini <i>Pseudotetrastrum</i> sp. <i>Pteromonas</i> cf. <i>angulosa</i> (Carter) Lemmermann <i>Scenedesmus guhvinskii</i> var. <i>heterospina</i> Bodrogk <i>Scenedesmus</i> cf. <i>granulatus</i> f. <i>granulatus</i> W. & G. S. West <i>Scenedesmus magnus</i> Meyen <i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen <i>Scenedesmus opoliensis</i> Richter <i>Scenedesmus pannonicus</i> Hortob. <i>Scenedesmus pseudoarinnatus</i> Hortob. <i>Scenedesmus</i> sp. 1 <i>Scenedesmus</i> sp. 2 <i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) var. <i>scrobiculatum</i> Lagerheim <i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schroeder) Lemmermann <i>Zoospora</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	<i>Amphora</i> <i>Cyclotella</i> <i>Fragilaria</i> <i>Nitzschia</i>	<i>Amphora lilyca</i> Ehrenberg <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing <i>Fragilaria construens</i> f. <i>venter</i> (Ehrenberg) Hustedt <i>Nitzschia</i> sp. 1 <i>Nitzschia</i> sp. 2 <i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith <i>Nitzschia amphibia</i> Grunow <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith
	Chrysophyceae	Estatóspora	Estatóspora 1 Estatóspora 2 Estatóspora 3 Estatóspora 4
		Crisofita 1	Crisofita 1
Euglenophyta	Euglenophyceae	<i>Euglena</i>	<i>Euglena</i> sp. 1 <i>Euglena</i> sp. 2 <i>Euglena</i> sp. 3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

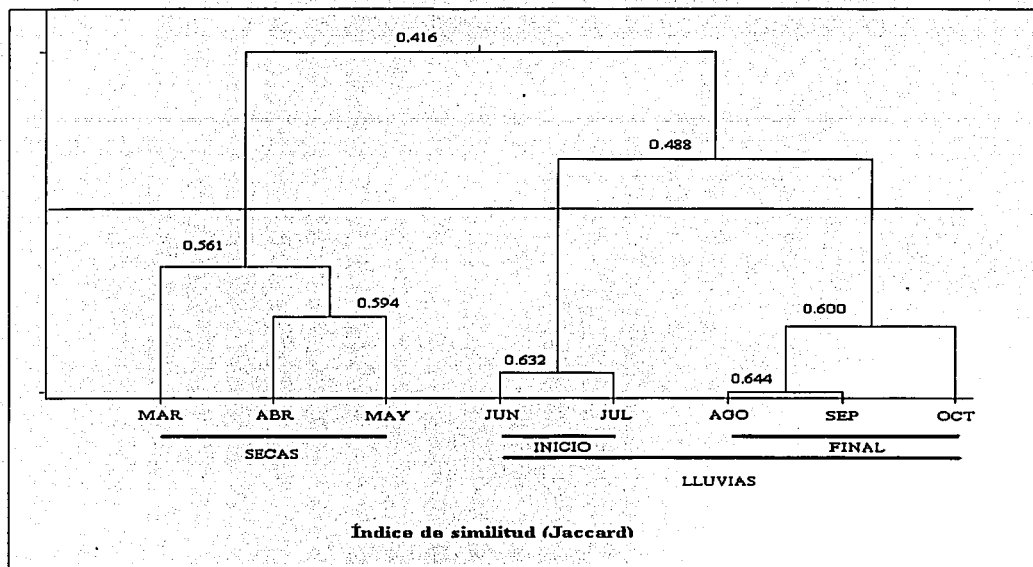


Figura 6. Dendrograma de afinidad de la composición fitoplanctónica temporal.

Tabla 4. Coeficiente de similitud de Jaccard de la composición fitoplanctónica temporal.

	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
MAR	1.000							
ABR	0.561	1.000						
MAY	0.561	0.594	1.000					
JUN	0.416	0.416	0.416	1.000				
JUL	0.416	0.416	0.416	0.632	1.000			
AGO	0.416	0.416	0.416	0.488	0.488	1.000		
SEP	0.416	0.416	0.416	0.488	0.488	0.644	1.000	
OCT	0.416	0.416	0.416	0.488	0.488	0.600	0.600	1.000

TESIS CON
 FALTA DE CONTEN

6.4. Diversidad

El análisis de diversidad (Shannon-Wiener), mostró valores bajos de diversidad y equidad, en el mes de marzo y abril. Mientras que, en mayo, agosto y octubre el comportamiento fue inverso, es decir, valores de diversidad y equidad altos. Para el resto de los meses (junio, julio y septiembre) los valores se mantuvieron intermedios y estables, entre el rango mínimo y máximo (Tabla 5 y Figura 7).

Tabla 5. Índice de diversidad (S = número de especies, H' = índice de Shannon-Wiener, H'_{max} = máxima diversidad, H'_{min} = mínima diversidad, E = equidad).

	S	H'	H'_{max}	H'_{min}	E
MAR	26	1.22	4.70	0.00	0.26
ABR	26	1.72	4.70	0.01	0.36
MAY	25	2.25	4.64	0.00	0.48
JUN	30	2.06	4.91	0.00	0.42
JUL	31	2.05	4.95	0.00	0.41
AGO	40	2.65	5.32	0.00	0.50
SEP	33	1.98	5.08	0.00	0.39
OCT	31	2.35	4.95	0.00	0.47
Total	61	3.01	2.85	0.00	0.48

TESIS CON
 FALLA DE COCEN

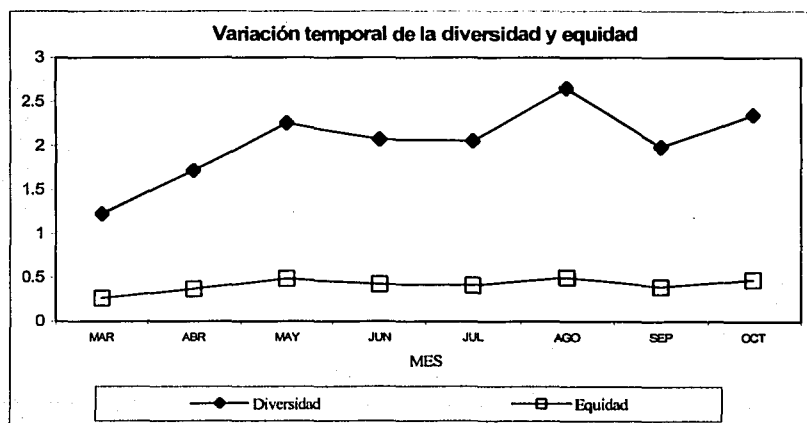


Figura 7. Variación temporal de la diversidad y equidad.

6.5. Variación temporal en la densidad del fitoplancton

La variación de la densidad del fitoplancton se muestra en la figura 8 (los valores numéricos se presentan en la tabla 1 del anexo II). El máximo valor de densidad se presentó en junio, mientras el mínimo se presentó en abril.

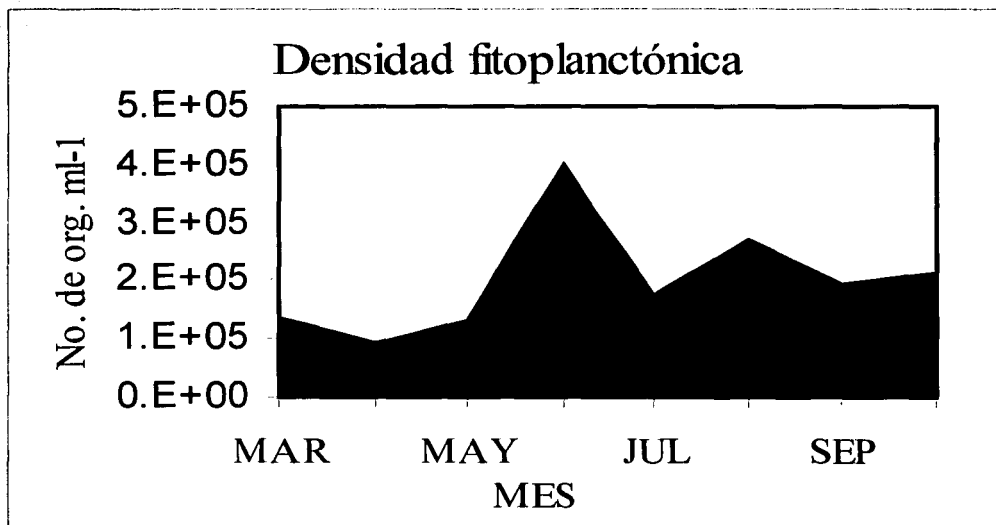


Figura 8. Variación temporal de la densidad fitoplanctónica.

6.6. Variación temporal en la densidad del fitoplancton por División

Respecto a la variación mensual de la densidad por división, las clorofitas y cianoprocariontas dominaron todos los meses, a excepción de marzo, donde únicamente dominaron las algas verdes. Las divisiones Chlorophyta y Cyanoprokaryota presentaron valores máximos en junio (1.8×10^5 y 2.0×10^5 org. ml⁻¹, respectivamente) y la división Heterokontophyta en septiembre (1.06×10^5 org. ml⁻¹). La división Euglenophyta, mostró valores mínimos durante todo el muestreo (Figura 9).

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Variación temporal en la densidad del fitoplancton, por división

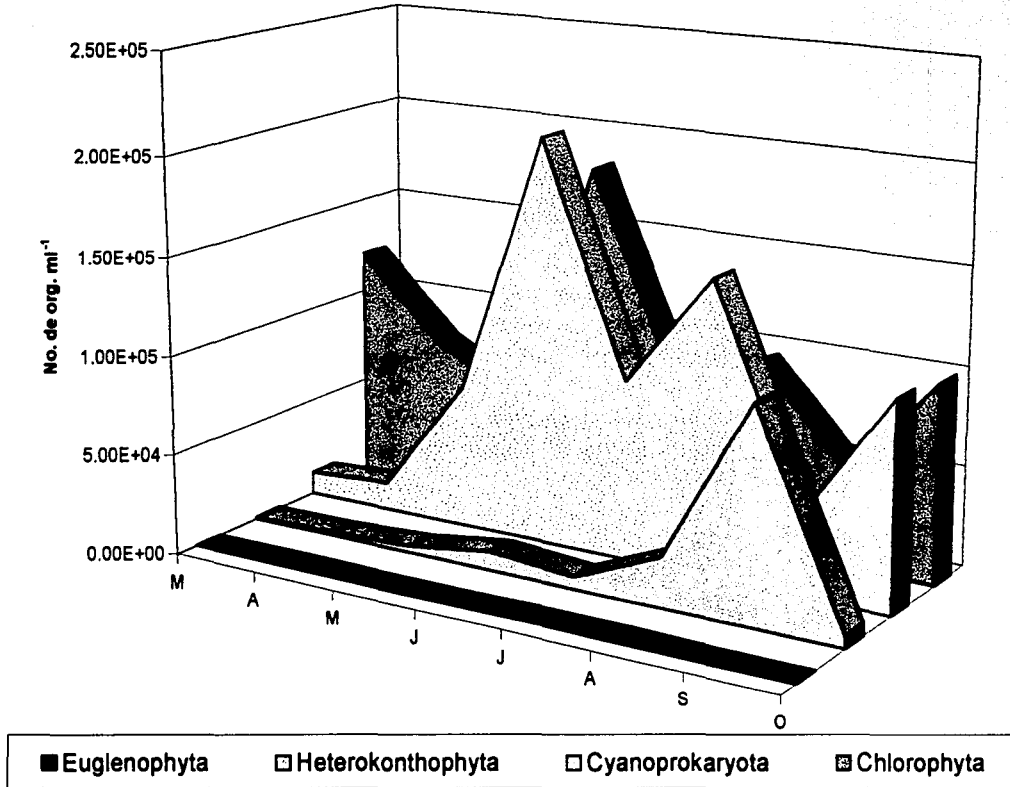


Figura 9. Variación temporal de la densidad del fitoplancton por división.

