

Aspectos sobre la abundancia y distribución de los principales grupos de la fauna bentónica en el lago “Zempoala”, Morelos, México.

Quiroz Castelán Héctor*
Díaz Vargas Migdalia*
Trejo Albarrán Roberto*
Elizalde Arriaga Edgar Eduardo*

Resumen

El zoobentos es indicador del nivel trófico, y del grado de contaminación, en lagos. Forma parte de los productores secundarios y aprovecha la gran cantidad de nutrientes que el sedimento proporciona. En este trabajo se identificaron sus principales grupos, estimando su abundancia y distribución en el lago “Zempoala”, durante un ciclo anual.

En el periodo otoño-invierno la abundancia fue mayor que en la época primavera-verano con un total de 10612 org/m², dominando el grupo Oligochaeta en la zona litoral y el Cladocera en la profunda. Se presentó un mayor número de organismos en la parte noreste del lago, especialmente la zona litoral. Los grupos del zoobentos presentaron variaciones espaciales y estacionales, y no se registró un patrón de abundancia por localidad de muestreo.

Abstract

The zoobenthos is an indicator of the trophic level in lakes and of their level of pollution.. It is one of the secondary producers, feeding on the great quantity of nutrients furnished by sediments. In this work, the main zoobenthos groups in the Zempoala lake, were identified, and their abundance and distribution was estimated, during a year. Abundance was greater during the Fall-Winter season, than during the Spring-Summer, with a maximum count of 10,612 org/m² and with the Oligochaeta group dominating in the coastal areas, and the Cladocera in the deeper areas. Organisms were more abundant in the northeastern part of the lake, especially in the coastal areas. Environmental parameters altered the population dynamics and the individual development of these organisms. The zoobenthic groups presented spatial and temporal variations, but no patterns by sampling locality were evident.

Introducción

Aquellas comunidades tanto vegetales como animales propias de la interfase sedimento-agua y del mismo sedimento se denominan bentos y viven en íntima relación con el fondo (Sánchez y Ponce, 1996; Payne, 1986; Monson, 1992). Los animales bentónicos que habitan los lagos constituyen un grupo extremadamente diverso, tanto ecológica como taxonómicamente, prácticamente cada taxa de invertebrados que vive en el agua dulce contribuye con el zoobentos (Hutchinson, 1993).

El estudio de la fauna bentónica presenta importancia en aspectos de ecología acuática, dado que forma parte de la red trófica. Asimismo ayuda

a la degradación del sedimento y proporciona nutrientes al medio, por las actividades metabólicas de movimiento y de excreción para que puedan ser utilizados nuevamente por los productores primarios. Ello permite además determinar de un grupo, o varios, como indicadores de condiciones tróficas de un cuerpo de agua (Kajak y Hillbricht-Ilkowska, 1972; Margalef, 1991; Lind, 1985). Desde el punto de vista económico, su presencia y abundancia en el sedimento es benéfica, debido a que pueden ser aprovechados para consumo o como alimento de peces bentófagos. Así los organismos del bentos son una de las fuentes principales de alimentación de especies piscícolas susceptibles de explotación por el hombre, el cual desde décadas atrás se ha preocupado por determinar el tipo de alimento que consumen los peces de importancia económica y alimenticia (Kajak y Hilbricht-Ilkowska 1972; Blandyna, 1978).

*Laboratorio de Hidrobiología de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

El conocimiento de las características de los organismos bentónicos en un sistema acuático es fundamental para relacionarlo con las condiciones del medio, por lo cual se requiere efectuar un monitoreo para que pueda proporcionar los gradientes de distribución en espacio y tiempo, al igual que el estado de trófico del cuerpo de agua (Wiederholm, 1980). Actualmente se considera importante estudiar la fauna del sedimento por sus implicaciones económicas y ecológicas.

Durante la tercera parte de este siglo se han incrementado los estudios relacionados con los organismos componentes del bentos, y los aspectos ambientales de los sistemas en donde se encuentran. Kajak y Hillbricht-Ilkowska (1972) Zeiba (1973) y McLachlan y Cantrell (1976) mencionan que las interacciones que se presentan entre los organismos y el sedimento son diversas, una de ellas es la influencia que este presenta sobre el tamaño de los primeros. Otra es que la profundidad del sedimento determina la colonización por los organismos. Una tercera interacción presente es que las condiciones físicas y químicas del sedimento influyen directamente en la presencia de ciertos grupos. Barnes y Mann (1980) determinaron que la diversidad de las especies es el reflejo de la cantidad y heterogeneidad del sedimento y no tiene ninguna relación con la estabilidad del sistema, ya que esta relación es con la biomasa y el alimento disponible y no así con la profundidad de la columna de agua y la capa de mezcla.

En cuanto a las interacciones pez-bentos, Wasilewska (1978) reportó que una intensificación en la fertilización y elevados números de peces causan cambios en cantidad y composición cualitativa de las comunidades de la fauna bentónica. Prejs y Prejs (1992) determinaron la importancia de la depredación para regular la densidad de la meio y macrofauna y observaron que el descenso en la fauna bentónica estuvo correlacionado con el crecimiento en número de grandes invertebrados móviles y carnívoros y pequeños peces. Sin embargo, la macrovegetación da albergue a dichos organismos.

