

Componentes fitoplanctónicos y zoobentónicos en el lago Zempoala, Morelos, México

Judith García Rodríguez*, F. Isela Molina Astudillo*, Migdalia Díaz Vargas* y Héctor Quiroz Castelán*

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el Lago Zempoala durante el periodo 1998-1999, efectuándose un estudio sobre la densidad y la distribución de los componentes fitoplanctónicos y zoobentónicos de este lago. Los datos muestran que la flora está integrada por 29 especies, incluidas en 8 clases, de éstas, la clase *Bacillariophyceae* presentó las densidades más altas y dominó en cuanto a su presencia en el espacio y tiempo. Las densidades mayores del fitoplancton se registraron durante la primavera, de acuerdo a la distribución de las especies se observó una sucesión estacional. Con respecto a los organismos bénticos, los resultados indicaron que durante el periodo otoño-invierno la abundancia fue mayor que en la época primavera-verano, registrándose una abundancia total de 10,612 org/m², dominando los oligoquetos en la zona litoral durante casi todos los meses de muestreo y los cladóceros en la zona profunda. Respecto a las zonas de colecta las estaciones siete y ocho presentaron el mayor número de organismos.

ABSTRACT

This paper describes an investigation of the density and distribution of phytoplankton and zoobenthic organisms carried out in the Zempoala Lake from 1998 to 1999. The data showed that the flora is made up of 29 species, distributed in eight categories. Of these the category of *Bacillariophyceae* showed the highest density and was also dominant in time and space as well. With regards to phytoplankton, the highest densities were found during spring, and according to the distribution of species, a seasonal succession was observed. With regards to benthic organisms, results showed that the abundance of these organisms during Fall and Winter was higher than during Spring and Summer, with a peak abundance of 10,612 org/m², Oligoquetos were dominant along the coastline during almost all the year, while cladoceros were dominant in the deeper water, through the largest part of the time that sampling took place. The largest number of organism were found at sampling points seven and eight.

Recibido: 27 de Enero de 2010
Aceptado: 23 de Marzo de 2010

INTRODUCCIÓN

México cuenta con un número importante de sistemas acuáticos continentales, tanto lénticos como lóticos, empleados en la producción de energía, producción de alimentos y en la generación de conocimiento básico, destacando los estudios enfocados hacia el conocimiento de la composición biótica y variación abiótica, que en conjunto constituyen una herramienta necesaria dentro de la ecología, así como de la conservación y el manejo de los recursos hídricos.

Palabras clave:
Fitoplancton; Zoobentos; Lago Zempoala.

Keywords:
Phytoplankton; Zoobentos; Lake Zempoala.

Las comunidades acuáticas presentan dos grupos funcionales importantes: el fitoplancton, organismos que se encuentran en las capas superficiales de los cuerpos de agua, considerados como productores primarios generadores de materia orgánica y de energía, y el zoobentos, localizados en la zona profunda o bien adheridos a sustratos firmes, transformadores de la energía proveniente del nivel autótrofo y generadores de materia orgánica detrital (Hutchinson, 1993, p. 935; Wetzel, 2001, p. 850).

*Laboratorio de Hidrobiología, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Tel. y Fax 316 23 54, Avenida Universidad 1001, Colonia Chamilpa, Cuernavaca, Mor., CP. 62209, Correo Electrónico: garciaj@cib.uaem.mx; molina@uaem.mx; migdalia@buzon.uaem.mx; quiroz@uaem.mx

Considerando la importancia ecológica que representan estas dos comunidades en la dinámica de los sistemas acuáticos y la falta de trabajos que aporten conocimiento básico sobre su composición biológica, así como el potencial productivo en la generación de bienes y servicios que representan estos cuerpos de agua, el presente estudio tiene como objetivo conocer la diversidad, distribución y densidad de los organismos del fitoplancton y el zoobentos en el lago Zempoala.