TESIS CON
FALLA DE CONTEN

6.7. Variación temporal en la densidad del fitoplancton por especies dominantes y representativas

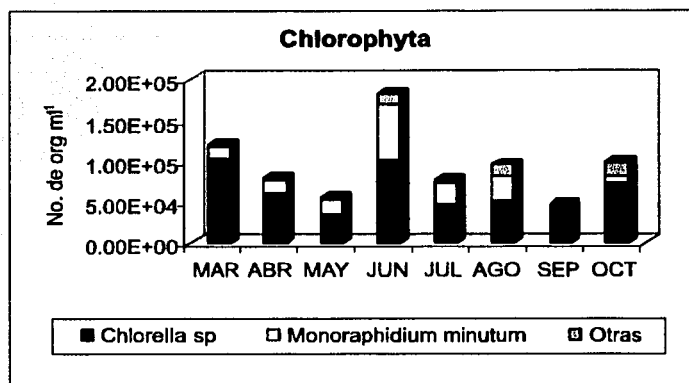
En cuanto a la densidad específica, pocas especies presentaron valores altos. Entre las cianoprocariontas, destacaron: *Aphanothece saxicola* con 1.91×10^5 org. ml⁻¹ en el mes de junio, *Snowella lacustris* con 1.61×10^4 org. ml⁻¹ en el mes de mayo y *Merismopedia tenuissima* con 1.04×10^5 org. ml⁻¹ en el mes de agosto. Mientras que para las clorofitas, sobresalieron: *Chlorella* sp. con 1.03×10^5 org. ml⁻¹ en el mes de marzo y *Monoraphidium minutum* con 0.69×10^5 org. ml⁻¹ durante el mes de junio. Finalmente, *Fragilaria construens* f. *venter*, de la división Heterokontophyta, presentó 1.04×10^5 org. ml⁻¹ en el mes de septiembre (Figuras 10, 11 y 14).

Las especies representativas (presentes en algunos meses o todos, con valores de densidad menores a los de las especies dominantes, tabla 1 del anexo II), son mostradas en las figuras 12 a 14. Para la división Heterokontophyta, destacan *Nitzschia amphibia*, en el mes de junio con valores máximos (162 org. ml⁻¹) y *N. palea* (197 org. ml⁻¹, en el mes de julio). Mientras que para las clorofitas el número de especies representativas fue mayor; sobresalen con valores máximos: *Monoraphidium tortile* en el mes de junio (5114 org. ml⁻¹), *M. contortum*, para el mes de junio (1542 org. ml⁻¹), *Chlorococcum humicola* en el mes de octubre (2686 org. ml⁻¹), *Ankyra judayi* para el mes de agosto (526 org. ml⁻¹), *Scenedesmus granulatus* f. *granulatus*, en septiembre (1036 org. ml⁻¹), *Scenedesmus gutwinskii* var. *heterospina* en el mes de agosto (1168 org. ml⁻¹), *Tetraedron minimum* var. *scrobiculatum* en agosto (584 org. ml⁻¹) y *Oocystis* sp (1055 org. ml⁻¹) para el mes de junio. Finalmente para la división Cyanoprokaryota, *Romeria elegans* presentó 1298 org. ml⁻¹, en el mes de junio.

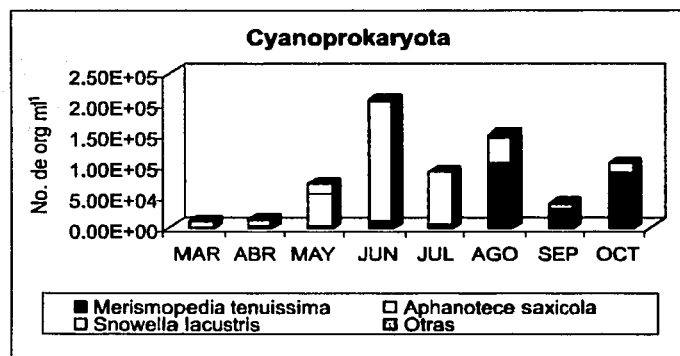
6.8. Abundancia y frecuencia relativa, valor de importancia y coeficiente simple de dominancia

La abundancia relativa, frecuencia relativa, valor de importancia y coeficiente simple de dominancia, se presentan por división (Anexo II, Tabla 2). Las especies de algas verdes con

valores altos fueron: *Chlorella* sp. (36.53, 3.3, 39.8 y 36.5, respectivamente) y *Monororaphidium minutum* (10.34, 3.30, 13.6 y 10.3, respectivamente).



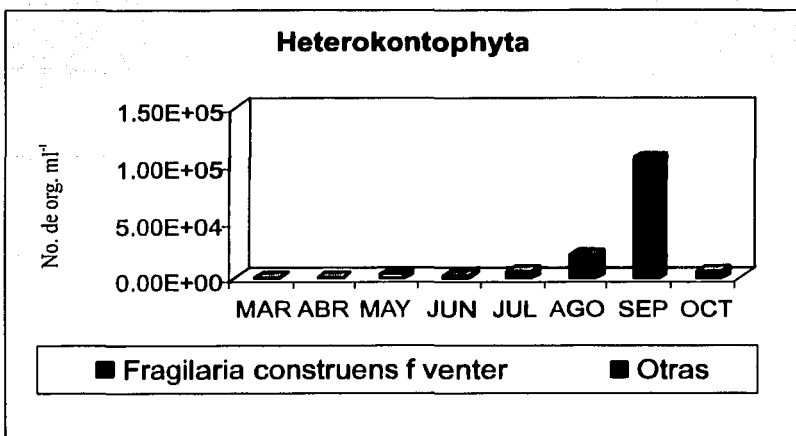
A.



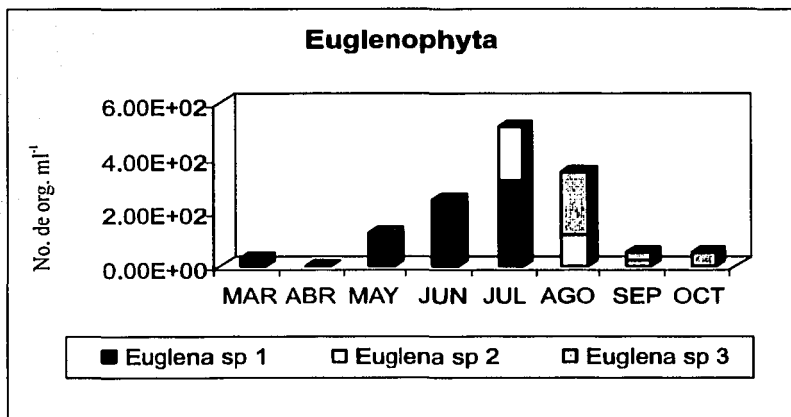
B..

Figura 10. Variación temporal de la densidad (especies dominantes): A. Chlorophyta (*Chlorella* sp. *Monororaphidium minutum*, otras); B. Cyanoprokaryota (*Merismopedia tenuissima*, *Snowella lacustris*, *Aphanotece saxicola*, otras).

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



C.



D.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura 11. Variación temporal de la densidad (especies dominantes): C. Heterokontophyta (*Fragilaria construens f. venter*, otras); D. Euglenophyta (*Euglena* sp. 1, sp. 2, sp. 3).

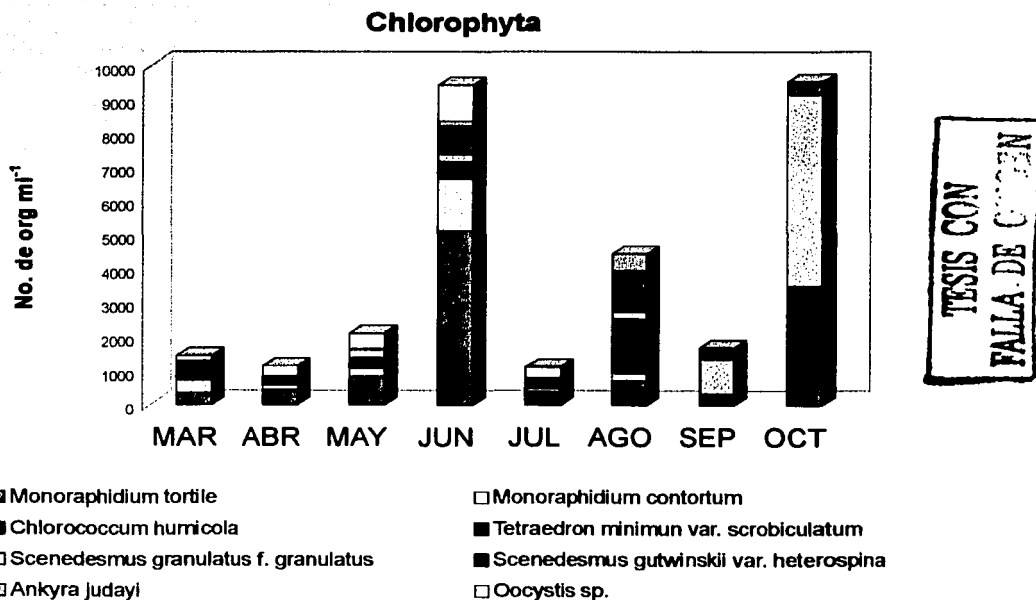
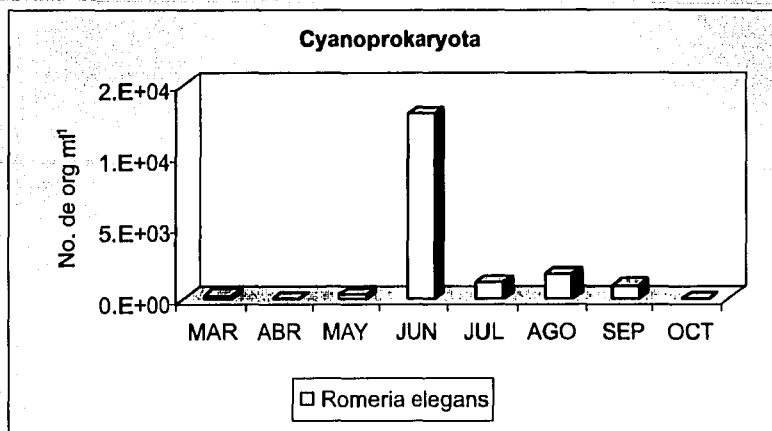
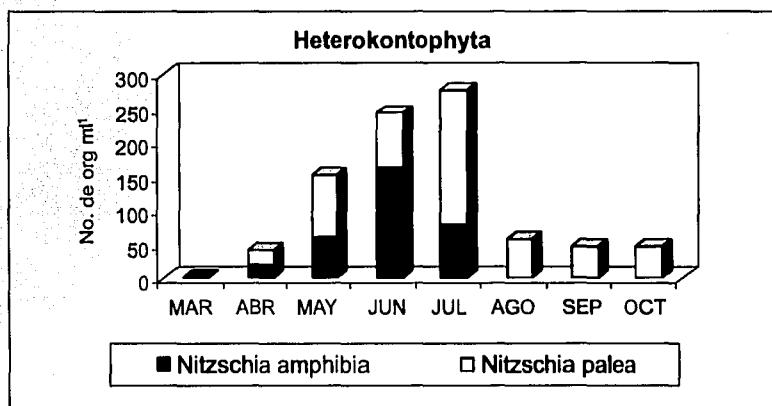


