

113



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

DENSIDAD Y BIOMASA DE LA MEIOFAUNA DE LA ZONA LITORAL DE LOS LAGOS-CRATER LA PRECIOSA, ALJOJUCA Y ATEXCAC, PUEBLA, MEXICO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

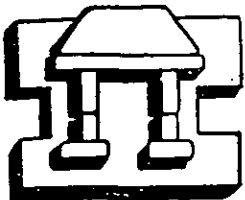
B I O L O G O

P R E S E N T A

MARIBEL ROJAS CANCINO

DIRECTOR DE TESIS:

DOCTOR EN CIENCIAS JAVIER ALCOCER DURAND



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEXICO

2001

298707



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está 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 mis padres **JOSEFINA** y **LEONARDO** por su apoyo incondicional, sin ustedes no hubiera sido posible ser lo que soy, además me han alentado a seguir siempre adelante y a realizar todos mis proyectos. Gracias son los mejores padres. Los amo.

A mis hermanos **LALO** y **MARTÍN** por todos los momentos alegres que hemos compartido, especialmente a mi hermana **VICKY** por toda su ayuda y comprensión. Gracias por ser los mejores hermanos.

Al más pequeñito de mi familia "**LALITO**" por que le ha dado a mi vida otra tonalidad con su alegría e ingenuidad. Te quiere tu tía.

A toda mi familia por su apoyo, incluyendo a mi cuñada **FATIMA** y especialmente a mi tía **ALEJANDRA**.

A mi gran amiga **ROSA LAURA (+)** por que a pesar de la distancia sigues ocupando una parte importante de mi vida. Nunca te olvidare.

A todas aquellas personas que he conocido y de las cuales he aprendido gracias a sus valiosos consejos .

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Javier Alcocer Durand por el apoyo y dirección en la realización de este trabajo.

A CONACyT por el otorgamiento de beca-tesis y apoyo económico a través de los proyectos 0956-N9111 y 25430-T , así mismo a DGAPA por el proyecto IN204597.

A los sinodales por su revisión y sugerencias hechas que enriquecieron el presente trabajo de tesis.

Dra. Elva Escobar Biones

Dr. Alfonso Lugo Vázquez

M. en C. Rafael Chávez López

Biol. Felipe de Jesús Cruz López

A Laura Peralta por el apoyo en la realización de esta tesis, además de su amistad y a Luis Oseguera por el apoyo brindado en este trabajo.

A todos los que laboran en el laboratorio de Limnología, UIICSE, UNAM *IIES* Iztacala, que hicieron grato el trabajo de laboratorio, especialmente a la Dra. Rosario Sánchez.

A mis amigos Adrian, Adriana, Barbara, Eduardo, Elba, Erick, Carmen, Francisco, Guadalupe, Isaac, Israel, Jaime, Joel, José Luis, Juan Antonio, Lisset, Martín, Miguel, Nicolás, Pedro Mesa, Rosalinda, Víctor López y Víctor Martínez.

## CONTENIDO

Agradecimientos .....	i
Dedicatoria .....	ii
Indice de figuras.....	iii
Indice de tablas.....	iii
Resumen .....	1
Introducción .....	2
Objetivo .....	5
Área de estudio .....	6
Antecedentes.....	11
Método.....	13
Caracterización biológica.....	14
Densidad.....	14
Biomasa .....	15
Resultados.....	16
Caracterización biológica.....	16
Composición específica .....	16
Distribución.....	18
Riqueza taxonómica.....	18
Asociación de estaciones.....	19
Densidad y biomasa promedio anual .....	20
Variación temporal (densidad y biomasa) por lago .....	22
Variación temporal (densidad y biomasa) por taxón.....	25
Frecuencia <i>versus</i> Abundancia.....	32
Discusión.....	33
Composición específica .....	33
Distribución .....	33
Riqueza taxonómica .....	34
Densidad y biomasa promedio anual.....	35
Variación temporal (densidad y biomasa) por lago.....	37
Variación temporal (densidad y biomasa) por taxón .....	37
Conclusiones .....	40
Bibliografía .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Localización geográfica de los lagos-cráter de Puebla, México.....	7
Fig. 2.	Localización de las estaciones de muestreo en los lagos-cráter de Puebla, México .....	10
Fig. 3.	Dendrograma de asociación de estaciones de muestreo de los lagos-cráter con base en la densidad ( $\text{org}/\text{m}^2$ ) de las especies.....	19
Fig. 4.	Variación temporal de la densidad de los lagos-cráter de Puebla, México.....	23
Fig. 5.	Variación temporal de la biomasa de los lagos-cráter .....	24

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características ambientales de la zona litoral de los lagos-cráter de Puebla, México.....	13
Tabla 2	Lista taxonómica del meiobentos en la zona litoral de los lagos-cráter de Puebla, México.....	16
Tabla 3	Ubicación de las diferentes especies del meiobentos en la zona litoral de los Lagos-cráter de Puebla, México.....	17
Tabla 4	Variación temporal de la riqueza taxonómica del meiobentos litoral de los lagos-cráter: La Preciosa, Aljojuca y Atexcac .....	18
Tabla 5	Promedio anual de la densidad y biomasa de los lagos-cráter .....	21
Tabla 6	Variación temporal de la densidad (DE), abundancia (ABUN) y biomasa (BIO) del meiobentos de La Preciosa .....	26
Tabla 7	Variación temporal de la densidad (DE), abundancia (ABUN) y biomasa (BIO) del meiobentos de Aljojuca .....	28
Tabla 8	Variación temporal de la densidad (DE), abundancia (ABUN) y biomasa (BIO) del meiobentos de Atexcac.....	31
Tabla 9	Especies dominantes (D), estacionales (E) y raras (r) de los lagos-cráter .....	32
Tabla 10	Comparación de la densidad y biomasa promedio del meiobentos litoral de los lagos-cráter de Puebla, México con otros cuerpos acuáticos.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Localización geográfica de los lagos-cráter de Puebla, México.....	7
Fig. 2.	Localización de las estaciones de muestreo en los lagos-cráter de Puebla, México .....	10
Fig. 3.	Dendrograma de asociación de estaciones de muestreo de los lagos-cráter con base en la densidad ( $\text{org}/\text{m}^2$ ) de las especies.....	19
Fig. 4.	Variación temporal de la densidad de los lagos-cráter de Puebla, México.....	23
Fig. 5.	Variación temporal de la biomasa de los lagos-cráter .....	24

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características ambientales de la zona litoral de los lagos-cráter de Puebla, México.....	13
Tabla 2	Lista taxonómica del meiobentos en la zona litoral de los lagos-cráter de Puebla, México.....	16
Tabla 3	Ubicación de las diferentes especies del meiobentos en la zona litoral de los Lagos-cráter de Puebla, México.....	17
Tabla 4	Variación temporal de la riqueza taxonómica del meiobentos litoral de los lagos-cráter: La Preciosa, Aljojuca y Atexcac .....	18
Tabla 5	Promedio anual de la densidad y biomasa de los lagos-cráter .....	21
Tabla 6	Variación temporal de la densidad (DE), abundancia (ABUN) y biomasa (BIO) del meiobentos de La Preciosa .....	26
Tabla 7	Variación temporal de la densidad (DE), abundancia (ABUN) y biomasa (BIO) del meiobentos de Aljojuca .....	28
Tabla 8	Variación temporal de la densidad (DE), abundancia (ABUN) y biomasa (BIO) del meiobentos de Atexcac.....	31
Tabla 9	Especies dominantes (D), estacionales (E) y raras (r) de los lagos-cráter .....	32
Tabla 10	Comparación de la densidad y biomasa promedio del meiobentos litoral de los lagos-cráter de Puebla, México con otros cuerpos acuáticos.....	36

## Resumen

En La Cuenca Oriental, al este del estado de Puebla, se ubican los lagos-cráter La Preciosa, Aljojuca y Atexcac conocidos localmente como axalapazcos (del náhuatl que significa "vasijas de arena llenas de agua"). Su alimentación principal es a través del manto freático y en menor medida, por la precipitación pluvial directa. Cada lago puede ser considerado como un ecosistema en diferente grado de complejidad ecológica, representado por un gradiente de salinidad y estado trófico. Se determinó la composición y estructura (riqueza taxonómica, densidad, abundancia y biomasa) de la comunidad del meiobentos litoral de cada lago, a través de cinco muestreos bimestrales (marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre de 1990) y siete sitios de muestreo (3 en La Preciosa, 3 en Aljojuca y 1 en Atexcac). La obtención de las muestras se llevó a cabo con un nucleador manual de 4 cm de diámetro. Estas fueron preservadas con formaldehído adicionado con Rosa de Bengala. Los organismos se separaron con un tamiz de 0.062 mm. Posteriormente fueron identificados y cuantificados. La meiofauna de estos lagos estuvo compuesta por 11 taxa pertenecientes a los nemátodos, oligoquetos, anfípodos, ostrácodos, copépodos harpacticoides y quironómidos. El lago con mayor riqueza taxonómica correspondió a Aljojuca con diez taxa, seguido de La Preciosa con nueve taxa y Atexcac con sólo seis taxa. Los valores máximos de densidad y biomasa promedio anual fueron para La Preciosa con  $35,867 \pm 24,631 \text{ org/m}^2$  ( $0.256 \pm 0.215 \text{ gC/m}^2$ ), mientras que los menores correspondieron a Atexcac con  $3,980 \pm 1,978 \text{ org/m}^2$  ( $0.01 \pm 0.004 \text{ gC/m}^2$ ). La variación temporal de la densidad y biomasa para los tres lagos-cráter, presentó una tendencia a disminuir a lo largo del ciclo de muestreo. Los taxa dominantes en estos lagos fueron *L. hoffmesteri* y los nemátodos. La composición de los lagos-cráter con respecto a otros lagos del mundo (Lago Michigan, E.U., Lago Mitrofan, Rusia, Lago Paajarvi, Finlandia, entre otros) resultó ser similar a la registrada en el presente estudio. La densidad de los lagos-cráter presentó valores bajos con respecto a otros cuerpos acuáticos de algunos países. En cuanto a la biomasa registrada en los lagos-cráter esta fue similar a otros lagos. Cabe mencionar que se comparte a los nemátodos como organismos dominantes, con otros lagos y que al identificarlos podría aumentar la riqueza taxonómica de los lagos-cráter.



## Introducción

Se denomina “bentos” a la asociación de especies que viven en o sobre el sedimento litoral o profundo, de los cuerpos acuáticos. Ésta se encuentra regulada por numerosas variables ambientales, algunas de las cuales parecen operar directamente para determinar la presencia de ciertas especies, su adaptación, distribución, crecimiento, productividad y potencial reproductivo (Wetzel 1983). Los grupos que componen al bentos se dividen en tres categorías de acuerdo a su tamaño. La macrofauna está integrada por aquellos organismos que son retenidos en un tamiz de 0.59 mm de apertura de malla (APHA *et al.* 1985, Weber 1973, Wetzel y Likens 1979) a los que pasan a través de esta malla, pero que son retenidos por una de 0.062 mm se les denomina meiofauna. Finalmente, el microbentos está constituido por organismos inferiores a 0.062 mm (Gray 1981). La mayoría del bentos de aguas epicontinentales alcanzan su máxima densidad en aguas superficiales y disminuye considerablemente conforme aumenta la profundidad (Thorp y Diggins 1982, Diggins y Thorp 1985 *in* Thorp y Covich 1991).

Uno de los componentes bentónicos al cual se le ha prestado poca atención en ambientes tropicales es la meiofauna debido a su talla reducida, que es abundante pero rara vez identificada (Thorp y Covich 1991). Existen pocos estudios sobre la ecología de la comunidad meiofaunal, especialmente en lagos y aguas corrientes (Schiemer *et al.* 1969, Biro 1973, Särkkä y Paasivirta 1972, Holopainen y Paasivirta 1977, Pehofer 1989 *in* Martens y Schockaert 1986). Los registros sobre la densidad y biomasa de la meiofauna en aguas mexicanas son escasos y se refieren principalmente, a las aguas marinas (Escobar *et al.* 1997). Los primeros estudios cuantitativos de la meiofauna lacustre son los de Strayer (1985 *in* Giere 1993).

La mayoría de la macrofauna prevalece haciendo madrigueras, mientras que la meiofauna se restringe a los centímetros más superficiales del sedimento, donde éste consiste de arena fina y lodos ricos en partículas orgánicas y frecuentemente cubiertos con plantas. La concentración de sustancias inorgánicas y orgánicas disueltas es, a menudo, de 40 a 50% más alta que en el resto del agua del lago (Giere 1993).

La meiofauna está constituida principalmente por nemátodos, copépodos harpacticoides, ostrácodos, oligoquetos juveniles y larvas de quironómidos. Sin embargo, datos de la literatura muestran muchas variaciones ya que también se han registrado turbeláridos (ocasionalmente), gastrotricos y cladóceros. Estas variaciones parecen depender de la localidad geográfica y la situación climática del cuerpo de agua estudiado. Las fluctuaciones estacionales determinan la dinámica poblacional y proporcionan comparaciones cuantitativas de lagos climática y estacionalmente diferentes (Giere 1993).

La distribución meio bentónica está relacionada principalmente con las variables físicas y químicas. Así mismo, el hábitat de la meiofauna se caracteriza por dos factores principales: tamaño del grano del sedimento (textura) y movimiento del agua (dinamismo). El tamaño y compactación del grano determinan el espacio aprovechable en medio de éstos por lo que se considera a la meiofauna como hábitat intersticial (Coull y Bell 1979 *in* Martens 1986). Existen estudios que sugieren que la distribución de la meiofauna es generada por preferencias alimenticias selectivas y directa o indirectamente, por las interacciones tróficas (Findlay 1981, Fleeger *et al.* 1990, Blanchard 1991, todos citados *in* Giere 1993).

La correlación entre la estructura del sedimento y la distribución de la meiofauna es bastante grande, particularmente en áreas litorales; este hecho está relacionado directamente con la dominancia y diversidad de la meiofauna, donde el contenido orgánico del sedimento es un factor nutricional decisivo para la densidad y abundancia de los organismos (McLachlan *et al.* 1981 *in* Giere 1993). Este patrón de distribución en la zona litoral refleja la disponibilidad de oxígeno, heterogeneidad del hábitat y recursos alimenticios, todos estos mayores en la zona litoral, donde las macrofitas reducen la depredación ya que son refugio de los organismos que tienen dificultad para escapar de los depredadores (Hershey 1985 *in* Thorp y Covich 1991).