ÁREA DE ESTUDIO

El lago Zempoala se localiza dentro del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, este Parque tiene una superficie de 4,790 hectáreas. Geográficamente se ubica entre los 19°06'00" latitud norte y 99°16'00" longitud oeste, a altitudes comprendidas entre los 2 400 a 2 800 m. Se localiza a 38 km al norte de la ciudad de Cuernavaca y a 65 km al sur de la ciudad de México (Arredondo y Aguilar, 1987, p. 133). El lago Zempoala presenta una superficie inundada que va de 10,56 hectáreas en la época de estiaje a 12,34 hectáreas en la época de lluvias, con 401,73 a 508 m de largo máximo en dirección norte-noreste y sur-suroeste, con un ancho máximo de 403,58 m y un ancho promedio de 207,9 m, con escasa circulación de la masa de agua (Tricart, 1985, p. 266 y Arredondo y Aguilar, 1987, p. 133). Se encuentra localizado entre las coordenadas 19°03'00" latitud norte y 99°18'42" longitud oeste a una altitud de 2 800 m al pie del cerro Zempoala. Es una cuenca endorreica con drenaje de tipo torrencial que solo lleva agua en la temporada de lluvias y es alimentado permanentemente por el arroyo "las trancas" (Figura 1).

MÉTODOS

Este trabajo se realizó durante el periodo comprendido entre mayo de 1998 a mayo de 1999, con recolectas cada 40 días. Para el fitoplancton se ubicaron tres estaciones en la zona limnética (E 1, 2, y 3) considerando tres estratos (superficie, media agua a una profundidad de tres metros y fondo a una profundidad de seis metros), para el zoobentos se consideraron cinco estaciones en la zona litoral (E 4, 5, 6, 7 y 8) y tres en la zona limnética (E 1, 2 y 3 a una profundidad de seis metros), para la toma de muestras de esta zona se utilizó una lancha de fibra de vidrio (Figura 1).

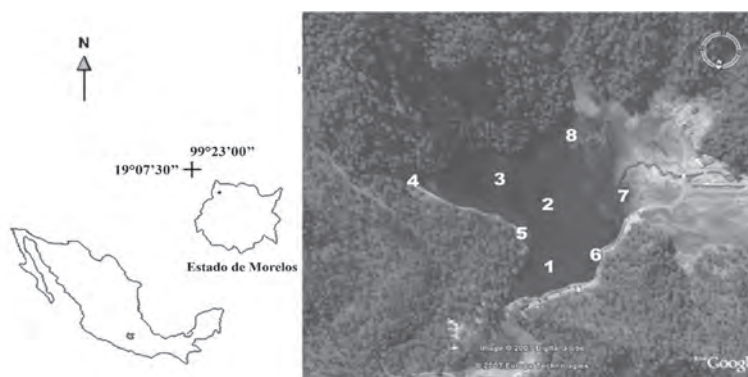


Figura 1. Localización del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Lago Zempoala, estaciones establecidas.

Las muestras de fitoplancton se tomaron con una botella Van Dorn con capacidad de 2 L, separando una alícuota de 250 ml en frascos de plástico, para la preservación del material biológico se emplearon 10 ml de lugol al 4 % (Lara *et al.*, 1996, p. 227) para la conservación de las estructuras celulares y su posterior reconocimiento taxonómico.

Las muestras de zoobentos se colectaron con un tubo nucleador en la zona litoral con una área de muestreo de 10 cm² a una profundidad de 10 centímetros; para la zona limnética las muestras fueron tomadas con una draga Eckman (a partir del mes de septiembre de 1998 debido a cuestiones técnicas) depositándolas en frascos de vidrio de boca ancha con 20 ml de formol al 4 % (Kajak & Hillbricht-Ilkowska, 1972, p. 783; Wasilewaska, 1978, p. 536; Rueda-Delgado, 2002, p. 57).

La revisión del material biológico se realizó en el Laboratorio de Hidrobiología de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, para la cuantificación del fitoplancton se empleó la técnica propuesta por Uthermöhl (1958), utilizando cámaras de sedimentación de 10 ml (con 24 horas de sedimentación), para su posterior observación con un microscopio invertido (Wild M-40), la evaluación se reportó como organismos por litro (org/L). El reconocimiento de los organismos se hizo empleando claves y trabajos especializados Geitler, 1932, p. 1196; Hubber-Pestalozzi, 1955, p. 1135; Prescott, 1962, p. 977; Patrick y Reimer, 1966, p. 688; Komárek y Fott, 1983, p. 1044; Popovsky y Pfeister, 1990 p. 270. Para el conteo de los organismos del zoobentos se empleó un microscopio estereoscópico

Nikon SMZ 2T. Se separaron los organismos por grupo taxonómico en frascos pequeños con alcohol etílico al 70 %. Para su identificación se utilizaron los trabajos de Edmonson (1959), p. 412, Pennak (1978), p. 803 y Thorp & Covich, (1991), p. 243. Para conocer si existían diferencias significativas en los grupos biológicos, fitoplancton y zoobentos, se realizó un análisis de varianza de una vía entre las estaciones del año y las estaciones de muestreo (Box *et al.*, 1999, p.675).

