



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**“DINAMICA DE LA COMUNIDAD
FITOPLANCTONICA Y DE ROTIFEROS A
LO LARGO DE UN PERIODO ESTACIONAL”**

**T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A :
José Manuel Domínguez Huerta**

DIRECTOR DE TESIS: Dr. José Luis Gama Flores



Los Reyes Iztacala, Edo. de México, 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A LA MAGNA PRESENCIA DE DIOS POR DARME EL DON DE LA VIDA.

A mis padres:

Juan y Gertrudis, porque siempre han estado conmigo en cualquier momento siempre apoyándome, enseñándome con el ejemplo, por inculcarme valores y lo más importante su amor. Gracias por confiar y creer en mí. Por lo que este trabajo se los dedico a ustedes.

A mi Hermano:

Juan Carlos quien siempre ha estado pendiente de mí en cualquier momento, brindándome su apoyo, consejos por todos esos buenos momentos que siempre paso contigo con Lucy y Carlitos, por todos esos ratos de juegos, risas y más que nada alegría. Eres un ejemplo en mi vida. Por lo que este trabajo te lo debo en gran parte a ti.

A Diana:

A mi gran compañera de todos estos años, con quien he compartido toda la carrera, por todos estos momentos que hemos pasado juntos, que hemos aprendido juntos, y por todo lo que nos falta aprender eres el artífice de este logro.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Luis Gama quien más que un asesor a resultado ser un amigo, por todo su apoyo, atención, amistad y confianza durante estos años que he tenido el privilegio de conocerlo y por su compromiso con todos los estudiantes que hemos tenido el honor de trabajar con él.

A la M. en C. María Elena Huidobro un agradecimiento muy especial, por su amistad apoyo, atención y por compartir sus conocimientos y experiencias por lo que es un honor trabajar a su lado.

A los revisores de tesis: Dr. S.S.S. Sarma, por su valiosa ayuda en la revisión de este proyecto; Bióloga María de los Ángeles García agradeciendo sus conocimientos y acertados comentarios que mejoraron la presente tesis; M. en C. Rafael Chávez quien sus aportes enriquecieron este trabajo.

Al laboratorio de Microscopía óptica de la FES Iztacala, al profesor Héctor Barrera así mismo al profesor Pablo Ruiz por la atención dada durante la realización de este trabajo.

Y a todos los profesores y compañeros que en algún momento me brindaron su ayuda durante todo este tiempo gracias.

A mi alma máter la Universidad Nacional Autónoma de México, así como a la FES Iztacala a quien le debo mucho, y a la cual es un orgullo pertenecer.

CONTENIDO

Resumen.....	5
Introducción.....	6
Objetivos.....	9
Área de estudio.....	10
Materiales y métodos.....	11
Diagrama de flujo experimental.....	12
Resultados.....	13
Comunidad en etapa de equilibrio: abundancia y diversidad.....	16
Abundancias de grupos taxonómicos.....	17
Diversidad.....	21
Dinámica de la comunidad de rotíferos y fecundidad de especies particulares.....	23
Discusión.....	28
Conclusiones.....	34
Literatura citada.....	35

RESUMEN

El plancton es un componente importante de las comunidades acuáticas y su estudio permite observar su dinámica y los cambios temporales que se producen en ellas por factores naturales y antrópicos. En este estudio se presenta la composición y dinámica del fitoplancton y zooplancton del somero e hipertrófico lago Tezozomoc, D.F. La riqueza de especies fitoplanctónicas y de rotíferos se obtuvo de muestreos bisemanales de superficie en la zona litoral y limnética de tres sitios del lago, básicamente durante el verano de 2009. También, se midieron en esos sitios el oxígeno disuelto, temperatura, pH, alcalinidad, y nutrimentos (N y P y su relación). Ambos grupos planctónicos se identificaron y cuantificaron específicamente. Con esta información se derivó y estimó la diversidad de Shannon-Weiner de las comunidades. Se encontraron 28 especies de algas, siendo las Chlorophyceae Euglenophyceae y Cyanophyceae las clases taxonómicas predominantes con mayor número de especies. Las familias con mayor frecuencia fueron Scenedesmaceae, Euglenaceae, Microcystaceae y Nostacaceae, respectivamente. En cuanto a la abundancia específica *Scenedesmus* spp, *Euglena gracilis*, *E. viridis*, *Microcystis bothrys* dominaron inicialmente en tanto que *Pediastrum boryanum*, *Golenkinia radiata*, *Pandorina elegans*, *Anabaena spiroides*, fueron posteriormente. En el caso del zooplancton representado por los rotíferos se encontraron 28 especies siendo la familia Brachionidae la más abundante. Específicamente, *Brachionus angularis*, *B. caudatus*, exhibieron predominio inicial y posteriormente, lo hicieron *Trichocerca inermis*, *T. pusilla*, y *Lecane closterocerca*. Cabe destacar que *B. angularis* mostró una presencia continua aunque variable durante el estudio. Para la comunidad de rotíferos, este comportamiento de alternancia de grupos predominantes también se registró y fue la familia Brachionidae dominante de inicio, siendo posteriormente remplazada en este sentido por la Trichocercidae. Esta dinámica de ambas comunidades de organismos se asociaron a condiciones de temperatura relativamente constante (cálida), oxigenación muy variable aunque siempre con valores de agua con oxigenación media a muy oxigenada, pH permanentemente muy alcalino (10.0) y una situación nutrimental muy desequilibrada de nitrógeno-fósforo denotando un ambiente eutrófico constante con concentraciones mínimas del primero y muy altas del segundo: limitación de nitrógeno por lo tanto. La concentración de clorofila *a* fue relativamente alta, típico de este tipo de condiciones.

Palabras clave. Plancton, Eutrofización, Abundancia, Diversidad, Fecundidad.

INTRODUCCION

La eutrofización de los ambientes acuáticos es un proceso originado por el incremento de nutrimentos, que se traduce en una alta y fluctuante densidad de fitoplancton y frecuentes cambios en su composición (Pollinger, 1986). El rápido y continuo aporte de nutrimentos hacia los cuerpos de agua de diversas regiones del mundo, ha ocasionado que muchos de ellos alcancen el estado de eutrofia extrema, denominado hipertrofia (Álvarez-Cobelas y Jacobsen, 1992) que se caracteriza por muy elevadas concentraciones de nutrimentos, así como de clorofila *a*, generalmente de origen fitoplanctónico. Lamentablemente, numerosos cuerpos de agua de nuestro país ya se encuentran en condiciones de hipertrofia, y diversos lagos urbanos son ejemplos típicos de este problema (Alcocer *et al.*, 1995; Quiroz *et al.*, 2004).

De los cuerpos de agua los lagos urbanos son ambientes acuáticos muy importantes para las grandes ciudades, ya que representan lugares significativos de recreación para sus habitantes. Un lago urbano se define considerando su tamaño (superficie menor a 2.6 km²), profundidad (promedio de 6 m o menos), origen del agua (residual), tipo de cuenca de depósito y usos: recreativo, abastecimiento de agua, contenedores de lluvia o cualquier otro relacionado con actividades antropogénicas (Schueler y Simpson, 2003). Gracias a que la mayoría son de tamaño reducido, en ellos se pueden hacer estudios a escala, sobre la dinámica de otros cuerpos de agua de mayor tamaño (Labounty, 1995). Estos poseen características que los hacen únicos en cuanto a condiciones y problemáticas. Sin embargo, a pesar de ser cada vez más comunes han recibido poca atención, han sido escasamente estudiados y la dinámica de la comunidad acuática del medio hipertrófico es insuficientemente conocida (Álvarez-Cobelas y Jacobsen, 1992., Schueler y Simpson, 2003).

De entre la gran diversidad de organismos existentes en los cuerpos de agua continentales está el plancton, que es la comunidad que vive suspendida en el seno de la columna agua y que no puede contrarrestar las corrientes. El plancton puede dividirse en dos grupos, el fitoplancton en donde se encuentran los productores primarios, representados por algas y cianobacterias de entre 5 µm y 1000 µm., y el zooplancton que es la parte animal representada principalmente por protozoos (flagelados y ciliados, 10 a 3000 µm), rotíferos (50 µ a 2000 µ) y crustáceos (copépodos y cladóceros de 100 µm a 10,000 µm).

El phylum Rotífera, en particular, constituye un grupo de metazoos microscópicos, que comprende cerca de 2000 especies descritas en tres clases: Seisonidea, Bdelloidea y Monogononta. Su importancia ecológica radica principalmente en que están presentes

en cualquier cuerpo de agua, ríos y estanques, incluso se han encontrado sobre musgos. Además tienen una reproducción muy rápida, así como una gran facilidad y rapidez para ocupar nichos que se encuentran vacantes. Por otro lado, los rotíferos convierten la producción primaria (algas, bacterias) en alimento para los consumidores secundarios (Nogrady et al., 1993). Tanto la importancia ecológica como sus aplicaciones están relacionadas con el ciclo de vida de los organismos, su estructura dinámica y comportamiento en ciclos naturales regulados por factores tanto bióticos como abióticos.

Algunos aspectos de la ecología del fitoplancton en lagos urbanos han sido estudiados por Edson y Jones (1998) quienes determinaron la variación espacio temporal del fitoplancton de lagos suburbanos de Virginia, E.U. Redfield (1991) estudio la dinámica de los nutrientes en tres de estos ambientes. Lim (2003) investigo la variación en la calidad del agua en una cuenca urbana tropical en Singapur. En México, los estudios limnológicos sobre lagos urbanos son hasta ahora escasos. Entre los trabajos realizados se pueden citar los de Alcocer *et al.* (1998) que evaluaron el efecto, del dragado sobre el estado trófico y la comunidad acuática del Lago Viejo de Chapultepec; Alcocer y Lugo (1995) describen las condiciones ambientales del Lago Viejo de Chapultepec; Lugo *et al.* (1998) investigaron el efecto sobre la comunidad planctónica del programa de control del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) mediante la aplicación de herbicidas en la presa de Guadalupe, Estado de México, Tavera *et al.* (2000) estudiaron las Chlorococcales del lago de Xochimilco, Distrito Federal. Martínez-Arroyo y Jáuregui (2000) analizaron la relación de los parámetros meteorológicos en la zona circundante y las variables físicas, químicas y biológicas del agua de los lagos urbanos Chapultepec y Xochimilco, para evaluar el impacto de la presencia de estos cuerpos de agua sobre las condiciones ambientales de las zonas urbanas aledañas. Escobar-Briones *et al.* (2002) determinaron la estructura de las comunidades que se desarrollan en un estanque dentro de Ciudad Universitaria, D.F.

Para el lago urbano Tezozomoc, existen algunos trabajos previos realizados como los de Arzate (2002) quien estudio la alimentación del pez guppy (*Poecilia reticulata* Peters) y su relación con algunos parámetros ambientales. Botello (2002) y Solano (2002) estudiaron los efectos reproductivos de *Poecilia reticulata* en diferentes épocas del año. Verver y Vargas (2005) investigó la dinámica espacio temporal de los parámetros físicos y químicos, así como su relación con la clorofila *a*. Castro (2006) estudio el efecto de los rotíferos sobre la estructura de los componentes de la trama trófica microbiana en el lago. Asimismo, el trabajo de Rodríguez-Rocha *et al* (2008) quienes realizaron un estudio en la composición y dinámica del fitoplancton, en un

ciclo anual en el lago Tezozomoc. Barone y Naselli (1994) estudiaron la dinámica del fitoplancton en el lago Arancio en Sicilia. García *et al.* (2009) estudiaron la dinámica estacional y anual del zooplancton (crustáceos y rotíferos) durante dos años en el lago Huetzalin Xochimilco México D.F

Como se observa, existe información sobre la dinámica que siguen las comunidades fitoplanctónicas como zooplanctónicas pero de manera independiente y la información donde se estudie ambos grupos de manera conjunta es prácticamente inexistente. Así mismo también es evidente que los estudios han sido en ciclos o anuales o estacionales, con registros mensuales. Pero no existe información prácticamente de lo que está pasando en el interior de dichos periodos estacionales (primavera, verano etc.) con un registro más frecuente de los organismos. Debido a lo anterior en este trabajo se pretende registrar (dos veces por semana) el comportamiento (estación de verano) de la comunidad fitoplanctónica y zooplanctónica (rotíferos) y su relación con los factores fisicoquímicos y nutrimentales del sistema, a través de los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- **Evaluar el comportamiento estacional de la comunidad planctónica (fitoplancton y rotíferos) del lago Tezozomoc**

OBJETIVOS PARTICULARES

- **Establecer la diversidad de plancton (fitoplancton y rotíferos) del sistema durante un periodo estacional**
- **Estimar la producción primaria del sistema en dicha estación (verano)**
- **Realizar la caracterización fisicoquímica del sistema y su evolución a lo largo de la estación**

ÁREA DE ESTUDIO

El lago Tezozomoc se localiza al noroeste de la Delegación Azcapotzalco, D.F. colindando al norte y noroeste con el municipio de Tlalnepantla y al oeste con el municipio de Naucalpan, entre las coordenadas 19° 29' 05" N y 99° 12' 36" O, a los 2250 m.s.n.m con una extensión de 27 hectáreas. Posee un clima de tipo C (Wo) templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual oscila entre los 12 y 16 °C, mientras que la temperatura más cálida se presenta en mayo entre los 18 y 19 °C y las más fría en diciembre y enero con temperaturas de entre 11 y 12 °C, precipitación del mes más seco menor de 40 mm (García, 2004). La vegetación del parque está constituida por tres estratos: herbáceo, arbustivo y arbóreo. El lago se ubica en la parte central del parque, posee una superficie de 17,000m² con una capacidad de 38000 m³. La profundidad mínima es de 0.5m y la máxima de 2.40 m (Arzate, 2002). El agua que abastece al parque proviene de la planta de tratamiento de aguas residuales " El Rosario", operada por la Dirección General de Operación Hidráulica (DGOH), el abastecimiento es diario a razón de 6 L s⁻¹ (Solano, 2002). El único pez que habita en el lago es el "guppy" (*Poecilia reticulata* Peters), y existe un número importante de tortugas de orejas rojas (*Trachemys* spp.). Se encuentran diferentes especies de aves acuáticas, como el zambullidor pico pinto (*Podylimbus podiceps*), el pato de Pekín o blanco (*Anasacuta Linnaeus*) y el pato tepalcate (*Oxyura jamaicensis*), entre otros (Ramírez, 2000).