Serna-Hernández *et al.* (1998) realizaron un estudio con respecto al tipo de alimentación de los invertebrados bentónicos en un sistema de embalses en cascada en Michoacán. Pedraza y Ponce (1995) realizaron estudios respecto a insectos como indicadores ecológicos de contaminación en el lago de Patzcuaro, Michoacán sin encontrar relación alguna entre la comunidad y las características físicas y químicas, concluyendo que el lago es de tipo eutrófico con insectos representativos. Contreras y Navarrete (1995) encontraron 11 grupos zoobentónicos en el embalse "San Miguel Arco", Estado de México, determinando que la distribución y abundancia son influenciados por los cambios en el nivel del agua, así como por el tipo de sustrato. Por otra parte, Pineda *et al.* (1995) realizaron un listado preliminar del bentos de la laguna de Zacapu, Michoacán, encontrando diversos grupos con una alta riqueza genérica en términos generales. Rives y Marqués (1998) encontraron que en lago Huayamilpas, en el D.F., los oligoquetos y quironómidos habitan sitios de alto contenido de materia orgánica; dominando en septiembre los quironómidos y en marzo los oligoquetos, ambos asociados principalmente al sustrato lodo arenoso.

En el lago Zempoala se han realizado diversas investigaciones, entre las cuales se encuentran los estudios de Rioja (1940) sobre algunos invertebrados de los lagos Zempoala y Quila; Ochoa (1969), quien trabajó la fauna epizoica (Protozoa: Ciliata) del crustáceo *Cambarellus montezumae zempoalensis* (ambos trabajos tomados de Bonilla-Barbosa y Novelo, 1995). Hernández (1991) realizó un estudio sobre la distribución y abundancia de *Cambarellus zempoalensis* Villalobos con relación a los parámetros físicos y químicos del agua y Viana (1991) trabajó sobre aspectos tróficos y hábitos alimenticios de la trucha arco-iris.

Por todo lo anterior y considerando la importancia de la caracterización del bentos en los sistemas acuáticos continentales de México, es fundamental realizar estudios en zonas con un gran potencial biótico en el aprovechamiento a futuro, ya sea para conservación y/o utilización de los recursos naturales. En este trabajo se plantea como objetivo analizar algunos aspectos

sobre la abundancia y distribución de los grupos componentes de la fauna bentónica en el lago "Zempoala", Morelos, durante un ciclo anual (1997-98).

Material y métodos

Area de estudio

El Parque Nacional Lagunas de Zempoala se localiza a 65 km al sur de la ciudad de México y a 38 km al norte de la ciudad de Cuernavaca.

Se encuentra entre los 19°06'00" de L.N. y 99°16'00" de L.O. a altitudes comprendidas entre los 2400 y 2800 msnm.

Su posición geográfica es muy importante ya que está enclavado entre tres cuencas hidrográficas: la de México, que lo limita al noreste con la sierra del Ajusco y la de las Cruces; la del río Balsas al sur, a partir de los cerros Cuautépetl, Zempoala; y la Leona y del Río Lerma al oeste, que lo separa por la sierra de Ocuilán, ubicándose en la región hidrológica 18 (la del Balsas) dentro de la cuenca del río Amacuzac y en la subcuenca del río Apatlaco (Bonilla-Barbosa y Novelo, 1995; Ramírez-Pulido, 1969). Los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala pertenecen a la Altiplanicie Mexicana en la Meseta Central o de Anáhuac, a la Provincia del eje Neovolcánico dentro de la Subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac (Arredondo y Aguilar, 1987).

El lago Zempoala es una cuenca lacustre con condiciones hidrológicas estáticas, con escasa circulación de la masa de agua, totalmente encerrado por tierras (Tricart, 1985; Arredondo y Aguilar, 1987). Al lago Zempoala se le conoce también como el número uno o el mayor del sistema de lagos. Es una cuenca endorreica, con drenaje de tipo torrencial que solo lleva agua en la temporada de lluvias. Es alimentado permanentemente por el arroyo Las Trancas, originado del manantial que desciende por el suroeste de los cerros Las Trancas y Campanario (SPP, 1979). Tiene una superficie que va de 10.564 ha en la época de estiaje a 12.34 ha en la época de lluvias; con 401.73 a 508 m de largo máximo en dirección NNE-SSW, con un

ancho máximo de 403.58 m, ancho promedio de 207.9 m y presenta agua durante todo el año (SPP, 1979). Está rodeado de suelos del tipo andosol húmico en su mayor parte, pero hacia el suroeste lo rodea una mezcla de suelos de tipo litosol, andosol húmico y regosol eútrico.

Este sistema acuático fue considerado como objeto de estudio por encontrarse en una reserva ecológica con poca alteración antropogénica y grandes posibilidades de manejo para un buen aprovechamiento de los recursos, además de que cada día se toman más en cuenta este tipo de ecosistemas para su investigación y preservación.

Obtención de datos

Los datos fueron obtenidos durante un ciclo anual (Febrero 1997-Febrero 1998) muestreándose mensualmente, monitoreando los organismos pertenecientes a la macro y meiofauna bentónica. Se establecieron ocho sitios de colecta distribuidos en el área total del lago, cinco de los cuales se ubicaron en la zona litoral y las tres estaciones restantes en la parte central del lago (Fig. 1).

Las muestras se colectaron con una draga Ekman para la zona pelágica y un tubo nucleador en la litoral, delimitando el área de muestreo de 10 cm² a una profundidad de 10 centímetros (como lo mencionan Kajak y Hillbricht-Ilkowska, 1972; Wailawska, 1978 y Wetzel, 1980). Las muestras de fondo se colectaron a partir del octavo mes de muestreo.