RESULTADOS

En cuanto al fitoplancton se reconocieron un total de 29 especies, pertenecientes a las clases: Bacillariophyceae 14 especies, Chlorophyceae cuatro especies, Chlamydo-phyceae y Cyanophyceae cada una tres especies, Euglenophyceae dos especies y Dinophyceae, Chryso-phyceae y Xantophyceae una especie cada una.

Las especies dominantes en cuanto a la densidad registrada fueron: *Fragilaria crotonensis* var. *crotonensis* (576,322 org/L), *Asterionella formosa* var. *formosa*, *Microcystis protocystis*, *Anabaena* cf. *portoricensis*, *Trachelomonas stokesiana* y *Dinobryon sociale* var. *americanum* (16,872 org/L). Con respecto a la distribución espacial de la ficoflora, 16 especies se distribuyeron a través de la columna de agua, mientras que las 13 especies restantes sólo estuvieron presentes en uno o en dos de los estratos de la columna (Tabla 1).

Por otra parte, en cuanto al número de especies, la zona con mayor riqueza correspondió al fondo con 24 especies y la zona con menor riqueza fue superficie con 20 especies.

De acuerdo a las densidades totales por estación anual durante la primavera se registraron los valores más altos con 621,199 org /L

Tabla 1.

Densidad y distribución espacial de las especies del fitoplancton presentes en el lago Zempoala. Las abreviaciones corresponden a (SUP) superficie, (MED) media agua a una profundidad de tres metros y (FON) fondo a una profundidad de seis metros.

ESPECIE	org/L	SUP	MED	FON
<i>Gregiochloris lacustris</i> (Chad.) Marvan, Komárek et Comas	792	X	X	
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárková-Legnerová	504	X	X	X
<i>Oocystis marssonii</i> Lemmerman	5,621	X	X	X
<i>Scenedesmus opoliensis</i> Richter var. <i>mononensis</i> Chodat	72	X		
<i>Pandorina smithii</i> Chodat	144	X	X	
<i>Staurastrum sebaldi</i> (Rensch) var. <i>ornatum</i> f. <i>planctonica</i> (Lütterm) Teilim	1,008	X	X	X
<i>Cosmarium subtumidum</i> var. <i>subtumidum</i> Nordstedt in Wittrock & Nordstedt	72		X	
<i>Trachelomonas stokesiana</i> Palmer	40,824	X	X	X
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein emend. Deflandre	12,384	X	X	X
<i>Ceratium hirundinella</i> (Of. Müller) Dujartin non Schrank	6,120	X	X	X
<i>Dinobryon sociale</i> (Ehr.) var. <i>americanum</i> (Brunthaler) Bachmann	16,872	X	X	X
<i>Tribonema bombycinum</i> (C.A.Aq.) Derbés & Solier	1,224		X	X
<i>Anabaena</i> sp	2,520	X	X	X
<i>Anabaena</i> cf. <i>portoricensis</i> Gardner	50,328	X	X	X
<i>Microcystis protocystis</i> Crow	93,600	X	X	X
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i> Hass	212,976	X	X	X
<i>Fragilaria crotonensis</i> var. <i>crotonensis</i> Kitton	576,322	X	X	X
<i>Synedra ulna</i> Nitzsch	792			X
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	720			X
<i>Gomphonema affine</i> Kützing	288	X	X	X
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehr.) De Toni var. <i>capitata</i> (A. Mayer) Patrick	216			X
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow in Cleve et Grunow Secc.	936		X	X
<i>Ephitemia turgida</i> (Ehr.) var. <i>granulata</i> (Ehr.) Brun.	216			X
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i> (Kützing)	1,728	X	X	X
<i>Cocconeis oblonga</i> Kützing	1,296	X	X	X
<i>Navicula</i> sp	1,152	X	X	X
<i>Cymbella</i> sp	216	X		
<i>Amphora</i> sp	72			X
<i>Pinnularia</i> sp	72			X

y los más bajos en el invierno con 96,696 org/L, presentándose diferencias significativas por estación anual ($P < 0,05$). Los datos de densidad por estrato, señalan que los valores más altos fueron obtenidos en superficie durante la primavera, verano e invierno.