Fig. 1 Mapa del parque Tezozomoc mostrando la ubicación del lago y las estaciones de muestreo.

MATERIALES Y METODOS

Para cubrir los objetivos, desde el punto de vista biológico, en el sitio de estudio y del área litoral de la zona superficial, se recolectaron los organismos mediante el filtrado de 50 a 100 lts. de agua, con el uso de una malla de 50 μ de poro y el filtrado se concentro a un volumen final de 200 ml, mismos a los que se les añadió formol hasta formar una solución final al 4%, y este se transporto al laboratorio para su análisis posterior. En el lugar, se estimaron los siguientes factores fisicoquímicos, la temperatura (termómetro de mercurio) pH (potenciómetro). Para cuantificar la dureza, alcalinidad y oxígeno disuelto se tomo un volumen de agua de 500ml y se transportó en refrigeración al laboratorio para su análisis posterior, mediante el método del versenato para la dureza, método volumétrico para alcalinidad y el de Winkler para oxígeno disuelto, (APHA 1989). Para la productividad del sistema se tomo un volumen de 200 ml misma que se filtro con papel Whatman de 0.45 μ y el fitoplancton retenido se preservó en discos los que se colocaron en oscuridad y refrigeración hasta su posterior análisis mediante la técnica de la acetona al 80 %. Esto se hizo 2 veces por semana y durante un periodo estacional, el de verano (julio-septiembre).

En laboratorio y para reconocer taxonómicamente a las especies fitoplanctónicas, se utilizaron las claves especializadas de Prescott 1982 y Tiffany 1987. Mientras que para los grupos de rotíferos se trabajo con las de Koste 1978 y Ruttner-Kolisko 1974. Para estimar la abundancia específica (Núm. ind/ml), se utilizó la cámara de Utermol (Finlay y Guhl 1992) con microscopio invertido y por triplicado.

La fecundidad o tasa de reproducción de las poblaciones se estimó siguiendo los criterios Edmondson (1960), de número individuos con huevo / la densidad total de la población. Con los datos de la riqueza y abundancia específica se derivó la determinación de la diversidad de ambos grupos. El modelo matemático fue el de Shannon-Wiener y la significancia de los parámetros evaluados se analizó estadísticamente mediante ANOVA de 1 y 2 factores, y la diferencia entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey. Para todas las pruebas estadísticas se considero una probabilidad de 0.05 (Software Sigma Plot versión 11.0). (fig.2).

DIAGRAMA DE FLUJO

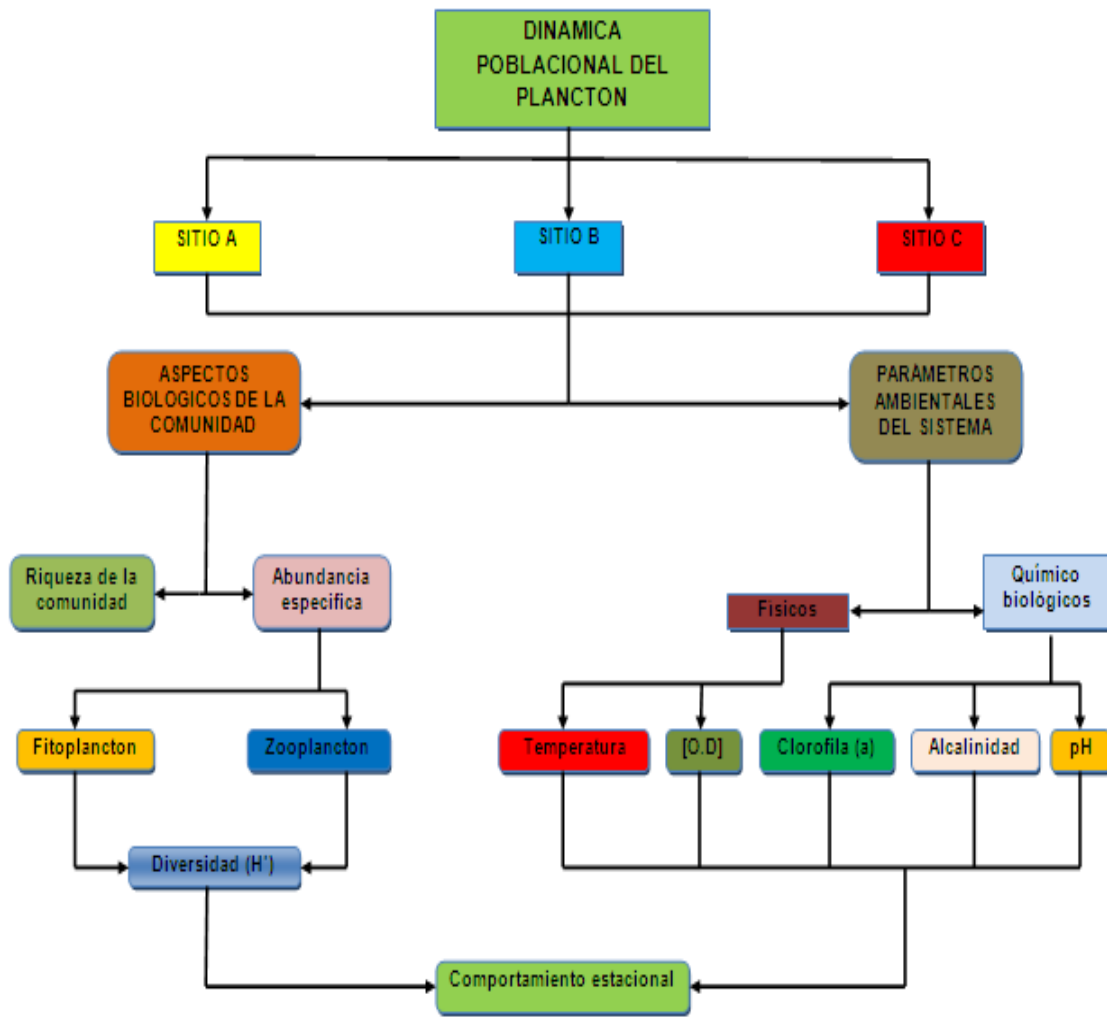


Fig.2 Diagrama de flujo concerniente a la metodología

Resultados

Composición, grupos taxonómicos, y distribución

En los resultados, se observa: una riqueza planctónica global de 28 especies fitoplanctónicas e igual número de especies de rotíferos. La riqueza de ambos grupos fueron reconocidos taxonómicamente hasta nivel de especie (tabla 1).

Tabla 1 Taxonomía y grupos planctónicos registrados en este trabajo.

Fitoplancton	Rotífera
Clase Chlorophyceae	Familia: Asplanchidae
Familia: Characiaceae	<i>Asplanchna</i> sp. Gosse, 1850
.- <i>Schroederia setigera</i> (Schroeder) Lemmermann	Familia: Brachionidae
Familia: Golenkiniaceae	<i>B. angularis</i> Gosse, 1851
.- <i>Golenkinia radiata</i> Chodat	<i>B. bidentatus</i> Anderson 1889
Familia: Hydrodictiaceae	<i>B. budapestinensis</i> Daday, 1885
.- <i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	<i>B. calyciflorus</i> Pallas, 1776
Familia: Micractiniaceae	<i>B. caudatus</i> Barois & Daday 1894
.- <i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	<i>B. dimidiatus</i> Bryce, 1931
Familia: Chlorellaceae	<i>B. havanaensis</i> Roussel, 1911
.- <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerova	<i>K. cochlearis</i> Gosse, 1851
.- <i>Selenastrum minutum</i> (Naegeli) Collins	<i>Platyas quadricornis</i> Ehrenberg, 1823
.- <i>Tetraedron triangulare</i> Korschikov	Familia: Colurellidae
Familia: Coelastraceae	<i>L. patella</i> Muller, 1876
.- <i>Coelastrum pseudomicroporum</i> Korsikov	Familia: Euchlanidae
Familia: Scenedesmeceae	<i>E. dilatata</i> Ehrenberg, 1823
.- <i>S.</i> (Laherheim) Chodat	Familia: Filinidae
.- <i>S. acuminatus</i> var. <i>Altemans</i> Svirenko	<i>Filinia comuta</i> Weisse 1847
.- <i>S. dimorphus</i> (Turpin) Kuetzing	<i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg 1834
.- <i>S. longispina</i> Chodat	<i>Filinia terminalis</i> Plate 1886
.- <i>S. opoliensis</i> Richter	Familia: Gastropodidae
.- <i>S. protuberans</i> Fritsch et Richter	<i>Ascomorpho saltans</i> Bartsch, 1870
.- <i>S. quadricauda</i> var. <i>Eualtemans</i> Proskina-Lavrenko	Familia: Lecanidae
.- <i>S. quadrispina</i> Chodat	<i>Lecane bulla</i> Gosse 1851
Familia: Chlamydomonadaceae	<i>Lecane closterocerca</i> Schmarda 1859
.- <i>Chlamydomonas globosa</i> Snow	<i>L. lunaris</i> Ehrenberg 1862
Familia: Volvocaceae	Familia: Mytilinidae
.- <i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	<i>L. salpina</i> Ehrenberg, 1834
.- <i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory	<i>Mytilinia ventralis</i> Ehrenberg, 1832
Euglenophyceae	Familia: Notommatidae
Familia: Euglenaceae	<i>C. catellina</i> Muller, 1786
.- <i>Euglena viridis</i> Klebs	Familia: Proalidae
.- <i>Euglena gracilis</i> Klebs	<i>Proales fallaciosa</i> Wulfert 1937
.- <i>Phacus</i> sp.	Familia: Synchaetidae
Cryptophyceae	<i>Polyartha vulgaris</i> Carlin 1943
Familia: Cryptomonadaceae	Familia: Testudinellidae
.- <i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg	<i>Phompolix sulcata</i> Hudson, 1885
Cyanophyceae	Familia: Trichocercidae
Familia: Merismopediaceae	<i>T. similis</i> Wierzejski 1893
.- <i>Merismopedia punctata</i> Meyen	<i>Trichocerca inermis</i> Linder, 1904
.- <i>Microcystis</i> cf. <i>botrys</i> Teiling	<i>Trichocerca pusilla</i> Laterbourn 1898
Familia: Nostocaceae	
.- <i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	
Bacillariophyceae	
Coscinodiscophyceae	
Familia: Stephanodiscaceae	
.- <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kuetzing	
Xanthophyceae	
Familia: Vaucheriaceae	
.- <i>Vaucheria litorea</i> C. Agardh 1823	

Del grupo funcional fitoplanctónico se observó que la variedad de especies quedó comprendida en seis clases siendo Chlorophyceae, Cyanophyceae Euglenophyceae las clases predominantes ya que en ellas se registró más del 80 % del total de la riqueza. Cabe resaltar que la riqueza se mantuvo constante a lo largo del tiempo. En general, este predominio se observó tanto espacial como temporalmente (fig. 3). El momento de mayor riqueza fue el mes de Agosto aunque no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los meses.

De manera semejante, en el grupo de los herbívoros representado por los rotíferos, los grupos de mayor riqueza taxonómica fueron Brachionidae y Trichocercidae, en donde se encontró hasta el 41 % del total de especies (Fig. 4). Esta riqueza de la comunidad de rotíferos, sin embargo, mostró variaciones estadísticamente significativas entre los sitios (tabla 2). El sitio con mayor riqueza fue el sitio 2, mientras que el sitio 3 fue el de riqueza mínima (fig. 5). Este patrón de mayor y menor variedad entre sitios se mantuvo a lo largo de la estación de estudio, y aunque hubo variaciones de un mes al otro, dichos cambios no fueron significativos.