La meiofauna juega un papel ecológico importante ya que forma parte de la dieta de organismos de niveles tróficos superiores muchos de ellos de interés comercial (Herman y Heip 1985, Laserre 1979 *in* Escobar *et al.* 1997). Algunos estudios demuestran el papel importante de la meiofauna como alimento de la macrofauna; ésta representa el final de una larga cadena alimenticia.

Las especies de micro y meiobentos son difíciles de detectar en el contenido estomacal de animales y por lo tanto ubicarlo en un nivel trófico y energético (Martens y Schockaert 1986, Cullen 1973, Lee *et al.* 1976, Tenore 1977, Briggs *et al.* 1979, Bregnballe 1961, Sibert *et al.* 1977, Fenchel 1978, todos *in* Feller 1984).

Dentro de la dinámica trófica de los sistemas lénticos se evidencia la participación del bentos en el flujo energético como producción secundaria, además de su importante intervención en la remineralización de los nutrientes y en poner el detrito disponible para los macroconsumidores (Tenore *et al.* 1977 *in* Coull y Palmer 1984). Por su gran sensibilidad y rápida reacción a los cambios ambientales y por su estrategia reproductiva, la meiofauna permite caracterizar el efecto de las perturbaciones (Radziejewka y Drzycimski 1988, Montagna *et al.* 1986, Reish 1959, Heip 1980, Herman *et al.* 1984 a, b, todos *in* Escobar *et al.* 1997). Representan una contribución importante en los mecanismos de aceleración y bioturbación de las partículas de materia orgánica, la colonización de bacterias y subsecuente remineralización de nutrientes. Por otro lado, la importancia de algunos miembros del bentos como indicadores biológicos, permite reconocer el estado trófico de los lagos, así como su estadio evolutivo (Wetzel 1983).

Muestrear cuantitativamente, así como investigar más a fondo la meiofauna de los lagos es mucho más fácil y accesible que en otros biotipos de agua dulce. Sin embargo, frecuentemente no hay muchos datos cuantitativos disponibles sobre la abundancia de la meiofauna en lagos, su fluctuación y producción, aunque su potencial ecológico alto llega a incrementarse, por lo que es necesario realizar proyectos en meiobentología lacustre (Giere 1993).

La escasa información existente para la meiofauna en aguas mexicanas es de naturaleza descriptiva y enfocada, principalmente, a zonas marinas. México posee un reducido número de cuerpos acuáticos lénticos; a lo largo del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) se encuentran un gran número de lagos "maars" (del alemán maaré, embudo explosivo, Cole 1979). La cuenca de estos lagos es de origen volcánico explosivo, catalogado como Tipo 11 de la clasificación de Hutchinson (1957). Son depresiones pequeñas (con diámetros menores a 2 kilómetros), presentan formas casi circulares y pueden ser muy profundos (más de 100 m) en relación a su pequeña área superficial (Alcocer y Escobar 1996).

En la Cuenca Oriental, en el área central de México, se localizan seis lagos-cráter o axalapazcos (del náhuatl que significa “vasijas de arena llenas de agua”) que son alimentados principalmente por las aguas del manto freático, y en menor medida, por la precipitación pluvial directa (Álvarez 1950).

Cada uno de los lagos puede ser considerado como un ecosistema en diferente grado de complejidad ecológica (Alcocer y Escobar 1990), establecido por la concentración salina, como lo menciona Williams (1972), así como por su estado trófico. La relevancia de dichos lagos radica, entre otras características (por ejemplo, presencia de endemismos, fuente de abastecimiento de agua y otros recursos para los lugareños) en que representa un “laboratorio natural” para observar el efecto de la salinidad y el estado trófico sobre la biota.

## **Objetivo**

El objetivo de este estudio fue el determinar en la zona litoral de los lagos-cráter La Preciosa, Aljojuca y Atexcac, Puebla la composición y estructura (riqueza taxonómica, distribución, densidad, abundancia y biomasa) de la comunidad meiobentónica, así como los cambios a lo largo de un ciclo anual.

En la Cuenca Oriental, en el área central de México, se localizan seis lagos-cráter o axalapazcos (del náhuatl que significa “vasijas de arena llenas de agua”) que son alimentados principalmente por las aguas del manto freático, y en menor medida, por la precipitación pluvial directa (Álvarez 1950).

Cada uno de los lagos puede ser considerado como un ecosistema en diferente grado de complejidad ecológica (Alcocer y Escobar 1990), establecido por la concentración salina, como lo menciona Williams (1972), así como por su estado trófico. La relevancia de dichos lagos radica, entre otras características (por ejemplo, presencia de endemismos, fuente de abastecimiento de agua y otros recursos para los lugareños) en que representa un “laboratorio natural” para observar el efecto de la salinidad y el estado trófico sobre la biota.

## **Objetivo**

El objetivo de este estudio fue el determinar en la zona litoral de los lagos-cráter La Preciosa, Aljojuca y Atexcac, Puebla la composición y estructura (riqueza taxonómica, distribución, densidad, abundancia y biomasa) de la comunidad meiobentónica, así como los cambios a lo largo de un ciclo anual.

## Área de Estudio

La región de “Los Llanos de Puebla” o Cuenca Oriental es una cuenca endorréica limitada al este por el Citlaltépetl, al oeste y noroeste por la Sierra de Puebla -incluyendo la Malinche-, al norte por el Cerro Pizarro y hacia el sur las delimitaciones son imprecisas por falta de alturas considerable. Esta región comprende un área de aproximadamente 4,982 km<sup>2</sup> y se localiza a una altura promedio de > 2,300 msnm, entre las coordenadas 18° 57' y 19° 44' N y los 97° 10' y 98° 05' W (Alcocer 1998).

En la Cuenca Oriental, al este del estado de Puebla, se ubican los lagos de Atexcac, La Preciosa y Aljojuca. De acuerdo con Álvarez (1950) se ubican dos grupos: Techachalco (Atexcac y La Preciosa o Las Minas) en una planicie denominada Los Llanos de San Juan y el de Aljojuca (Aljojuca) en los Llanos de San Andrés.

El clima de los Llanos es muy variable y está influido notablemente por la altitud, la exposición a los vientos secos y a la sombra eólica que producen los macizos montañosos que los rodean. De acuerdo con García (1988), el clima de los Llanos de San Juan es templado seco, con verano seco y poca oscilación térmica tipo *BS, w''K'(y) g*, en tanto que en los Llanos de San Andrés el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano tipo *C (w) big*.

La diferencia que se presenta en la vegetación terrestre está condicionada por aspectos climáticos, altitudinales y pedológicos. En las partes altas de los volcanes, a partir de la cota de los 4,000 m, se encuentran zacatonales, por debajo de este nivel aparece el bosque de pinos y más abajo el de encinos. En las elevaciones que se localizan en la parte central de la Cuenca, formadas por rocas calizas e ígneas, los elementos más conspicuos son monocotiledóneas arborescentes (p.e. *Yucca filifera* y *Yucca elephantipes*) y en las partes bajas persisten individuos aislados de *Juniperus dippeana* (Gasca 1981).

El sistema hidrográfico superficial es prácticamente inexistente puesto que la mayor parte de la superficie de la Cuenca corresponde a material de tipo cinerítico de edad reciente, en el que la mayoría de la precipitación pluvial se infiltra debido a la alta permeabilidad de éste. La mayor parte del sistema hidrográfico es de tipo torrencial. Sobresalen los grandes abanicos aluviales que se forman en las laderas de los volcanes que limitan la Cuenca (Gasca 1981).

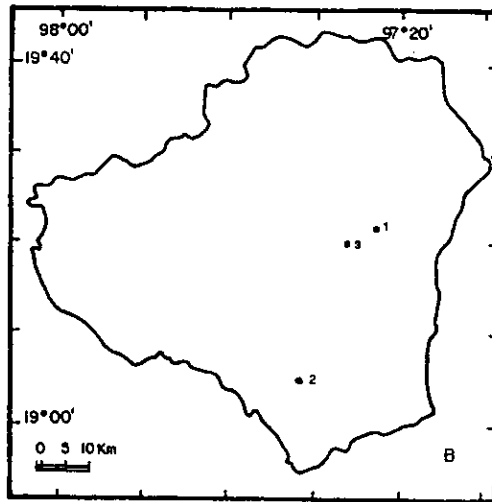


Fig. 1. Localización geográfica de los lagos-cráter (1= La Preciosa, 2= Aljojuca, 3= Atexcac) de Puebla, México (A= Localización de la Cuenca Oriental, B=Localización de los lagos-cráter) (Tomado de Alcocer *et al.* 1998).

La Preciosa se localiza a los 19° 21' 23" N y 97° 22' 27" W, a una altitud promedio de 2,365 msnm, tiene forma triangular aproximadamente con una longitud máxima de 1,344 m de orientación NW-SE, su profundidad máxima es de 45 m, profundidad media 30.72 m, línea de costa 3.85 km, área superficial de 0.78 km<sup>2</sup> y un volumen de 16.20x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). La cubeta del lago está formada por cenizas semiconsolidadas de pómez y material andesítico muy fino (Reyes 1979). *Scirpus californicus* es el hidrófito dominante de un total de 4 especies (Ramírez-García y Novelo 1984). Los vertebrados acuáticos están representados por el pez aterínido endémico *Poblana letholepis* (Álvarez 1950). También existe la trucha introducida *Oncorhynchus mykiss* (Arredondo-Figueroa 1987). Es un lago dulceacuícola, de temperatura templada, posee un pH básico, con una concentración de oxígeno disuelto de media a elevada, los sedimentos están compuestos principalmente por arenas gruesas a finas, con un contenido de materia orgánica (8.2-13.6%) y carbonatos de bajo a elevado (5.1-21.1%). El sustrato se encuentra parcialmente cubierto por macrófitas acuáticas y algas bentónicas (Alcocer 1995).

Aljojuca se sitúa al norte de la Cuenca y en la orillas del poblado de San Juan Atenco a los 19°05'00" N y los 97°33'14" W, a una altitud promedio de 2,390 msnm. Su forma es casi circular con una longitud máxima de 871 m de orientación NE-SW, su profundidad máxima es de 50 m, profundidad media 26.3 m, línea de costa 2.53 km, área superficial de 0.49 km<sup>2</sup> y volumen de 11.67x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). La cuenca lacustre está formada litológicamente por depósitos cineríticos y piroclásticos muy gruesos, predominando el tezontle y los fragmentos de toba andesítica-basáltica (Reyes 1979). Los hidrófitos relevantes por su abundancia, de un total de 5 especies, son *Potamogeton pectinatus* y *Thypha dominguensis* (Ramírez-García y Novelo 1984).

Este lago tiene fauna introducida consituída por las carpas japonesas *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus*, además de una especie de poecílido nativa de la zona (de las vertientes EN,E y S del Citlaltépetl) *Heterandria jonesi*, la cual pudo haber sido introducida al lago durante una creciente de las corrientes de la vertiente oriental del Citlaltépetl (Álvarez 1981). Es dulceacuícola, de temperatura templada, pH básico, con una concentración de oxígeno disuelto media; los sedimentos



están compuestos principalmente por arenas gruesas a medias, con un contenido de materia orgánica (0.9-1.6%) y carbonatos bajo (1.1-1.2%); el sustrato de algunas estaciones se encuentra casi desnudo mientras que en otras esta parcialmente cubierto por macrofitas acuáticas y algas bentónicas (Alcocer 1995).

El lago de Atexcac se localiza a los 19°20'13" N y a los 97°21'19" W, a una altura promedio de 2,510 msnm. Presenta una forma irregular aproximada a una elipse, con una longitud máxima de 780 m y orientación NE-SW, la profundidad máxima detectada es 39 m, profundidad media 25.7 m, línea de costa 2.2 km, área superficial de 0.29 km<sup>2</sup> y volumen de 10.97x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). Se ubica en la falda norte de la sierra de las Derrumbadas y, aunque forma parte de ella, no corresponde ni a la litología ni en edad al complejo volcánico de los otros lagos (Gasca 1981). Es un cráter con elevaciones que varían de 60 m en su parte baja hasta 130 m en su parte más alta sobre el nivel del valle. Las paredes internas son muy inclinadas, formando un sistema circular de acantilados o escarpes que dificultan el descenso hasta el espejo del agua (Reyes 1979), desplazadas hacia el este hay pendientes moderadas como playa (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). Este lago forma parte del grupo norte (Techachalco). Posee un pH básico, temperatura templada y altas concentraciones de oxígeno disuelto. La materia orgánica y los carbonatos sedimentarios presentan valores promedio de 3.6±3.6% y 4.2±0.9%, respectivamente. La flora acuática está representada por 5 especies entre las que destacan *Phragmites australis* y *Cyperus leavigatus* (Ramírez-García y Novelo 1984). En cuanto a la fauna íctica, éste lago, al parecer, carece de ella (Álvarez 1950).

De los lagos estudiados, el lago con mayor concentración iónica es Atexcac con una salinidad media de 6.8 g/l, con dominancia de cloruros, sodio y magnesio, mientras que el de menor concentración iónica es Aljojuca con 0.2 g/l de salinidad, teniendo como iones principales sodio, magnesio, cloro y bicarbonato (Vilaclara *et al.* 1993). Los lagos presentan sedimentos arenosos de pH básico (de 8.3 a 9.5) y pobres en nutrientes (Ramírez-García y Novelo 1984).