La clase Bacillariophyceae presentó las densidades más altas durante todo el estudio, dominando en toda la columna de agua. Por estación del año, las clases Chlorophyceae, Chlamydomphyceae, Cyanophyceae y Bacillariophyceae mostraron valores máximos en primavera, Euglenophyceae y Dinophyceae en verano y Xantophyceae y Chrysophyceae en otoño (Tabla 2).

Por otra parte, las clases Chlorophyceae, Chlamydomphyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Euglenophyceae y Dinophyceae estuvieron presentes durante todo el año, mientras que Xantophyceae se registró en primavera, otoño e invierno y Chrysophyceae únicamente durante la primavera y el otoño (Tabla 2).

Con respecto al zoobentos, las poblaciones más bajas se presentaron durante la primavera-verano e incrementaron durante el otoño-invierno (Tabla 3). El análisis de varianza entre las abundancias en los 13 meses, mostró diferencias significativas ($P < 0,05$); entre los meses de abril, mayo, junio y agosto con noviembre; entre abril y junio con diciembre; entre abril, mayo, junio, julio y agosto con enero, lo cual indica una tendencia clara de diferencias entre los meses de primavera y verano con los de otoño e invierno, relacionado con las mayores y menores abundancias. También el análisis de varianza entre las abundancias en las estaciones de muestreo, mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), entre la E-7 con la E-4 y E-5; entre la E-3 con la E-4 y E-5 y entre la E-8 y la E-4, relacionado esto también con las menores abundancias en las E-3, 7 y 8, así como las mayores en las E-4 y 5.

Los grupos dominantes, considerando tanto la zona litoral como la profunda, fueron oligoquetos (63 %), quironómidos (14 %), nemátodos (7 %), hydracarinos (7 %), anfípodos

Tabla 2.
Densidades por clase taxonómica del fitoplancton por estación anual.

CLASE	PRIMAVERA org/L	VERANO org/L	OTOÑO org/L	INVIERNO org/L
CHLOROPHYCEAE	2720	632	1038	144
CHLAMYDOPHYCEAE	973	232	402	144
EUGLENOPHYCEAE	1152	28512	22912	432
DINOPHYCEAE	144	5400	504	72
XANTOPHYCEAE	240	0	12240	4392
CHRYSOPHYCEAE	288	0	504	0
CYANOPHYCEAE	82368	26928	4896	1800
BACILLARIOPHYCEAE	533314	77184	124008	89712

Tabla 3.
Registro de los organismos bentónicos (org/m²) por estación anual.

GRUPO	PRIMAVERA- VERANO	OTOÑO- INVIERNO	TOTAL
OLIGOQUETOS	668	2956	3624
QUIRONÓMIDOS	373	479	852
CLADÓCEROS	43	3661	3704
COPÉPODOS	116	806	922
INSECTOS	53	57	110
ANFÍPODOS	220	177	397
HYDRACÁRIDOS	236	176	412
ROTÍFEROS	7	118	125
NEMÁTODOS	0	442	442
OSTRÁCODOS	7	8	15
TARDÍGRADOS	3	4	7
TURBELÁRIDOS	1	2	3
GASTERÓPODOS	3	0	3
DECÁPODOS	1	0	1
HYRUDINEOS	0	1	1

(7 %), insectos (larvas y adultos) (2 %) y otros (0,3 %) (Figura 2). Las zonas litorales (estaciones 7 y 8) presentaron el mayor número de organismos correspondiendo a oligoquetos y quironómidos principalmente, y las estaciones 4, 5 y 6 presentaron las poblaciones mínimas (Tabla 4). El resto de los grupos reconocidos en el lago fueron ostrácodos, turbeláridos, gasterópodos, decápodos e hydrudineos, con muy pocos representantes por zona.