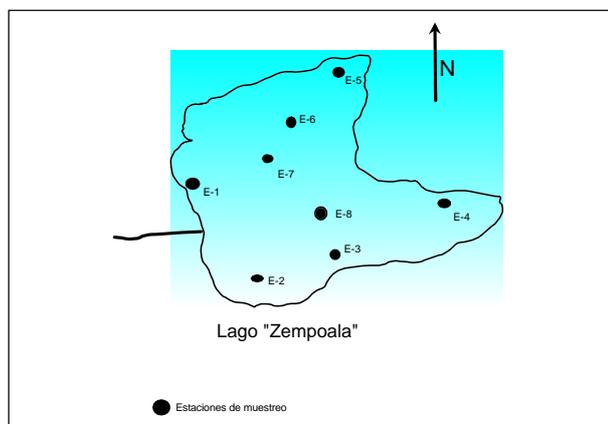


Figura 1 Estaciones de muestreo en la zona litoral y profunda del Lago Zempoala.

La E-1 se localizó en la desembocadura del arroyo "Las Trancas" en la región este del lago, sin macrofitas ni gran cantidad de restos vegetales. La E-2 se ubicó al sur, en una zona pantanosa con gran cantidad de macrofitos conocida como la región de tular. En la parte suroeste se situó la E-3, la cual tiene la característica de permanecer la mayor parte del tiempo sombreada y sin restos vegetales. Al suroeste, en la segunda región pantanosa con presencia de macrofitos se localizó la E-4. En la región noroeste se estableció la E5 en la zona con sustrato rocoso y muy próxima a la desembocadura hacia el lago Compila, observándose pocos restos vegetales, y soleado gran parte del día. Las E 6, 7 y 8 se establecieron en la región central del lago, la primera hacia la parte norte, la segunda hacia el centro y la última en la región noreste. Estas tres con características similares de sustrato completamente limoso y con una gran cantidad de materia orgánica en descomposición.

Las muestras obtenidas se tamizaron para separar a los organismos del sedimento, utilizando una abertura de malla de 0.42 mm (igual que Barnes y Mann, 1980). Posteriormente se fijaron con formol al 4%, se colocaron en frascos para su transporte al laboratorio (como mencionan Wetzel y Likens, 1979). Para la separación y conteo de los organismos se utilizó un microscopio estereoscópico, para facilitar lo anterior, los organismos se tiñeron con rosa de bengala disuelto en alcohol al 70% (Wetzel y Likens, 1979 y APHA *et al.* 1992). La abundancia se expresó en org/m²; para la su identificación se utilizaron las claves taxonómicas de Edmonson (1959), Pennak (1978) y Thorp y Covich (1991).

También se consideraron los datos de precipitación, evaporación y temperatura, registrados en la estación meteorológica de la zona (CNA, 1999). Se determinaron cuatro parámetros físicos y químicos: temperatura del agua y oxígeno disuelto, pH y CO₂ (empleando la técnica colorimétrica propuesta en APHA *et al.* 1992).

Resultados

La abundancia total de los organismos bentónicos en todo el lago se estimó en la zona litoral (cinco estaciones) y en el fondo (tres

estaciones), en el primer caso con un registro mensual durante un año y en la zona profunda durante seis meses. En la primera se observó que, en el mes de febrero, se registraron 940 org/m², en los meses de Marzo 675 org/m² y en Abril la abundancia decreció hasta 207 org/m², presentando un ligero aumento hasta Mayo con 250 org/m² y Junio con 257org/m². Valores menores se presentaron en Julio con 96 org/m², mes en el que se registro la más baja abundancia. A partir de Agosto se incrementaron los valores de manera considerable a 246 org/m² hasta el mes de Noviembre, donde se registraron 972 org/m², mostrando un pequeño decremento en Diciembre con 806 org/m², para volver a incrementarse en Enero'98 hasta los 1095 org/m² que es el valor máximo obtenido. Los valores decrecieron nuevamente en Febrero'98 hasta los 501 org/m². Mostrando una tendencia similar en la zona profunda, en Septiembre se registro una abundancia de 454 org/m² para incrementarse posteriormente a 635 org/m² en Octubre y mantener una variación más o menos constante hasta el mes de Enero'98. Posteriormente, al igual que la zona litoral, el número de organismos decrece a la cantidad mínima de la zona profunda de 285 org/m² en Febrero'98 (Tabla 1).

En un 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 anterior 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. Los valores más altos se registraron en Enero'98 (1747 org/m²), Noviembre (1586 org/m²) y Diciembre'97 (1461 org/m²) y la menor abundancia en Agosto'97 (246 org/m²), Abril'97 (207 org/m²) y Julio'97 (96 org/m²).

En cuanto a la variación de la abundancia total por cada estación en el lago, la máxima se encontró en la E-4 y la mínima en la E2. (Tabla 2).

El análisis de varianza entre las abundancias en las estaciones, mostró diferencias significativas ($P < 0.05$), entre la E-2 con la E-4 y E-5; entre la E-8

Tabla 1.- Registro total por mes de los organismos bentónicos cuantificados en el lago de Zempoala en org/m²

GRUPOS	MESES													Total
	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	
Oligochaeta	806	253	74	92	28	34	187	271	475	683	366	303	52	3624
Chironomida	74	116	70	33	131	3	20	56	27	79	61	126	56	852
Cladocera	0	29	1	8	1	1	3	470	650	606	758	823	354	3704
Copepoda	31	66	11	35	3	1	0	142	108	41	128	207	149	922
Insecta	9	15	11	8	15	0	4	14	13	5	10	1	5	110
Anfípoda	20	190	5	16	4	0	5	10	20	9	11	41	66	397
Hydracarina	0	5	34	53	70	53	21	16	12	62	14	30	42	412
Rotifera	0	1	0	0	0	3	3	65	13	10	20	9	1	125
Nematoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	88	203	60	442
Ostrcoda	0	0	0	4	2	1	0	0	1	0	4	3	0	15
Tardigrada	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	1	0	7
Turbelarida	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3
Gasteropoda	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Decapoda	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Hirudinea	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total	940	675	207	250	257	96	246	1047	1320	1586	1461	1747	786	10618

Tabla 2 Registro total por estación de los organismos bentónicos en el lago de Zempoala en org/m²

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

con la E-4 y E-5 y entre la E-3 y la E-4 relacionado esto también con las menores abundancias en las E-2,3 y 8, así como las mayores en las E-4 y 5.