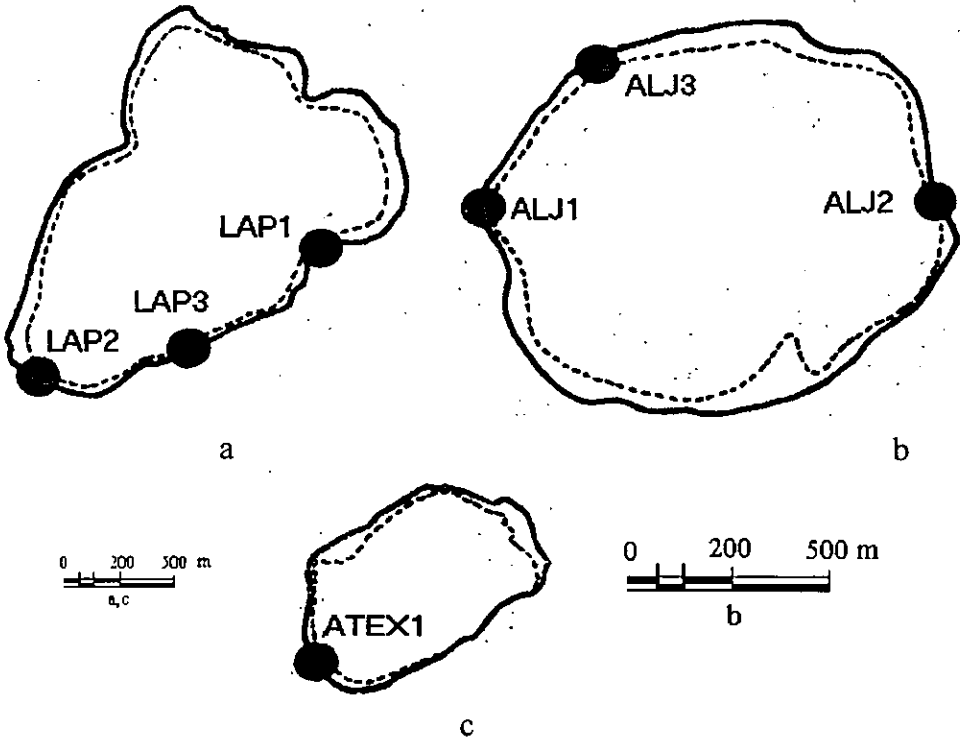


Fig. 2 Localización de las estaciones de muestreo en los lagos-cráter de Puebla, México (a= La Preciosa, b= aljojuca, c=Atexcac) (Tomado de Alcocer *et al.* 1998).

## Antecedentes

Los estudios realizados en la región de la Cuenca Oriental son de diversa índole. Dentro de los trabajos geológicos existen las observaciones realizadas por Dollfus *et al.* (1967 *in* Gasca 1981). Entre los primeros trabajos realizados para esta zona se cuenta con el de Ordoñez (1906 *in* Ramírez-García y Vázquez-Gutiérrez 1989), quien describió el origen y la constitución geológica de los lagos, mientras que Mooser (1968 *in* Montoya y Peralta 1995), al referirse a los axalapazcos, supone que su génesis está relacionada con el vulcanismo en un ambiente cárstico, pero no presenta evidencias que apoyen ésta suposición. Gasca (1981) explica el origen de los cráteres que actualmente albergan a los lagos. Entre los estudios limnológicos realizados se encuentran los de la C.F.E. (1960-62) y Díaz *et al.* 1979, que proporcionan algunos datos fisicoquímicos de los lagos. Arredondo *et al.* (1983) describieron la batimetría y morfometría de estos mismos.

Las regiones naturales del estado de Puebla fueron descritas por Fuentes (1972), en donde agrupa a los lagos cráter en dos zonas: los llanos de San Andrés y los Llanos de San Juan, haciendo énfasis en el clima, edafología y vegetación. Así mismo, Ramírez-García y Novelo (1984) describieron la vegetación.

Con respecto a los estudios biológicos, Álvarez (1949, 1950, 1955 y 1981) informó sobre la ictiofauna del lago La Preciosa mencionando la presencia de la especie endémica *Poblana letholepis*, actualizando el estado taxonómico de estos aterínidos, registrando una nueva especie y dos subespecies nuevas del género *Poblana*, mencionando su posible origen. Echelle y Echelle (1984) estudiaron la evolución genética de los aterínidos de la Mesa Central de México, quienes consideran que *Poblana* forma parte de *Chirostoma*. Información adicional sobre *Poblana* la presentan Barbour (1973) en su historia biogeográfica de *Chirostoma* y Miller (1986) en su trabajo de composición y derivación de la fauna íctica dulceacuícola de México. Arredondo-Figueroa y Aguilar (1987) mencionan especies nativas de peces como *Heterandria jonesi* e introducidas por el hombre como *Carassius auratus* y *Cyprinus carpio* (en Aljojuca) y *Oncorhynchus mykiss* (en La Preciosa). Finalmente, Lugo *et al.* (1994) proveen una descripción general de los lagos-cráter, enfatizando la importancia de su conservación. Flores (1991), estudió la biología poblacional de *Poblana letholepis* procedente de La Preciosa.

Con relación a la microflora, Piña (1984) determinó la variación estacional del fitoplancton en los lagos La Preciosa y Aljojuca. La vegetación macrofítica de los lagos, su distribución, producción y ecología, fue estudiada por Ramírez (1983 a,b). Ramírez-García y Vázquez-Gutiérrez (1989) realizan un estudio limnobotánico de la zona litoral de los lagos cráter. Lugo (1993) realizó un estudio de las comunidades litorales de protozoarios mediante el método de colonización de sustratos artificiales.

Garzón (1990) efectuó la caracterización de los lagos desde los puntos de vista saprobio y trófico. Alcocer *et al.* (1993 a,b) describen los principales componentes de la macrofauna bentónica litoral de los axalapazcos mexicanos y las especies de quirónomidos litorales. Con posterioridad a estos trabajos, Ubeda y Estrada (1994) determinaron la variación temporal de las comunidades macrobentónica de los lagos-cráter, así como Montoya y Peralta (1995), realizan un estudio de la ecología de los oligoquetos de estos mismos.

## Método

Se cubrió un ciclo anual (durante el año de 1990) a través de cinco muestreos bimestrales en la zona litoral de los lagos-cráter La Preciosa, Aljojuca y Atexcac. Mediante una visita prospectiva que consistió en el recorrido de la zona litoral de cada lago, se registraron los cambios en la textura, la cobertura vegetal y el grado de exposición al oleaje. Lo anterior permitió reconocer *a priori* el grado de heterogeneidad de la zona litoral, estableciéndose en Aljojuca (ALJ1-ALJ3) y La Preciosa (LAP1-LAP3) tres estaciones y en Atexcac una sola estación ya que presenta paredes escarpadas con una zona litoral muy reducida.

En cuanto a los datos fisicoquímicos, estos fueron obtenidos bibliográficamente de Peralta y Montoya (1995), quienes los mencionan para la zona litoral de los tres lagos-cráter, registrándolos en la Tabla 1.

ESTACIÓN/ PARAMETRO	LAP 1	LAP 2	LAP 3	ALJ 1	ALJ 2	ALJ 3	ATEX 1
pH	9.0	9.0	9.2	9.1	9.1	9.1	8.4
	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
OXÍGENO	6.8	10.2	8.7	6.4	5.7	4.9	6.9
DISUELTO	1.0	2.6	1.1	2.7	2.7	2.3	1.5
TEMPERATURA	18.9	22.3	21.7	21.4	21.1	20.8	20.2
	1.5	2.2	1.9	2.0	3.1	2.2	1.5
SALINIDAD	1.0	1.0	1.0	0.1	0.5	0.4	6.0
	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0
MATERIA	9.4	8.2	13.6	1.5	1.9	2.3	3.6
ORGÁNICA	4.7	2.6	3.5	0.2	0.4	1.1	3.6
CARBONATOS	5.1	9.0	21.1	0.1	0.5	2.7	4.2
	5.5	4.9	1.9	0.1	0.4	0.5	0.9
MACROFITAS EMERGENTES	25	50	0	0	25	0	50
MACROFITAS SUMERGIDAS	0	50	75	25	0	0	75
ALGAS							
BENTÓNICAS	75	25	25	50	75	25	25

Tabla 1. Características ambientales de la zona litoral de los tres lagos-cráter de Puebla, México. La Preciosa, Aljojuca y Atexcac. Valores en: pH (unidades de pH), oxígeno disuelto (mg/l), temperatura (°C), salinidad (g/l); materia orgánica (%), carbonatos (%), textura sedimentaria ( $\phi$ ) y vegetación acuática (% de cobertura). La desviación estándar se indica en el renglón inferior de la media.

## Caracterización biológica

La obtención de organismos se realizó utilizando un nucleador manual de 4 cm de diámetro (con un área de cobertura aproximada de 12.6 cm<sup>2</sup>), con base en el criterio de Wells (1971 *in* Giere 1993) quién recomienda un área mínima de muestra de 10 cm<sup>2</sup>. Las muestras fueron tomadas por triplicado para dar confiabilidad estadística. Esta técnica es la más recomendada para obtener meiofauna. Es un método de índole cuantitativo, usado para estudios de comportamiento, abundancia y monitoreos históricos, ya que estima el bentos por unidad de área, proporcionando información de su composición y riqueza taxonómica (Alcocer 1995). Se aseguró una penetración del nucleador en el sedimento de por lo menos 10 cm, ya que esta profundidad abarca más de lo sugerido para muestreos de meiobentos. La agregación del meiobentos es común en intervalos de pocos centímetros, dependiendo del tipo de sustrato; los primeros centímetros superficiales son refugio de la mayoría de la meiofauna presente (Giere 1993).

Las muestras obtenidas fueron reducidas en volumen tamizándolas *in situ*, a través de dos mallas la primera con una apertura de 0.59 mm para retener el macrobentos (APHA *et al.* 1985, Wetzel y Likens 1979) y posteriormente, a través de una de 0.062 mm de apertura para retener la meiofauna (Gray 1981, Wetzel 1983).

El tamizado se colocó en bolsas de polietileno previamente etiquetadas y se fijó con formaldehído al 10% adicionado con Rosa de Bengala (200 mgL<sup>-1</sup>) para facilitar la separación posterior de los organismos (APHA *et al.* 1985). En el laboratorio se llevó a cabo la separación y preclasificación de los organismos con la ayuda de pinzas entomológicas, agujas de disección y microscopio estereoscópico. Posteriormente, se determinó hasta el nivel taxonómico más bajo posible con la ayuda de claves generales (Edmonson 1959, Pennak 1978) y posteriormente se utilizaron específicas (Brinkhurst *et al.* 1991, Mason 1973) para cada grupo encontrado. Los organismos fueron cuantificados para obtener la densidad (organismos/m<sup>2</sup>) y abundancia (organismos/especie). La densidad se expresó por unidad de superficie tal como lo hacen Grigelis (1984), Kasprzak (1984), Marchese (1987) y Tudorancea *et al.* 1975, entre otros autores.

La biomasa se determinó calculando el biovolumen, midiendo la longitud y ancho del cuerpo del organismo (se midieron un mínimo de 25 individuos para obtener las medidas promedio de), estas dimensiones fueron multiplicadas por un factor establecido para cada taxón (Warwick y Price 1979 *in* Higgins y Thiel 1988). Los biovolúmenes obtenidos fueron multiplicados por el número de individuos presentes por unidad de área. El biovolumen (nl) obtenido fue transformado a valores de peso seco ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) y a carbono ( $\text{gC}/\text{m}^2$ ) mediante los factores propuestos por Gerlach 1971; S  ller y Warwick 1988 (todos *in* Giere 1993) para poder realizar comparaciones con otros estudios.

La información biológica fue analizada mediante el análisis de conglomerados [STATISTICA 6.0 (1998)], empleando el método de agrupamiento ponderado del grupo par con el centroide y el coeficiente de correlación de Pearson (1-Pearson  $r$ ), para unir las estaciones con características biológicas similares (utilizando la composición, densidad y biomasa de los organismos), y así reconocer la variación de la comunidad meiobentónica espacial y temporalmente, esto es, entre los diferentes sitios de muestreo y a lo largo del ciclo. Los datos de densidad y biomasa se transformaron logarítmicamente [ $\log_{10} (n + 1)$ ] para que los valores elevados no sesgaran los resultados de los análisis multivariados que se efectuaron (Kunz 1988; Mirza y Gray 1981). Posteriormente se realizaron los diagramas bivariados de frecuencia *versus* abundancia [ $\log_{10} (n + 1)$ ] para separar a las diferentes especies en cuatro categorías: dominantes (elevadas frecuencias y abundancias), estacionales (elevadas abundancias y bajas frecuencias), raras (bajas abundancias y frecuencias) y constantes (bajas abundancias y elevadas frecuencias).

## Resultados

### Caracterización biológica de la zona bentónica litoral

#### Composición Específica

Se revisaron un total de 100 muestras procedentes de siete sitios de muestreo ubicadas en los tres lagos-cráter estudiados. Se identificaron un total de 11 taxa (en lo subsecuente se utilizará la denominación de especie para designar la categoría taxonómica más baja identificada) (Tabla 2) distribuidas en tres phyla, cuatro clases, cinco órdenes, un suborden, cinco familias, una tribu y diez especies. Los tres phyla son nemátodos (9.1%), 4 anélidos (36.4%) y 6 artrópodos (54.5%). Los anélidos estuvieron representados por cuatro oligoquetos (36.4%), estos últimos por dos tubificidos (18.2%) y dos naididos (18.2%). El grupo más importante en cuanto al número de especies fue el de los artrópodos, que a su vez estuvieron constituidos por un anfípodo y un copépodo (9.1% cada uno), dos ostrácodos y dos insectos (18.2% cada uno). Los insectos son dos especies de dípteros pertenecientes a la familia Chironomidae (18.2%).

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO/ ESPECIE
Nematoda				
Annelida	Oligochaeta	Plesiopora	Tubificidae	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>
				<i>Tubifex tubifex</i>
			Naididae	<i>Nais variabilis</i>
				<i>Pristina aequiseta</i>
Artropoda	Crustacea	Amphipoda	Talitridae	<i>Hyalella azteca</i>
	Copepoda	Harpacticoida		<i>Bryocamptus</i>
		Ostracoda	Cytheridae	<i>Limnocythere</i> sp. 1
				<i>Limnocythere</i> sp. 2
	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus stigmaterus</i>
				<i>Stictochironomus</i>

Tabla 2. Lista taxonómica del meio bentos de la zona litoral de los lagos-cráter de Puebla.