DISCUSIÓN

El lago Zempoala presentó una amplia diversidad taxonómica (heterokontofitas, cianofitas, euglenofitas, clorofitas y dinofitas), mostrando una coexistencia de grupos algales debido a que la sedimentación y recirculación anual de nutrimentos favorecieron este proceso (García-Rodríguez y Tavera, 1998).

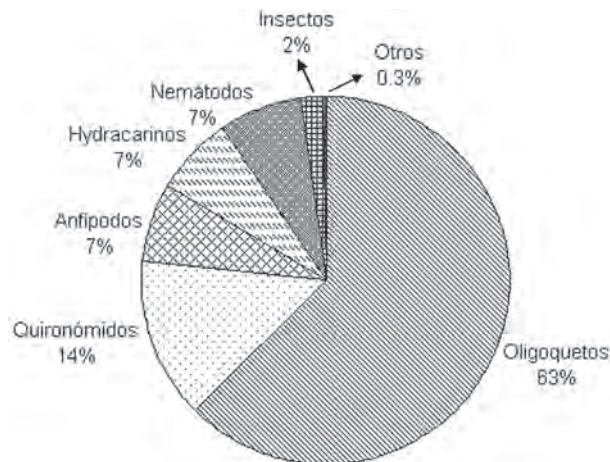


Figura 2. Grupos principales que componen al zoobentos en el lago Zempoala.

La mayor densidad del fitoplancton se registró durante la primavera, principalmente en superficie, el lago posee una capa de agua superior cristalina lo cual permite la penetración de la luz y la capacidad de incrementar el número de productores primarios (García y De la Lanza, 2002, p. 680). Por otra parte, Wetzel (2001, p. 850) comenta que estos incrementos estacionales son favorecidos por la temperatura, la intensidad de luz y la concentración de nutrientes.

En cuanto a la información reportada para otros lagos mexicanos con altitudes y orígenes semejantes al lago Zempoala, tenemos que Arredondo (2002, p. 680) para el lago de Alchichica, Puebla menciona un total de 23 géneros con tres grupos algales, Chrysophyta, Cyanophyta y Chlorophyta, siendo Chrysophyta la división dominante, lo cual difiere a los resultados descritos para el lago Zempoala. Es importante mencionar que el lago de Alchichica presenta una mayor profundidad y cantidad de sales disueltas que el lago en estudio (García-Rodríguez y Tavera, 1998, p. 100) lo que puede ser una limitante en la diversidad fitoplanctónica.

Díaz-Pardo *et al.*, (2002, p. 680) realizaron un estudio en el lago Atezca, Hidalgo reconociendo un total de 56 especies distribuidas en tres grupos Chlorophyta (22 especies), Bacillariophyta (19 especies) y Cyanophyta (9 especies) mostrando un predominio de clorofitas, presentando una sucesión estacional asociada con los periodos de estratificación y recirculación, así como incrementos de N:P mostrando diferencias en cuanto al número de especies, grupos algales presentes y grupo dominante con lo obtenido

en el presente estudio, sin embargo, Quiroz *et al.*, (2007, p. 695) registraron para el lago Zempoala concentraciones de nitrógeno y fósforo menores a las descritas para el lago Atezca, influyendo probablemente en la presencia de clorofitas y cianofitas.

Por otra parte, García *et al.*, (2003) describen para el lago Tonatiahua, Morelos una ficoflora similar a la descrita para el lago Zempoala en cuanto a la riqueza de especies y grupos algales dominantes, esto es debido a las características propias que presenta la zona en donde se localizan estos lagos, tanto del origen de la cubeta lacustre como de las características fisicoquímicas del agua.

Los cuerpos de agua con frecuencia albergan poblaciones de diferentes especies con diferente número o densidad de individuos hasta alcanzar un nivel máximo en un tiempo determinado, dicho proceso se encuentra regulado por diferentes factores siendo el más importante el ciclo de vida de la especie. Otros factores también de importancia son la disponibilidad de alimento, las perturbaciones físicas y químicas del cuerpo de agua y de manera muy particular la disponibilidad de la luz, que es la que regula la densidad de los organismos fitoplanctónicos (Ibáñez *et al.*, 2002, p. 680).