Los grupos dominantes del bentos en todo el lago considerando la suma de las ocho estaciones fueron, en orden descendiente: Cladocera,

Oligochaeta, Copepoda, Chironomidae, Nematoda, Hydracarina, Anphipoda, Rotifera, Insecta (larvas y adultos) y otros (Fig. 2).

Para las estaciones E-6, E-7 y E-8 el grupo dominante fue Oligochaeta, mientras que Cladocera dominó en las demás.

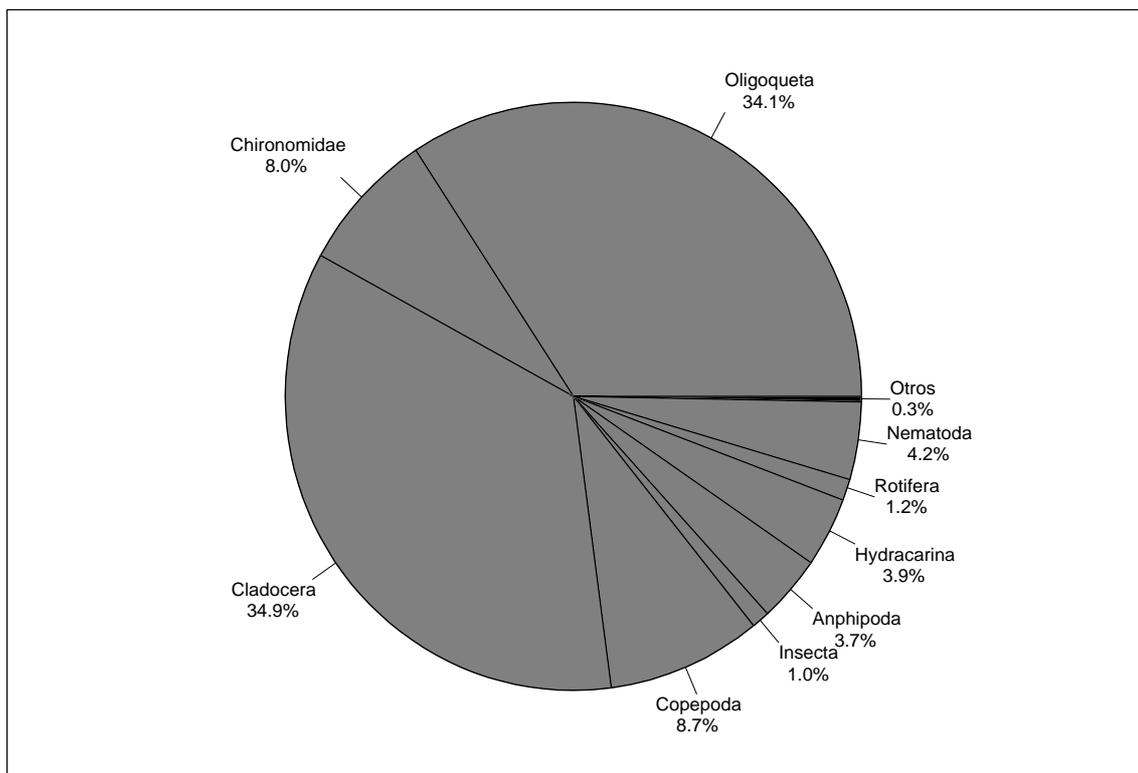


Figura 2.- Principales grupos componentes del bentos en el lago "Zempola" de Febrero de 1997 a Febrero de 1998.

En cuanto a la zona litoral, se observó una mayor cantidad de individuos del grupo oligoqueta en las cinco primeras estaciones, ya que este grupo presenta características adecuadas para su establecimiento en estas zonas, además los oligoquetos o "lombrices" acuáticas forma un componente importante de la fauna bentónica, en particular de los lagos. En segundo lugar los copépodos, algunos géneros como *Diatomus* y *Cyclops* (E-1, E-4 y E-5) y los quironómidos (E-2 y E-3). También fueron encontrados los siguientes grupos en un número considerable de aparición en esta zona: cladóceros, insectos, anfípodos, hydracáridos, rotíferos, nemátodos, ostrácodos, tardígrados, turbeláridos, gasterópodos, decápodos e hirudineos.

Los registros más altos de abundancia en la parte litoral se presentaron en la época otoño-invierno con valores promedio de 14.1°C, 4.5 mg/l de oxígeno disuelto, 2.6 mg/l de CO₂ y 7.0 de pH, inversamente al período primavera-verano, en donde la abundancia disminuyó, al contrario de la temperatura (18.8°C), del oxígeno

no disuelto (5.9 mg/l) y del pH (7.3) y de igual forma que el CO₂ (2.3 mg/l).