Figura 12. Variación temporal de la densidad (especies representativas): Chlorophyta (*Monoraphidium tortile*, *M. contortum*, *Chlorococcum humicola*, *Ankyra judayi*, *Scenedesmus granulatus* f. *granulatus*, *Scenedesmus gutwinski* var. *heterospina*, *Tetraedron minimum* var. *scrobiculatum*, *Oocystis* sp.).



A.



B.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura 13. Variación temporal de la densidad (especies representativas): A. Cyanoprokaryota (*Romeria elegans*); B. Heterokonthophyta (*Nitzschia amphibia*, *N. palea*).

Para las cianoprocariontas fueron: *Aphanothece saxicola* (19.2, 3.30, 22.5 y 19.2, respectivamente), *Merismopedia tenuissima* (13, 3.30, 16.2 y 13, respectivamente) y *Snowella lacustris*. (3.57, 3.30, 6.85 y 3.50, respectivamente). Mientras que para las heterocontofitas, *Fragilaria construens* f. *venter* fue la especie que mostró valores altos (11.9, 2.07, 6.85 y 3.50, respectivamente). Finalmente, entre las euglenofitas, ninguna especie presentó valores tan altos como las especies de las divisiones anteriores.

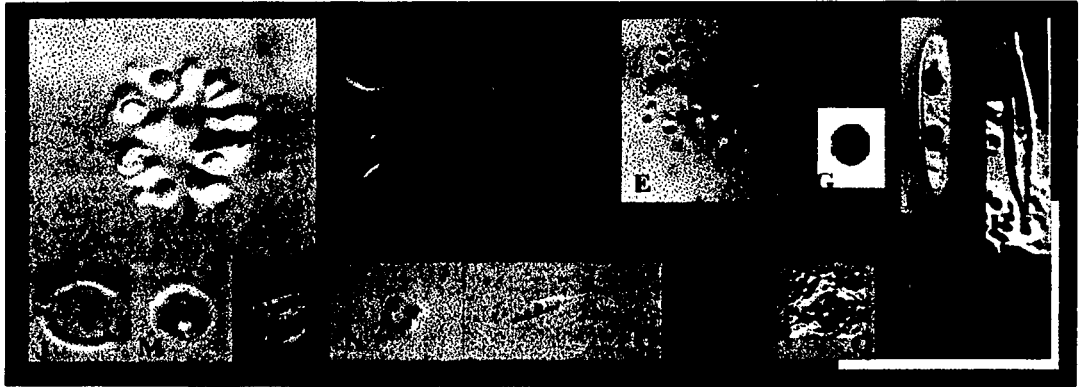
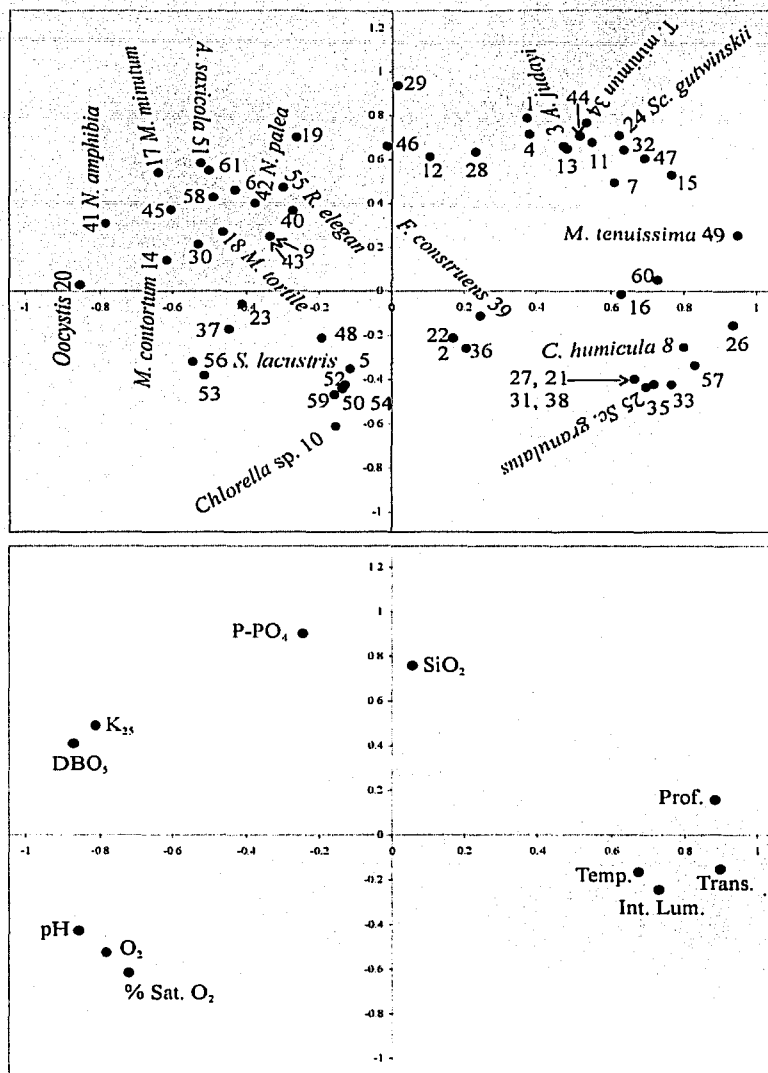


Figura 14. Especies dominantes y representativas. A: *Chlorella* sp. B: *Monoraphidium minutum*, C: *M. minutum* (autosporas), D: *Merismopedia tenuissima*, E: *Aphanothece saxicola*, F: *Snowella lacustris*, G: *Fragilaria construens* f. *venter*, H: *Nitzschia palea*, I: *N. amphibia*, J: *Romeria elegans*, K: *Monoraphidium tortile*, L: *Monoraphidium tortile*, M: *Chlorococcum humicola*, N: *Scenedesmus granulatus* f. *granulatus*, Ñ: *Sc. gutwinskii* var. *heterospina*, O: *Ankyra judayi*, P: *Oocystis* sp, Q: *Tetraedron minimun* var. *scrobiculatum*.

6.9. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales para los datos fisicoquímicos, mostró en los primeros dos componentes, una variabilidad del 79%. El primer componente es responsable del 54% de la variación y el segundo del 25% (Figura 15). Mientras que, para los datos de densidad los dos primeros componentes mostraron una variabilidad del 50%; el componente I explica el 28% de la variación, y el segundo explica el 22%. Los valores numéricos del análisis de componentes para los parámetros fisicoquímicos y las densidades se muestran en las tablas 3 y 4 del Anexo II.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 15. Biplot de análisis de componentes principales, parámetros fisicoquímicos y densidad. Prof: profundidad; Trans: transparencia; Int. Lum.: intensidad luminosa; Temp: temperatura; % Sat. O_2 : porcentaje de saturación de oxígeno; O_2 : Oxígeno disuelto; DBO_5 : demanda bioquímica de oxígeno; K_{25} : conductividad. Los valores numéricos para los datos fisicoquímicos se muestran en la tabla 3 del anexo II; mientras que nombres de las especies y valores numéricos de las densidades se encuentran en la tabla 4 del anexo II.

7. Discusión

7.1. Variación temporal en la composición del fitoplancton

La división con mayor número de especies fue Chlorophyta, seguida por Heterokonthophyta, Cyanoprokaryota y Euglenophyta (Tabla 3).

Para las algas verdes, las especies más representativas pertenecen al orden Chlorococcales (*Chlorella* sp., *Monoraphidium minutum*, *M. tortile*, *M. contortum*, *Chlorococcum humicola*, *Tetraedron minimum* var. *scrobiculatum*, *Scenedesmus granulatus* f. *granulatus*, *Sc. gutwinskii* f. *heterospina*, *Ankyra judayi* y *Oocystis* sp.). Moss (1998), señala que este grupo de algas es característico de aguas de alta fertilidad (eutróficos).

Por otra parte, entre las heterocontofitas, la clase Chrysophyceae presentó un estado vegetativo y tres de resistencia (Estatóspora 1, 2, 4); mientras que para la clase Bacillariophyceae, *Fragilaria construens* f. *venter*, *Nitzschia amphibia* y *N. palea*, fueron las especies más representativas durante el periodo de estudio. Dam *et al.* (1994), Lowe (1974) y Werner (1977), señalan que *N. amphibia* y *N. palea* se desarrollan bien en condiciones de aguas someras, eutróficas y alcalinas; mientras que *F. construens* f. *venter* prefiere condiciones de aguas abiertas, circumneutras, de mesotrófica a eutrófica.

Para las algas verde-azules, las especies más representativas fueron: *Aphanothece saxicola*, *Merismopedia tenuissima*, *Snowella lacustris* y *Romeria elegans*. Dasí *et al.* (1998) y Margalef (1983), señalan que al igual que las algas verdes, las verde-azules se desarrollan exitosamente en aguas mesotróficas a eutróficas. Komárek (1958 y 1999) indica que *Snowella lacustris* es características de cuerpos mesotróficos a eutróficos, mientras que *Merismopedia tenuissima* y *Romeria elegans*, prefieren condiciones eutróficas.

Finalmente, las euglenofitas fueron esporádicas, probablemente debido a que son típicas de lagos someros dominados por macrofitas (Izaguirre & Vinocur 1994), condición no presente en la laguna, a pesar de ser un cuerpo de agua somera.

Las relaciones anteriores, coinciden con los datos reportados por Banderas (1997), Dasí *et al.* (1998), Haberyan *et al.* (1995), Mendoza-González (1985), Moss (1998) y Ramos (2001), quienes reportan mayor dominio por parte de la división Chlorophyta, seguida de Cyanoprokaryota y Heterokontophyta.