Para el zoobentos, la alta incidencia del grupo oligochaeta en la zona litoral indica un alto contenido de nutrientes y materia orgánica disponible en el sedimento, ya que este se caracteriza como rico en materia orgánica, con zonas donde tiende a la acidez y presenta cantidades variantes de nutrientes correspondiendo al grado de descomposición del detritus (Díaz, *et al.*, 2005), el cual se encuentra colonizado por bacterias y otros microorganismos epifitos que le sirven de alimento (Wetzel, 2001, p. 850), además pueden soportar bajas concentraciones de oxígeno, características que los ubica como un componente importante dentro de la fauna béntica. Respecto a la zona profunda, la presencia dominante de los cladóceros tal vez se deba a que es el único grupo capaz de soportar las condiciones de este lugar (algunos géneros bentónicos) sin necesidad de competir con algún otro por espacio y alimento, además de que la mayor parte de los organismos no permanecen todo el tiempo en esta zona, es decir realizan migraciones diarias (Pennak 1978, p. 803).

Respecto a la alta abundancia de organismos en las zonas litorales (estaciones 7 y 8), probablemente se deba al tipo de sustrato (gran cantidad de macrofitos en la E7 y sustrato areno-gravoso en la E 8) y a que las condiciones de iluminación, dinámica de la masa de agua y radiación solar fueron mejores que

Tabla 4.
Registro de los organismos bentónicos (org/m²) por estación de muestreo.

GRUPOS	ESTACIONES								Total
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	
Oligoquetos	5	0	2	686	293	425	1087	1125	3623
Quironómidos	3	0	2	133	196	194	176	145	849
Cladóceros	1171	1133	943	72	43	141	106	94	3703
Copépodos	0	0	1	146	71	122	252	330	922
Insectos	6	5	1	15	24	18	16	24	109
Anfípodos	0	0	0	27	44	104	183	39	397
Hydracáridos	0	4	2	91	43	42	148	83	413
Rotíferos	3	0	9	0	1	11	20	80	124
Nemátodos	0	0	0	80	37	38	163	125	443
Ostrácodos	0	0	0	0	1	1	9	4	15
Tardígrados	0	0	0	0	1	0	3	3	7
Turbelaridos	0	0	0	0	1	2	0	0	3
Gasterópodos	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Decápodos	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Hydrudíneos	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Total	1188	1142	960	1250	756	1098	2164	2055	10613

para el resto de las estaciones (zona próxima a la desembocadura hacia el lago Compila y con mayor incidencia solar); además, por la forma del lago se supondría que es en esta zona en donde se encuentra depositada la mayor cantidad de nutrientes y materia orgánica, es decir, condiciones óptimas para el establecimiento de las comunidades bentónicas. Respecto a la zona profunda, esta registró muy pocos grupos, debido probablemente a las condiciones de la misma y a que la toma de muestras se realizó durante el periodo de estiaje, en el cual se presentaron condiciones muy estables (bajas temperaturas, gran cantidad de materia orgánica en descomposición, alimento disponible), lo que se refleja en las abundancias reportadas, con valores muy constantes y con un solo grupo dominante, lo cual nos indica que esta zona es selectiva respecto a los organismos que pueden soportar dichas condiciones; además se confirma con esto que la mayor abundancia y diversidad de organismos se encuentra en la zona litoral de los sistemas acuáticos (Wetzel, 2001, p. 850; Margalef, 1991, p. 1010; Malhotra *et al.*, 1995).

Los datos obtenidos del análisis de las muestras colectadas en las ocho estaciones indican la diversidad y la distribución espacial y temporal de los grupos de invertebrados pertenecientes al bentos lacustre y profundo. El zoobentos profundo comparado con la zona litoral presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) en cuanto al número de organismos y grupos encon-

trados, registrándose esta última como la más rica en diversidad y abundancia, resultados similares a los reportados por Malhotra, *et al.*, (1995), quienes en su estudio observaron que la zona litoral y sublitoral son las que presentan mayor abundancia de organismos. Todos estos grupos son propios del hábitat bentónico; sin embargo, existen algunos que presentan hábitos migratorios y sólo parte de su ciclo de vida la pasan en esta zona, como algunos insectos; además, pueden presentar tolerancia a condiciones de eutrofización y cubrir un amplio número de requerimientos ecológicos (Barnes y Mann, 1980, p. 229).