El periodo de muestreo para la zona profunda comprendió el último semestre del ciclo anual, con valores promedio de 11.5°C de temperatura, 2.9 mg/l de oxígeno disuelto, 4.9 mg/l de CO₂ y 6.8 de pH. La abundancia se registró de manera descendente durante los seis meses de muestreo: Diciembre'97 (655 org/m²) con el mayor número de organismos reportados y Febrero'98 con el mínimo (285 org/m²); en los cuales el grupo dominante fue el Cladocera, observándose baja diversidad y abundancia de otros grupos de organismos. Sin embargo, los grupos Oligochaeta, Insecta, Hydracarina y Rotifera los siguieron en cuanto a número.

Se registraron tres estaciones en esta región, con los siguientes valores de abundancia: 1188 org/m² en E-6 reportó, 1142 org/m² en E-7 y 960 org/m² en E-8. Esto último de manera descendente, al igual que los datos observados por mes, y semejantes a las condiciones ambientales.

El grupo que presentó un mayor porcentaje durante el muestreo en la zona litoral fue Oligochaeta con el 49.4% del total, seguido por Copepoda con el 12.6%, Chironomidae con 11.5%, Cladocera con 6.2%, Nematoda con 6.0%, Hydracarina con 5.6%, Anphipoda con 5.4%, Rotifera con 1.5%, Insecta con 1.3% y otros con el 0.4%. En el caso de la zona profunda el grupo dominante fue Cladocera con el 99.0% del total.

Conclusiones y discusión

Los resultados obtenidos indican que la abundancia bentónica está relacionada con la estacionalidad, ya que se observó una disminución durante el período primavera-verano y un incremento en otoño-invierno. Los datos de abundancia son semejantes a los reportados por Bazzanti *et al.* (1998); quien indica una pobre riqueza de taxas, densidad y diversidad en el verano, probablemente debida a la reducción de oxígeno en el hipolimnion y una ligera mejora en invierno, cuando ocurre la reoxigenación.

Las estaciones 4 y 5 tuvieron las mayores abundancias debido probablemente al tipo de sustrato, y a que las condiciones de iluminación y radiación solar fueron mejores que para el resto. Aunado a ello, se considera la forma del lago ya que supondría se trata de una zona en donde se encuentra depositada la mayor cantidad de nutrientes y materia orgánica. Esto implica que presenta las condiciones optimas para el establecimiento de las comunidades bentónicas.

La alta incidencia del grupo Oligochaeta en las cinco estaciones del litoral indica el alto contenido de nutrientes y materia orgánica que contiene el sedimento, el cual se encuentra colonizado por bacterias y otros microorganismos epífitos de la vegetación macrofítica. Esto porque dichos organismos pueden soportar bajas concentraciones de oxígeno y forman un componente importante dentro de la fauna bentónica. Su distribución y abundancia está correlacionada con la composición particular del sustrato (Wetzel, 1980).

La mayor cantidad de oligoquetos se reportó en las estaciones cuatro y cinco, localizadas en la parte noroeste del lago (efluente

hacia el lago Compila), la cual presenta condiciones de gran incidencia solar, alto contenido de materia orgánica depositada, sedimento arenoso y un mayor movimiento de la masa de agua.

El segundo grupo en importancia de ocurrencia fue el de los quironómidos; y entre las características que mostró durante el período de muestreo fue la coloración verde, que indica una buena concentración de oxígeno tanto en la columna de agua como en la interfase sedimento-agua del fondo, ya que tienden a vivir sobre o dentro del sedimento y construir galerías con la ayuda de secreciones corporales y pueden soportar condiciones de hasta 1 mg/l, (Payne, 1986; Malhorta *et al.*, 1995; Zeiba, 1973; Pedraza y Ponce, 1995; Rives-Romero y Márquez-García 1998) valor que solo se reportó en el mes de Enero'98.

La estación uno mostró una tendencia similar a la abundancia total durante el año de colecta, con una baja cantidad de organismos encontrados en la época de lluvias y un incremento en los últimos meses de muestreo (estiaje); sin embargo, la estación dos presentó una variación constante, con incrementos considerables en los meses de marzo, junio, octubre y enero, ambas situadas muy próximas a la zona de entrada de agua hacia el lago. La estación tres, al igual que la uno, presento una baja cantidad de individuos en el período de lluvias, observándose las mismas características en el resto de las estaciones de la zona litoral, lo que nos indica condiciones un tanto estables en las áreas de colecta, a excepción de la segunda, la cual presenta características muy particulares, ya que el afluente es constante y por lo tanto la dinámica es muy diferente al resto del lago.

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. El resto de los grupos encontrados para todas las áreas de muestreo son

los siguientes: ostrácodos, tardígrados, turbeláridos, gasterópodos, decápodos e hirudíneos, con muy pocos representantes por localidad. La mayoría de estos organismos son filtradores, ya que consumen el sedimento para aprovechar los microorganismos que contiene como bacterias, algas y detritus particulados, aunque también se encuentran algunos carnívoros microfagos, como los oligoquetos, herbívoros, como ciertos nemátodos, lo que nos explica de cierta forma su presencia en la zona litoral en donde se encuentran las macrofitas. Además pueden soportar bajas concentraciones de oxígeno disuelto, lo que los hace más resistentes a los cambios que se puedan presentar a través del tiempo.