7.2. Índice de similitud (Jaccard)

El índice de Jaccard mostró la formación de tres grupos con valores de similitud superiores a 0.5. El grupo I, compuesto por los meses de marzo, abril y mayo, con una similitud de 0.561, corresponde con la época de secas. El grupo II, formado por los meses de junio y julio, con un valor de 0.632, corresponde con el inicio de la temporada de lluvias. Finalmente, el grupo III, compuesto por los meses de agosto, septiembre y octubre, con una similitud de 0.600, corresponde con los meses más lluviosos (Figura 6 y Tabla 4).

La conformación de los grupos, se relaciona con variaciones en el nivel de agua, dada por los periodos de secas y lluvias, los cuales influyen en las características fisicoquímicas. Krebs (1985), Moss (1998) y Wetzel (2001), señalan que la precipitación pluvial es decisiva en muchas áreas de clima tropical, es decir, las temporadas de secas y lluvias ejercen efectos importantes en la estructura de la comunidad. Por otra parte, Kebede *et al.* (1994), indican que los fuertes vientos, aunados a la precipitación y aumento en el volumen de agua en cuerpos pequeños y someros, provocan cambios rápidos en la distribución de nutrientes y fitoplancton, condiciones presentes en la laguna Chignahuapan, con intensidad del viento de 4-10 watts m² y cambio en la profundidad (64-158 cm), dada por las intensa precipitación.

Grupo I. Compuesto por *Ankyra judayi*, *Crucigenia quadrata*, *Chlorococcum humicola*, *Chlorella* sp., *Monoraphidium contortum*, *M. minutum*, *M. tortile*, *Oocystis* sp., *Scenedesmus*

granulatus f. *granulatus*, *Tetraedron minimum* var. *scrobiculatum*, *Merismopedia tenuissima*, *Aphanothece saxicola*, *Chroococcus minutus*, *Snowella lacustris* y Estatóspora 4. De las anteriores, *C. minutus* es exclusivo del grupo. La densidad total, fue la más baja respecto a los grupos II y III. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se registraron los valores y concentraciones más altas de pH, conductividad, porcentaje de saturación de oxígeno y DBO₅ y los más bajos para profundidad, transparencia e intensidad luminosa (Tabla 1).

Los valores de pH y conductividad son altos, particularmente los de conductividad se ven influenciados por la concentración de iones ocurrida por la disminución del volumen de agua; la materia orgánica, también se incrementó reflejándose en un aumento del DBO₅, y el porcentaje de saturación de oxígeno decrece relativamente por la ocurrencia de una activa descomposición de la materia orgánica.

Grupo II. Formado por *Crucigeniella pulchra*, *Chlamydomonas epibiotica*, *Chlorococcum humicola*, *Chlorella* sp., *Monoraphidium contortum*, *M. irregulare*, *M. minutum*, *M. tortile*, *Nephrochlamys subsolitaria*, *Oocystis* sp., *Scenedesmus gutwinskii* var. *heterospina*, *Sc. pannonicus*, *Tetraedron minimum* var. *scrobiculatum*, *Fragilaria construens* f. *venter*, *Nitzschia amphibia*, *N. palea*, *Euglena* sp 1, *Merismopedia tenuissima*, *Aphanothece saxicola*, *Romeria elegans*, *Snowella lacustris*, Estatóspora 2, Estatóspora 4 y Crisófito 1. *Crucigeniella pulchra* fue exclusiva para este grupo. Por otra parte, en cuanto a la densidad total de organismos se registro el pico más alto (Figura 8). Los parámetros fisicoquímicos mostraron fuertes cambios por el inicio de la época de lluvias; con el incremento de los valores en la intensidad luminosa, profundidad y transparencia. Mientras que PO₄³⁻, SiO₂, pH, conductividad y DBO₅, muestran un comportamiento oscilante (Tablas 1 y 2).

Grupo III. Las especies que conforman este grupo fueron: *Ankyra judayi*, *Chlamydomonas epibiotica*, *Chlorococcum humicola*, *Chlorella* sp., *Didymogenes palatina*, *Monoraphidium irregulare*, *M. minutum*, *M. tortile*, *Scenedesmus gutwinskii* var. *heterospina*, *Sc. granulatus* f. *granulatus*, *Sc. magnus*, *Sc. pseudoarmatus*, *Tetraedron minimum* var. *scrobiculatum*, Zoospora, *Tetrastrum staurogeniaeforme*, *Fragilaria construens* f. *venter*, *Nitzschia palea*, *Euglena* sp 3,

Aphanothece saxicola, *Merismopedia tenuissima*, *Snowella lacustris*, Estatóspora 1, Estatóspora 4 y Crisófito. *Didymogenes palatina*, *Sc. magnus*, *Sc. pseudoarmatus* y *Euglena* sp 3, son exclusivas de este grupo. La densidad total se mantuvo relativamente constante, con valores mayores respecto al grupo I (Figura 8). Se caracterizó por presentar valores altos de profundidad, transparencia; y valores bajos de pH, porcentaje de saturación de oxígeno, conductividad y DBO₅, mientras que los PO₄³⁻, intensidad luminosa y SiO₂⁻ fueron oscilantes (Tablas 1 y 2).

Cabe resaltar que especies como *Chlorococcum humicola*, *Chlorella* sp., *Monoraphidium minutum*, *M. tortile*, *Snowella lacustris*, *Aphanothece saxicola*, *Tetraedron minimum* var. *scrobiculatum* y *Merismopedia tenuissima*, se presentaron en todos los tres grupos (aunque algunas con valores bajos de densidad) y se denomina especies euríticas (rango amplio de tolerancia), mientras que *Chroococcus minutus* (Grupo I) y *Crucigeniella pulchra* (Grupo II), permanecieron únicamente en un grupo, mostrando un rango limitado de tolerancia al cambio en los parámetros fisicoquímicos, denominadas especies estenóticas.

El incremento en el nivel de agua, ocasionó la dilución iónica y por consiguiente, la disminución en los valores de conductividad, comportamiento similar al reportado por Ramos (2001) y Navarrete-Salgado y Elías-Fernández (1993).

7.3 Diversidad

El análisis de diversidad Shannon-Wiener presentó valores de 1.2 a 2.6 bits/individuo, que pueden considerarse característicos de condiciones altamente perturbadas y con dominio de pocas especies (Tabla 5 y Figura 7). Krebs (1985) y Padišáck (1993), señalan que cuando domina una sola especie, la diversidad se reduce notablemente, mientras que al aumentar el número de especies, el decremento en la diversidad es menos fuerte. Es decir, los valores de diversidad dependen tanto del número de especies como de la equidad, es por ello que aunque se tenga igual número de especies, pero diferentes valores de equidad, la diversidad es diferente. Por otra parte, la diversidad se relaciona con la complejidad de la comunidad, asumiendo que la diversidad de especies que co-equilibran puede usarse como medida de la complejidad de la comunidad.

En los meses de mayo, agosto y octubre se registran los valores más altos de diversidad, que coincide con altos valores de equidad. Lo anterior, indica una alta interacción de especies, lo que incrementa la complejidad de la comunidad. Así, una alta diversidad se asocia con la estabilidad de una comunidad (Krebs 1985).

En la Laguna Chignahuapan, el aumento en los valores de diversidad coincidieron con el incremento en el volumen de agua. Wetzel (2001) y Krebs (1985) mencionan que al aumentar la heterogeneidad y la complejidad ambiental, ocurre también un aumento en la complejidad de las comunidades y su diversidad. Por otro lado, la comunidad se diversifica con el paso del tiempo, las más antiguas tienen un número de especies mayor, que las comunidades jóvenes

Ibarra (1997) y Chang (1989), obtuvieron valores de diversidad de 0.8 a 3.1 y 0.5 a 3.5 bits/individuo respectivamente; intervalos muy similares a los reportados en el presente estudio. Ellos mencionan que la mayoría de sus resultados de diversidad, corresponden a dos tipos de contaminación: moderada y altamente contaminada, cuyos miembros poblacionales se caracterizan en aguas de tipo eutróficas y con mucha materia orgánica. Lo anterior, coincide con lo reportado en el presente estudio, donde se observa la presencia de especies indicadoras de eutroficación (mayoritariamente del orden Chlorococcales, arriba señaladas). Branco (1971), Margalef (1983), Comas (1996), Dasí *et al.* (1998) y Reynolds (1998), reportan géneros como *Scenedesmus* sp, *Chlorella* sp, *Ankyra* sp, *Tetraedron* sp., *Merismopedia* sp, *Euglena* sp, *Nitzschia* sp, *Oocystis* sp, *Pediatrum* sp, propios de aguas mesotróficas a eutróficas.

7.4. Variación temporal en la densidad del fitoplancton

La densidad total se mantuvo alta (9.3×10^4 a 3.9×10^5 org. ml⁻¹), Wetzel (2001) menciona que cuencas someras con gran proporción de contacto del agua con los sedimentos, generalmente exhiben de intermedias a altas productividades.

Torres (1999) reporta valores semejantes a los del presente estudio, en el lago Xochimilco (1.5×10^5 unidades biológicas/ml y 1.3×10^5 ub/ml en época de lluvias y secas, respectivamente) y en el lago Chapultepec (1×10^5 ub/ml y 7×10^4 ub/ml en época de lluvias y secas, respectivamente). Por otro lado Vázquez (1995), Tavera & Castillo 2000 para el lago Catemaco, reportan densidades de 1.7×10^5 org. ml⁻¹ en la época de secas y 1.8×10^5 org. ml⁻¹ para la época de lluvias.

Sin embargo, las concentraciones de fosfatos reportadas para los lagos arriba mencionados y otros cuerpos acuáticos mexicanos, son bajas en comparación a las registradas en la laguna Chignahuapan (4-1.6 mg l⁻¹ fosfato). Mientras que las concentraciones de nitratos (0.053 mg l⁻¹ nitrato, dato medido posterior al periodo de estudio, en el laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología), se encuentran en el rango reportado por Torres (1999), para el lago de Xochimilco, 0.39 mg l⁻¹ nitratos y 0.74 mg l⁻¹ fosfatos, mientras que para el lago de Chapultepec, 0.22 mg l⁻¹ nitratos y 0.38 mg l⁻¹ fosfatos; Zempoala, 600 µg l⁻¹ nitratos y 650 µg l⁻¹ fosfatos (García-Rodríguez & Tavera 1998); Chapala, 0.34 mg l⁻¹ nitratos y 0.31 mg l⁻¹ fosfatos (Anda *et al.* 2001); Catemaco, 0.035 mg l⁻¹ nitratos y 0.01 mg l⁻¹ fosfatos (Vázquez 1995); Catemaco, 5.6 µg l⁻¹ nitratos y 9.7 µg l⁻¹ fosfatos (Tavera & Castillo 2000).