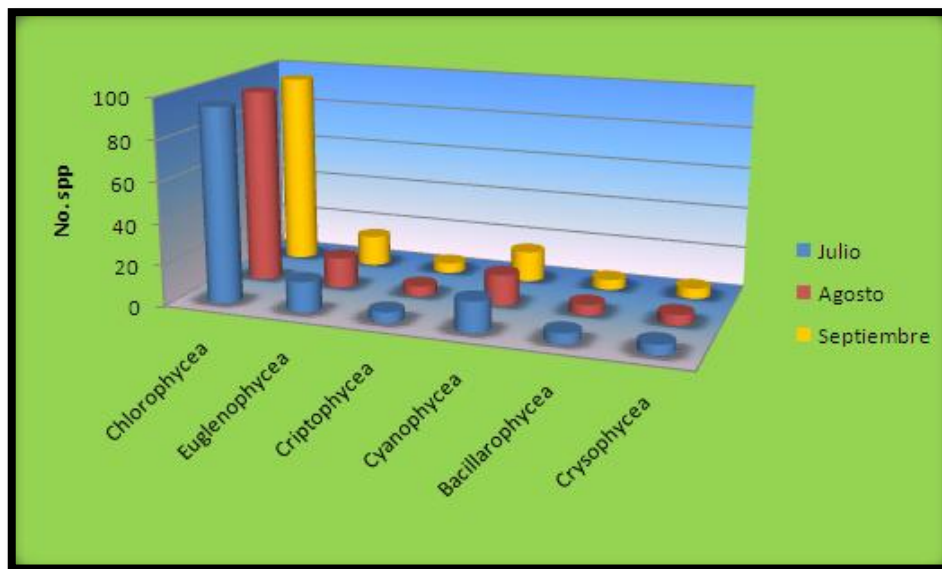


Fig. 3 Riqueza del fitoplancton, espacial y temporal. Los datos son el promedio de tres réplicas

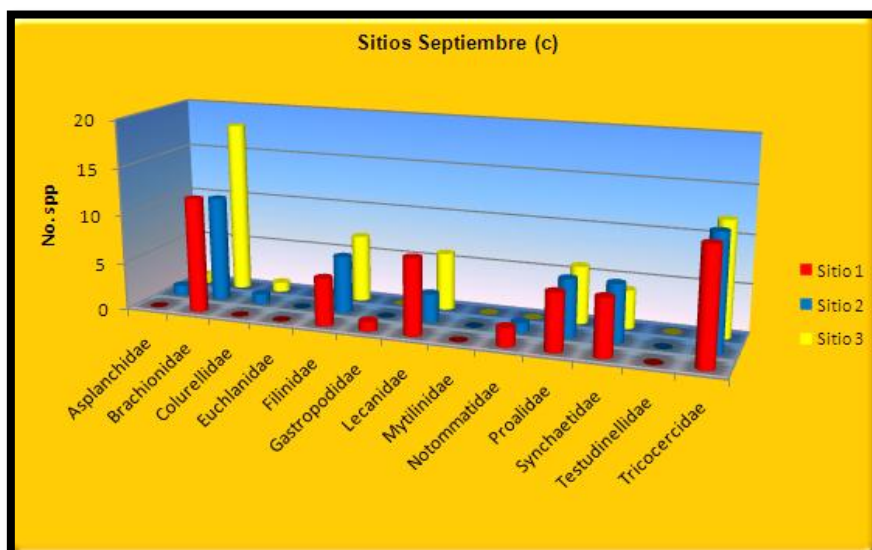
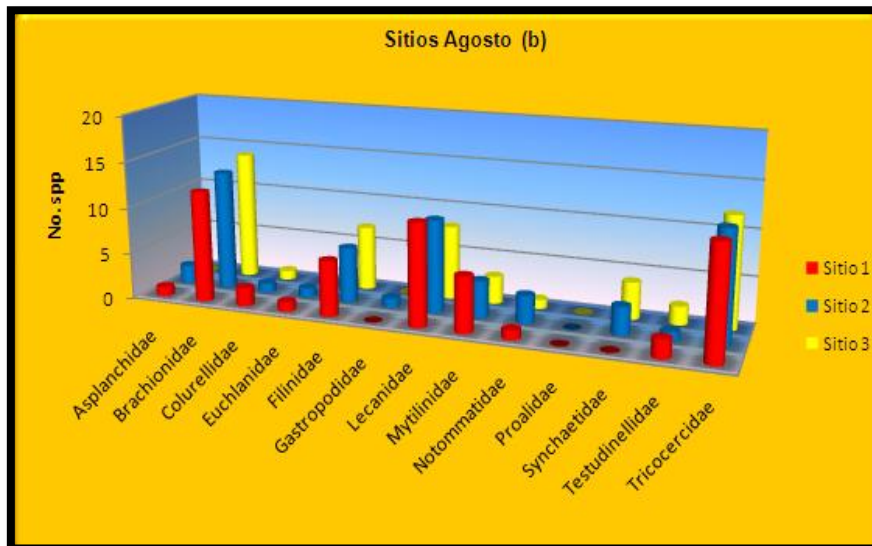
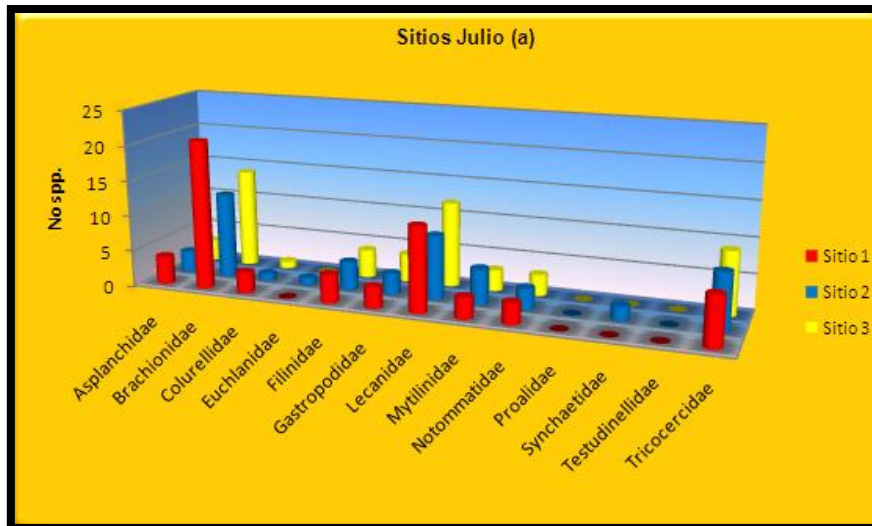


Fig. 4. Riqueza de rotíferos, temporal y entre sitios (figs. a, b, c). Los datos son el promedio de tres réplicas

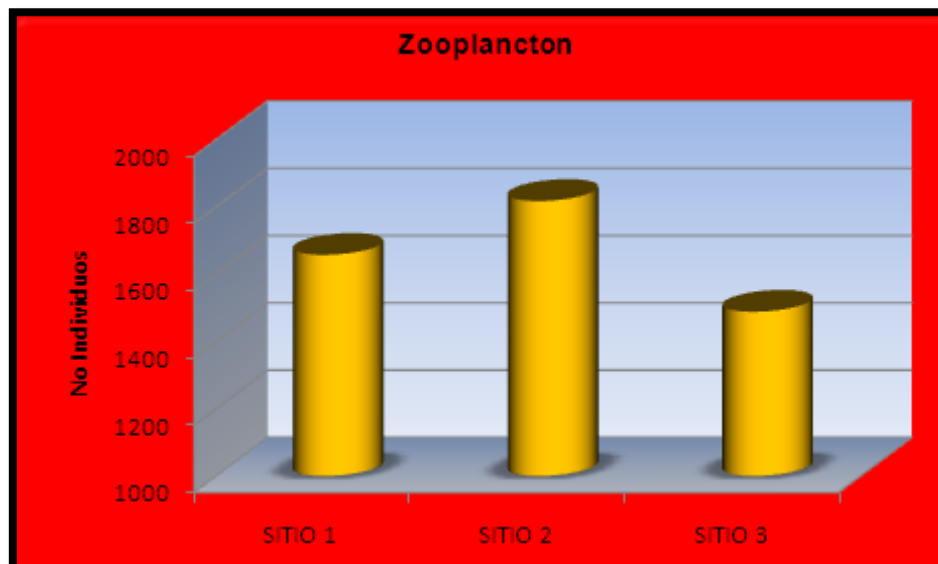
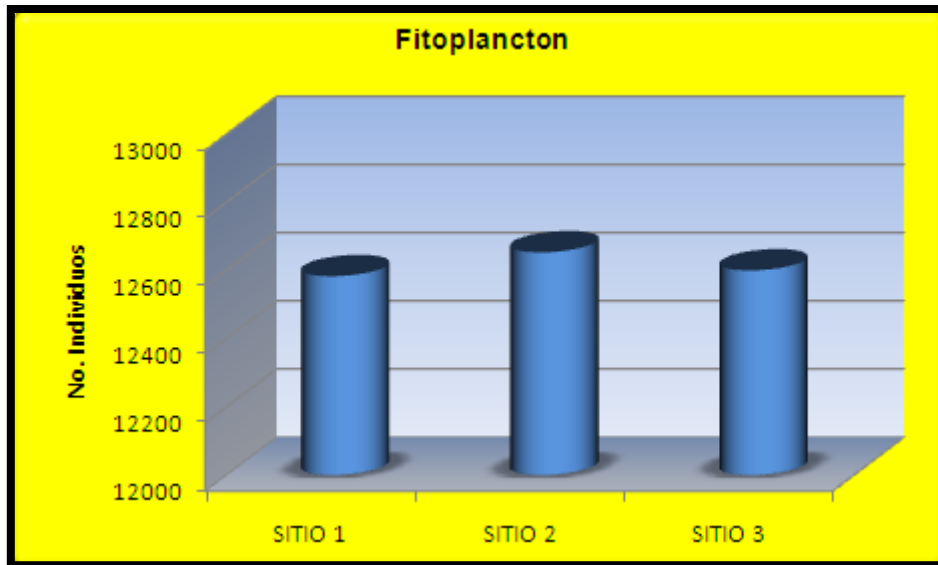


Fig. 5 Riqueza fitoplanctónica y zooplanctónica registrada por sitios en el lago Tezozomoc. Los datos son el promedio de tres réplicas

La comunidad en etapa de equilibrio: abundancia y diversidad.

Comunidad en etapa de equilibrio. Para distinguir y entender cuáles podrían ser las fuerzas que regulan los patrones de distribución espacial y temporal del fitoplancton, es necesario estudiar a la comunidad en etapa de equilibrio. Para usos prácticos y establecerla, hay que considerar los siguientes tres aspectos (Sommer *et al.*, 1983. en Padisak, *et al.*, 2003);

- a) Que la asociación de 1 a 3 especies contribuyan con cuando menos el 80% de la biomasa total de la comunidad (abundancia).
- b) Que la existencia o coexistencia de la asociación persista cuando menos 2-3 semanas (frecuencia)
- c) Que no haya cambio de la biomasa total durante ese periodo (constancia de la abundancia).

Y en consecuencia a esas especies (punto a) por lo tanto se las considera como indicadores de la etapa de equilibrio. Esta visión aplicada a las observaciones en este estudio, mostró que la comunidad de fitoplancton del lago de Tezozomoc, se encontró en fase de equilibrio durante todo el periodo de estudio. Las especies indicadoras del estado de equilibrio fueron *Microcystis botrys* y *Scenedesmus longiseta*.

Abundancias.

En el fitoplancton, en relación a la abundancia se observó un dominio de Chlorophyceae, Cyanophyceae y Euglenophyceae entre las que se encontró más del 90% de la abundancia total de la comunidad. (figs. 6 a-b-c) La abundancia específica mostró que hubo algunas especies que tuvieron un comportamiento constante a lo largo del tiempo y de los sitios. Las especies predominantes en ese sentido fueron *Microcystis botrys* y *Scenedesmus spp.*, las cuales estuvieron siempre presentes, simultáneamente, en el tiempo y en el espacio. Estadísticamente, la abundancia mostro diferencias significativas entre sitios y meses (Tabla 2).

Tabla 2 ANOVA de variación fitoplanctónica entre sitios.