Los datos obtenidos del análisis de las muestras colectadas en las ocho estaciones, así como su relación con algunos parámetros físicos y químicos, muestran la distribución y diversidad de los grupos de invertebrados pertenecientes al bentos lacustre y profundo, así como su abundancia espacial y temporal. El zoobentos profundo presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) en cuanto al número de organismos y grupos encontrados en la zona litoral, registrándose esta última como la más rica en diversidad y abundancia. Esto concuerda con Malhorta, *et al.* (1995) quienes observaron que la zona litoral y sublitoral se presenta la mayor abundancia. Todos estos grupos son propios del hábitat bentónico, sin embargo existen algunos que presentan hábitos migratorios y sólo parte de su ciclo de vida o historia de vida la pasan en esta área como algunos insectos, además pueden presentar tolerancia a condiciones de eutrofización y cubrir un amplio rango de requerimientos ecológicos (Barnes y Mann, 1980). Por otra parte y de acuerdo a lo anterior, los lagos con una elevada profundidad nunca presentan una alta biomasa bentónica. Al contrario de aquellos con características inversas que presentan una mayor biomasa, misma que es reemplazada varias veces al año; lo cual ayuda a que la materia orgánica depositada regrese a la columna de agua en forma de amonio, nitrato, fosfatos, etc., variando su densidad de una zona a otra del sistema y decreciendo progresivamente con la profundidad (Barnes y Mann, 1980). Esto

se observa claramente en este trabajo, ya que la diversidad de taxas disminuye considerablemente de la zona litoral a la profunda.

Se observó a la región noreste como la más apropiada para el establecimiento y desarrollo de las comunidades bentónicas, ya que presenta un mayor período de iluminación, movimiento del agua y un sustrato arenoso. Ello nos indica que el estado trófico de un lago afecta la biomasa del zoobentos, además de que la transparencia y la morfometría del lago guardan una estrecha relación con la biomasa de la macrofauna, existiendo una proporcionalidad directa entre el aporte disponible de alimento y la biomasa de los organismos que la sostienen (Margalef, 1991; Palomäki, 1994).

El grupo Oligochaeta dominó en los cuatro primeros meses de muestreo. En los siguientes dos, los grupos dominantes fueron Chironomidae (Junio) e Hydrocarida (Julio), volviendo a presentar la mayor abundancia los oligoquetos en el resto del periodo de muestreo, a excepción de Febrero'98, en donde prevaleció el grupo Copepoda. Esto coincide con lo reportado por Rives-Romero y Márquez-García (1998), quienes encontraron que Oligochaeta y Chironomidae habitan sitios de alto contenido de materia orgánica, principalmente en sustratos lodo-arenosos. Además, estos grupos tienen en común la alimentación detritófaga, la posesión de hemoglobina y el movimiento serpenteante, que impulsa el agua a lo largo del cuerpo. Este movimiento y la construcción de galerías perturban la estructura superficial del sedimento y el número de especies puede ser muy grande y de enorme importancia en la clasificación de los lagos de acuerdo a la variación en la tolerancia de oxígeno y otras condiciones ambientales (Margalef, 1991; Hutchinson, 1993).

Algunas relaciones con parámetros físicos y químicos se presentaron probablemente durante el fin del estiaje y principios de la época de lluvias, como lo mencionan Prejs y Prejs (1992), debido a que el decline de la fauna bentónica puede estar asociado con el crecimiento en número de grandes invertebrados móviles, carnívoros y pe-

queños peces o por la emergencia durante este periodo o, como lo indica Iwakuma (1992), a consecuencia del aumento de la temperatura.

La presencia de determinados grupos en la zona profunda puede estar relacionada con las características propias de estos, ya que probablemente sean completamente bentónicos y se encuentran en esta zona una gran cantidad de alimento disponible. Además estos organismos se desplazan sobre superficies vegetales, por lo que se podría suponer que con la época de estiaje las plantas acuáticas invadan la zona profunda y por lo tanto se encuentren en gran cantidad en esta región; y el resto solo permanezcan parte del día en esta área. Los demás grupos encontrados en la zona profunda son los siguientes: copepoda, amphipoda, nematoda y ostracoda (con muy pocos representantes). Estos disminuyeron en cuanto a diversidad y densidad con el aumento de la profundidad, debido probablemente a las características de gran concentración de materia orgánica en descomposición, reacciones metabólicas y liberación de nutrientes, lo que hacen a esta región un tanto selectiva para el establecimiento de ciertas comunidades zoobentónicas (Wetzel, 1980)

Algunas de las principales relaciones entre los invertebrados bentónicos pueden estudiarse estableciendo una comparación entre la fauna del litoral y la fauna de la zona profunda. Cuando los lagos se hacen más productivos y el estrato hipolimnetico sufre períodos de reducción de oxígeno, junto con un incremento de los productos metabólicos de la descomposición microbiana, el número de animales decrece extraordinariamente. Ello se observa, de cierta forma, con el incremento de la profundidad, ya que la zona profunda presenta condiciones de altas concentraciones de nutrientes y descomposición de materia orgánica, al igual que un decremento en la concentración de oxígeno. Esto se ve reflejado también en la baja productividad bentónica como en su abundancia y diversidad (Wetzel, 1980).

La fauna bentónica fue generalmente caracterizada por un alto número de taxa y densidad, decreciendo ambos significativamente con el incremento de la profundidad. El

sedimento de un cuerpo de agua puede ofrecer una gran diversidad de refugios, lugares habitables y alimento disponible, por lo cual la colonización es muy factible para aquellos organismos propios de estas condiciones. Probablemente lo anterior se debió a que la zona litoral del lago Zempoala ofrece una gran cantidad de estos refugios, gracias a los macrofitos que ahí se albergan.

Downing (1979) menciona que es fácil obtener una estimación precisa en pequeños diámetros de muestreo, lo que se ve en este trabajo. Contrariamente a lo que indican Cheal *et al.* (1993), quienes lo consideran inapropiado y aseguran que la draga es el método más eficiente para la colecta en la zona profunda y con el cual se obtiene una cantidad considerable de organismos. Sin embargo, en la región central sólo se encontraron algunos grupos y muy pocos representantes de estos, a excepción de los cladóceros, lo cual no significa que el método sea el inadecuado sino que puede deberse a las condiciones ambientales de la zona y a las características propias de los organismos. Brooks (1994) estima que las comunidades de invertebrados acuáticos pueden ser monitoreadas, descritas y manipuladas con equipo relativamente simple en escalas temporales y espaciales apropiadas a las perspectivas de dichas comunidades, lo cual se pretendió en este trabajo.