Es importante notar que la laguna se encuentra junto a un depósito de aguas residuales (separado por un bordo) y es probable la filtración de agua, que incrementa la concentración de fosfatos. Se sabe que las aguas domésticas y fertilizantes arrastrados, normalmente contienen altas proporciones de fosfatos, asimilables por las algas.

Dependiendo del mes, los parámetros fisicoquímicos dominantes propusieron una variación en la densidad y composición algal. En los meses de marzo, abril y mayo (época de secas), se presentó la densidad total más baja (1.3×10^5 , 9.3×10^4 y 1.3×10^5 org. ml⁻¹, respectivamente). Este comportamiento coincide con los valores más bajos de profundidad e intensidad luminosa, registrados en el presente estudio.

En el mes de junio ocurre un marcado incremento en la densidad total (3.9×10^5 org. ml⁻¹), que coincide con el inicio del periodo de lluvias en donde se registra un incremento en el nivel de agua, transparencia, además, de la intensidad luminosa. Wetzel (1981), menciona que normalmente el número de células del fitoplancton y su biomasa aumenta enormemente en la primavera, al mejorar las condiciones de luminosidad, lo cual contribuye al decremento de los nutrientes disueltos en el agua, comportamiento característico de cuerpos templados. Para lagos tropicales (Lewis 1996) y Alcocer & Escobar (1996), describen que la intensidad de luz y el nitrógeno, limitan la productividad primaria en lagos como Pátzcuaro, Chapala y Cuitzeo, la explicación de este proceso se debe a que los lagos de esta región son naturalmente turbios. La turbidez es ocasionada por la deposición de grandes cantidades de arcillas volcánicas provenientes de los volcanes circundantes (Dávalos *et al.* 1989; Chacón-Torres 1993). Este fenómeno es probable que se presente en la laguna Chignahuapan; por una parte, en la época de secas aumenta la concentración de materiales suspendidos, mayor turbidez, que se refleja en una disminución en la penetración de luz; y por otra parte, en la estación de lluvias los materiales suspendidos se diluyen, aumentando la transparencia.

En los restantes meses de la época de lluvias (julio, agosto, septiembre y octubre), ocurre una reducción del fitoplancton, sin embargo los valores no llegan a ser tan bajos como en los primeros meses de estudio. Esta reducción puede atribuirse al consumo de $P-PO_4^{3-}$ por parte del fitoplancton y por lo tanto bajas concentraciones de este nutriente.

7.5. Variación temporal en la densidad del fitoplancton por División

La división Chlorophyta, domina en los meses de marzo y abril; co-domina con la Cyanoprokaryota, en junio, y decrece entre julio y octubre (lluvias). Por otra parte, la densidad de la Cyanoprokaryota, mostró valores bajos durante la época de secas, y lluvias, a excepción del mes de junio. La división Heterokontophyta, presento bajas densidades durante todo el periodo de estudio, excepto en el mes de septiembre, donde es la división dominante, con *Fragilaria construens f. venter*, como la especie predominante. Finalmente, la división Euglenophyta, presentaron bajas densidades durante todo el periodo de estudio (Figura 9).

7.6. Variación temporal en la densidad del fitoplancton por especies dominantes

Chlorella sp. y *Monoraphidium minutum* fueron las especies dominantes durante todo el periodo de estudio, excepto para los meses de mayo a julio en que domina *Aphanothece saxicola*, agosto y octubre en que domina *Merismopedia tenuissima* y en septiembre donde domina *Fragilaria construens* f. *venter*. Mientras que, *Snowella lacustris*, incrementa su densidad durante los meses de marzo a abril, pero sin llegar a ser dominante (Figuras 10 y 11).

El notable incremento en la densidad del fitoplancton, en el mes de junio, se da por las siguientes especies dominantes: *M. minutum*, *Chlorella* sp., *Aphanothece saxicola*, *Snowella lacustris*, *Merismopedia tenuissima* y *Euglena* sp. 1, sin embargo también ocurre un aumento de las especies representativas, como *Ankyra judayi*, *Chlamydomonas epibiotica*, *Crucigeniella pulchra*, *Monoraphidium contortum*, *M. irregulare*, *M. tortile*, *Nephrochlamys subsolitaria*, *Oocystis* sp., *Scenedesmus granulatus* f. *granulatus*, *Sc. pannonicus*, *Tetraedron minimum* var. *scrobiculatum*, *Tetrastrum staurogeniaeforme*, *Fragilaria construens* f. *venter*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia palea*, *Romeria elegans* y Crisófito 1 (Figuras 12 y 13).

7.7. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales para los datos fisicoquímicos, mostró en los dos primeros ejes una variabilidad total del 79 %. El componente I, es responsable del 54 % de la variación, resultado de los cambios en los valores de transparencia, intensidad luminosa, temperatura y profundidad. En las coordenadas negativas de componente, se encuentran la conductividad, pH y DBO₅. Así, el componente I del APC se encuentra principalmente relacionado con alteraciones en el volumen del agua. El segundo componente, es responsable del 25 % de la variabilidad, y se relaciona con los P-PO₄³⁻, SiO₂ y porcentaje de saturación de oxígeno, es decir, se relaciona con el gradiente trófico.

La distribución del fitoplancton, en el análisis de componentes principales, se debió a las preferencias ambientales diferenciales de las especies. Los taxa dominantes (*A. saxicola*, *M. minutum*, *S. lacustris*, *F. construens* f. *venter* y *M. tenuissima*) se asocian fuertemente a las variables fisicoquímicas, excepto *Chlorella* sp., que mostró amplio espectro de tolerancia a las mismas (Figura 15). Se han realizado varios trabajos referentes a la ecología de *Chlorella*, los cuales coinciden en señalar que este género es típico de cuerpos mesotróficos a hipertróficos, que puede persistir a través de muchos años; de hábitats aéreos o subaéreos, en periodos de fuertes descargas (Seip y Reynolds 1995; Reynolds 1984a; Branco 1971), lo que indica que el género tiene amplia capacidad adaptativa.

Cuando los valores de profundidad, intensidad luminosa y transparencia son bajos, las densidades de *Aphanothece saxicola* y *Monoraphidium minutum* son altas. Esta condición, se presenta de marzo a junio. *Aphanothece saxicola*, es reportada por Komárek (1999) como especie de preferencias aerófilas. Por otro parte, el género *Aphanothece*, ha sido reportado para cuerpos ricos en materia orgánica (Macek com. per.) Tavera & Novelo (2000), reportan varias especies de *Monoraphidium*, que incluyen a *M. minutum*, para el lago de Xochimilco que se caracteriza por ser un cuerpo eutrófico.

Por otra parte, para *Snowella lacustris*, el ACP indica que la densidad de esta especie es influenciada positivamente por condiciones de baja profundidad y transparencia, particularmente en los meses de marzo y abril (Figura 15)

Altas densidades de *Merismopedia tenuissima*, se presentaron de agosto a octubre, con valores bajos de pH, conductividad y DBO₅, los cuales coinciden con niveles altos de profundidad. Mendoza-González (1985), reporta a *M. tenuissima* para el mismo intervalo de meses, en la laguna Victoria, y la describe como euplanctónica, es decir, que prefiere condiciones de aguas abiertas. Por otra parte, Branco (1971) establece que *M. tenuissima* es característica de ambientes contaminados.

Bajo condiciones similares, a las descritas para *M. tenuissima*, se presentó *Fragilaria contruens* f. *venter*, sin embargo la densidad de esta especie se vio influenciada por variaciones en el nivel del agua y concentración de SiO_2^- , registrando altas densidades en el mes de septiembre. Reynolds (1984a), describe un incremento neto en las diatomeas, cuando la profundidad de la columna de agua es mayor o se encuentra entre 1-2 m.

Otros parámetros que no fueron incluidos en este estudio, tales como competencia y depredación, probablemente afecten la distribución temporal de las especies del fitoplancton.

8. Conclusiones

Se reconocieron 61 especies, distribuidas de la siguiente manera: 36 especies para la división Chlorophyta, 12 para la división Heterokonthophyta, 9 para la división Cyanopokaryota y 3 para la división Euglenophyta. La mayoría de las especies reportadas para el presente trabajo han sido descritas para ambientes mesotróficos a eutróficos. De las 61 especies, *Chlorella* sp. *Monoraphidium minutum*, *Snowella lacustris*, *Merismopedia tenuissima*, *Aphanothece saxicola* y *Fragilaria construens* f. *venter*, fueron las especies dominantes, dando como resultado bajos índices de diversidad durante el periodo de estudio; la diversidad aumenta ligeramente en la época de lluvias, en donde se incrementa en el nivel de agua, transparencia, intensidad luminosa y valores bajos de conductividad y pH.

Bajos valores de diversidad caracterizan a la laguna Chignahuapan, los cuales se relacionan con altos valores en la mayoría de los parámetros fisicoquímicos registrados (conductividad, pH, BDO₅, P-PO₄³⁻). Características similares, a las mostradas por cuerpos de agua perturbados, por lo que se podría considerar a la laguna como mesotrófica a eutrófica y alta concentración de materia orgánica.

El fitoplancton de la laguna Chignahuapan, en composición y densidad total, por división y especie, se caracterizó por cambios influenciados por variaciones en el nivel de agua (dados por las épocas de secas y lluvias), las cuales modifican los valores de la profundidad, transparencia, conductividad y pH. Lo anterior, se reconoció con el índice de similitud de Jaccard, el cual mostró la formación de tres principales grupos fitoplanctónicos: el primero correspondiente al periodo seco (marzo a mayo) y los dos restantes al periodo lluvioso, inicio (junio y julio) y finales (agosto a octubre).

El valor máximo de densidad total se registro en junio (3.9×10^5 org. ml⁻¹), durante el inicio del periodo de lluvias; y el mínimo, en el mes de abril (9.3×10^4 org. ml⁻¹), durante la estación seca. Respecto a la densidad por División, se observo una variación estacional, la división Chlorophyta domino durante la época de secas, en tanto que las algas verdes y la

división Cyanoprokaryota co-dominan para el resto de los meses, a excepción de septiembre, donde la división Heterokontophyta fue la dominante.

En cuanto a las especies dominantes, también se observó una variación estacional. *Chlorella* sp. mostró amplia tolerancia a las variaciones ambientales registradas, dado que se mantuvo durante todo el periodo de estudio con altas densidades. *Monoraphidium minutum*, incrementa considerablemente su densidad en junio, sin embargo, *Aphanothece saxicola* es la especie que domina durante este y el siguiente mes. Durante estos meses, los parámetros fisicoquímicos muestran bajos valores de profundidad, transparencia e intensidad luminosa, mientras que la concentración de la conductividad, BDO₅ y pH muestran valores altos. Durante agosto, la densidad de *M. minutum* y *A. saxicola* disminuye sensiblemente, dejando paso a *Merismopedia tenuissima*, quien domina durante este mes, bajo condiciones de aguas más abiertas, diluidas y transparentes. Para septiembre, *Fragilaria construens f. venter*, es la especie dominante, bajo condiciones de agua diluidas. Finalmente, en octubre, *M. tenuissima* y *Chlorella* sp. son las especies con mayor densidad, básicamente bajo las mismas condiciones.