Fitoplanctón					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	P
Julio entre sitios	8	63420.733	7927.592	26.783	<0.001
Residual	579	171379.139	295.992		
Total	587	102607.084			
Agosto entre sitios	8	36266.269	4533.284	16.605	<0.001
Residual	243	66340.815	273.007		
Total	251	102607.084			
Septiembre entre sitios	8	39071.186	4883.898	16.752	<0.001
Residual	243	70844.457	291.541		
Total	251	109915.643			

La abundancia específica zooplanctónica, por su parte, exhibió un patrón completamente variable de abundancias alternas entre grupos, sitios y en el tiempo, y no significativa estadísticamente (tabla 3). De inicio, grupos abundantes fueron Brachionidae, Lecanidae y Trichocercidae con abundancias de 984, 535 y 1865 ind/ml, respectivamente. Posteriormente (3-4 semanas más tarde), se registró un intercambio de variación de abundancia entre algunas de las especies mostrando un ciclo de alternancia en el predominio. Así, Trichocercidos y Mytilinidos aumentaron a costa de los Brachionidos, mientras que los Lecanidos mantuvieron su abundancia. Para fines del verano junto a Brachionidae y Trichocercidae, otros grupos que aumentaron su abundancia fueron Filinidae, Proalidae y Synchaetidae quienes juntos, conformaron más del 90 % del total de individuos de la comunidad. Rotíferos Euchlanidos, Testudinellidos, y Gastropodidos tendieron a ser reemplazados y desaparecer conforme avanzó la estación (figs. 7 a-b-c).

Tabla 3 ANOVA de variación de rotíferos entre sitios.

Zooplanctón					
Fuente de variación	DF	SS	MS	F	P
Julio entre sitios	8	313.752	39.219	0.648	0.737
Residual	234	14163.673	60.529		
Total	242	14477.425			
Agosto entre sitios	8	230.211	28.776	1.036	0.41
Residual	234	6499.076	27.774		
Total	242	6729.287			
Septiembre entre sitios	8	572.886	71.611	1.172	0.317
Residual	234	14301.932	61.119		
Total	242	14874.817			

También, de acuerdo con las categorías de abundancia (análisis binario de Frecuencia-Abundancia, Sokal y Rolf, 2000) se encontró que existen dos grupos claramente definidos: dominantes y escasas, siendo mayoría los últimos. Las especies dominantes fueron *Trichocerca inermis*, *Brachionus angularis*, *T. pusilla* y *Filinia longiseta*, mientras que algunas de las especies raras fueron *Keratella cochlearis*, *Mytilinia ventralis* y *Euchlanis dilatata* (fig. 8).

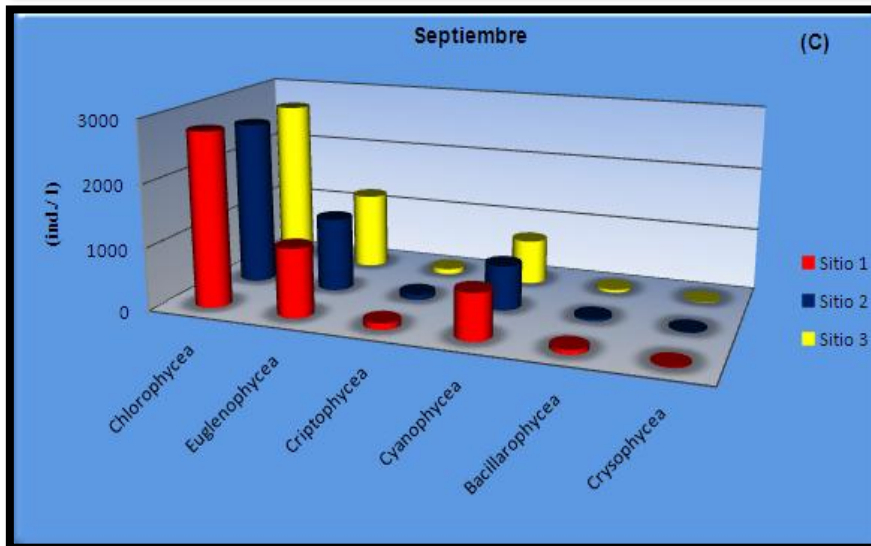
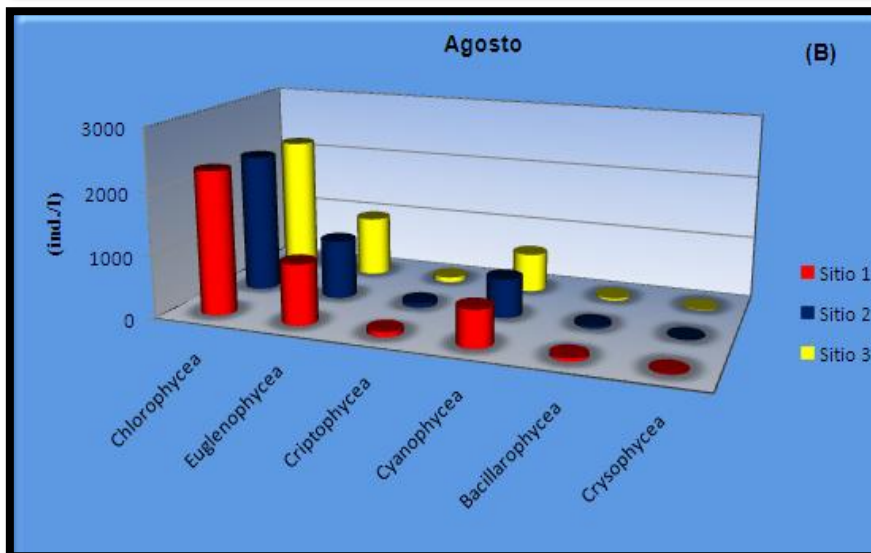
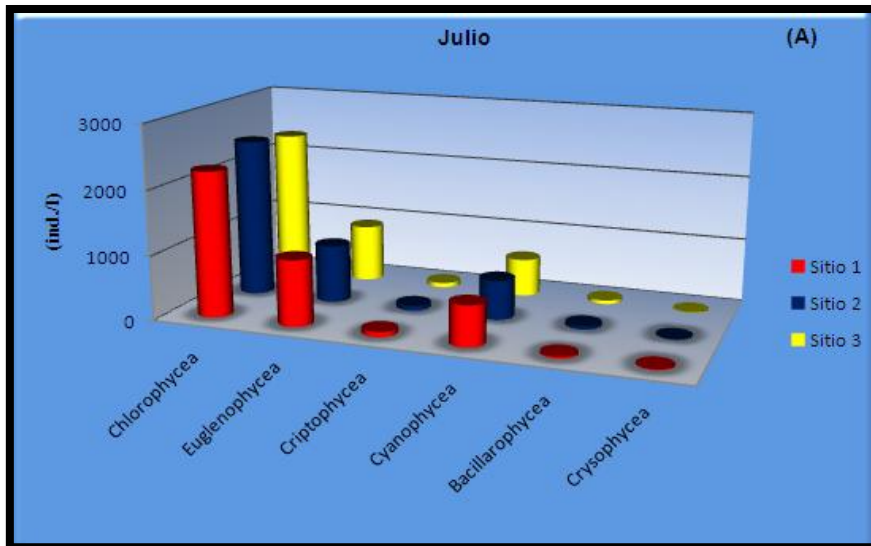


Fig. 6 Abundancia de algas por clase, tanto espacial como temporal (figs., a-b-c).

Los datos son el promedio de tres réplicas

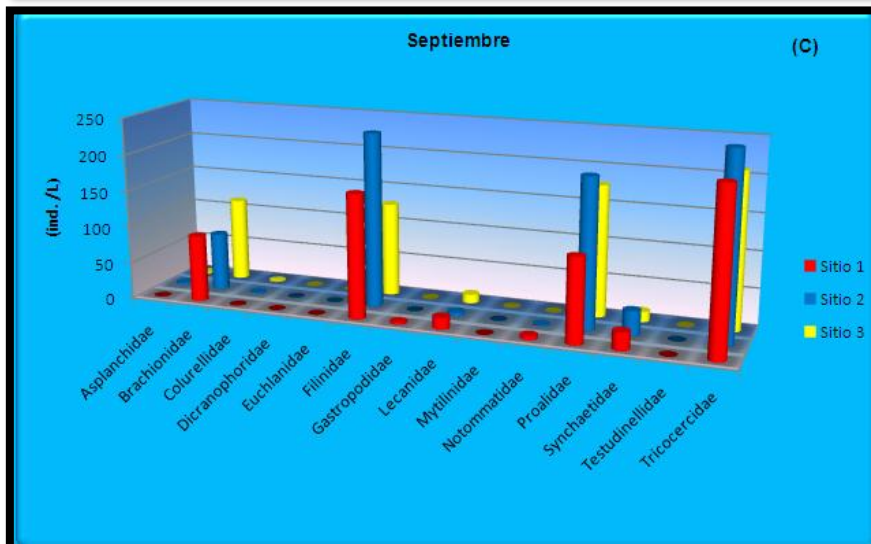
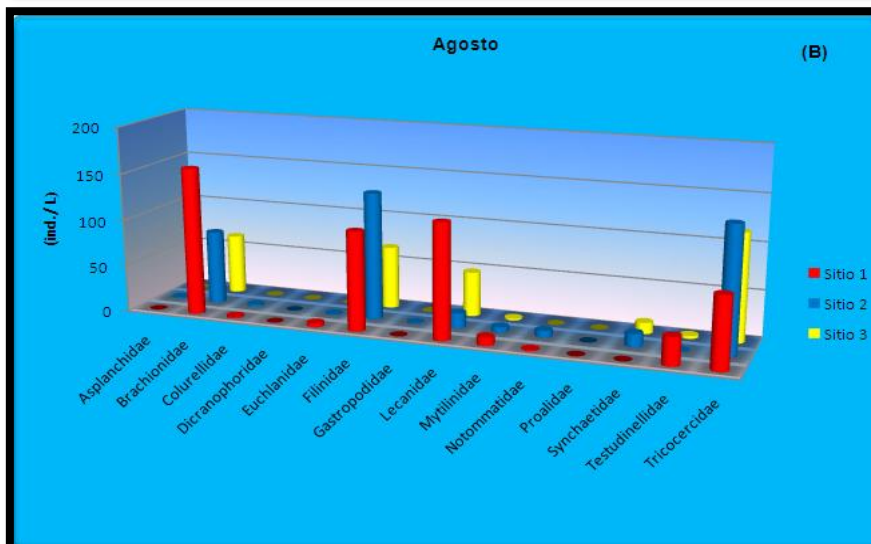
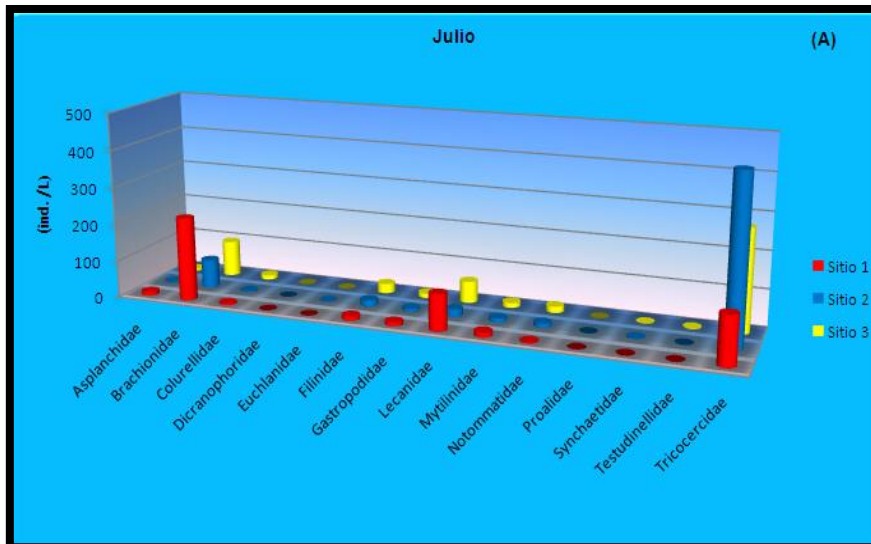


Fig. 7 La abundancia de rotíferos por familia, tanto espacial como temporal (figs., a-b-c). Los datos son el promedio de tres réplicas

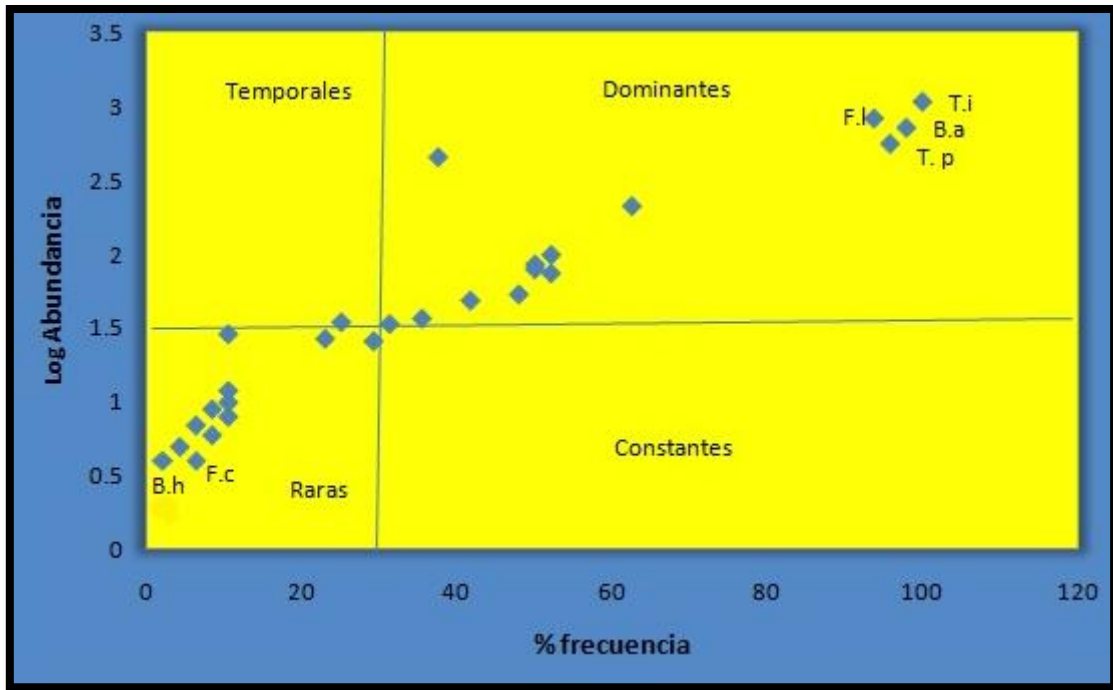


Fig. 8 Diagrama de análisis binario de Frecuencia-Abundancia (Sokal y Rolf, 2000) que categoriza las abundancias de las especies encontradas en el Lago Tezozomoc. (Dominantes *Trichocerca inermis* T.i, *Filinia longiseta* F.i, *Brachionus angularis* B.a, *Trichocerca pusilla* T.p. Raras: *Brachionus havanaensis* B.h, *Filinia cornuta* F.c).