Respecto a la abundancia de los grupos zoobentónicos, éstos mostraron un aumento numérico en la época otoño-invierno, lo que se relaciona con la recuperación de la comunidad después del periodo de lluvias (incremento de nutrientes y materia orgánica). En el periodo primavera-verano el decremento en el número de organismos bentónicos pudo estar relacionado con diferentes factores como: migración, el término de su estadio acuático (insectos), depredación, entre otros. Así como también, por el mayor movimiento de la masa de agua debido al efecto de las lluvias, ya que al aumentar la intensidad de las corrientes del fondo el desarrollo de las comunidades es inhibida o decrece considerablemente (Prejs y Prejs, 1992; Jackson, 1993; Brug, 2005, p. 47). Estos resultados indican cuan diversa puede ser la comunidad bentónica en un sistema léntico, aún cuando

las condiciones naturales del ecosistema pueden estar afectadas por acciones antropológicas, ya que el Lago Zempoala se localiza en la zona de más afluencia turística del Parque Nacional Lagunas de Zempoala.

CONCLUSIONES

La flora ficológica del lago Zempoala está compuesta por las clases Chlorophyceae, Chlamydomphyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Euglenophyceae, Dinophyceae, Xantophyceae y Chrysophyceae mostrando una gran diversidad de grupos algales.

La clase Bacillariophyceae dominó durante todo el periodo de estudio considerando las densidades registradas, sin embargo, se observó una sucesión estacional presentando diferencias significativas entre los grupos algales por estación anual.

Fragilaria crotonensis var. *crotonensis*, *Asterionella formosa* var. *formosa*, *Microcystis protocystis*, *Anabaena* cf. *portoricensis*, *Trachelomonas stokesiana* y *Dinobryon sociale* var. *americanum* fueron las especies dominantes.

En cuanto al zoobentos, la abundancia y la diversidad estuvieron estrechamente relacionadas con los cambios estacionales, con un mayor número de grupos y organismos/m² en el periodo otoño-invierno. Los cambios presentes en cada comunidad biológica son debidos a la dinámica propia de los organismos y de las condiciones naturales del sistema.