9. Referencias

- Albores, B. 1995. Tules y Sirenas. *El impacto ecológico y cultural de la industrialización en el Alto Lerma*. El colegio Mexiquense, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Ecología, México.
- Alcocer, J. & E. Escobar. 1996. Limnological regionalization of Mexico. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* **2**: 55-69.
- Anagnostidis, K. & J. Komárek. 1985. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 1. Introduction. *Algological Studies*, **38-39**:291-292
- Anagnostidis, K. & J. Komárek. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3. Oscillatoriales. *Algological Studies*, **50-53**: 327-472.
- Anda, J., H. Shear, U. Maniak & G. Riedel. 2001. Phosphates in lake Chapala, Mexico. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* **6**: 313-321.
- Apha-Awwa-Wpcf. (1980). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. 17ª Edición, Ediciones Díaz de Santos, Madrid España. 221 p.
- Banderas T. G. 1997. Phycoflora of the tropical high-mountain lake El Sol, central Mexico, & some biogeographical relationships. *Hydrobiologia* **354**:17-40.
- Bourrely, P. 1968. *Les algues d'eau douce 2. Initiation a la systematique*. Tomo II. Les algues jaunes et brunes Chrysophycees, Pheophycees, Xantophycees et Diatomees. N. Boubee & Cie., Paris. 517 pp.
- Bourrely, P. 1970. *Les algues d'eau douce. Initiation a la systematique*. Tomo III. Les algues blues et rouges. N. Boubee & Cie., Paris. 512 pp.

- Branco M. S. 1971. *Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária São Paulo*. Centro Tecnológico de Saneamento Básico. Vol. III. 1214 p.
- Brehm, U. 1942. Plancton del Lago de Patzcuaro. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 3(1-4): 812-85.
- Carrillo, A.M. 1989. *Avifauna de la Laguna De San Mateo y alrededores municipio de Texcalyacac, Estado de México, México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Cervantes S. A. 1988. *Manual de técnicas básicas para el análisis de ambientes acuáticos*. Editado por la ENEP. Zaragoza. 106 pp.
- Chacón-Torres A. 1993. Lake Patzcuaro, Mexico: effects of turbidity in a tropical high altitude lake. *Trop. Freshwat. Biol.* 3(1):51-72.
- Chang, W.L.A. 1989. *Variación de la comunidad planctónica de la Presa Requena, Hgo.* Tesis de Licenciatura (Biología) Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Comas G. A. 1996. *Las Chlorococcales dulciacuícolas de Cuba*. Cramer. Stuttgart, Berlin 192 pp.
- Dam, H. Van, A. Mertens & J. Sinkeldam. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28(1):117-133.
- Darley, W. M. 1987. *Biología de las algas*. Enfoque fisiológico. Ed. Limusa. México. 236 pp.
- Dasí M.J., M.R. Miracle, A. Camacho, J. M. Soria & E. Vicente, 1998. Summer phytoplankton assemblages across trophic gradients in hard-water reservoirs. *Hydrobiologia* 369/370:27-43.

- Dávalos L., O. T. Lind, & R. Doyle. 1989. Evaluation of phytoplankton-limiting factors in Lake Chapala, México: turbidity and the spatial and temporal variation in algal assay response. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 5: 99-104.
- De la Cruz, G. 1991. *ANACOM (Sistema para el análisis de comunidades)*. CINVESTAV-IPN. Unidad Mérida, México.
- Delgadillo, T.M.S. 1980. *Contribución al conocimiento fitológico de la Presa Presidente Alemán*. Programa Limnológico. III Simposio Latinoamericano de Acuicultura Departamento de Pesca. Dirección General de acuicultura Delegación Federal Oaxaca.
- Desikachary, T. V. 1959. *Cyanophyta. Monographs on algae*. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi. 686 pp.
- Dokulil, M.T. 1994. Environmental control of phytoplankton productivity in turbulent turbid systems. *Hydrobiologia* 289:65-72.
- Fernández G. 1990. *Manual de laboratorio de química de agua*. Fac. de Ingeniería, UNAM.
- Figueroa, T. M. G. 1984. *Estudio ecológico de la fitoflora de la presa Miguel Alemán*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Flores-Granados, C. 1980. *Variaciones estacionales en la composición florística del fitoplancton de dos canales de Xochimilco, D.F. México*. Tesis de licenciatura. ENCB. IPN.
- García E. 1980. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía. UNAM. 245 pp.

- García, C.J. 1985. *Utilización del plancton como herramienta para el conocimiento de la calidad del agua en la cuenca del Alto Amacuzac, Estado de Morelos*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 91 p.
- García-Rodríguez J. & R. Tavera. 1998. Fitoplancton del lago Zempoala. *Bol. Soc. Bot. México* **63**:85-100.
- Geitler, L. 1932. *Cyanophyceae*. In Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schewis. Akademische Verlagsgesellschaft m.b.h. Leipzig. Germany. 1196 pp.
- Germain, H. 1981. *Flore des Diatomees. Diatomophycees*. Société Nouvelle des editions Boubée. Paris. 444 pp.
- Gomes, M. N. 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Parapanema River), Sao Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* **431**:115-128.
- González V.R. 1984. *Estudio de la productividad primaria del "Lago El Sol", en el volcán Nevado de Toluca, Edo de México*. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Haberyan K., G. V. Umaña, C. Collado & S. Horn. 1995. Observations on the plankton of some Costa Rica lakes. *Hydrobiologia* **312**:75-85.
- Harris, G. P. 1986. *Phytoplankton Ecology –structure, function and fluctuation*. Chapman and Hall, London, 384 p.
- Hernández- Becerril, D.U. & P. M Tapia. 1987. Ecología del fitoplancton primaveral de superficie en el Lago de Tequesquitengo, Morelos, México. *Revista Biol. Trop.* **35**(1):31-39.
- Hoek den Van, C. Mann, D. G. & Johns H. M. 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge. University Press.

- Huber-Pestalozzi, G. 1961. *Das Phytoplankton des Süßwassres. Systematik & Biologie*. 5. Teil. *Chlorophyceae* (Grünalgen) *Ordnung: Volvocales*. Stuttgart E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Huber-Pestalozzi, G. 1983. *Das Phytoplankton des Süßwassres*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 1044 pp.
- Ibarra A. 1997. *Distribución y abundancia del plancton superficial en el embalse Valle de Bravo, México y su relación con la calidad del agua*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 140p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. 1980. *Síntesis Geográfica del Estado de México*. SPP. 174 pp.
- Izaguirre, I. & A. Vinocur. 1994. Algal assemblages from shallow lakes of the Salado River Basin (Argentina). *Hydrobiologia* **289**:57-64.
- Kebede, E., G. Z. Mariam & I. Ahlgren. 1994. The Ethiopian Rift Valley lakes: chemical characteristics of a salinity-alkalinity series. *Hydrobiologia* **288**:1-12.
- Komárek J. & H. Ettl. 1958. *Algalogische Studien*. Akademie Ved. Praha. 355 pp.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis. 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 2. Chroococcales. *Algological Studies*, **43**:157-226.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 4. Nostocales. Arch. Hydrobiol Suppl. *Algological Studies*, **56**: 247-345.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis. 1999. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 19/1: Cyanoprokaryota. I. Teil: Chroococcales*. Gustav Fischer. 546 pp.

- Krammer , K. & H. Lange-Bertalot. 1986. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1: Bacillariophyceae. 2. Teil: Naviculaceae*. Gustav Fischer. 86 pp.
- Krammer , K. & H. Lange-Bertalot. 1988. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2: Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Gustav Fischer. 596 pp.
- Krammer , K. & H. Lange-Bertalot. 1991a. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3: Bacillariophyceae. 3. Teil: Bacillariaceae (Centrales, Fragilariaceae, Eunotionaceae)*. Gustav Fischer. 576 pp.
- Krammer , K. & H. Lange-Bertalot. 1991b. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4: Bacillariophyceae. 4. Teil: Bacillariaceae (Achnanthes, Kristische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema)*. Gustav Fischer. 437 pp.
- Krebs J. 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. Harla, México. 753 p.
- Lewis J. 1996. *Perspectives in Tropical Limnology*. F. Schiemer and K. T. Boland (eds.). SPB Academic Publishing by Amsterdam, The Netherlands. 43-64p.
- Lowe R. L. 1974. *Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms*. National environmental research center office of research and development U. S. Environmental protection agency. Cincinnati, Ohio. USA. 334 pp.
- Manilla, D.M. 1978. *Algunos aspectos generales sobre algas continentales y la contaminación*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona, España 951 pp.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona, España. 1010 pp.

- Mendoza-González, C. 1985. Estudio florístico ficológico estacional de la Laguna Victoria o de Santiago Tilapia, México. *Phytologia* 58(7):479-487.
- Mills, O. 1972. *An introduction to Freshwater. Ecology*. Oliver & Boyd. Edinburgh. 101 pp.
- Molina, A. F. I. 1998. *Dinámica de las relaciones del fito y zooplancton en estanques rústicos con fertilización orgánica y combinada en el estado de Morelos*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 43 pp.
- Moss, B. 1998. *Ecology of Freshwater. Man and Medium, past to future*. Third edition. Blackweel Science. 557 pp.
- Navarrete-Salgado N. y G. Elías-Fernández. 1993. Composición y abundancia del zooplancton en un sistema piscícola del Estado de México. *Cuad. Méx. Zool.* 1(1):8-14.
- Odum, E. 1969. *Ecología*. Ed. Interamericana, S.A. México.
- Odum, E. 1972. *Ecología*. Interamericana. México. 63 p.
- Padisák J. 1993. The influence of different disturbance frequencies on the species richness, diversity and equitability of phytoplankton in shallow lakes. *Hydrobiologia* 249:135-156.
- Prescott, G. W. 1962. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Revised Edition. W. C. Brown Co. Pub. Dubuque. USA. 977 pp.
- Quiroz, H. C., J. Luna y P. S. Delgado. 1992. Aspectos sobre la composición y abundancia del fitoplancton y sobre la productividad primaria en estanques fertilizados con estiércol y fertilizante mineral. *Universidad: Ciencia y Tecnología*. 2(2):103-112.
- Ramos, M. S. 2001. *Análisis de calidad del agua y biomasa del fitoplancton de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México*. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México.