Diversidad (espacio-temporal)

En la comunidad fitoplanctónica, la constancia en la composición y abundancia específica (espacial y temporalmente), coadyuvó a una diversidad relativamente semejante e igualmente constante en los sitios y en el tiempo. (fig. 8). La diversidad osciló entre 4.41- 4.53. Cabe resaltar que la mayor diversidad se registró a medio verano (agosto) y la mínima finalizando la estación (septiembre) (Tabla 4).

Tabla 4 *diversidad (H') bits ind./L .

Diversidad	I			II			III		
	J	A	S	J	A	S	J	A	S
Fitoplancton	4.409	4.53	4.51	4.495	4.456	4.45	4.517	4.432	4.435
Zooplancton	3.05	2.47	3.22	3.03	2.73	2.72	2.7	2.45	2.75

En cambio, la diversidad de la comunidad de rotíferos fue contrastante y variable. Dicha variación se observó entre sitios y en el tiempo. La magnitud total de la variación fue de casi en 25 % entre los valores extremos, y ambos valores ocurrieron para finalizar el verano (fig. 9). Especialmente, el sitio I fue siempre el de la mayor diversidad mientras que lo opuesto correspondió al sitio III.

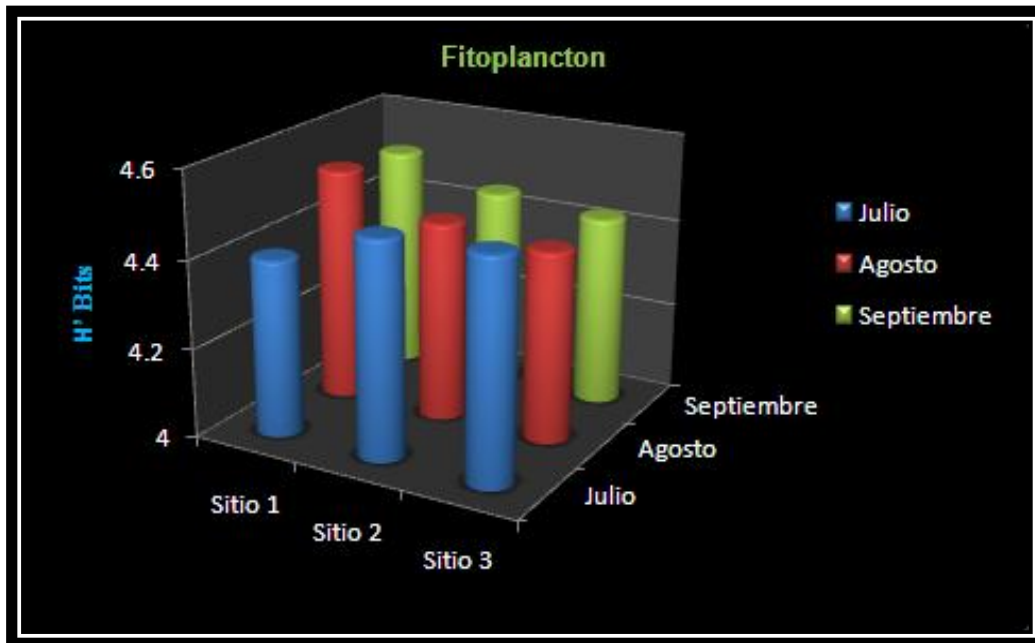


Fig. 8 Diversidad de Shannon-Weiner de la comunidad de algas, espacial como temporal.

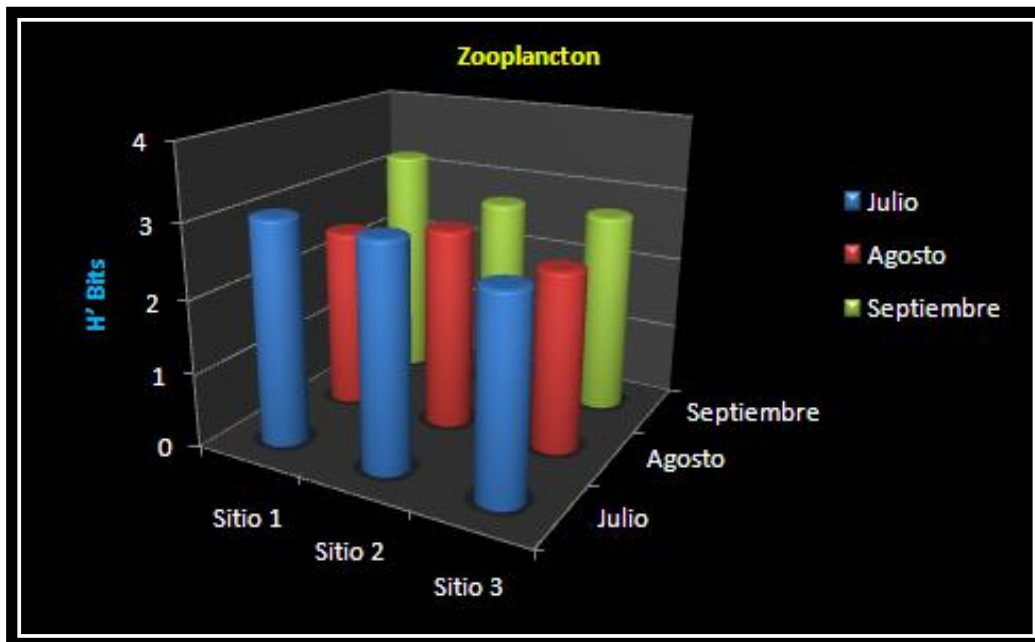


Fig. 9 Diversidad de Shannon-Weiner de la comunidad de rotíferos, espacial y temporal.

Dinámica de la comunidad de rotíferos y fecundidad de especies particulares.

Cabe destacar que la estructura de la comunidad zooplanctónica de rotíferos durante este periodo de verano, se dinamizó y sufrió modificaciones debido al crecimiento y fecundidad de algunas especies; particularmente de *Brachionus angularis*, *B. caudatus*, *Filinia longiseta*, *Polyarthra vulgaris* y *Proales fallaciosa*. La fecundidad de las poblaciones de estas especies, medida por el índice de número de huevos /sobre número de hembras (Edmonson, 1960, En Sarma *et al.*, 2005), mostrarán que cada una de las especie tiene sus momentos de reproducción. Los datos indican que dichas especies exhibieron un comportamiento reproductivo variable, modesto en algunas (< 0.3) e intenso en otras (> 1.0), y en ciclos de alternancia.

Asimismo, se detectó que la población de *Brachionus caudatus* estaba en un crecimiento muy intenso (mayor a 1.0 e incluso llego a alcanzar valores de 2.5) mismo que se llevo a cabo durante un par de semanas tiempo después del cual empezó a disminuir incluso alcanzar valores mínimos como población (figs. 10 a-b-c). Posteriormente, otra especie emergente, con igual comportamiento fue *Brachionus angularis*. La fecundidad o tasa de reproducción de *Brachionus angularis* tuvo un inicio cercano a 1 para posteriormente bajar en torno de 0.3 y mantenerse así hasta el final del estudio. Ambos brachionidos mostraron crecimiento durante el mes de julio para desaparecer y disminuir a estados basales al fin de la estación. Para el mes de agosto la especie que está mostrando desarrollos poblacionales mayores a 0.5 fue *Trichocerca inermis*. Para este periodo incluso se observa la desaparición de la población de *Brachionus caudatus*. Por su parte, la población de *F. longiseta*, si bien mantuvo activa su reproducción, ésta pareció estar terminando durante este periodo ya que su mayor desarrollo se realizó durante el inicio del periodo, seguido de una constante disminución al resto de la estación. Finalmente el mes de septiembre está representado por la reaparición de *Filinia longiseta* y de *Brachionus angularis* (figs 10, a-b-c).

El resto de las especies (listado de especie en figuras 10, a, b, c) mostraron fecundidades no solo muy esporádicas sino también de valores de fecundidad mínimos (véase figura 10, a, b, c). Estas últimas indicando que sus poblaciones tendían a desaparecer del medio o tal vez a ser remplazadas por la comunidad de rotíferos propia del invierno.

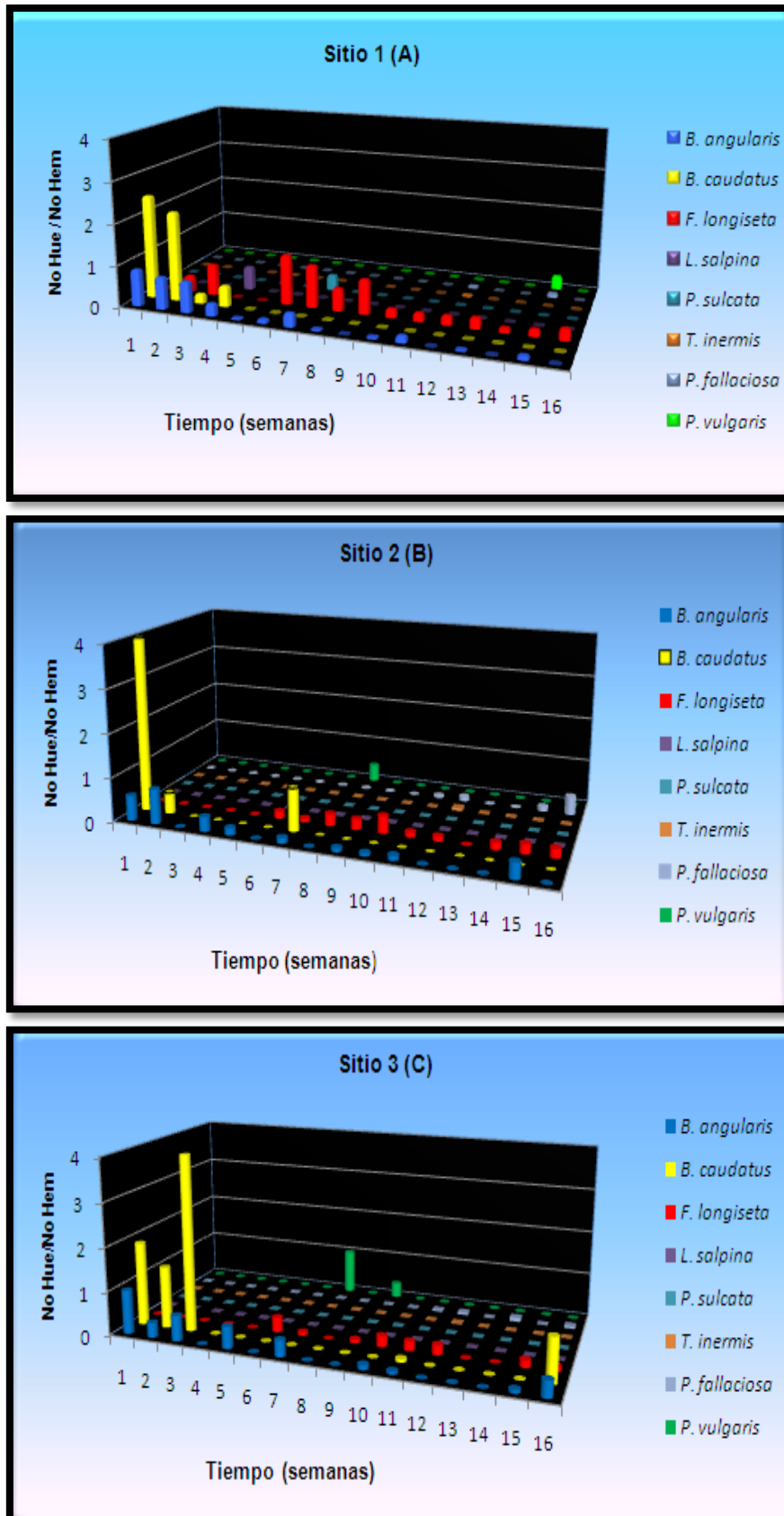


Fig. 10 Fecundidad de rotíferos entre sitios y temporal (figs., a, b, c). Los datos son el promedio de tres réplicas

La composición planctónica, su abundancia específica, su diversidad y dinámica en espacio y tiempo, ocurrió en un medio de aguas semi cálidas (18-19°C) durante todo el periodo de estudio. De manera similar se comportó el pH con valores de aguas muy alcalinas (valores > 10) por lo cual no se muestran sus datos. El oxígeno disuelto mostró un comportamiento variable en todo momento y en todos los sitios. En general, osciló desde valores alrededor de 2 hasta valores pico de 14 mg/L. Cabe resaltar que la menor variación la mostró el sitio 2. (fig.11). La alcalinidad mostró un patrón de variación semejante entre sitios aunque también se percibe una tendencia gradual al incremento y una súbita disminución al final. Existió una variación en los valores extremos con magnitud cercana al 60 % (fig.12).