Por otro lado, la fluctuación en general de la abundancia a lo largo del período de muestreo, mostró un aumento del número de organismos en la época de otoño-invierno, lo que se relaciona con la recuperación de la comunidad después del período de lluvias, el cual trae consigo un incremento de nutrientes y materia orgánica e inorgánica en la entrada de agua. Este ascenso de las comunidades de invertebrados bentónicos puede utilizarse como indicador de la degradación o reintegración del medio, porque el bentos refleja las condiciones ambientales (Jackson, 1993).

En el período primavera-verano la baja abundancia de organismos bentónicos puede estar relacionada con el aumento de la temperatura que influye directamente el metabolismo de los organismos; lo cual se ve reflejado en la migración de muchos de ellos fuera

del cuerpo de agua al haber terminado la fase acuática en su ciclo de vida. Sin embargo puede deberse a la depredación por otros de tamaño superior, ya que su actividad metabólica se acelera y requieren gran cantidad de alimento; así como también por el mayor movimiento de la masa de agua gracias al efecto de las lluvias, ya que al aumentar la intensidad de las corrientes del fondo el desarrollo de las comunidades es inhibido o decrece considerablemente (Prejs & Prejs, 1992; Iwakuma, 1992).

Los valores de los parámetros físicos y químicos registrados (oxígeno disuelto, CO₂, pH y temperatura del agua) sólo indican una ligera relación con el desarrollo de las comunidades, ya que presentan pequeñas variaciones durante el período de muestreo propias de las condiciones ambientales. Sin embargo, los valores reportados en el ciclo de colecta no indican condiciones adversas para los organismos, ya que estos pueden soportar variaciones considerables de estos, sin ser afectados drásticamente, lo que no significa que los individuos de un ecosistema no se vean alterados por los cambios ambientales.

Respecto a la comunidad de la zona profunda, esta no presentó variaciones muy notables, debido a que la toma de muestras se realizó durante el período de estiaje, en el cual se presentan condiciones muy estables. El hecho de que sólo un grupo halla sido el dominante durante todo ese tiempo, nos indica que esta zona es un tanto selectiva y que pocos organismos pueden soportar estas condiciones.

El lago Zempoala es considerado por García-Rodríguez y Tavera (1998), en un estudio sobre el fitoplancton, como un cuerpo de agua eutrófico. Por lo anterior, el sedimento es rico en materia orgánica y nutrientes tanto alóctonos como autóctonos; por ello su flora y fauna son muy variadas, puesto que se desarrollan en condiciones de gran disponibilidad de alimento, lo que es benéfico para el establecimiento de una gran cantidad de organismos. Sin embargo, debido a estas características de alta diversidad de grupos, algunos autores consideran a este sistema como mesotrófico, pero con tendencia a la eutrofia.

Respecto a la fauna propia del sedimento, no se han realizado estudios profundos en este lago, por lo cual es interesante tratar de saber el por qué de dichas diferencias entre la zona del litoral y la profunda. Debido a que este trabajo es una parte de lo que puede hacerse para tratar de determinar la dinámica de este cuerpo de agua, es de gran trascendencia determinar los grupos y las especies existentes en este sistema. Aquí se aporta un instrumento más para el conocimiento y una posterior utilización de este lago para el mejoramiento en el manejo de los sistemas naturales dulceacuícolas continentales.

Bibliografía

- APHA, IWWA, WRCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Editorial Díaz de Santo, España. 10-106 10-121.
- 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. En: Gómez, A. S. y Arenas, F. B. (Eds.). Contribuciones en hidrobiología. UNAM, México. 91-133 pp.
- Barnes, R. S. K. and Mann K. H. 1980. Fundamentals of Aquatic Ecosystems. Blackwell Scientific Publications. Great Britain. 229 pp.
- Bazzanti, M.; Seminara, M. and Baldon, S. 1998. Assessing hypolimnetic stress in a monomictic, eutrophic lake using profundal sediment and macrobenthic characteristics. *Journal Freshwater Ecology*. 13:405-412.
- Blandyna, E. W. 1978. Bottom fauna in ponds with intense fish resring. *Ekol. Pol.* 26(4): 513-536.
- Bonilla-Barbosa, J. R. y Novelo, R. A. 1995. Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Cuadernos IBUNAM. Instituto de Biología. UNAM. México. 168 p.
- Brooks, S. 1994. An efficient and quantitative aquatic benthos sampler for use in diverse habitats with variable flow regimens. *Hydrobiologia* 281:123-128.
- Cheal, F., Davis, J. A., Growns, J. E., Bradley, J. S. & Whittles, F. H. 1993. The influence of sampling method on the classification of wetland macroinvertebrate communities. *Hydrobiologia* 257: 47-56.
- C. N. A., 1998. Datos Meteorológicos. Subgerencia Regional Técnica. Estación Meteorológica Huitzilac.