- Reynolds C. S. 1984a. Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biology* **14**:11-142.
- Reynolds C. S. 1984b. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge, 384 pp.
- Reynolds C.S. 1998. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status?. *Hydrobiologia* **369/370**:11-26.
- Rioja E. & T. S. Herrera. 1951. *Ensayo ecológico sobre el limnobia de Lerma y sus alrededores*. An. Inst. Biol. Mex. **XXII**, 2. 565-591 p.
- Rioja, E. 1940. Observaciones acerca del plancton del lago de Pátzcuaro. *An. Inst. Biol. Mex. Univ. Nal. Autón. México* **11**(2): 427-435.
- Sámano-Bishop B.A. 1934. Contribución al conocimiento de las algas verdes de los lagos del Valle de México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México* **5**(1):149-160.
- Sámano-Bishop B.A. 1940. Algas del Valle de México Parte III. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México* **11**(1):41-50 + 22 lams.
- Sánchez V., Castillejos M. & L. Rojas. 1989. *Población, recursos y medio ambiente en México*. Fundación Universo veintiuno. Colección Medio Ambiente 8. México.
- Sant' Anna, C. 1984. *Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado da Sao Paulo, Brasil*. Bibliotheca Phycologica. J. Cramer. 348 pp.
- Seip K.L & C. S. Reynolds. 1995. Phytoplankton functional attributes along trophic gradient and season. *Limnol. Oceanogr.* **40**(3). 589-597.
- Simonsen, R. 1979. *The Diatom System. Ideas on Phylogeny*. Bacillaria 2. 9-71 p.
- Suárez M.E. 1983. *Estudio de la variación estacional del plancton en la Laguna de Catemaco, Veracruz, México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México

- Sugiura Y. 1998. *La caza, la pesca y la recolección: etnoarqueología del modo de subsistencia lacustre en las ciénegas del alto Lerma*. Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.
- Tavera R. & S. Castillo. 2000. *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope*. Edited by M. Munawar, S. G. Lawrence. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 103-117 pp.
- Tavera R., E. Novelo & Comas A. 2000. Chlorococcalean algae (s.l.) from the Ecological Park of Xochimilco, México. *Algalogical Studies* **100**:65-94.
- Torres F. 1999. *Evaluación de proteínas en plancton de sistemas acuáticos urbanos*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 86p.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, & C. E. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **37**:130-137.
- Vázquez D. 1995. *Variación estacional en la abundancia de especies fitoplactónicas del Lago Catemaco, Veracruz*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Vázquez M. A. 1997. *Relación entre la concentración de clorofila (a,b,c) y metales pesados (Cr, Zn,Pb), en la ficoflora del Alto Lerma, Estado de México*. Tesis de Maestría. Fac. Ciencias. UNAM. México.
- Vázquez M.A. 1991. *El plancton dulceacuícola como indicador biológico de algunos metales pesados en el Lago Nabor Carrillo, Estado de México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, 113p.
- Ville C. A., E. P. Solomon C. E. Martín, D. W. Martín, L. R. Berg y P. W. Davis. 1992. *Biología*. Interamericana. McGraw-Hill, México. 1404 pp.
- Werner D. 1977. Introduction with a note on taxonomy. In: *The biology of Diatoms*, D. Werner (Ed.). *Bot. Monogra.* **13**, cap.1:1-17.

- Wetzel R. 1981. *Limnology*. ed. W. B. Saunders, New York.
- Wetzel R. 2001. *Limnology, lake and river ecosystems*. Academic Press. San Diego, 1006 pp.

Paginas web consultadas

- CONABIO 2002, <http://www.conabio.gob.mx/aicas/doctos>
- SEMARNAP 2002, <http://www.ine.gob.mx/>

ANEXO I

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno se define como la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias para descomponer a la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas. Por medio de la prueba de DBO₅, se simulan las condiciones que pueden prevalecer en la naturaleza y se considera como un procedimiento de oxidación húmeda en el que los organismos vivientes oxidan a la materia orgánica a dióxido de carbono, agua y amoníaco. Tomando como base esta relación, se pueden interpretar los datos del DBO₅ en términos de materia orgánica, así como la cantidad de oxígeno utilizado durante la oxidación (Fernández 1990).

Para determinar el DBO₅ se tomó la muestra en un frasco de 400 ml y se midió la concentración de oxígeno disuelto inicial (D₁), posteriormente el frasco fue cerrado herméticamente, y se incubó en una cámara de ambiente controlado, a 20°C y en oscuridad durante 5 días; pasado este tiempo se midió la concentración de oxígeno disuelto en el frasco (D₂).

El DBO (expresado en mg l⁻¹) es calculado como sigue:

$$DBO_5 = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

donde:

D₁: oxígeno disuelto inicial

D₂: oxígeno disuelto después de 5 días de incubación

P: fracción volumétrica de la muestra, expresada en decimales.

Método de conteo Microdiagonal o de Lackey (Apha-Awwa- Wpcf 1980)

Con este tipo de análisis, se pueden obtener diversos datos tales como productividad, diversidad y abundancia. Consiste esencialmente en el conteo de organismos por especie y se relaciona con el volumen de agua que los contiene.

1. La muestra se homogeniza antes del análisis.
2. Se pipetea 50 μ l de muestra y 50 μ l de gelatina glicerinada, colocando de manera rápida el volumen en un portaobjetos, cubriéndolo con el cubreobjetos 22 X 22 mm (cuidando no formar burbujas de aire).
3. Se realizan 10 replicas (hasta complementar 0.5 ml), contando mínimo 400 organismos por preparación.
4. Cálculos:

$$\text{No. Org. ml}^{-1} = [C (At)] / [As * S * V\text{ml}]$$

Donde:

C = número de organismos contados

At = área del cubreobjetos (mm^2).

As = área de una franja (mm^2).

S = número de transectos

V = volumen de la muestra debajo del cubreobjetos (ml)

Los resultados obtenidos son expresados como densidad.

ANEXO II

Tabla 1: Valores de densidad por especie y por mes.

Especie	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
<i>Actinastrum gracillium</i>	0	0	0	81	0	116	0	0
<i>Actinastrum aciculare</i> f. <i>minimum</i>	0	0	0	0	0	0	23	0
<i>Ankyra judayi</i>	48	60	30	162	0	526	47	47
<i>Closteriopsis acicularis</i>	24	20	0	0	39	175	0	0
<i>Crucigenia quadrata</i>	24	365	60	0	0	0	47	141
<i>Crucigeniella pulchra</i>	0	0	0	243	158	0	23	0
<i>Chlamydomonas epibiotica</i>	0	0	0	1217	1856	2162	424	2121
<i>Chlorococcum humicola</i>	365	60	182	81	39	993	94	2686
<i>Dictyosphaerium</i> cf. <i>sphagnale</i>	0	0	0	162	0	0	0	0
<i>Didymogenes palatina</i>	0	0	0	0	0	350	23	47
<i>Chlorella</i> sp.	103886	59358	34945	100655	47427	52367	41147	73810
<i>Golenkinopsis</i> cf. <i>parvula</i>	0	0	0	0	0	467	70	0
<i>Gregiochloris</i> sp	0	0	0	0	0	58	47	0
<i>Lagerheimia wratislaviensis</i>	0	20	0	0	0	175	0	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	389	162	243	1542	79	233	0	0
<i>Monoraphidium convolutum</i>	0	0	0	0	0	5084	0	1885
<i>Monoraphidium irregulare</i>	0	0	0	568	394	292	117	1036
<i>Monoraphidium minutum</i>	13685	17472	18325	69160	25115	28170	2380	6928
<i>Monoraphidium tortile</i>	340	426	821	5114	394	701	94	565
<i>Nephrochlamys subsolitaria</i>	0	0	0	568	394	175	70	0
<i>Oocystis</i> sp.	146	304	456	1055	315	0	47	0
<i>Pediastrum boryanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	282
<i>Pseudotetrastrum</i> sp	0	0	0	0	0	0	589	0
<i>Pieromonas</i> cf. <i>angulosa</i>	0	0	274	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus gutwinskii</i> var. <i>heterospina</i>	24	40	0	811	118	1168	235	329
<i>Scenedesmus granulatus</i> f. <i>granulatus</i>	73	40	243	243	0	233	1036	5656
<i>Scenedesmus magnus</i>	0	0	0	0	0	409	329	801
<i>Scenedesmus obtusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	141
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	0	40	0	0	39	116	0	0
<i>Scenedesmus pannonicus</i>	0	0	0	81	39	58	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp	0	0	30	0	39	0	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0	188
<i>Scenedesmus pseudoarmatus</i>	0	0	0	0	0	58	306	518
<i>Tetraedron minimum</i> var. <i>scrobiculatum</i>	48	40	121	405	158	584	117	235
Zoospora	1972	0	0	0	197	876	141	518
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	0	0	60	243	0	116	565	1979
<i>Amphora libyca</i>	24	0	60	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	188
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>venter</i>	0	0	0	730	3396	19286	104306	1885
<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0	0	118	0	0	0
<i>Nitzschia amphibia</i>	0	20	60	162	79	0	0	0
<i>Nitzschia palea</i>	0	20	91	81	197	58	47	47
<i>Nitzschia</i> sp 1	0	0	0	81	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp 2	0	0	0	0	0	58	0	0
<i>Euglena</i> sp 1	24	0	121	243	315	0	0	0
<i>Euglena</i> sp 2	0	0	0	0	197	116	23	0
<i>Euglena</i> sp 3	0	0	0	0	0	233	23	47

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VARIACIÓN TEMPORAL DEL FITOPLANCTON EN LA LAGUNA CHIGNAHUAPAN, ESTADO DE MÉXICO

Especie	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
<i>Microcystis aeruginosa</i>	0	20	0	0	0	0	0	0
<i>Merismopedia tenuissima</i>	146	1724	1948	11851	4580	104967	30071	87102
<i>Anabaenopsis elenkintii</i>	48	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanotece saxicola</i>	24	2069	53848	191083	85575	42314	9568	17156
<i>Chroococcus minimus</i>	998	121	0	0	0	116	0	0
<i>Chroococcus minutus</i>	48	60	60	0	0	0	0	0
<i>Phormidium</i> sp 1	24	0	0	0	0	0	0	0
<i>Romeria elegans</i>	24	0	30	1298	118	175	94	0
<i>Snowella lacustris</i>	10033	9578	16133	1867	236	876	47	282
Estatóspora sp 1	24	0	0	0	39	175	400	659
Estatóspora sp 2	0	81	182	162	394	116	0	47
Estatóspora sp 3	316	20	0	0	0	0	0	0
Estatóspora sp 4	414	852	1187	162	473	3097	1296	2828
Crisofita 1	0	405	1796	7955	1579	1811	707	471

	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
Densidad	133182	93390	131319	398077	174190	269082	194566	210638

Cálculos de abundancia y frecuencia relativa:

$$\text{Abundancia relativa} = \frac{\text{número de individuos de la especie A}}{\text{Total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie A}}{\text{Suma de las frecuencias de todas las especies}} \times 100$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla 2. Abundancia relativa, frecuencia relativa, valor de importancia y coeficiente simple de dominancia, por división, para cada especie.