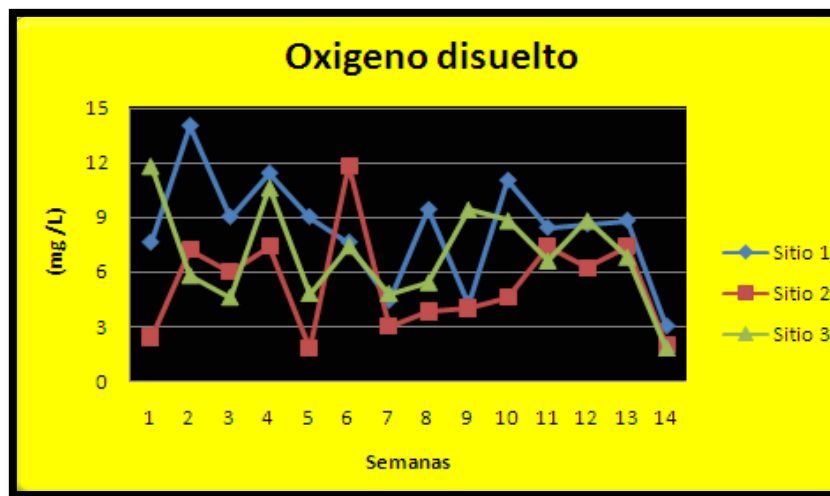


Fig.11 Promedio de parámetros fisicoquímicos registrados por semana en los sitios de muestreo del lago Tezozomoc.

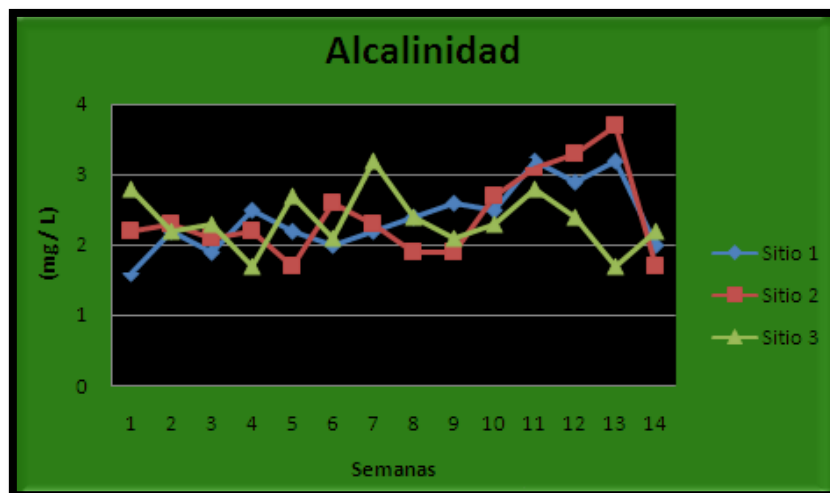


Fig. 12 Promedio de parámetros fisicoquímicos registrados por semana en los sitios de muestreo del lago Tezozomoc.

De los parámetros nutrimentales, Los nitratos exhiben un comportamiento muy rítmico con valores promedio entorno de 5 mg salvo una disminución abrupta al final. El comportamiento es similar entre los sitios (fig.13). Los valores máximos y mínimos fueron 8.4 y 3.2 mg L⁻¹ respectivamente.

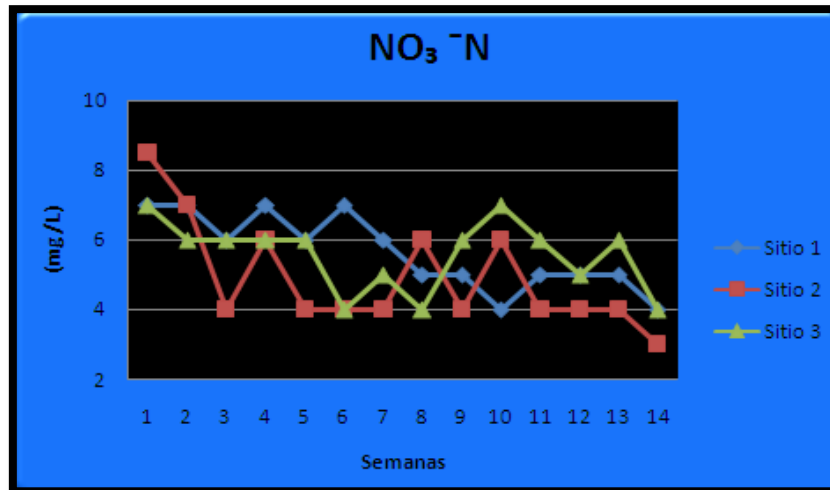


Fig. 13 Promedio de los nutrimentos registrados en el lago Tezozomoc.

Los fosfatos mostraron una cierta variación, aunque en general fueron cuantitativamente constantes a lo largo de los sitios y en el tiempo. Los valores pico se dieron en el sitio 1 durante el mes de julio con 175 mg L⁻¹), mientras que el valor más bajo se encontró en el sitio 3 en el mes de agosto con 120 mg L⁻¹. (fig. 14).

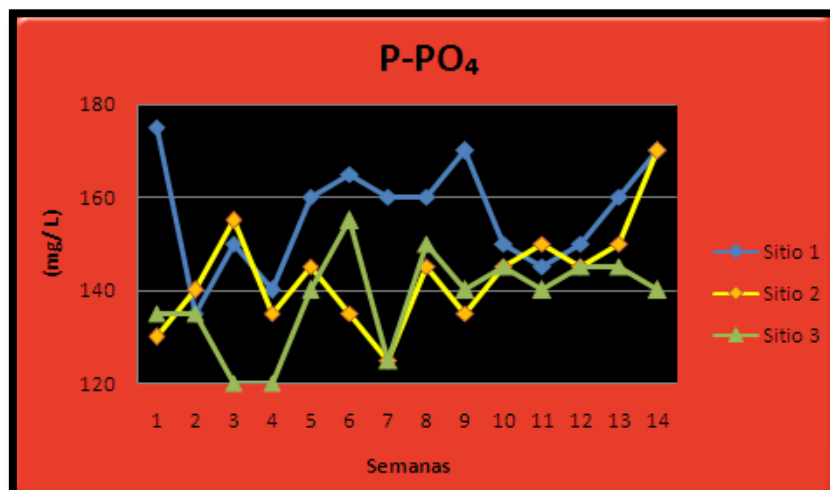


Fig. 14 Promedio de los nutrimentos registrados en el lago Tezozomoc.

En cuanto a la relación nutrimental N:P, representada por las formas químicas más útiles nutrimentalmente (nitratos y ortofosfatos), fue siempre mínima (menor a 1) en todos los sitios y en todo momento (tabla 5).

Tabla. 5. Relación nitratos: fosfatos en los sitios del lago Tezozomoc y durante los meses de verano. Los datos es la sumatoria de los distintos registros a lo largo de cada mes, cada uno de ellos fue en triplicado.

N:P/Tiempo	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Julio	0.04	0.04	0.04
Agosto	0.03	0.03	0.03
Septiembre	0.02	0.02	0.03

La concentración de clorofila (a) mostró una concentración según el sitio desciende sus valores máximos en el sitio 1 hasta valores mínimos en el sitio 3. (fig. 15). Concentraciones de clorofila extremos de 117 y 19 $\mu\text{g/L}^{-1}$ respectivamente.

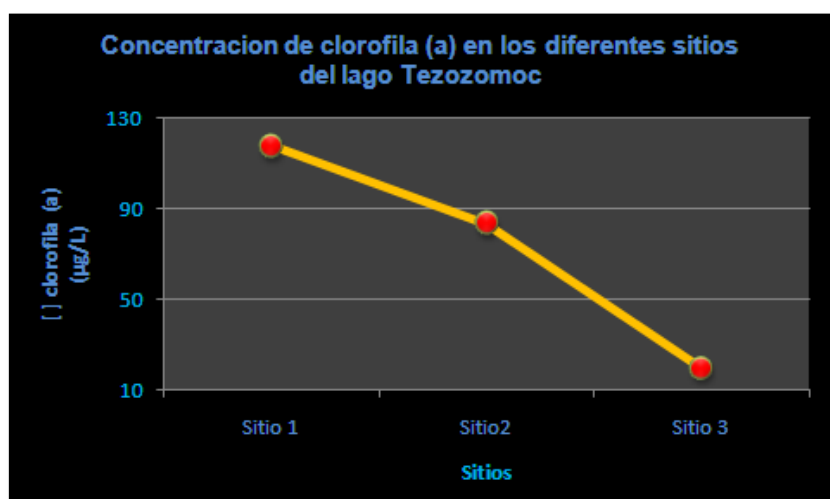


Fig.15 Promedio de la producción primaria registrada por sitios en el Lago Tezozomoc.

Cabe destacar que no se observó una interacción, (estadísticamente significativa) entre los factores fisicoquímicos y nutrimentales y las especies fitoplanctónicas, dado que hubo una constancia de dichos parámetros, siempre en valores típicos de sistemas acuáticos eutróficos e hipertróficos. Comportamiento semejante se registró entre los rotíferos y los factores fisicoquímicos salvo con la composición de la comunidad fitoplanctónica. Al respecto se observó que hubo una disminución de la frecuencia de aparición (no estadísticamente significativa) de especies de tamaño pequeño (menores a 150 μ) como *B. angularis*, *B. cochlearis*, *P. fallaciosa* etc., con aumentos de especies fitoplanctónicas coloniales como *Microcystis Botrys*, filamentosas largas *Anabaena spiroides* y *Scenedesmus spp.*

Discusión.

La descripción de las comunidades en base a los elementos que la integran y definen (riqueza de especies, grupos taxonómicos, abundancia específica, cantidad de biomasa o de clorofila *a*, etc.), y de aquellos que la hacen funcionar (tasas de crecimiento, de reclutamiento, de mortandad, fecundidad, flujos de biomasa, etc.), tienen significado ecológico y permiten visualizar el comportamiento de la comunidad a lo largo del tiempo y sus respuestas a variación ambiental (Sommer, 1994). Los elementos que la componen son descriptores de la estructura, y los que movilizan, de la dinámica. Estos descriptores están obviamente ligados a escalas de investigación; espaciales y temporales (Medvinsky *et al.*, 2002). Son estudios de largo plazo (tiempos generacionales de la comunidad) para que tengan significado ecológico. Existen dinámicas espacio temporales complejas en los sistemas, como resultado de la interacción entre la dinámica intrínseca del sistema y las fuerzas externas del ambiente que incluyen factores físico, químicos y biológicos (Medvinsky *et al.*, 2002), y que de manera, periódica, fuerzan al sistema desde el exterior de forma diaria, estacional o en ciclos anuales y por la radiación fotosintética activa, temperatura, disponibilidad de nutrientes, etc. (Ryabchenko *et al.*, 1997).

En el estudio de la dinámica de los sistemas planctónicos dulceacuícolas, los investigadores han aplicado el uso de grupos funcionales para evaluar estos cambios, el cual ha demostrado ser muy útil y eficaz (Padisak *et al.*, 2003). Un grupo funcional es un conjunto o asociación de especies que coexisten, ocurren con frecuencia y tienen requerimientos ecológicos y exigencias medioambientales similares (Reynolds *et al.*, 2002). Son especies que aumentaban o disminuían en abundancia en el mismo tiempo y el mismo sitio, tal como se registró en la composición y en la abundancia específica en este estudio, juntos, el componente algal y el zooplancton forman la base de todas las tramas tróficas acuáticas (Sommer, 1994).