- Contreras, R. G. y Navarrete, S. N. A. 1995. Distribución y abundancia de los grupos zoobentónicos presentes en el embalse "San Miguel Arco", del Estado de México. XII Congreso Nacional de Zoología. Morelia, Michoacán, México.
- Downing, J. A. 1979. Agregation, transformation and the desing of benthos sampling programs. *J. Fish. Res. Board Can.* 36:1454-1463.
- Edmonson, W. T. 1959. Fresh-Water Biology. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc., N.Y. 1248 p.
- García-Rodríguez, J. y Tavera, R. 1998. Fitoplancton del Lago Zempoala. *Bol. Soc. Bot. México.* 63:85-100.
- Hernández, N. L. E. 1991. Distribución y abundancia de *Cambarellus zempoalensis* Villalobos, en relación a parámetros físico-químicos en el Lago Zempoala, Morelos, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. UAEM. 41 p.
- Hutchinson, E. G. 1993. A Treatise of Limnology. Volumen IV. The Zoobenthos. Editorial Wiley. USA. 944 p.
- Iwakuma, T. 1992. Emergence of Chironomidae from the shallow eutrophic Lake Kasumigaura, Japan. *Hydrobiología* 245:27-40.
- Jackson, D. A. 1993. Multivariate analysis of benthic invertebrate communities, the implication of choosing particular data standardization, measures of association, and ordination methods. *Hydrobiologic* 268:9-26.
- Kajak, Z. & Hillbricht-Ilkowska. 1972. Analysis of the influence of fish on benthos by method of enclosures. pp 781-783. In: Productivity problems of Freshwaters. PWN. Polish Sientific Publishers, Warsaw-Krakow.
- Lind, O. 1985. Handbook of common methods in limnology. Kendall Publishing Company. Dubuque, Iowa. 199 p.
- Malhotra, Y. R., Grupta, K. & Khajuria, A. 1995. Macrozoobenthos of Lake Menser. (J & K) India. Congreso de Limnología, Brasil.
- Margalef, R. 1991. Ecología. Editorial Omega, S. A. España. 951 p.
- McLachlan, A. J. & Cantrell, M. A. 1976. Sediment development and its influence on the distribution and tube structure of *Chironomus plumosus* L. (Chironomidae, Diptera) in a new impoundment. *Freshw. Biology.* 6:437-443.
- Monson B. A. 1992. A primer on limnology. Public Report Series # 6. Water Resources Research Center. USA. 4 p.
- Palomäki, R. 1994. Response by macrozoobenthos biomass to water level egulation in some finnish lake littoral zones. *Hidrobiología.* 286: 7-26.
- Payne, A.I. 1986. The Ecology of Tropical Lakes and Rivers. Jhon Wiley and Son. Great Britain. 301 p.
- Pedraza, B. A. y Ponce, S. J. 1995. Insectos bentónicos del Lago de Patzcuaro, Michoacán, México. XII Congreso Nacional de Zoología, Morelia, Michoacán, México. 75-76 p.
- Pennak, R. W. 1978. Fresh-water Invertebrates of the United States. 2nd. Ed. John Wiley & Sons, N. Y. USA. 803 p.
- Pineda, M. I. S., Calderón, A. J. B., Estrada, M. R. y Pérez, M. R. M. 1995. Listado preliminar de la comunidad de perifiton animal de la Laguna de Zacapú, Michoacán, México. XII Congreso Nacional de Zoología, Morelia, Michoacán, México. 77-78 p.
- Prejs, K. & Prejs, A. 1992. Importance of predation in regulating density of meio-and macrofauna in seasonal tropical waters. *Hydrobiología* 242:77-86.
- Ramírez-Pulido, J. 1969. Contribución al estudio de los mamíferos del Parque Nacional "Lagunas de Zempoala", Morelos, México. *Ann. Inst. Biol. UNAM, México* 40(2):253-290.
- Rives-Romero, C. L. y Márquez-García, A. 1998. El zoobentos y su relación con los sedimentos del lago Huayamilpas, Del. Coyoacán, México, D.F. I Congreso Nacional de Limnología. Morelia, Michoacán, México. Pág 29.
- Sánchez, R. M. P. y Ponce, M. M. E. 1996. Métodos Hidrobiológicos II. Estudio y colecta de organismos marinos, estuario-lagunar y de agua dulce. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztpalapa, México. 208 p.
- SPP. 1979. Síntesis gráfica y descriptiva. Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Parques Nacionales. México, D. F.
- Serna-Hernández, J., López, E. y Contreras, R. A. 1998. Gremios alimentarios de los macroinvertebrados de un sistema de embalses en cascada en Michoacán, México. I Congreso Nacional de Limnología. Pág. 31.
- Thorp, J. H. & Covich, A. P. 1991. Ecology and classification of North American freshwter invertebrates. Academic Press, Inc. USA.

Tricart, J. 1985. Pro-lagos, Los Lagos del Eje Neovolcánico de México. Inst. Geografía. UNAM, México. 66 p.

Viana, L. J. A. 1991. Espectro trófico y hábitos alimentarios de la trucha arco-iris *Oncorhynchus mykiss* walbaum (Pisces:Salmonidae) del Lago Zempoala, Morelos, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM. 40 p.

Wasilewska, B. E. 1978. Bottom fauna in ponds with intense fish rearing. *Ekol. Pol.* 26(4): 513-536.

Wetzel, R.G. 1980. Limnología. Ediciones OMEGA, España. 679 p.

Wetzel, R. G. & Likens, E. G. 1979. Limnological analysis. W. B. Saunders Co., London.

Wiederholm, T. 1980. Use of benthos in lakes monitoring. Swedish Environmental Protection Board, Uppsala, Sweden. *Acta. Univ. Carol. Biol.* (Simposium de Chironomidae). 537-547.

Zeiba, J. 1973. Macrobenthos of ponds with sugar factory wastes. *Acta Hydrobiol.* 15 (1): 113-129.