<i>Chlorophyta</i>	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	Valor de importancia	Coefficiente simple de dominancia
<i>Chlorella</i> sp 1	36.53	3.30	39.8	36.5
<i>Monoraphidium minutum</i>	10.34	3.30	13.6	10.3
<i>Monoraphidium tortile</i>	0.400	3.30	3.67	0.39
<i>Chlorococcum humicola</i>	0.250	3.30	3.53	0.25
<i>Tetraedron minimum</i> var. <i>scrobiculatum</i>	0.090	3.30	3.36	0.09
<i>Scenedesmus granulatus</i> f. <i>granulatus</i>	0.450	2.89	3.31	0.45
<i>Scenedesmus gutwinskii</i> var. <i>heterospina</i>	0.130	2.89	2.99	1.29
<i>Ankyra judayi</i>	0.050	2.89	2.92	0.05
<i>Oocystis</i> sp.	0.140	2.48	2.60	0.14
<i>Monoraphidium contortum</i>	0.140	2.48	2.59	0.14
<i>Chlamydomonas epibiotica</i>	0.390	2.07	2.44	0.39
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	0.180	1.65	2.23	0.18
<i>Zoopora</i>	0.290	2.07	2.28	0.23
<i>Monoraphidium irregulare</i>	0.120	2.07	2.17	0.12
<i>Crucigenia quadrata</i>	0.060	2.07	2.11	0.06
<i>Nephrochlamys subsolitaria</i>	0.060	1.65	1.69	0.06
<i>Closteriopsis acicularis</i>	0.010	1.65	1.65	0.01
<i>Scenedesmus magnus</i>	0.092	1.24	1.32	0.09
<i>Scenedesmus pseudoarmatus</i>	0.060	1.24	1.29	0.06
<i>Crucigeniella pulchra</i>	0.020	1.24	1.25	0.02
<i>Didymogenes palatina</i>	0.020	1.24	1.25	0.02
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	0.010	1.24	1.24	0.02
<i>Scenedesmus panonicus</i>	0.010	1.24	1.27	0.01
<i>Monoraphidium convolutum</i>	0.310	0.83	1.19	0.31
<i>Golenkinopsis</i> cf. <i>parvula</i>	0.030	0.83	0.84	0.03
<i>Lagerheimia wratislaviensis</i>	0.010	0.83	0.82	0.01
<i>Actinastrum gracillium</i>	0.010	0.83	0.82	0.01
<i>Gregiochloris</i> sp.	0.010	1.24	0.82	0.01
<i>Scenedesmus</i> sp	0.004	0.83	0.82	0.005
<i>Pseudotetrastrum</i> sp.	0.060	0.41	0.46	0.05
<i>Pteromonas</i> cf. <i>angulosa</i>	0.020	0.41	0.43	0.02
<i>Pediatrum boryanum</i>	0.010	0.41	0.42	0.01
<i>Scenedesmus</i> sp 1	0.010	0.41	0.42	0.01
<i>Scenedesmus obtusus</i>	0.010	0.41	0.41	0.01
<i>Dictyosphaerium</i> cf. <i>sphagnale</i>	0.004	0.41	0.41	0.005
<i>Actinatrum aciculare</i> f. <i>minimum</i>	0.002	0.41	0.41	0.002

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Cyanoprokaryota	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	Valor de importancia	Coficiente simple de dominancia
<i>Aphanothece saxicola</i>	19.2	3.30	22.5	19.2
<i>Merismopedia tenuissima</i>	13.0	3.30	16.2	13.0
<i>Snowella lacustris</i>	3.57	3.30	6.85	3.57
<i>Romeria elegans</i>	0.07	2.48	2.52	0.07
<i>Chroococcus minimus</i>	0.12	1.24	1.35	0.12
<i>Chroococcus minutus</i>	0.02	1.24	1.25	0.02
<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	0.005	0.41	0.412	0.005
<i>Phormidium</i> sp 1	0.002	0.41	0.412	0.002
<i>Microcystis aeruginosa</i>	0.002	0.41	0.412	0.002

Heteroconthophyta	Abundancia relativa	Frecuencia Relativa	Valor de importancia	Coficiente simple de dominancia
<i>Fragilaria construens f. venter</i>	11.9	2.07	13.9	11.9
Estatóspora 4	0.68	3.30	3.96	0.68
Crisofita 1	0.70	2.89	3.57	0.70
<i>Nitzschia palea</i>	0.04	2.89	2.90	0.06
Estatóspora 1	0.09	2.06	2.13	0.08
Estatóspora 2	0.06	2.48	2.52	0.06
<i>Nitzschia amphibia</i>	0.02	1.65	1.65	0.15
Estatóspora 3	0.03	0.83	0.85	0.03
<i>Amphora libyca</i>	0.007	0.83	0.82	0.007
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0.009	0.41	0.42	0.01
<i>Nitzschia acicularis</i>	0.007	0.41	0.41	0.007
<i>Nitzschia</i> sp 2	0.002	0.41	0.41	0.002
<i>Nitzschia</i> sp 1	0.002	0.41	0.41	0.002

Euglenophyta	Abundancia relativa	Frecuencia Relativa	Valor de importancia	Coficiente simple de dominancia
<i>Euglena</i> sp 1	0.04	1.65	1.68	0.03
<i>Euglena</i> sp 2	0.02	1.24	1.25	0.01
<i>Euglena</i> sp 3	0.01	1.24	1.25	0.01

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Tabla 3. Valores numéricos del Biplot de análisis de componentes principales, para los datos fisicoquímicos.

Datos estandarizados, por correlación y por renglones.

Componente	Variación explicada	Variación acumulada
I	53.95 %	53.95 %
II	25.16 %	79.11 %
III	11.43 %	90.54 %
Total	90.54 %	

Parámetro	Coordenadas	
	Eje X	Eje Y
pH	-0.861	-0.428
Profundidad (Prof.)	0.885	0.156
Transparencia (Trans.)	0.899	-0.152
% de saturación de oxígeno (% sat. O ₂)	-0.719	-0.616
Oxígeno disuelto (O ₂)	-0.782	-0.526
Temperatura (Temp.)	0.675	-0.165
Conductividad (K ₂₅)	-0.813	0.489
Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	-0.873	0.409
P-PO ₄ ³⁻	-0.245	0.901
SiO ₂	0.057	0.758
Intensidad luminosa (Int. Lum.)	0.730	-0.246

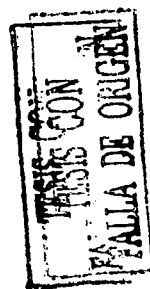


Tabla 4. Valores numéricos del Biplot de análisis de componentes principales, para los datos de densidad.

Datos estandarizados, por correlación y por renglones.

Componente	Variación explicada	Variación acumulada
I	27.91 %	27.91 %
II	22.12 %	50.03 %
III	15.92 %	65.95 %
Total	65.95 %	

Especie	Número	Coordenadas	
		Eje X	Eje Y
<i>Actinastrum gracillium</i>	1	0.374	0.787
<i>Actinastrum aciculare</i> f. <i>minimum</i>	2	0.17	-0.213
<i>Ankyra judayi</i>	3	0.478	0.647
<i>Closteriopsis acicularis</i>	4	0.381	0.714
<i>Crucigenia quadrata</i>	5	-0.114	-0.352
<i>Crucigeniella pulchra</i>	6	-0.433	0.462
<i>Chlamydomonas epibiotica</i>	7	0.608	0.494
<i>Chlorococcum humicola</i>	8	0.798	-0.254
<i>Dictyosphaerium</i> cf. <i>sphagnale</i>	9	-0.334	0.25
<i>Chlorella</i> sp.	10	-0.155	-0.612
<i>Golenkinopsis</i> cf. <i>parvula</i>	11	0.545	0.677
<i>Gregiochloris</i> sp.	12	0.105	0.611
<i>Lagerheimia wratislaviensis</i>	13	0.469	0.66
<i>Monoraphidium contortum</i>	14	-0.617	0.141
<i>Monoraphidium convolutum</i>	15	0.764	0.529
<i>Monoraphidium irregulare</i>	16	0.629	-0.014
<i>Monoraphidium minutum</i>	17	-0.64	0.541
<i>Monoraphidium tortile</i>	18	-0.464	0.27
<i>Nephrochlamys subsolitaria</i>	19	-0.264	0.702
<i>Oocystis</i> sp.	20	-0.856	0.029
<i>Pediastrum boryanum</i>	21	0.665	-0.399
<i>Pseudotetrastrum</i> sin <i>arrugas</i>	22	0.17	-0.213
<i>Pteromonas</i> cf. <i>angulosa</i>	23	-0.412	-0.058
<i>Scenedesmus gutwinskii</i> var. <i>heterospina</i>	24	0.622	0.708
<i>Scenedesmus granulatus</i> f. <i>granulatus</i>	25	0.697	-0.434
<i>Scenedesmus magnus</i>	26	0.935	-0.154
<i>Scenedesmus obtusus</i>	27	0.665	-0.399
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	28	0.231	0.634
<i>Scenedesmus pannonicus</i>	29	0.015	0.937
<i>Scenedesmus</i> sp.	30	-0.528	0.214
<i>Scenedesmus</i> sp. 1	31	0.665	-0.399

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

VARIACIÓN TEMPORAL DEL FITOPLANCTON EN LA LAGUNA CHIGNAHUAPAN, ESTADO DE MÉXICO

Especie	Número	Coordenadas	
		Eje X	Eje Y
<i>Didymogenes palatina</i>	32	0.635	0.643
<i>Scenedesmus pseudoarmatus</i>	33	0.765	-0.423
<i>Tetraedron minimum</i> var. <i>scrobiculatum</i>	34	0.53	0.765
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	35	0.718	-0.421
Zoospora	36	0.205	-0.26
<i>Amphora libyca</i>	37	-0.448	-0.172
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	38	0.665	-0.399
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>venter</i>	39	0.245	-0.112
<i>Nitzschia acicularis</i>	40	-0.273	0.368
<i>Nitzschia amphibia</i>	41	-0.785	0.309
<i>Nitzschia palea</i>	42	-0.376	0.402
<i>Nitzschia</i> sp 1	43	-0.334	0.25
<i>Nitzschia</i> sp 2	44	0.512	0.705
<i>Euglena</i> sp 1	45	-0.605	0.372
<i>Euglena</i> sp 2	46	-0.014	0.66
<i>Euglena</i> sp 3	47	0.692	0.605
<i>Microcystis aeruginosa</i>	48	-0.193	-0.212
<i>Merismopedia tenuissima</i>	49	0.947	0.254
<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	50	-0.136	-0.441
<i>Aphanotece saxicola</i>	51	-0.522	0.584
<i>Chroococcus minimus</i>	52	-0.128	-0.424
<i>Chroococcus minutus</i>	53	-0.511	-0.381
<i>Phormidium</i> sp 1	54	-0.136	-0.441
<i>Romeria elegans</i>	55	-0.3	0.474
<i>Snowella lacustris</i>	56	-0.542	-0.318
Estatóspora sp 1	57	0.831	-0.336
Estatóspora sp 2	58	-0.49	0.429
Estatóspora sp 3	59	-0.158	-0.468
Estatospóra sp 3	60	0.727	0.051
Crisofita 1	61	-0.501	0.551

TESIS CON
 FALTA DE CONTEN