## Resultados Caracterización biológica de la zona bentónica litoral

### Composición Específica

Se revisaron un total de 100 muestras procedentes de siete sitios de muestreo ubicadas en los tres lagos-cráter estudiados. Se identificaron un total de 11 taxa (en lo subsecuente se utilizará la denominación de especie para designar la categoría taxonómica más baja identificada) (Tabla 2) distribuidas en tres phyla, cuatro clases, cinco órdenes, un suborden, cinco familias, una tribu y diez especies. Los tres phyla son nemátodos (9.1%), 4 anélidos (36.4%) y 6 artrópodos (54.5%). Los anélidos estuvieron representados por cuatro oligoquetos (36.4%), estos últimos por dos tubificidos (18.2%) y dos naídidos (18.2%). El grupo más importante en cuanto al número de especies fue el de los artrópodos, que a su vez estuvieron constituidos por un anfípodo y un copépodo (9.1% cada uno), dos ostrácosos y dos insectos (18.2% cada uno). Los insectos son dos especies de dípteros pertenecientes a la familia Chironomidae (18.2%).

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO/ESPECIE
Nematoda	Oligochaeta	Plesiopora	Tubificidae	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> <i>Tubifex tubifex</i> <i>Nais variabilis</i>
Artrópoda	Crustacea	Amphipoda	Talitridae	<i>Fristina aquiseta</i> <i>Hyalia azteca</i> <i>Bryocamptus</i>
	Copepoda	Harpacticoida		<i>Limnocythere</i> sp. 1
	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Limnocythere</i> sp. 2 <i>Chironomus stigmatervis</i> <i>Sitochironomus</i>

Tabla 2. Lista taxonómica del meiofauna de la zona litoral de los lagos-cráter de Puebla.

En Aljojuca se registraron 10 taxa (Tabla 3) integradas por un nemátodo (10%), tres anélidos (30%) y seis artrópodos (60%). De los anélidos se reconoció un tubificido (10%) y dos naídidos (20%); mientras que los artrópodos estuvieron constituidos por dos ostrácodos (20%), un anfípodo y un copépodo (10% cada uno) y dos insectos de la familia Chironomidae (20%).

La Preciosa presentó un total de nueve taxa distribuidas de la siguiente manera: dos anélidos (22.2%), 6 artrópodos (66.7%) y un nemátodo (11.1%); los anélidos estuvieron representados por dos oligoquetos tubificidos (22.2%), mientras que los artrópodos estuvieron integrados por un anfípodo, un copépodo (11.1% cada uno); dos ostrácodos y dos insectos (22.2% para cada grupo), los cuales pertenecen a los dípteros Chironomidae (Tabla 3).

Atexcac albergó seis taxa: un nemátodo y un anélido oligoqueto (16.7% cada uno) y cuatro artrópodos (66.7%). De estos últimos se tiene un copépodo, un anfípodo y un ostrácodo (16.7% para cada uno) y finalmente, un díptero quironómido (16.7%) perteneciente a la familia Chironomidae.

Taxón	La Preciosa	Aljojuca	Atexcac
Nematoda	1	1	1
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	1	1	1
<i>Tubifex tubifex</i>	1	0	0
<i>Nais variabilis</i>	0	1	0
<i>Pristina aequisetata</i>	0	1	0
<i>Hyaella azteca</i>	1	1	1
<i>Bryocampus</i>	1	1	1
<i>Limnocythere</i> sp. 1	1	1	1
<i>Limnocythere</i> sp. 2	1	1	0
<i>Chironomus stigmaterus</i>	1	1	1
<i>Stictochironomus</i>	1	1	0
TOTAL	9	10	6

Tabla 3. Ubicación de las diferentes especies del meiofauna en la zona litoral de los lagos-cráter de Puebla (1=presente, 0=ausente).

## Distribución

De los 11 taxa registrados, el 45.5% de las especies (*Bryocamptus*, *C. stigmaterus*, *H. azteca*, *Limnocythere* sp. 1, *Limnocythere* sp. 2 y *L. hoffmeisteri*) y los nemátodos se presentaron en los tres lagos-cráter estudiados (Tabla 3). *Limnocythere* sp. 2 y *Stictochironomus* se distribuyeron en La Preciosa y Aljojuca. *N. variabilis* y *P. aequiseta* se encontraron únicamente en Aljojuca, mientras que *T. tubifex* sólo se encontró en La Preciosa.

## Riqueza taxonómica

La riqueza taxonómica total del meiobentos de los lagos-cráter de Puebla estudiados ascendió a 11 taxa. Sin embargo hay que considerar que puede haber más de una especie del phyla Nematoda. De las cuales el 90.9% (diez especies) correspondió a Aljojuca, el 81.8% (nueve especies) a La Preciosa y un 54.5% (seis especies) a Atexcac.

La variación temporal de la riqueza taxonómica para cada lago se presenta en la Tabla 4. La Preciosa inicia con ocho especies manteniéndose constante en los demás meses con nueve especies (registrando una riqueza taxonómica promedio de  $8.8 \pm 0.4$ ). En Aljojuca se registraron diez especies en marzo y mayo para seguir una tendencia descendente el resto del ciclo hasta alcanzar seis especies en noviembre, siendo el único mes con una variación reducida, (registrando una riqueza taxonómica promedio de  $8.6 \pm 1.4$ ). Atexcac presentó una riqueza taxonómica comparativamente baja con respecto a los otros lagos, registrando el valor máximo en septiembre con cinco especies y el mínimo en julio con tres especies, (contribuyendo con una riqueza taxonómica promedio de  $4.0 \pm 0.6$ ). Estos dos últimos lagos presentan un comportamiento similar al disminuir el número de especies a lo largo del ciclo de muestreo.

	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre	Noviembre	Total	Media $\pm$ Desviación
La Preciosa	8	9	9	9	9	9	$8.8 \pm 0.4$
Aljojuca	10	10	8	9	6	10	$8.6 \pm 1.4$
Atexcac	4	4	3	5	4	6	$4.0 \pm 0.6$

Tabla 4. Variación temporal de la riqueza taxonómica del meiobentos litoral de los lagos-cráter La Preciosa, Aljojuca y Atexcac.

## Distribución

De los 11 taxa registrados, el 45.5% de las especies (*Bryocamptus*, *C. stigmaterus*, *H. azteca*, *Limnocythere* sp. 1, *Limnocythere* sp. 2 y *L. hoffmeisteri*) y los nemátodos se presentaron en los tres lagos-cráter estudiados (Tabla 3). *Limnocythere* sp. 2 y *Stictochironomus* se distribuyeron en La Preciosa y Aljojuca. *N. variabilis* y *P. aequiseta* se encontraron únicamente en Aljojuca, mientras que *T. tubifex* sólo se encontró en La Preciosa.

## Riqueza taxonómica

La riqueza taxonómica total del meiobentos de los lagos-cráter de Puebla estudiados ascendió a 11 taxa. Sin embargo hay que considerar que puede haber más de una especie del phyla Nematoda. De las cuales el 90.9% (diez especies) correspondió a Aljojuca, el 81.8% (nueve especies) a La Preciosa y un 54.5% (seis especies) a Atexcac.

La variación temporal de la riqueza taxonómica para cada lago se presenta en la Tabla 4. La Preciosa inicia con ocho especies manteniéndose constante en los demás meses con nueve especies (registrando una riqueza taxonómica promedio de  $8.8 \pm 0.4$ ). En Aljojuca se registraron diez especies en marzo y mayo para seguir una tendencia descendente el resto del ciclo hasta alcanzar seis especies en noviembre, siendo el único mes con una variación reducida, (registrando una riqueza taxonómica promedio de  $8.6 \pm 1.4$ ). Atexcac presentó una riqueza taxonómica comparativamente baja con respecto a los otros lagos, registrando el valor máximo en septiembre con cinco especies y el mínimo en julio con tres especies, (contribuyendo con una riqueza taxonómica promedio de  $4.0 \pm 0.6$ ). Estos dos últimos lagos presentan un comportamiento similar al disminuir el número de especies a lo largo del ciclo de muestreo.

	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre	Noviembre	Total	Media $\pm$ Desviación
La Preciosa	8	9	9	9	9	9	$8.8 \pm 0.4$
Aljojuca	10	10	8	9	6	10	$8.6 \pm 1.4$
Atexcac	4	4	3	5	4	6	$4.0 \pm 0.6$

Tabla 4. Variación temporal de la riqueza taxonómica del meiobentos litoral de los lagos-cráter La Preciosa, Aljojuca y Atexcac.

## Asociación de Estaciones

Con el fin de reconocer la variación de la densidad de la comunidad biótica en el espacio y el tiempo, esto es, entre los diferentes sitios de muestreo a lo largo del ciclo, se aplicó un análisis de conglomerados.

El análisis de cúmulos basado en la matriz de densidad mostró la formación de tres grupos principales (Fig. 3). El primero de ellos correspondió a La Preciosa donde se enlazaron sus tres estaciones (LAP1, LAP2 y LAP3). El segundo grupo denominado Aljojuca conjuntó las estaciones (ALJ1, ALJ2 y ALJ3). Finalmente, en el tercer grupo conformado por Atexcac se separó la estación ATEX1. Los lagos más parecidos entre sí fueron Aljojuca y La Preciosa, siendo el más diferente Atexcac. A partir de este análisis se manejaron los grupos como La Preciosa, Aljojuca y Atexcac.

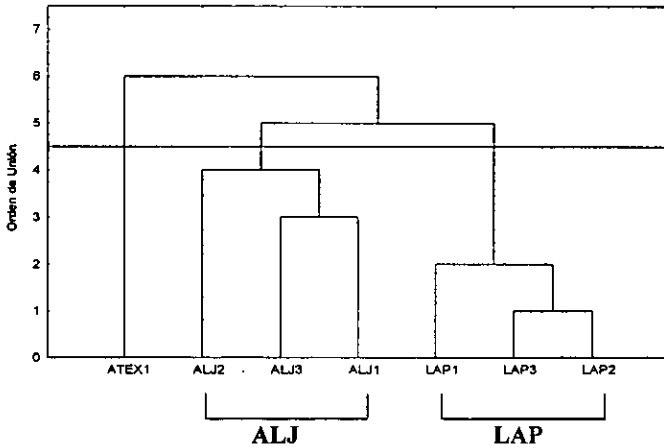


FIG. 3. Dendrograma de asociación de estaciones de muestreo de los lagos-cráter con base en la densidad ( $\text{org}/\text{m}^2$ ) de las especies, empleando el Coeficiente de Pearson ( $1-\text{Pearson } r$ ).

## Densidad y Biomasa

### Densidad y biomasa promedio anual

Para simplificar el manejo de los datos se mencionan dos valores, el primero que corresponde a la densidad ( $\text{org}/\text{m}^2$ ) y el segundo a la biomasa ( $\text{gC}/\text{m}^2$ ). Además estos valores corresponden a la media y desviación estándar. Cabe mencionar que en algunos casos la desviación estándar es mayor que la media, esto debido a la variabilidad que existe entre réplicas. En Atexcac se registra un sólo valor para el mes de julio debido a que solamente se contaba con una sola réplica.

La Preciosa presentó la máxima densidad y biomasa promedio anual con  $35,867 \pm 24,631 \text{ org}/\text{m}^2$  y  $0.256 \pm 0.215 \text{ gC}/\text{m}^2$ , seguida de Aljojuca con  $19,235 \pm 27,778 \text{ org}/\text{m}^2$  y  $0.234 \pm 0.295 \text{ gC}/\text{m}^2$ ; el promedio anual más bajo fue para Atexcac con  $3,980 \pm 1,978 \text{ org}/\text{m}^2$  y  $0.01 \pm 0.004 \text{ gC}/\text{m}^2$  (Tabla 5).

La especie que mostró los valores más elevados de densidad y biomasa para los tres lagos fue *L. hoffmeisteri* con  $13,433 \pm 10,281 \text{ org}/\text{m}^2$  ( $0.124 \pm 0.165 \text{ gC}/\text{m}^2$ ) en La Preciosa, para Aljojuca  $5,343 \pm 7,492 \text{ org}/\text{m}^2$  ( $0.024 \pm 0.040 \text{ gC}/\text{m}^2$ ) y Atexcac con  $1,989 \pm 1,541 \text{ org}/\text{m}^2$  ( $0.0025 \pm 0.0025 \text{ gC}/\text{m}^2$ ).

Los valores mínimos de densidad y biomasa en La Preciosa fueron para *Stictochironomus*  $417 \pm 800 \text{ org}/\text{m}^2$  y  $0.036 \pm 0.103 \text{ gC}/\text{m}^2$ . En Aljojuca fueron para *P. aquiseta* con  $189 \pm 645 \text{ org}/\text{m}^2$  y  $0.001 \pm 0.004 \text{ gC}/\text{m}^2$ . Finalmente, en Atexcac fueron para *Bryocamptus* con  $66 \pm 220 \text{ org}/\text{m}^2$  y  $0.00001 \pm 0.00004 \text{ gC}/\text{m}^2$  (Tabla 5).

ESPECIE	LA PRECIOSA				ALJUJA				ATEXCAC			
	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	BIO %	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	BIO %	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	BIO %
Nematoda	1478	4.1	0.0002	0.07	4680	24.8	0.002	0.7	862	21.7	0.0003	4.3
	1938		0.0003		9551		0.006		604		0.0004	
<i>L. hoffmeisteri</i>	13433	37.5	0.124	42.9	5343	28.3	0.024	8.7	1989	50	0.0025	35.7
	10281		0.165		7492		0.040		1541		0.0025	
<i>T. tubifex</i>	739	2	0.001	0.3								
	1881		0.002									
<i>N. variabilis</i>					1667	8.8	0.011	4				
					5223		0.035					
<i>P. aequisetia</i>					189	1	0.001	0.4				
					645		0.004					
<i>H. azteca</i>	2937	8.2	0.027	9.3	341	1.8	0.001	0.4	265	6.7	0.0001	1.4
	5895		0.042		937		0.003		375		0.0006	
<i>Bryocampius</i>	6347	17.7	0.002	0.7	644	3.4	0.002	0.7	66	1.7	0.00001	0.1
	9646		0.004		1669		0.006		220		0.00004	
<i>Limnocythere</i> sp. 1	3373	9.4	0.063	21.8	531	2.8	0.002	0.7	199	5	0.0011	15.7
	4167		0.087		962		0.005		345		0.0016	
<i>Limnocythere</i> sp. 2	6518	18.2	0.017	5.9	379	2	0.002	0.7				
	1167		0.032		700		0.003					
<i>C. stigmaterus</i>	625	1.7	0.019	6.7	3145	16.7	0.130	46.9	598	15	0.003	42.8
	1750		0.059		5072		0.109		738		0.008	
<i>Sitochironomus</i>	417	1.2	0.036	12.4	1933	10.3	0.102	36.8				
	800		0.103		5998		0.295					
TOTAL	35867	100	0.256	100	19235	100	0.234	100	3980	100	0.01	100
	24631		0.215		27778		0.295		1978		0.004	

Tabla 5. Promedio anual de la densidad (DEN), abundancia (ABUN) y biomasa (BIO) del meiobentos en la zona litoral de los lagos-cráter. (primer renglón media, segundo desviación estándar) (-) indica ausencia del organismo.