REFERENCIAS

- Arredondo, F. J. L. y Aguilar, D. (1987). Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas, realizadas en los lagos mexicanos con especial énfasis en su ictiofauna (p. 91-133). En: A. S. Gómez y F. B. Arenas (Eds.). *Contribuciones en Hidrobiología*. UNAM, México.
- Arredondo, F. J. L. (2002). Los axalapasos de la cuenca oriental, Puebla. En: G. De la Lanza y J. L. García (Comp.), *Lagos y presas de México* (p. 81-107). AGT, Editor, S. A. México.
- Barnes, R. S. K. y Mann K. H. (1980). *Fundamentals of aquatic ecosystems*. Blackwell Scientific Publications. Great Britain. 229 pp.
- Box, G. E. P., Hunter, W. G. y Hunter, J. S. (1999). *Estadística para investigadores. Introducción al diseño de experimentos, análisis de datos y construcción de Modelos*. Reverté. S.A. México. 675 pp.
- Brug, A. B. (2005). *Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la zona litoral en la época de secas en el lago Tonatiahua, Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 47 p.
- Díaz-Pardo, E., Vázquez, G. y Guerra-Magaña, C. (2002). Lago de Atezca. En: G. De la Lanza y J. L. García (Comp.), *Lagos y presas de México* (p. 109-125). AGT, Editor, S. A. México.
- Díaz, V. M., Elizalde, A. E. E., Quiroz, C. H., Molina, A. F. I. y García, R. J. (2005). Caracterización de algunos parámetros físico-químicos del agua y sedimentación del lago "Zempoala", Morelos, México. *Acta Universitaria*. 15(2):57-65
- Edmonson, W. T. (1959). *Fresh-Water Biology*. John Wiley, London. 412 pp.
- García, C. J. L. y De la Lanza, E. G. (2000). Las aguas epicontinentales de México. En: G. De la Lanza y J. L. García (Comp.), *Lagos y presas de México* (p. 5-34). AGT, Editor, S. A. México.
- García-Rodríguez, J. y Tavera, S. R. L. (1998). Fitoplancton del lago de Zempoala. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 63:85-100.
- García-Rodríguez, J., Molina-Astudillo, F. I., Quiroz, C. H. y Trejo A. R. (2003). Especies del fitoplancton presentes en el lago Tonatiahua, Morelos. México. *Acta Universitaria* 13(2):53-66.
- Geitler, L. (1932). *Cyanophyceae*. En: Rabenhorst's Krypt.-Fl. Akad. Verlagsges. Leipzig. 14: 1196 pp.
- Hutchinson, G. E. (1993). *A treatise on limnology. Vol. IV. The Zoobenthos*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 935 pp.
- Hubber-Pestalozzi, G. (1955). *Euglenophyceen. Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie*. Die Binnengewässer. Thienemann, A. Vol. 4, Stuttgart. 1135 pp.
- Ibáñez, A. A. L., García, C. J. L., Pérez, R. A., Álvarez, H. S., Álvarez, S. C. y Nuñez, P. E. (2002). El lago de Metztlán, Hidalgo. En: G. De la Lanza y J. L. García (Comp.), *Lagos y presas de México* (p. 253-268). AGT, Editor, S. A. México.
- Jackson, D. A. (1993). Multivariate analysis of benthic invertebrate communities, the implication of choosing particular data standardization, measures of association, and ordination methods. *Hydrobiologia* 268:9-26.
- Kajak, Z. and Hillbricht-Ilkowska. (1972). Analysis of the influence of fish on benthos by method of enclosures (p. 781-783). En: *Productivity problems of Freshwaters*. PWN. Polish Scientific Publishers, Warsaw-Krakow.
- Komárek J. y Fott B. (1983). *Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Chlorococcales. Das Phytoplankton des Süßwasser, Systematik und biologie*. Hubber-Pestalozzi, G. Vol. 7 Teil, I, Band XVI Die Binnengewässer, Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 1044 pp.
- Lara, V. M. A., Moreno, R. J. L. y Amaro, M. E. J. (1996). *Fitoplancton. Conceptos básicos y técnicas de laboratorio*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. 227 pp.
- Malhotra, Y. R., Gupta, K. y Khajuria, A. (1995). *Macrozoobenthos of lake Manser*. (J & K) India. Resúmenes, Congreso de Limnología, Brasil.
- Margalef, R. 1991. *Limnología*. Ed. Omega. España. 1010 p.
- Patrick R. y Reimer C. W. (1966). *The diatoms of the United States. Vol. 2, Part 1 Monographs of the academy of natural sciences of philadelphia*. 688 pp.
- Pennak, R. W. (1978). *Fresh-water invertebrates of the United States*. Second edition. John Wiley & Sons, N. Y. USA. 803 pp.

- Prejs, K. y Prejs, A. (1992). Importance of predation in regulation density of meio- and macrofauna in seasonal tropical waters. *Hydrobiologia* 242:77-86.
- Popovsky, J. y Pfister, A. L. (1990). *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Dinophyceae (Dinoflagellida)*. Pascher, A; Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H.; Mollenhauer, D. (Eds.) Stuttgart. Gustav Fischer Verlag. 270 pp.
- Prescott, G. W. (1962). *Algae of the western Great Lakes area. Revised Edition*. Dubuque, Iowa. W.M.C. Brown Co. Pub. 977 pp.
- Quiroz, C. H., Molina, A. I., García, R. J. y Díaz, V. M. (2007). Los lagos Zempoala y Tonatiagua del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos. En: G. De la Lanza (Comp.), *Las aguas interiores de México. Conceptos y casos* (p. 142-167). AGT Editor, S. A. México.
- Reynolds, C. S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge Univ. Press. 384 pp.
- Rueda-Delgado, G. (2002). Método para el estudio de comunidades bénticas fluviales. En: G. Rueda-Delgado. *Manual de Métodos de Limnología*. Asociación Colombiana de Limnología. 47-57 p.
- Tricart, J. (1985). *Pro lagos. Los lagos del Eje Neovolcánico de México*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 266 pp.
- Thorpe, J. H. and Covich, A. P. (1991). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic Press, Inc. USA. 243 pp.
- Uthermöhl, H. (1958). Zur *Cervolkommung der quantitativen phytoplankton methodik*. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* (9):39.
- Wasilewaska, B. E. (1978). *Bottom fauna in ponds with intense fish rearing*. *Ekol. Pol.* 26(4): 513-536.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: lake and river ecosystems*. 3° Ed. Academic Press. 850 pp.