En este trabajo, la composición de las comunidades planctónicas fue menor a lo reportado en otras fuentes, incluso para el mismo sistema. En el caso del fitoplancton, la diferencia es del 40% (Rodríguez-Rocha *et al.*, 2008). En esta investigación, el registro fue en verano, en tanto que esos estudios describieron un ciclo anual. Aquellos autores, Rodríguez-Rocha *et al.*, (2008) en su investigación anual describen dos etapas: época cálida y lluviosa y época fría y seca, en las cuales se percibió una clara alternancia de grupos funcionales. En esta tesis, la riqueza de especies del fitoplancton estuvo representada por Chlorophyceas (casi el 40 % de la riqueza total) las cuales se saben que son más diversas durante la estación de verano (Padisak *et*

al. 2003). Este es el periodo de estudio y corresponde con la época “cálida y lluviosa” de Rodríguez-Rocha *et al* (2008), y que coincide en su estudio, completamente también con la riqueza aquí reportada. Es notorio que en dicho trabajo existen 20 especies no encontradas, la mayoría del orden Chlorophyceae y Cyanophyceae y que fueron registradas en el periodo de otoño e inicio de invierno por dicho autor, lo que explicaría por qué no fueron registradas en este trabajo.

Otra diferencia que cabe destacar, es que la comunidad fitoplanctónica, no modificó su estructura (composición y abundancia específica), en esencia, en ningún momento durante el ciclo de verano, a diferencia de las sucesiones estacionales registradas por Rodríguez-Rocha *et al* (2008). De acuerdo con Szlag-Wasielewska (1999), las concentraciones de N-NH_4^+ y de materia orgánica disuelta son los factores que determinan la sucesión en un ciclo anual. Cabe resaltar que ambos exhiben valores altos en sistemas hipertróficos y por lo cual no serían, probablemente los que disparan la sucesión ahí, o cuando menos no habrían influido durante el periodo de registro de este trabajo porque en este estudio se registraron valores altos y constante, reforzando la hipótesis de que la sucesión estacional esté más inducida por factores externos al sistema (Ryabchenko *et al.*, 1997). Sin embargo, no existe mucha información acerca de la dinámica intraestacional, para lo cual serán necesarios estudios futuros a este respecto.

En cuanto a la comunidad de rotíferos de verano en Tezozomoc, existe una diferencia mínima en la riqueza (10%) en relación a lo reportado por Sarma y Martínez-Figueroa (2000). De acuerdo con Nogrady *et al.* (1993), la mayor riqueza estacionalmente siempre se encuentra en verano, y aunque existen otras especies que aparecen solamente en otros periodos estacionales, es durante el verano cuando aparece la mayor variación por lo cual la comunidad registrada es básicamente la esperada para un sistema eutrofizado, situación que confirmó el índice taxonómico de Sladeczek 1983, (relación B:T > a 4. =hipertrofia), para dicho sistema, que junto con la relación N:P < a 1 mg/l, hecho que significa una limitación importante de nitrógeno y el predominio de fósforo en el medio (Levich, 1996).

De acuerdo con Sommer (1994), la abundancia de las especies planctónicas está afectada por numerosos factores ambientales como la temperatura, intensidad luminosa y la disponibilidad nutrimental. En sistemas eutróficos, caso del lago de Tezozomoc, Zagatto *et al.* (1997) mencionan que los altos niveles de nutrientes principalmente fosfatos y compuestos nitrogenados en el agua, alta intensidad lumínica, temperatura cálida del agua, y valores de pH entre 6 y 9 incrementan la

multiplicación celular del fitoplancton. Esta descripción ambiental coincide completamente con lo físico químico del cuerpo de agua, aunque no se percibió cambio significativo alguno en la abundancia de ningún grupo o patrón de sucesión o alternancia fitoplanctónica, como los que se han encontrado en lagos profundos (Álvarez-Cobelas & Jacobsen, 1992; Rojo *et al.*, 2000). Con la información de diferentes regiones del mundo se han sugerido cuatro tipos de sucesión estacional para ambientes hipertróficos someros: I) con dominancia de las cianobacterias durante todo el año; II) con periodos cortos en los que dominan las diatomeas (otoño-invierno y principios de primavera), con la dominancia de cianobacterias el resto del año y en algunos casos, con picos cortos de clorococales; III) donde las cianobacterias dominan al final de la primavera y el verano, dominando las clorococales mezcladas con diatomeas y criptofíceas el resto del año; IV) dominancia de poblaciones de flagelados como los volvocales y criptofíceas además de las clorococales (Álvarez-Cobelas y Jacobsen, 1992).

En este trabajo, la etapa sucesional fitoplanctónica con la que se encontró mayor coincidencia fue con la de verano (IV), (Chlorophyceas, Euglenophyceas y Cyanophyceas). Por otra parte, estos son los grupos taxonómicos cuya abundancia, frecuencia y persistencia caracterizan la etapa de equilibrio denominada “fase de Verano” (Reynolds, *et al.*, 2002; Padisak *et al.* 2003). De acuerdo con dichos autores, en esta fase se desarrollan asociaciones competitivamente estables, con especies que responden de forma semejante a un conjunto de condiciones ambientales particulares (Fabbro y Duivenvoorden, 2000): especies que aumentaban o disminuían en abundancia en el mismo tiempo y el mismo sitio, tal como se registró en este estudio. Otros fitopláctones indicadores de sistemas someros y con exceso de nutrientes son *Monoraphidium*, *Coelastrum*, *Golenkinia*, *Pediastrum*, *Scenedesmus* (Reynolds *et al.*, 2002), todos bien representados en Tezozomoc.

Los cambios en la composición y abundancia de la biota, puede mostrar a las especies seleccionadas a través de procesos de interacción que las capacitan y favorecen (Calijuri, 1999) a lo largo del tiempo. Las relaciones entre los organismos que consumen los mismos recursos (competencia), así como las interacciones donde una comunidad sirve de alimento para otra (presa-depredador) afectan tanto la composición como la densidad poblacional del zooplancton, y son factores que actúan simultáneamente en los ambientes naturales (Lampert y Sommer., 2007). Siendo el uso de algún recurso por un organismo lo que conlleva a la disminución del mismo así como la posibilidad de que el consumidor se convierta en alimento (Fussman *et al.*, 2005).

Se sabe que el impacto de la competencia y de la depredación dentro una comunidad planctónica puede medirse, entre otros, con la tasa de reproducción, aspectos fisiológicos y por el tamaño y forma de los individuos (Ramcharan *et al.*, 1995; Naselli-Flores *et al.*, 2000).

En condiciones de suficiencia nutrimental, especies fitoplanctónicas en competencia, las fijadoras de N suelen deprimir a las algas verdes a bajas irradiancias, mientras que a altas irradiancias ocurre lo contrario (Sommer 1994). Asimismo, el hecho de que el tricoma de una cianofícea tenga pocos heterocitos, puede explicarse por concentraciones elevadas de nitrógeno en los cuerpos de agua (Padisák, 2003). Como consecuencia del aumento en nutrientes, particularmente nitrógeno y fósforo, ocurren florecimientos de las cianobacterias las cuales pueden ser tóxicas o poco comestibles (Danchenko, 1974. en Levich, 1996).

También se sabe, que un ambiente nutrimentalmente perturbado, pueden inducir cambios morfológicos en las paredes de algunas algas verdes y reducir su digestibilidad (Van Donk *et al.* 1997). Esta autora encontró que muchas algas (*Scenedesmus sp*) son capaces de cambiar su fenotipo (formar colonias, desarrollar espinas y cambiar su tamaño) en respuesta a restricciones nutrimentales y de sustancias químicas que denotan la presencia de depredadores y reducen la presión de ramoneo. Estos mecanismos de defensa inducida (anti-depredatoria) habrían jugado un papel importante en el éxito de algas como *Scenedesmus spp.*, en el presente estudio, y explican con mayor detalle sus abundancias altas durante todo el periodo de estudio y sobre todo, influyen en la dinámica, estructura y niveles tróficos superiores e inferiores (Van der Stap, *et al.*, 2006).

Dentro del zooplancton, los depredadores suelen escoger a presas de tamaños grandes reduciendo así el tamaño de las especies dentro de la comunidad (Ramcharan *et al.*, 1995). En este estudio, esto explicaría la prevalencia de especies chicas, como de *B. angularis*, *Filinia longiseta*, *Trichocerca inermis*, y *Proales fallaciosa*, y la disminución de especies grandes como *B. calyciflorus*, *B. bidentatus* y *B. caudatus* por su depredador *Asplanchna brightwelli*, en una relación de abundancia recíproca dependiente. Algunas de estas últimas exhiben, además del tamaño pequeño (< a 150 μ), alguna estrategia antidepredatoria como largas setas o espinas posteriores. Un hecho adicional que señala Liu *et al.* (2002), es que *Proales fallaciosa*

y *Cephalodella catelina* son especies cuyo crecimiento puede ser estimulado con *Microcystis aeruginosa* en condiciones eutróficas.

En el caso del fitoplancton la diversidad se puede considerar alta (si se toma en cuenta a 3.0 bits ind./L como valor referencial), sobre todo en relación a lo reportado para otras comunidades planctónicas (Jiménez-Contreras 2007., Rodríguez-Rocha *et al.*, 2008) y permanente durante la estación de trabajo. La diversidad alta puede ser explicada considerando las habilidades competitivas de las especies de la comunidad. En general, son especies con iguales capacidades competitivas (Padisak *et al.*, 2003), lo que explicaría la constancia en abundancia y frecuencia de los grupos algales y su composición. Para los rotíferos, la diversidad se estimó como media alta en contraste con Jiménez-Contreras (2007). Este valor se atribuiría al predominio de especies tolerantes a condiciones hipertróficas representadas por *Filinia longiseta*, *Poliartha vulgaris* *Keratella cochlearis* principalmente, que son especies tolerantes a ambientes perturbados nutrimentalmente (Nogrady *et al.*, 1993).

Fecundidad de especies de rotíferos y su relación con el crecimiento poblacional (abundancia) y alternancia de especies (dinámica).

En la naturaleza, la fecundidad (ER) varía de 0 a 2, dependiendo de la abundancia de alimento (Deveter y Sed'a, 2003), y presenta una clásica relación inversa con la densidad de la población (Sarma *et al.*, 2005). En este trabajo, *Brachionus caudatus* estaba en un crecimiento muy intenso (mayor a 1.0 e incluso llegó a alcanzar valores de 2.5) mismo que se llevo a cabo durante un par de semanas tiempo después del cual empezó a disminuir e incluso alcanzar valores mínimos como población. Posteriormente, otra especie emergente, con igual comportamiento fue *Brachionus angularis*. La ER de *Brachionus angularis* tuvo un inicio cercano a 1 para posteriormente bajar entorno de 0.3 y mantenerse así hasta el final del estudio. Para el mes de agosto la especie que estuvo mostrando desarrollos poblacionales mayores a 0.5 fue *Trichocerca inermis*. Para este periodo incluso se observa la desaparición de la población de *Brachionus caudatus*. Por su parte, la población de *F. longiseta*, si bien mantuvo activa su reproducción, esta pareció estar terminando durante este periodo ya que su mayor desarrollo se realizó durante el inicio del periodo, seguido de una constante disminución al resto de la estación. Es notorio también, que la ER de estos últimos fue solo de crecimiento marginal ($> 0.2 - 0.35$), si bien estas fecundidades coinciden con el intervalo de fecundidad (0.8 a 0.35) reportado para algunos rotíferos expuestos a diversos pulsos y niveles de recursos (Merriman y Kirk, 2000). Los valores

por debajo de 0.1 indicaban que las poblaciones se encaminaban hacia su extinción (Sarma *et al.*, 2005).

Como se observa, los datos muestran una dinámica particular de los organismos con relación a la estación de estudio. La dinámica de alternancia (rotíferos en particular) que muestra la comunidad planctónica es congruente con procesos sucesionales asociados al tiempo de generación observados previamente en estudios con especies planctónicas particulares en laboratorio, convalidando lo observado en la naturaleza. Por otra parte, este tiempo de estudio permitió detectar variaciones entre organismos muy detalladas, y es un buen periodo para elucidar comportamientos ecológicos de una comunidad.

Futuros estudios deberán abordar lo correspondiente a la dinámica intra-estacional planctónica para otras estaciones del año y tener así, un ciclo anual con descripciones intra-estacionales.