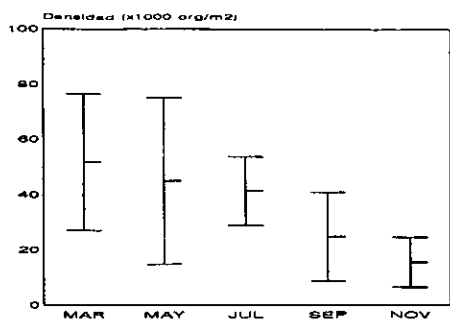
## Variación temporal por lago

En La Preciosa se observa una tendencia a la disminución en la densidad a lo largo del ciclo del muestreo; inicia en marzo con un valor máximo de  $51,814 \pm 24,765 \text{ org/m}^2$  y disminuye hasta alcanzar el mínimo en noviembre con  $15,518 \pm 9,082 \text{ org/m}^2$  (Fig. 4). Respectivamente, la biomasa fue mayor en marzo con  $0.391 \pm 0.180 \text{ gC/m}^2$  y la menor se presentó en septiembre con  $0.148 \pm 0.219 \text{ gC/m}^2$  (Fig. 5). Siguiendo la misma tendencia que el lago anterior, se encontró Aljojuca que registró los valores máximos de densidad y biomasa en marzo  $54,732 \pm 38,909 \text{ org/m}^2$  ( $0.569 \pm 0.29 \text{ gC/m}^2$ ) y los mínimos en noviembre con  $1,947 \pm 2,223 \text{ org/m}^2$  ( $0.012 \pm 0.001 \text{ gC/m}^2$ ) (Fig. 4 y 5). En el caso de Atexcac este contribuyó con la mayor densidad en julio ( $6,368 \text{ org/m}^2$ ) registrando el menor valor en mayo con  $2,123 \pm 750 \text{ org/m}^2$ . La biomasa mayor se presentó en marzo con  $0.008 \pm 0.003 \text{ gC/m}^2$  y la menor en julio con  $0.002 \text{ gC/m}^2$  (Fig. 5).

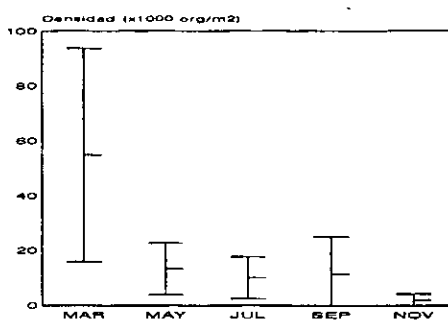
La variación temporal de las especies en los tres lagos-cráter presentó una tendencia a disminuir a lo largo del ciclo de muestreo, registrando los valores máximos en marzo y los mínimos en noviembre tanto en la densidad como en biomasa (Tablas 6, 7 y 8).



### LA PRECIOSA



### ALJOJUCA



### ATEXCAC

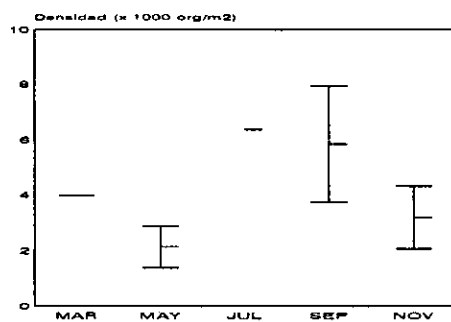
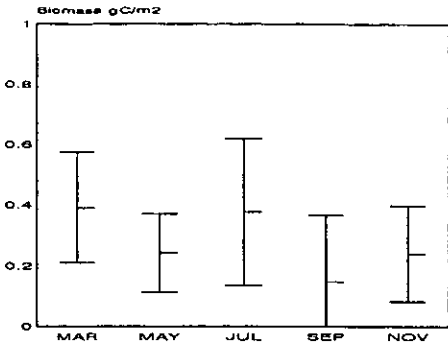
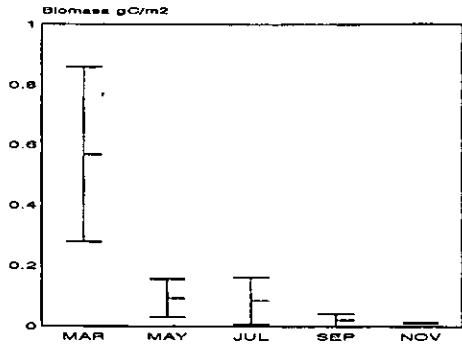


Fig. 4. Variación temporal de la densidad ( $\text{org}/\text{m}^2$ ) de los lagos-cráter de Puebla. (Nótese la escala diferente de Atexcac, presentando una sola réplica en julio).

### LA PRECIOSA



### ALJOJUCA



### ATEXCAC

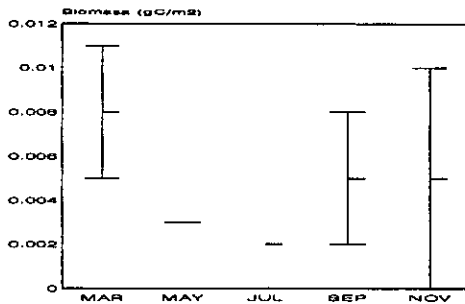


Fig. 5. Variación temporal de la biomasa ( $\text{gC/m}^2$ ) de los lagos-cráter de Puebla. (Nótese la escala diferente de Atexcac, presentando una sola réplica en julio).

## Variación temporal por taxón

### Nematoda

La densidad de los nemátodos en La Preciosa fue disminuyendo a lo largo del ciclo de muestreo registrando su valor máximo en marzo con  $2,476 \pm 3,035 \text{ org/m}^2$  ( $0.0004 \pm 0.0005 \text{ gC/m}^2$ ) para alcanzar en noviembre los valores mínimos con  $497 \pm 385 \text{ org/m}^2$  ( $0.0001 \pm 0.0002 \text{ gC/m}^2$ ). En Aljojuca, este grupo presentó la misma tendencia, en marzo registró un pico de densidad y biomasa con  $15,208 \pm 13,207 \text{ org/m}^2$  ( $0.008 \pm 0.014 \text{ gC/m}^2$ ), sin embargo estuvo ausente en noviembre (Tabla 7). En Atexcac los nemátodos contribuyeron con la mayor densidad y biomasa en julio  $1,592 \text{ org/m}^2$  ( $0.0001 \text{ gC/m}^2$ ), estando ausente en el mes de mayo (Tabla 8).

### *Limnodrilus hoffmeisteri*

Esta fue la especie con mayor densidad y biomasa en La Preciosa la cual registró al inicio del ciclo un pico de máxima densidad con  $14,766 \pm 10,568 \text{ org/m}^2$  ( $0.146 \pm 0.151 \text{ gC/m}^2$ ), disminuyendo hasta alcanzar el mínimo en noviembre con  $8,754 \pm 9,782 \text{ org/m}^2$  ( $0.137 \pm 0.127 \text{ gC/m}^2$ ) (Tabla 6). En Aljojuca presentó la mayor densidad y biomasa en mayo con  $10,168 \pm 9,294 \text{ org/m}^2$  ( $0.047 \pm 0.039 \text{ gC/m}^2$ ). Los valores mínimos de densidad se registraron en noviembre con  $796 \pm 1,453 \text{ org/m}^2$ , mientras que la biomasa menor se presentó en septiembre con  $0.001 \pm 0.002 \text{ gC/m}^2$  (Tabla 7). En Atexcac la densidad y biomasa fue máxima en septiembre con  $3,183 \pm 650 \text{ org/m}^2$  ( $0.003 \pm 0.0004 \text{ gC/m}^2$ ) registrando el mínimo en mayo con  $531 \pm 750 \text{ org/m}^2$  ( $0.001 \pm 0.001 \text{ gC/m}^2$ ).

### *Tubifex tubifex*

Sólamamente se presentó en La Preciosa, al inicio del ciclo de muestreo y alcanzó su valor máximo en el mes de julio con  $1,364 \pm 2,319 \text{ org/m}^2$  ( $0.014 \pm 0.031 \text{ gC/m}^2$ ) (Tabla 6).

ESPECIE	MARZO			MAYO			JULIO			SEPTIEMBRE			NOVIEMBRE		
	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>
<i>Nematoda</i>	2476 3035	4.7 0.0004 0.0003	0.09 0.0002 0.0003	1149 848	2.7 0.0002 0.0003	0.08 0.0002 0.0003	2487 1842	6.9 0.0003 0.0002	0.1 0.0003 0.0002	619 1046	2.5 0.001 0.001	0.5 0.001 0.001	497 385	3.2 0.001 0.002	0.001 0.002
<i>L. hoffmeisteri</i>	14766 10568	27.8 0.146 0.151	33.2 0.062	14236 9793	34 0.062	29.3 0.062	13926 9730	38.4 0.238 0.238	66.8 0.238 0.238	12566 10993	50.7 0.147	29.6 0.147	9848 9843	63.9 2.6 0.129	0.149 0.001 0.129
<i>T. tubifex</i>	---	---	---	973 2482	2.3 0.004 0.003	1.6 0.004 0.003	1194 2215	3.3 0.014 0.031	3.6 0.014 0.031	1061 2020	4.3 0.033 0.006	17.4 0.033 0.006	398 1053	2.6 0.001 0.002	0.001 0.002
<i>H. caiteca</i>	7869 10152	14.8 0.042 0.059	9.5 0.039 0.041	973 2482	2.3 0.039 0.041	15.2 0.039 0.041	1492 1010	4 0.034 0.072	8.8 0.034 0.072	265 375	1.1 0.0002 0.0004	0.1 0.0002 0.0004	265 375	1.7 0.005 0.013	0.005 0.013
<i>Bryocampius</i>	5570 8725	10.5 0.003 0.005	0.7 0.003 0.004	6455 9077	15.4 0.004 0.004	1.2 0.003 0.004	11638 11810	32 0.005 0.005	1.3 0.005 0.005	6808 9989	27.4 0.001 0.002	0.5 0.001 0.002	497 554	3.2 0.002 0.002	0.002 0.002
<i>Limnocythere</i> sp. 1	6456 6260	12.2 0.136 0.133	31 0.093 0.063	5128 3004	12.2 0.093 0.063	36.3 0.063	1023 1456	2.8 0.020 0.023	5.2 0.020 0.023	1326 1186	5.4 0.012 0.017	6.3 0.012 0.017	2288 2936	14.8 0.045 0.059	0.045 0.059
<i>Limnocythere</i> sp. 2	12566 11676	23.7 0.040 0.038	9.1 0.038 0.057	12644 18923	30.2 0.038 0.057	14.8 0.038 0.057	3283 2592	9 0.011 0.007	2.8 0.011 0.007	1326 1244	5.4 0.002 0.003	1.1 0.002 0.003	1024 1485	6.6 0.004 0.005	0.004 0.005
<i>C. stigmatenus</i>	1592 3249	3 0.050 0.103	11.4 0.003 0.006	180 500	0.4 0.003 0.006	1.2 0.003 0.006	696 1346	2 0.0008 0.0013	0.2 0.0008 0.0013	354 545	1.4 0.012 0.033	6.3 0.012 0.033	199 526	1.3 0.024 0.062	0.024 0.062
<i>Stictochironomus</i>	531 750	1 0.023 0.049	5.2 0.001 0.002	177 331	0.4 0.001 0.002	0.4 0.001 0.002	497 682	1.4 0.043 0.065	11 0.043 0.065	442 1250	1.8 0.072 0.179	38.1 0.072 0.179	398 563	2.6 0.044 0.100	0.044 0.100
TOTAL	51814 24765	100 0.180	100 0.129	44917 30247	100 0.243 0.129	100 0.243 0.129	41267 12477	100 0.378 0.242	100 0.378 0.242	24758 16067	100 0.148 0.219	100 0.148 0.219	15518 9082	100 0.241 0.158	100 0.241 0.158

Tabla 6. Variación temporal de la densidad (DEN), abundancia (ABUN) y biomasa (BIO) del meiobentos en la zona litoral de La Preciosa. (renglón de arriba media, segundo desviación estándar) (-) indica ausencia del organismo.

### *Nais variabilis*

Esta especie se encontró únicamente en Aljojuca con variaciones reducidas a lo largo del ciclo de muestreo. El valor máximo ocurrió en marzo con  $7,250 \pm 9,344$  org/m<sup>2</sup> ( $0.053 \pm 0.063$  gC/m<sup>2</sup>); disminuye en el siguiente mes para aumentar ligeramente en el resto del ciclo (Tabla 7).

### *Hyaella azteca*

*Hyaella azteca* presentó un pico de densidad en La Preciosa en marzo con  $7,869 \pm 10,152$  org/m<sup>2</sup> ( $0.042 \pm 0.059$ gC/m<sup>2</sup>) disminuyendo en el resto del ciclo hasta alcanzar los valores mínimos con  $265 \pm 375$  org/m<sup>2</sup> ( $0.0002 \pm 0.0004$  gC/m<sup>2</sup>) en septiembre. En Aljojuca se registraron valores más altos de densidad y biomasa en marzo con  $973 \pm 1,790$  org/m<sup>2</sup> ( $0.003 \pm 0.003$  gC/m<sup>2</sup>) y los más bajos en mayo, julio y septiembre ( $88 \pm 250$  org/m<sup>2</sup> cada uno), presentando este último mes la biomasa menor ( $0.0002 \pm 0.0004$  gC/m<sup>2</sup>). Por otra parte, en Atexcac *H. azteca* registró la densidad máxima  $796$  org/m<sup>2</sup> ( $0.001$  gC/m<sup>2</sup>) en el mes de julio y la biomasa mayor en marzo ( $0.0009 \pm 0.0009$  gC/m<sup>2</sup>); en noviembre estuvo ausente (Tabla 8).