Conclusiones

- Se encontraron riquezas planctónicas bajas y medias respectivamente.
- Los grupos taxonómicos predominantes y constantes fueron Chlorophyceas, Cyanophyceas y Euglenophyceas (fitoplancton), y Brachionidae y Trichocercidae (Rotífera), en un lago con condiciones nutrimentalmente perturbadas y hipertróficas
- Especies fitoplanctónicas abundantes y constantes fueron *Microcystis botrys*, *Scenedesmus spp*, *Euglena viridis* y *Anabaena spiroides*.
- Especies de rotíferos frecuentes abundantes fueron *Brachionus angularis*, *Filinia longiseta*, *Trichocerca inermis* y *Proales fallaciosa*, y las demás fueron escasas-raras.
- La abundancia específica de la comunidad fitoplanctónica estuvo asociada a sitios particulares, aunque no se distinguió dependiente de algún factor físico químico particular.
- El fitoplancton siempre indicó diversidades altas, atribuidas a las capacidades competitivas parecidas, de la comunidad.
- La comunidad de rotíferos mostró valores de diversidades medias, tanto espacial, como temporalmente, atribuibles a perturbación ambiental del medio.
- La dinámica de la comunidad de rotíferos mostró una alternancia de especies cuya fecundidad afecta tanto la abundancia total en el tiempo como entre sitios. Especies de alta fecundidad fueron *B. caudatus* y *B. angularis*.
- El sistema mantuvo una situación de hipertrofia y perturbación nutrimental por limitación de nitrógeno durante todo el tiempo de estudio.

LITERATURA CITADA

Alcocer, D. J. y Lugo, A. 1995. The urban lakes of México City (Lago Viejo de Chapultepec). *Lakeline* 15 (2): 43-56

Alcocer, D. J., Kato, E. Robles, E y Vilaclara, G. 1998. Estudio preliminar del efecto del dragado sobre el estado trófico del Lago Viejo de Chapultepec. *Contaminación Ambiental* 4: 43-56

Álvarez-Cobelas, M. y Jacobsen, B.A. 1992. Hypertrophic phytoplankton: an overview. *Freshwater Forum* 2: 184-199

APHA, (American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation), 1989. Standard methods for examination of water and waste water; 17th ed APHA Washington D.C 1197 p.

Arzate, G. 2002. Contribución al estudio de la alimentación de *Poecilla reticulata* y su relación con algunos parámetros ambientales en el lago del Parque Tezozomoc, Azcapotzalco Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México. 41 p.

Botello, A.C. 2002. Estudio de algunos aspectos reproductivos de *Poecilla reticulata* (*Pises: Poecillidae*) del lago del parque Tezozomoc de julio a diciembre del 2002. Tesis de licenciatura (Biología). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México. 83 p.

Calijuri, M.C. 1999. *A comunidade fitoplanctônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP)*. São Carlos: USP. 211 p.

Castro, A. H. 2006. Efecto de los rotíferos sobre la estructura de los componentes de la trama trófica microbiana de un lago urbano eutrófico. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México. 53 p.

Deveter, M y Sed'a, J. 2003. Rotifer fecundity in relation to components of microbial food web in a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia* 504; 167-175

Edson, J.J. y Jones, R.C. 1998. Spatial temporal and store runoff-related variations in phytoplankton community structure in a small, suburban reservoir. *Hydrobiologia* 169: 353-362

Edmondson, W. T. 1960. Reproductive rate of planktonic rotifers as related to food and temperature in nature. *Ecological Monographs*. 35: 61-111

- Escobar-Briones, E., Cortés-Aguilar, A. M., García Ramos, M., García-Ortiz, L. M y Simas del Castillo, A. Y. 2002. Structure of a pond community in central México. *Hydrobiologia* 467:133-139
- Fabbro, L. D. y Duivenvoorden, L. J. 2000. A two-part model linking multidimensional environmental gradients and seasonal succession of phytoplankton assemblages. *Hydrobiologia*, 438: 13–24.
- Figueredo, C. y Giani, A. 2001. Seasonal variation in the diversity and species richness of phytoplankton in a tropical eutrophic reservoir. *Hydrobiologia* 445: 165-174.
- Floder, S y Sommer U., 1999. Diversity in planktonic communities: An experimental test of the intermediate disturbance hypothesis. *Limnology and Oceanography*, 44: 1114 -1119.
- Fussmann, G.F., Ellner, S. P., Hairston, N. G., Jones, I. E., Shertzer, K. y Yoshida, T. 2005. Ecological and Evolutionary Dynamics of Experimental Plankton Communities. *Advances in Ecological Research* 37: 221-241
- García, C., Sarma, N y Sarma, S.S.S. 2009. Seasonal dynamics of zooplankton in Lake Huetzalin, Xochimilco (Mexico city, Mexico) *Limnologica* 39: 283:291
- García de León, A. 1998. Generalidades del análisis de cúmulos y del análisis de componentes principales. *Divulgación Geográfica*. Instituto de Geografía, UNAM, México. 29 p.
- Gemelgo, M. C. P., Mucci, J. L. N. y Navas-Pereira, D. B. 2009. Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). *Braz. J. Biol.*, 69: 1001-1013
- Finlay, B. J. y Guhl, B. E. 1992. Plankton sampling-freshwater. *Society of Protozoologist*, Kansas. B1.1-B1.5
- Huber, V y Gaedke, U. 2006. The role of predation for seasonal variability patterns among phytoplankton and ciliates. *Oikos*, 114: 265-276.
- Jiménez, J. 2007. Diversidad y densidad de rotíferos monogonontos en algunos canales del lago Xochimilco. Tesis de Licenciatura. (Biología), FES Iztacala. UNAM, México. 66 pp.

Koste, W. 1978. Rotatoria. Die Radertiere Mitteleuropas. Ein Bestimmungswerk begründet von Max voigt. Borntager, Stuttgart, Vol. I: Textband 673 pp., Vol. II Tafelband 1978.

Lampert, W y Sommer, U. 2007. Limnoecology, Second ed. Oxford University Press Inc., Oxford.

Levich, A. P. 1996. The role of nitrogen-Phosphorus ratio in selecting dominance of phytoplankton by cyanobacteria or green algae and its application to reservoir management. *Journal of Aquatic Ecosystem Health* 5: 55-61

Lim, S. H. 2003. Variations in the water quality of a small urban tropical catchment: implications for load estimation and water quality monitoring. *Hydrobiologia* 494: 57–63.

Liu, H., Xie, P., Chen, F., Tang, H y Xie, L. 2002. Enhancement of planktonic rotifers by *Microcystis aeruginosa* blooms: An enclosure experiment in a shallow eutrophic lake. *Journal Freshwater Biology*. 17: 239-247

Lugo, A., Bravo-Inclán, L. A., Alcocer, J Gaitán, M. L., Oliva, M. G., Sánchez, M. R., M. Chávez, M y Vilaclara, G. 1998. Effect on the planktonic community of the chemical program used to control water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Guadalupe Dam, Mexico. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1: 333-343

Martínez-Arroyo, A. y Jáuregui, E. 2000. On the environmental role of urban lakes in Mexico city. *Urban Ecosystems* 4: 145-166

Medvinsky, A. B; Petrovskii, S. V; Tikhonova, I. A; Malchow, H y Bai-Lian, L. 2002. Spatiotemporal Complexity of Plankton and Fish Dynamics. *SIAM REVIEW* 44 (3): 311–370

Merriman, J. L y Kirk, K. L. 2000. Temporal patterns of resource limitation in natural populations of rotifers. *Ecology*, 81: 141-149

Naselli-Flores, L. 2000 Phytoplankton dynamics and structure: a comparative analysis in natural and man-made water bodies of different trophic state. *Hydrobiologia* 438: 65-74

Naz, M y Turkmen, B. M. 2005 Phytoplankton biomass and species composition of lake Golbasi (Hatay-Turkey). *Turkish journal of Biology* 29:49-56

Nogrady, T. Wallace, R. L y Snell, T. W. 1993. Rotifera. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Volumen 1: Biology, Ecology and Systematics 1993 The Hague

Padisák, J., Borics, G., Fehér, G., Grigorszky, I., Oldal, I., Schmidt, A y Zábóné-Doma, Z. 2003. Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hydrobiologia*, 502: 157-168.

Pollinger, U., 1986. Phytoplankton periodicity in a subtropical lake (lake Kinneret, Israel). *Hidrobiológia* 138: 127-138

Popova, E. E. Fasham, M. J. R. Osipov, A.V. y Ryabchenko V.A. 1997. Chaotic behavior of an ocean ecosystem model under seasonal forcing, *J. Plankt. Res.*, 19: 1495–1515.

Prescott, G. W. 1978. How to know the freshwater algae. W. C Brown company Publishers, Dubuque, USA.

Prescott, G. W. 1982. Algae of the Western Great Lakes Area. Otto Koeltz Science Publishers, Alemania. 977 p.

Quiroz, C. H., Mora, L. M. Z., Astudillo, I. M y García, J. R. 2004. Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad del agua en el lago de Chapala, Jalisco, México. *Acta Universitaria* 14: 47-58

Ramcharan, C. W., McQueen, D. J., Demers, E., Popiel, S.A., Rochi, A.M., Yan, N.D., Wong, A.H y Hugues, K.D. 1995. A comparative approach to determining the role of fish predation in structuring limnetic communities. *Archiv fur Hydrobiologie* 133:389-416

Ramírez, B. P. 2000. Aves de humedales en zonas urbanas del noroeste de la Ciudad de México. Tesis de Maestría (Biología), Facultad de Ciencias. UNAM, México. 188 p.

Redfield, G. W. 1991. Phosphorus, chlorophyll and the comparative limnology of three suburban lakes in Northern Virginia, U.S.A. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie* 24:1294–1299.

Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. y Melo, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 24 (5): 417-428.

- Rodríguez-Rocha, A. Oliva M. G., Lugo Vázquez, A y Sánchez Rodríguez, M.R. 2008 Composición y dinámica del fitoplancton en un lago hipertrófico. *Hydrobiology*. 18:1-14
- Rojo, C., Ortega-Mayagoitia, E., Rodrigo, M.A y Álvarez-Cobelas, M. 2000. Phytoplankton structure and dynamics in a semiarid wetland, the National Park Las Tablas de Daimiel (Spain). *Arch. Hydrobiol.*, 148:397-419.
- Ruttner-Kolisko, A. 1974. Plankton rotifers: Biology and Taxonomy. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nageleu Obermiller) Stuttgart, Alemania
- Ryabchenko, V. A., Fasham, M. J. R., Kagan, B.A y Popova, E.E. (1997), *What causes shortterm oscillations in ecosystem models of the ocean mixed layer*, *J. Marine Systems*, 13: 33–50.
- Sarma, S.S.S y Martínez-Figueroa, J. 2000. Morfometría de *Filinia cornuta* en el estanque parque Tezozomoc México. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico Biológicas*. 3: 75-78
- Sarma, S.S.S., Nandini, S. y Gulati, R.D. 2005. Life history strategies of cladocerans: comparisons of tropical and temperate taxa. *Hydrobiologia* 542:315-333.
- Schueler, T. J. 2003. Why urban Lakes are different. *Watershed Protection Techniques* 1: 747–750.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 2000. *Biometry*. WH Freeman and Company, San Francisco. USA.
- Solano, B. N. 2002. *Aspectos reproductivos de Poecilla reticulata Pisces: Poecillidae en el lago del Parque Tezozomoc, Azcapotzalco de enero a junio del 2001*. Tesis de Licenciatura (Biología), FES Iztacala, UNAM, México. 41 p.
- Sommer, U. 1994. The impact of light intensity and day length on silicate and nitrate competition among marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, 39; 966-973.
- Szelag-Wasielewska, E. 1999. Autotrophic picoplankton dynamics in a small shallow lake. *Hydrobiologia* 408/409: 301-306.
- Tavera, R., E. y Comas, A. 2000. Chlorococcalean algae from the ecological Park of Xochimilco, Mexico. *Algological Studies* 100: 65–94.

Tiffany, L. H y Britton, M. E. 1987. *The algae of Illinois*. University of Chicago Press, Chicago.

Truscott, J .E. y Brindley J. 1994. *Ocean plankton populations as excitable media*, Bull. Math. Biol., 56: 981–998.

Van Der Stap, I., Vos, M y Moij, W. M. 2006. Linking herbivore-induced defenses to population dynamics. *Freshwater Biology*, 51: 424-434

Van Donk, E., M. Lurling, D. O. Hessen, y G. M. Lokhorst. 1997. Altered cell wall morphology in nutrient-deficient phytoplankton and its impact on grazers. *Limnology and Oceanography* 42: 357-364.

Verver y Vargas, G. J. 2005. *Dinámica espacio-temporal de los parámetros físicos y químicos y su relación con la clorofila a en un lago urbano eutrófico*. Tesis de Licenciatura (Biología), FES Iztacala. UNAM, México. 55 p.

Zagatto, P. A., Aragão, M. A., Carvalho, M. C. y Souza, R. C. R. 1997. *Manual de orientação em casos de florações de algas tóxicas: um problema ambiental e de saúde pública*. São Paulo: CETESB. 14: 1-24.