### *Bryocamptus*

La densidad y biomasa del género *Bryocamptus* en La Preciosa alcanzó los valores máximos en julio con  $10,345 \pm 11,716$  org/m<sup>2</sup> ( $0.004 \pm 0.005$  gC/m<sup>2</sup>) registrando en noviembre sus valores mínimos con  $442 \pm 545$  org/m<sup>2</sup> ( $0.0002 \pm 0.0002$  gC/m<sup>2</sup>) (Tabla 5). En Aljojuca *Bryocamptus* tuvo los valores de densidad y biomasa más altos en marzo  $1,592 \pm 2,187$  org/m<sup>2</sup> ( $0.005 \pm 0.013$  gC/m<sup>2</sup>), disminuyendo en los demás meses para estar ausente en noviembre (Tabla 6). En Atexcac sólo se registró en el mes de julio con  $796$  org/m<sup>2</sup> ( $0.0002$  gC/m<sup>2</sup>).

ESPECIE	MARZO			MAYO			JULIO			SEPTIEMBRE			NOVIEMBRE			
	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	
Nematoda	15208 13207	27.8 0.014	0.008 0.014	554 545	2.7	0.00006 0.0001	0.1 2042	11.8 0.0003	0.0003 1.1	5482 9382	46.6 0.0007	0.0004 3.3	---	---	---	
<i>L. hoffmeisteri</i>	8842 8599	16.2 0.048	0.045 0.048	10168 9294	76.7	0.047 0.039	62 5802	84.2 0.048	973 1111	8.3 0.002	0.001 0.002	8.3 0.002	796 1453	17.3 0.004	0.003 0.004	36.6
<i>N. variabilis</i>	7250 9344	13.2 0.063	0.053 0.063	88 250	0.7	*	133 297	1.3	*	177 331	1.5 0.0015	0.0005 4.2	177 331	3.8	*	*
<i>P. aequiseti</i>	531 839	1 0.007	0.004 0.007	354 1000	2.7	*	---	---	---	442 848	3.8	*	---	---	---	---
<i>H. azteca</i>	973 1790	2 0.003	0.003 0.003	88 250	0.7	0.002 0.007	265 375	2.6 0.002	0.001 3.5	88 250	0.7 0.0003	0.0001 0.0003	265 375	5.8 0.0004	0.0002 0.0004	2.4
<i>Bryocampylus</i>	1592 2187	3 0.013	0.005 0.013	88 250	0.7	0.00003 0.00008	398 398	4 0.0018	0.0007 2.5	1061 2460	9 0.003	0.001 8.3	---	---	---	---
<i>Limnocythere</i> sp. 1	707 791	1.3 0.006	0.005 0.006	442 761	3.3	0.004	265 375	2.6 0.0012	0.0006 2.1	973 1537	8.3 0.006	0.003 0.006	177 500	3.8 0.002	0.002 0.003	24.4
<i>Limnocythere</i> sp. 2	796 1125	1.5 0.013	0.005 0.013	177 331	1.3	0.0008 0.0016	265 375	2.6 0.0025	0.0009 3.1	265 354	2.3 0.002	0.001 0.002	354 545	7.7 0.003	0.002 0.003	24.4
<i>C. stigmaterus</i>	9903 6165	18.1 0.620	0.619 0.620	1415 2876	10.7	0.015 0.030	1326 1635	13.2 0.022	0.001 3.5	2299 3365	19.5 0.012	0.005 41.7	177 500	3.8 0.001	0.001 0.002	12.2
<i>Sticochironomus</i>	8930 10272	16.3 0.488	0.502 0.488	88 250	0.7	0.009 0.025	11.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---
TOTAL	54732 38909	100 0.29	0.569 0.29	13263 9393	100	0.093 0.063	10081 7671	100 0.078	0.085 0.078	11318 13576	100 0.022	0.022 0.020	1947 2223	100 0.012	0.012 0.001	100

Tabla 7. Variación temporal de la densidad (DEN), abundancia (ABUN) y biomasa (BIO) de la meiobentos en la zona litoral de Aljojuca.

(primer renglón media, segundo desviación estándar) (--) indica ausencia del organismo.

\* Organismos que no estaban en buen estado, por lo cual no se pudo calcular la biomasa.

### *Limnocythere* sp. 1

En La Preciosa se presentó en marzo con  $6,456 \pm 6,260 \text{ org/m}^2$  ( $0.136 \pm 0.133 \text{ gC/m}^2$ ), disminuyendo en el resto del ciclo hasta alcanzar los valores mínimos con  $796 \pm 1,353 \text{ org/m}^2$  ( $0.015 \pm 0.025 \text{ gC/m}^2$ ) en julio (Tabla 6). Aljojuca registró en marzo el valor de biomasa mayor  $0.005 \pm 0.006 \text{ gC/m}^2$  y de densidad en septiembre con  $973 \pm 1537 \text{ org/m}^2$ . Los valores más bajos se encontraron en noviembre con  $177 \pm 500 \text{ org/m}^2$  ( $0.002 \pm 0.003 \text{ gC/m}^2$ ). La misma densidad en Atexcac se presentó en mayo, septiembre y noviembre ( $265 \pm 375 \text{ org/m}^2$ ) y la biomasa mayor se registró en mayo con  $0.003 \pm 0.001 \text{ gC/m}^2$ . En los demás meses estuvo ausente.

### *Limnocythere* sp. 2

Para La Preciosa se registraron los valores de biomasa y densidad más altos en mayo con  $12,644 \pm 18,923 \text{ org/m}^2$  ( $0.038 \pm 0.057 \text{ gC/m}^2$ ) y los mínimos en noviembre con  $973 \pm 1,442 \text{ org/m}^2$  ( $0.003 \pm 0.005 \text{ gC/m}^2$ ). En Aljojuca, la especie presentó una densidad y biomasa mayor en marzo con  $796 \pm 1,125 \text{ org/m}^2$  ( $0.005 \pm 0.013 \text{ gC/m}^2$ ), disminuyendo la densidad en mayo y julio ( $177 \pm 331 \text{ org/m}^2$  cada uno), mientras que la biomasa menor se registró en noviembre ( $0.002 \pm 0.003 \text{ gC/m}^2$ ) (Tabla 7).

### *Chironomus stigmaterus*

La densidad más alta y biomasa de *C. stigmaterus* se presentaron en marzo con  $1,592 \pm 3,249 \text{ org/m}^2$  ( $0.050 \pm 0.103 \text{ gC/m}^2$ ) en La Preciosa, registrando la densidad y biomasa mínima en noviembre con  $177 \pm 500 \text{ org/m}^2$  ( $0.021 \pm 0.059$ ) (Tabla 6). Siguiendo la misma tendencia, la especie se registró en Aljojuca y contribuyó en marzo a la mayor densidad con  $9,903 \pm 6,165 \text{ org/m}^2$  ( $0.619 \pm 0.620 \text{ gC/m}^2$ ) y fluctuó en los demás meses por debajo de estos valores hasta alcanzar valores menores en noviembre ( $177 \pm 500 \text{ org/m}^2$ ;  $0.001 \pm 0.002 \text{ gC/m}^2$ ) (Tabla 7).

En Atexcac *C. stigmaterus* registró su densidad y biomasa máxima en septiembre con  $799 \pm 1,130 \text{ org/m}^2$  ( $0.015 \pm 0.014 \text{ gC/m}^2$ ) y la mínima en noviembre con  $265 \pm 375 \text{ org/m}^2$ . Mientras que la biomasa menor la registró en mayo con  $0.0002 \pm 0.0002 \text{ gC/m}^2$  (Tabla 8).

### *Stictochironomus*

Este género se mantienen más o menos constante los valores en La Preciosa con una densidad máxima de  $531 \pm 750 \text{ org/m}^2$  ( $0.023 \pm 0.049 \text{ gC/m}^2$ ) en marzo y mínimos en mayo con  $177 \pm 331 \text{ org/m}^2$  ( $0.001 \pm 0.002 \text{ gC/m}^2$ ) (Tabla 6). Los valores máximos de biomasa se registraron en el mes de noviembre con  $0.039 \pm 0.095 \text{ gC/m}^2$  y los menores en mayo con  $0.001 \pm 0.002 \text{ gC/m}^2$  (Tabla 7).



ESPECIE	MARZO			MAYO			JULIO			SEPTIEMBRE			NOVIEMBRE					
	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>	DEN org/m <sup>2</sup>	ABUN %	BIO gC/m <sup>2</sup>			
<i>Nematoda</i>	796 398	18.1 0.0003 0.0002	3.9	---	---	---	1592	25	0.0001	2.6	1327	22.7	0.001	7.5	796	25	0.0005	9.8
<i>L. hoffmeisteri</i>	2387 796	54.5 0.005 0.002	65	531 750	33.4 0.001	30.3 0.001	2388	37.5	0.002	52.6	3183	54.5	0.003	22.6	1857	58	0.002	39.2
<i>H. azteca</i>	398 398	9.1 0.0009 0.0009	11.7	265 375	16.6 0.0001	3 0.0001	796	12.5	0.0001	2.6	265	4.5	0.0002	1.5	---	---	---	---
<i>Bryocampius</i>	---	---	---	---	---	---	796	12.5	0.0002	5.3	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Limnocythere</i> sp. 1	---	---	---	265 375	16.6 0.003 0.001	60.6	---	---	---	---	265	4.5	0.0001	0.8	265	8.3	0.002	39.2
<i>C. stigmaterus</i>	796 0	18.1 0.0010 0.0014	19.5	531 375	33.4 0.0002	6.1 0.0002	796	12.5	0.0014	36.8	799	13.7	0.015	75.2	265	8.3	0.0006	11.8
TOTAL	3980 0.5	100 0.008 0.003	100	2123 750	100 0.003 0.0002	100	6368	100	0.002	100	5840	100	0.005	100	3184	100	0.005	100
									*		2940		0.003		1125			

Tabla 8. Variación temporal de la densidad (DEN), abundancia (ABUN) y biomasa (BIO) del meiobentos en la zona litoral de Atexcac. (primer renglón media, segundo desviación estándar) (--) indica ausencia del organismo; (\*) solamente tiene una réplica.

## FRECUENCIA-ABUNDANCIA

Los diagramas bivariados de frecuencia *versus* abundancia permitieron separar a las especies en tres categorías: dominantes (elevadas frecuencias y abundancias), estacionales (elevadas abundancias y bajas frecuencias) y raras (bajas abundancias y frecuencias).

En los tres lagos-cráter *L. hoffmeisteri* y los nemátodos se ubicaron como componentes faunísticos dominantes. Para La Preciosa *H. azteca*, *Limnocythere* sp. 1 y *Limnocythere* sp. 2 fueron dominantes también, mientras que para Aljojuca y Atexcac fue *C. stigmaterus* (Tabla 9).

En lo que respecta a las demás especies, éstas se caracterizaron como componentes raros. Las especies constantes estuvieron ausentes.

ESPECIE	LA PRECIOSA	ALJOJUCA	ATEXCAC
Nematoda	D	D	D
<i>L. hoffmeisteri</i>	D	D	D
<i>T. tubifex</i>	R	---	---
<i>N. variabilis</i>	---	D	---
<i>P. aequiseta</i>	---	R	---
<i>H. azteca</i>	D	E	R
<i>Bryocampus</i>	E	R	R
<i>Limnocythere</i> sp. 1	D	R	R
<i>Limnocythere</i> sp. 2	D	D	---
<i>C. stigmaterus</i>	R	D	D
<i>Sticotochironomus</i>	R	E	---

Tabla 9. Especies dominantes (D), estacionales (E) y raras ( R ) de los lagos-cráter de Puebla. (--- especies ausentes).

## Discusión

### Composición Específica y Distribución

La composición de la meiofauna encontrada en los lagos estudiados (a nivel de grandes taxa) resultó similar a la mencionada para diferentes cuerpos acuáticos por diversos autores. Skorvortsov (1997) registra para lagos subárticos en Rusia nemátodos, ostrácodos, oligoquetos y copépodos harpacticoides. Nalepa y Robertson (1981 *in* Higgins *et al.* 1988) encontraron una situación parecida para el Lago Michigan (nemátodos, naídidos, copépodos harpacticoides y ostrácodos). En diferentes cuerpos acuáticos de Texas (Whitman y Clark 1982 *in* Higgins *et al.* 1988) se presenta la misma situación con larvas de insectos, nemátodos, oligoquetos y crustáceos. Una tendencia de fauna común se presenta en el Lago Mírror, Estados Unidos, donde Strayer (1985 *in* Thorp *et al.* 1991) menciona que la mayor abundancia corresponde a los nemátodos. Lo mismo sucede cuando se comparan los lagos-cráter con el Lago Pääjärvi, Finlandia (Sarvala 1977 *in* Higgins *et al.* 1998), donde se encuentran nemátodos, copépodos, ostrácodos y quirónomidos. En el Lago Erie (Evans 1982 *in* Higgins *et al.* 1988) también se presentan oligoquetos, nemátodos y copépodos harpacticoides.

Algunas especies del mejobentos presentan una tolerancia elevada a factores medioambientales diferentes lo cual ha permitido su distribución amplia (Pascar-Gluzman y Dimentaman 1984, Verdonshot 1984). Este es el caso de *L. hoffmeisteri* que se encontró en todos los lagos a pesar de que se presentan diferencias ambientales entre ellos (Tabla 1).

Por otro lado, la presencia de quirónomidos, considerados meiofauna temporal, concuerda plenamente con las observaciones de Hammer (1986 *in* Alcocer 1995) quién menciona que presentan una gran adaptabilidad lo que les ha permitido explotar cualquier ambiente. Sin embargo, existen otras especies que prefieren una textura sedimentaria en particular como *Bryocamptus* que habita en sustratos arenosos (Sarvala 1998), mientras que *H. azteca* vive en arena y grava alrededor de raíces de macrofitas acuáticas donde se encuentra una concentración alta de materia orgánica, esto debido a los espacios intersticiales disponibles y capacidad de mantener el oxígeno disuelto (France, 1993).

En los lagos de la Cuenca Oriental la cantidad y tipo de vegetación litoral así como el contenido de materia orgánica (Tabla 1) en los sedimentos, podrían ser determinantes para la distribución de las especies como lo menciona Pennak 1988 (*in Higgins et al.* 1988), quien indica que la disponibilidad del alimento es una de las causas de la distribución de los organismos del meio bentos.

### **Riqueza taxonómica**

En la zona litoral del lago Pääjärvi, Finlandia, Holopainen y Pasivirta (1977) encontraron 37 especies de nemátodos, 50 de ostrácodos, 8 de copépodos harpacticoides y 15 de quironómidos. Por otra parte, Anderson y Dehenau (1980 *in Higgins et al.* 1988) encontraron 40 especies meio bentónicas en lagos canadienses. Estas cifras son muy superiores a las encontradas en los lagos-cráter. Cabe mencionar que algunos organismos (nemátodos) no se identificaron a nivel especie por lo cual se estima que aumentaría la riqueza taxonómica, ya que en otros estudios se han registrado hasta 120 especies de nemátodos (Traunspurger 1997).

Dole (1983) trabajó en depósitos de grava de la ribera del Rhin donde registra 66 especies de oligoquetos, 21 especies de copépodos, 13 de anfípodos y 18 de nemátodos. Strayer 1985 (*in Higgins et al.* 1988) trabajó en el Lago Mirror donde estimó que en el fondo de este lago habitan 322 especies pertenecientes al meio bentos. Schwank (1985 *in Giere* 1993) trabajó sobre la meiofauna de arroyos en sustratos arenosos encontrando 17 especies de oligoquetos y 16 de nemátodos.

En general puede considerarse que la riqueza taxonómica de las especies del meio bentos de la zona litoral de los lagos-cráter, de acuerdo con los resultados del presente estudio, fue baja al compararse con el número de especies citados anteriormente. Coull (1988 *in Higgins et al.* 1988) menciona que dentro de los factores que afectan la riqueza específica están el tipo de sedimento y por lo tanto la cantidad de materia orgánica acumulada en ellos; donde existe gran acumulación de materia orgánica se presenta mayor riqueza taxonómica, en los lagos estudiados la cantidad de materia orgánica (Tabla 1), pudo influir en la riqueza taxonómica, ya que geográficamente se esperaría encontrar más especies en bajas latitudes.

En los lagos de la Cuenca Oriental la cantidad y tipo de vegetación litoral así como el contenido de materia orgánica (Tabla 1) en los sedimentos, podrían ser determinantes para la distribución de las especies como lo menciona Pennak 1988 (*in Higgins et al.* 1988), quien indica que la disponibilidad del alimento es una de las causas de la distribución de los organismos del meiobentos.

### **Riqueza taxonómica**

En la zona litoral del lago Pääjärvi, Finlandia, Holopainen y Pasivirta (1977) encontraron 37 especies de nemátodos, 50 de ostrácodos, 8 de copépodos harpacticoides y 15 de quironómidos. Por otra parte, Anderson y Dehenau (1980 *in Higgins et al.* 1988) encontraron 40 especies meiobentónicas en lagos canadienses. Estas cifras son muy superiores a las encontradas en los lagos-cráter. Cabe mencionar que algunos organismos (nemátodos) no se identificaron a nivel especie por lo cual se estima que aumentaría la riqueza taxonómica, ya que en otros estudios se han registrado hasta 120 especies de nemátodos (Traunspurger 1997).

Dole (1983) trabajó en depósitos de grava de la ribera del Rhin donde registra 66 especies de oligoquetos, 21 especies de copépodos, 13 de anfípodos y 18 de nemátodos. Strayer 1985 (*in Higgins et al.* 1988) trabajó en el Lago Mirror donde estimó que en el fondo de este lago habitan 322 especies pertenecientes al meiobentos. Schwank (1985 *in Giere* 1993) trabajó sobre la meiofauna de arroyos en sustratos arenosos encontrando 17 especies de oligoquetos y 16 de nemátodos.

En general puede considerarse que la riqueza taxonómica de las especies del meiobentos de la zona litoral de los lagos-cráter, de acuerdo con los resultados del presente estudio, fue baja al compararse con el número de especies citados anteriormente. Coull (1988 *in Higgins et al.* 1988) menciona que dentro de los factores que afectan la riqueza específica están el tipo de sedimento y por lo tanto la cantidad de materia orgánica acumulada en ellos; donde existe gran acumulación de materia orgánica se presenta mayor riqueza taxonómica, en los lagos estudiados la cantidad de materia orgánica (Tabla 1), pudo influir en la riqueza taxonómica, ya que geográficamente se esperaría encontrar más especies en bajas latitudes.

Aunque menciona Tudorancea *et al.* 1989 *in* Lewis 1996 que no hay un aumento de especies bentónicas en lagos tropicales presentando éstos menor riqueza taxonómica, al compararse con lagos templados, esto probablemente a él consumo de oxígeno mayor por la incidencia de la radiación en los trópicos, depredación por parte de macroinvertebrados y peces, entre otros. En el caso de Atexcac la salinidad pudo afectar su riqueza taxonómica.

## Densidad y biomasa promedio anual

Al comparar los diferentes valores de densidad de los lagos-cráter de Puebla con respecto a otros cuerpos acuáticos (Tabla 10) se puede concluir que los valores promedio son bajos. En lo que respecta a la biomasa esta resultó ser similar a la registrada para otros cuerpos acuáticos (Tabla 11). Coull (1988 *in* Higgins *et al.* 1988) menciona que en altas latitudes los valores de densidad y biomasa varían de acuerdo a la estación del año, profundidad del agua, exposición al oleaje, habitat, tamaño del grano. Por lo regular, este último es un factor primario que afecta a la densidad de las especies considerando, además de otras variables ambientales como la temperatura que es más elevada en los trópicos conllevando a que la disponibilidad de oxígeno disuelto sea más baja en zonas con alta concentración de materia orgánica, la salinidad, el movimiento del agua. Otros factores mencionados por Coull (1988 *in* Higgins 1988) que pueden afectar las densidades son la depredación de otros organismos y la coexistencia con otras especies.

De acuerdo con Skvortsov (1997) los organismos del meiobentos se concentran en la zona litoral registrando 15,000 org/m<sup>2</sup> en lagos subárticos. La densidad depende, así mismo, de las preferencias sedimentarias de los diferentes grupos ya que, por ejemplo, los nemátodos y los quironómidos prefieren arena, mientras que los copépodos harpacticoides y los ostrácodos no presentan ninguna asociación con el sedimento, sin embargo la productividad del lago incrementa la densidad de algunos grupos como el de los nemátodos y los copépodos harpacticoides, relacionado con la disponibilidad del alimento, que puedan tener estos organismos.

Aunque menciona Tudorancea *et al.* 1989 *in* Lewis 1996 que no hay un aumento de especies bentónicas en lagos tropicales presentando éstos menor riqueza taxonómica, al compararse con lagos templados, esto probablemente a él consumo de oxígeno mayor por la incidencia de la radiación en los trópicos, depredación por parte de macroinvertebrados y peces, entre otros. En el caso de Atexcac la salinidad pudo afectar su riqueza taxonómica.

## **Densidad y biomasa promedio anual**

Al comparar los diferentes valores de densidad de los lagos-cráter de Puebla con respecto a otros cuerpos acuáticos (Tabla 10) se puede concluir que los valores promedio son bajos. En lo que respecta a la biomasa esta resultó ser similar a la registrada para otros cuerpos acuáticos (Tabla 11). Coull (1988 *in* Higgins *et al.* 1988) menciona que en altas latitudes los valores de densidad y biomasa varían de acuerdo a la estación del año, profundidad del agua, exposición al oleaje, habitat, tamaño del grano. Por lo regular, este último es un factor primario que afecta a la densidad de las especies considerando, además de otras variables ambientales como la temperatura que es más elevada en los trópicos conllevando a que la disponibilidad de oxígeno disuelto sea más baja en zonas con alta concentración de materia orgánica, la salinidad, el movimiento del agua. Otros factores mencionados por Coull (1988 *in* Higgins 1988) que pueden afectar las densidades son la depredación de otros organismos y la coexistencia con otras especies.

De acuerdo con Skvortsov (1997) los organismos del meiobentos se concentran en la zona litoral registrando 15,000 org/m<sup>2</sup> en lagos subárticos. La densidad depende, así mismo, de las preferencias sedimentarias de los diferentes grupos ya que, por ejemplo, los nemátodos y los quironómidos prefieren arena, mientras que los copépodos harpacticoides y los ostrácodos no presentan ninguna asociación con el sedimento, sin embargo la productividad del lago incrementa la densidad de algunos grupos como el de los nemátodos y los copépodos harpacticoides, relacionado con la disponibilidad del alimento, que puedan tener estos organismos.

LAGOS	DENSIDAD org/m <sup>2</sup>	BIOMASA gC/m <sup>2</sup>	REFERENCIA
La Preciosa, México.	35,867	0.256	Este trabajo.
Aljojuca, México.	19,235	0.234	Idem
Atexcac, México.	3,980	0.01	Idem
Brasil	52,000-601,000	-----	Reid (1984).
Finlandia.	771,000	-----	Ranta y Sarvala (1978).
Pääjärvi, Finlandia.	400,000-630,000	0.24-0.32	Holopainen y Paasivirta (1977).
Barash, Iraq.	231,000-773,000	-----	Arlt y Saad (1977).
Mirror, E.U.	1,200,000	-----	Strayer (1985).
Michigan, E.U.	204,000-590,000	0.003-0.087	Napela y Quigley (1983).
Sur de Carolina, E.U.	968,000-3,675,000	-----	Oden (1979).
Izjato, Rusia	-----	0.339	Skvortsov (1997).
Hasujto, Rusia.	-----	0.335	Skvortsov (1997).
Mitrofan, Rusia	-----	0.196	Skvortsov (1997).

Tabla 10. Comparación de la densidad y biomasa promedio del meiobentos litoral de los lagos-cráter de Puebla, México con otros cuerpos acuáticos.

Con respecto a la biomasa de los organismos meiobentónicos, en general, ésta aumenta en cuerpos acuáticos eutróficos presentando una mayor producción animal que uno oligotrófico debido a la relación existente entre el alimento (producción primaria) y la producción de materia orgánica de los animales bentónicos (Barnes y Mann 1980, Jonasson 1964, 1965 ambos *in* Jonasson 1969, Rutner 1963, Wetzel 1975 todos *in* Montoya 1995), en este caso los lagos-cráter se han caracterizado de acuerdo a la dominancia de especies del macrobentos de la zona litoral entre meso y eutrófico (Ubeda y Estrada 1994) por lo que estaría influenciando para encontrar variaciones que van de valores grandes biomasas a muy pequeños.



## Variación temporal por lago

La tendencia a la disminución de la densidad y biomasa a lo largo del ciclo anual podría deberse a que los valores máximos coinciden (marzo y mayo) con el inicio de la época de lluvias y se observó una disminución al final de ciclo de muestreo (julio, septiembre y noviembre), probablemente a la época de transición entre lluvias y secas. Así como el ciclo de vida de algunos organismos que pasan a una etapa madura o fase alada y emerjan.

## Variación temporal por taxón

### Nematoda

Los nemátodos son organismos que se concentran en el estrato superficial del sedimento y de forma más abundante en aquellos ricos en materia orgánica; son muy tolerantes a las condiciones ambientales extremas (Platt *et al.* 1984), registrándose en ambientes desde dulceacuícolas hasta salinos, como en el caso de Aljojuca (agua dulce) y Atexcac (agua salina), donde presentaron densidades elevadas. Särkkä y Paasivirta (1972 *in* Higgins *et al.* 1988) estudiaron el lago Paijanne, Finlandia registrando densidades para nemátodos de 3,000-23,000 org/m<sup>2</sup>, intervalo dentro del cual se encuentran los nemátodos de los lagos aquí estudiados.

### Oligoquetos

*L. hoffmeisteri* fue la especie con mayor densidad en La Preciosa, ésto se pudo haber favorecido, principalmente, por la concentración elevada de materia orgánica en el sedimento ( $1.5 \pm 0.2$  % a  $3.5 \pm 13.6$ %), la cual favorece el desarrollo de estos organismos (Newrkla y Wijegoonawordana 1987), así como la capacidad de tolerar intervalos amplios de variables fisicoquímicas (Chapman y Brinkhurst 1984). Es probable que las densidades menores se debieron a factores biológicos como la competencia por espacio y la depredación por parte de tricópteros, coleópteros, peces, odonatos, hemípteros, hirudíneos todos ellos presentes en estos lagos (Alcocer *et al.* 1993).

*T. tubifex* probablemente no presentó una densidad elevada debido a que es una especie que tiende a ser más numerosa en aguas profundas y parece incrementarse en número conforme aumenta la profundidad (Martínez-Ansemil y Prat 1984, Milbrink 1983 in Probst 1987, Särkkä 1987). Este estudio se limitó a la zona litoral.

No todos los oligoquetos se caracterizan por habitar en intervalos ambientales amplios; de acuerdo a Montoya y Peralta (1995). Los nauidos *P. aequiseta* y *N. variabilis* de los lagos-cráter se encontraron preferencialmente en lugares con bajo contenido de materia orgánica (1.5% y 2.3%), sustrato parcialmente cubierto por algas bentónicas y escasa vegetación sumergida.

## **Anfípodos**

*Hyaella azteca* es una especie presente en todos los lagos muestreados. Suele ser una especie abundante en las áreas someras de los lagos (Mathias 1971), especialmente en sustratos como arena, grava, pequeñas partículas y macrofitas acuáticas donde se encuentra una concentración alta de materia orgánica y partículas floculadas que son su fuente de alimentación (France 1993). Densidades menores pueden estar asociadas a la depredación. En el caso de Atexcac *H. azteca* presentó una menor densidad lo que puede estar asociado a que en este lago hay poco acarreo y sedimentación de terrigenos, ya que se presenta una pendiente abrupta la cual impide el desarrollo masivo de macrofitas acuáticas.

## **Copépodos**

La densidad promedio mayor de copépodos harpacticoides la presentó La Preciosa ( $5,924 \pm 545$  org/m<sup>2</sup>), densidad que se encuentra en el límite inferior del intervalo (2,000 a 62,000 org/m<sup>2</sup>) registrado para el Lago Pääjärvi (Sarvala 1986 in Higgins *et al.* 1988). Sin embargo, en otros trabajos realizados en 30 ríos ingleses (Rundle y Hildrew, 1990 Rundle y Ormerod 1991 in Sarvala 1998) la densidad de los copépodos harpacticoides fue bajo (<1,000 org/m<sup>2</sup> y 0.005 gC/m<sup>2</sup>). Kowarc (1990 in Sarvala 1998), encuentra en un río de Austria densidades promedio de 31,000 org/m<sup>2</sup> con una biomasa de 0.006 gC/m<sup>2</sup>.

La biomasa total de harpacticoides en varios ríos de Norteamérica fue de  $0.010 \text{ gC/m}^2$  (O'Doherty 1985). En un reservorio de Uchisky, Rusia, la biomasa de copépodos harpacticoides en primavera y otoño es de  $0.070 \text{ gC/m}^2$  correspondiente al 30% del total de biomasa del meiobentos (Sakharova, 1970 *in* Sarvala 1998). Todos los valores anteriormente mencionados son superiores a los registrados en este estudio. Las densidades menores pueden deberse a la depredación existente por parte de muchos invertebrados que se alimentan de copépodos harpacticoides, aunque son pocas las observaciones publicadas al respecto (Haka *et al.* 1974 *in* Evans y Stewart 1977). Además, su ciclo de vida está determinado por la disponibilidad de alimento, temperatura y luz puesto que muchos de ellos se enquistan o producen huevos de resistencia durante las épocas desfavorables (Sarvala 1998).

### **Ostrácodos**

McGregor (1969 *in* Higgins 1998) menciona que algunas especies de ostrácodos son abundantes y alcanzan su máxima densidad a una profundidad de 6 m, encontrándose la mayor parte de la población entre los 3 y los 6 m, disminuyendo conforme aumenta la profundidad. Las densidades mayores en La Preciosa probablemente están asociadas a un contenido elevado de materia orgánica lo que permite su mejor desarrollo, ya que estos organismos se alimentan de detritus y diatomeas bentónicas (Streble *et al.* 1987 *in* Giere 1993). Sin embargo, es probable que en Atexcac estén ausentes debido al poco acarreo y sedimentación de terrígenos, por la pendiente abrupta que presenta lo cual no permite la acumulación de materia orgánica.

### **Quironómidos**

La densidad de los quironómidos está en función de la productividad lacustre (Wetzel 1983). *Stictochironomus* y *C. stigamaterus* consumen la materia orgánica sedimentada principalmente, por lo que las características del sedimento son decisivas para la colonización de nuevos sitios. Estos organismos atrapan su alimento (plancton y detrito) construyendo redes en la entrada de sus tubos, las cuales consumen una vez que se han colmatado. Strayer (1985) registra a los quironómidos del Lago Mirror en mayor densidad. Presentan gran adaptabilidad lo que les permite explotar cualquier ambiente (Hammer 1986 *in* Alcocer 1995).

## CONCLUSIONES

La comunidad meiobentónica de los lagos estudiados consistió de meiofauna permanente (organismos que llevan a cabo todo su ciclo de vida) representados por nemátodos, copépodos y ostrácodos y de meiofauna temporal (estados juveniles de la macrofauna) consistente en oligoquetos, anfípodos y larvas de insectos.

Los organismos del meiobentos de la zona litoral de los lagos-cráter estuvieron constituidos por un total de 11 taxa. El Lago con mayor número de taxa fue Aljojuca con diez taxa seguido de La Preciosa con nueve taxa y, finalmente, Atexcac con seis taxa. La variación temporal de la riqueza taxonómica promedio fue reducida (La Preciosa  $8.8 \pm 0.4$ , Aljojuca  $8.6 \pm 1$  y Atexcac  $4.0 \pm 1$ ).

Las especies del meiobentos *Bryocamptus*, *C. stigmaterus*, *H. azteca*, *Limnocythere* sp. 1, *L. hoffmeisteri* y los nemátodos contribuyeron con el 54.5%, encontrándose en los tres lagos-cráter. *Limnocythere* sp. 2 y *Stichtochironomus* sólo se presentaron en La Preciosa y Aljojuca. Mientras que *P. aequiseta* y *N. variabilis* únicamente estuvieron en Aljojuca y *T. tubifex* en La Preciosa.

El lago que presentó la densidad y biomasa promedio anual mayor fue La Preciosa con  $3,985 \pm 7,758$  org/m<sup>2</sup> ( $0.039 \pm 0.138$  gC/m<sup>2</sup>), seguido de Aljojuca con  $1,885 \pm 5,236$  org/m<sup>2</sup> ( $0.035 \pm 0.177$  gC/m<sup>2</sup>) y finalmente Atexcac con el valor menor  $663 \pm 1,010$  org/m<sup>2</sup> ( $0.002 \pm 0.004$  gC/m<sup>2</sup>). En el caso de Atexcac se vieron influidos estos valores debido a la salinidad que presenta.

La especie con mayor densidad y biomasa promedio anual de los tres lagos-cráter fue *L. hoffmeisteri* con  $13,433 \pm 10,281$  org/m<sup>2</sup> ( $0.124 \pm 0.165$  gC/m<sup>2</sup>), mientras que la menor fue para *Bryocamptus* con  $66 \pm 220$  org/m<sup>2</sup> ( $0.00001 \pm 0.00004$  gC/m<sup>2</sup>).

Los taxa dominantes fueron el tubificido *L. hoffmeisteri* y los nemátodos, adicionalmente, en La Preciosa también fue dominante el anfípodo *H. azteca* y los ostrácodos *Limnocythere* sp. 1 y *Limnocythere* sp. 2; finalmente en Aljojuca y Atexcac se registró como dominante a *C. stigmaterus*.

Al comparar la composición de los lagos estudiados con otros cuerpos acuáticos del mundo esta resultó ser similar. Los nemátodos son especies dominantes en este estudio al igual que en otros lagos del mundo. En cuanto a la riqueza taxonómica de los lagos-cráter esta fue baja con respecto a otros lagos. La densidad registrada fue menor en los lagos aquí estudiados, sin embargo la biomasa fue similar al compararse con otros cuerpos acuáticos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALCOCER, J. 1995. Análisis holístico de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos litorales de seis lagos-cráter con un gradiente de salinidad. Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 106pp.
- ALCOCER, J. y ESCOBAR, E. 1996. Limnological regionalization of México. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 2: 55-69.
- ALCOCER, J. y ESCOBAR, E. 1990. The drying up of Mexican Plateau axalapazcos. *Salinet* 4: 34-36.
- ALCOCER, J., A. LUGO, S. ESTRADA, M. UBEDA y E. ESCOBAR. 1993a. La macrofauna bentónica de los axalapazcos mexicanos. *Actas del VI Congreso Español de Limnología* 33: 409-415.
- ALCOCER, J., A.LUGO, S. ESTRADA, M. UBEDA y E. ESCOBAR. 1993b. Littoral chironomid of a Mexican Plateau athalassohaline lake. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 444-447.
- ALCOCER, J. A. LUGO, M.R.SÁNCHEZ, M.CHÁVEZ y E. ESCOBAR. 1998. Threats to the saline lakes of Oriental Basin, Mexico, by human activities. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1383-1386.
- ALVAREZ, J. 1949. Correlación entre la distribución ictiofaunística y los cambios geomorfológicos. *Bol. Soc. Geol. Méx.* 14: 39-45.
- ALVAREZ, J. 1950. Contribución al conocimiento de los peces de la región de los Llanos, estado de Puebla (México). *An. esc. Nal. Cienc. biol.* VI (1-4): 81-107.
- ALVAREZ, J. 1955. Algunos casos referentes a lo tratado en la plática anterior, Laguna de Chichancanab. Los Llanos de Puebla, La Presa de Sta. Catarina, en Uruapan, Mich. Los peces cavernícolas in: Pláticas hidrobiológicas. Memorandum Técnico No. 101. Dir. Gral. Dists. de Riego. Depto. de planeación, Investigación y Estadística. S:R:H: México. 90-93.
- ALVAREZ, J. 1981. Algunos casos particulares en lagos mexicanos. Cap. 14. In: Pláticas Hidrobiológicas. C:E:C:S:A: México. 15-21.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J.L., L.E.BORREGO-ENRIQUEZ, R. M. CASTILLO-DOMINGUEZ y M.A. VALLADOLID-GUERRERO. 1983. Batimetría y morfometría de los lagos "maars" de la Cuenca de Oriental, Puebla, México. *Biótica* 8(1): 37-47.

- ARREDONDO, J.L., y AGUILAR, C. 1987. Bosquejo hitórico de las investigaciones limnológicas, realizadas en lagos mexicanos, con especial énfasis en su ictiofauna. In: Gómez, A.S. y Arenas, F.V. (eds.) *Contribuciones en Hidrobiología*. U.N.A.M., México. 91-133 pp.
- APHA, AWWA y WPCF. 1985. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association. Washington.1,268 pp.
- BARBOUR, C. 1973. A biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces: a species flock from the Mexican Plateau.). *Copeia* 3: 533-556.
- BRINKHURST, R.O. y M.R.MARCHESE. 1991. *Guía para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centroamérica*. Colección Climax. No. 6. 2a. edición. Santa Fe, Argentina. 207pp.
- CHAPMAN, P.M. y BRINKHURST, R.O. 1984. Lethal and sublethal tolerances of aquatic oligochaetes with reference to their use as a biotic index of pollution. *Hydrobiologia*. **115**: 139-144.
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD. 1960-62. Análisis químicos de las lagunas de El Carmen, Alchichica, Quechulac, La Preciosa y Atexcac en Puebla. Oficina de Estudios, Sección de Hidrobiología.C.F.E. México. Reporte inédito. s/pp.
- COULL, B.C y M. PALMER. 1984. Campo experimental en ecología de meiofauna. *Hidrobiología*. **118**: 1-19.
- DÍAZ, E. y C. GUERRA. 1979. Estudio limnológico de los axalapazcos del Estado de Puebla: resultados preliminares. In: Memorias del Seminario de Ecología. I.P.N. La Paz, México. 20pp.
- DOHERTY, O. E.C., 1985. Stream-dwelling copepods: the life history and ecological significance. *Limnol. Oceanogr.* **30**: 554-564.
- DOLE, M.J.1983. Le domaine aquatique souterrain de la plaine alluviale du Rhône a l'est de Lyon. 1. Diversité hydrologique et biocénotique de la dynamique fluviale. *Vie et Milieu*. **33**: 219-229.
- EHELLE, A. A. y EHELLE, A. F. 1984. Evolutionary genetics of a "species flock": atherinid fishes on the Mesa Central of Mexico. In: A.A. Echelle & I. Kornfield (eds.). Evolution of fish species flocks. University of Maine Press at Orono. Maine. pp.93-110.
- EDMONSON, W.T. 1959. *Fresh-water biology*. 2a. edición. John Wiley & Sons. Nueva York. 1248 pp.

- ESCOBAR, E., M. LOPEZ, L. A. SOTO, M. SIGNORET. 1997. Densidad y Biomasa de la meiofauna del talud continental superior en dos regiones del Golfo de México. *Ciencias Marinas*. **23(4)**: 463-489.
- EVANS, M.S., J.A. STERWART. 1977. Epibenthic and Benthic Microcrustaceans (Copepods, Cladocerans, Ostracods) form a Nearshore Area in Southeastern Lake Michigan. *Limnology and Oceanography*. **22**: 1059-1066.
- FELLER, J.R. 1984. Serological tracers of meiofaunal food webs. *Hydrobiologia*. **118**: 119-125.
- FLORES, E. 1991. Aportaciones al estudio del "charal" *Poblana letholepis* (Pisces: Atherinidae) del lago maar La Preciosa (Las Minas), Puebla, México. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM. México. 55pp.
- FUENTES, A.L. 1972. *Regiones naturales del Estado de Puebla*. U.N.A.M. México. 143pp.
- FRANCE, R.L. 1993. Production and turnover of *Hyaella azteca* in central Ontario, Canada compared with other regions. *Freshwater Biology*. **30**: 343-349.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). E. García. México. 217pp.
- GARZÓN, M.A. 1990. Caracterización Saprotrófica de los lagos cráter de la Región de los Llanos, Puebla. Tesis de Licenciatura (Biología). E.N.E.P. Iztacala. U.N.A.M. México. 102pp.
- GASCA, D.A. 1981. *Algunas notas de la génesis de los lagos-cráter de la Cuenca de Oriental, Puebla-Tlaxcala-Veracruz*. Colección Científica Prehistoria. No. 98 Inst. Nal. Antrop. Hist. de México. 55pp.
- GIERE, O. 1993. *The microscopic fauna in Aquatic sediments*. Springer-Verlag. Alemania. 328pp.
- GRAY, J.S. 1981. *The ecology of marine sediments*. Cambridge Studies in Modern Biology 2. Cambridge University Press. Cambridge. 185pp.
- GRIGELIS, A. 1984. Ecology and importance of oligochaeta in the biocenosis of zoobenthos in lake of the National Park of the Lithuanian SSR. *Hydrobiologia*. **115**: 211-214.
- HIGGINS, ROBERT P. y THIEL HJALMAR. 1988. Introduction to the Study of Meiofauna Smithsonian Institution Press. Washington. 488pp.
- HOLOPAINEN, I.J. y PAASIVIRTA L. 1977. Abundance and biomass of the meiozoobenthos in the oligotrophic and mesohumic lake Pääjärvi, southern Finland. *Ann.Zool. Fennici*. **14**: 124-134.

- HUTCHINSON, E.G. 1957. *A treatise on Limnology. Chemistry of lakes*. John Wiley & Sons. Nueva York. Vol. IV. 944pp.
- KASPRZAK, K. 1984. The oligochaetes (Annelida, Oligochaeta) in a lake and a canal in the agricultural landscape of Poland. *Hydrobiologia* **115**: 171-174.
- KUNZ, I. 1988. El uso de la estadística para la construcción de clasificaciones y regionalizaciones. *Serie Varia* **1** (11): 34pp.
- LEWIS, M.WILLIAM. 1996. Tropical lakes: how latitude makes a difference. *Perspectives in Tropical Limnology*. 43-64pp.
- LUGO, A. 1993. Estudio de las comunidades litorales de protozoarios en seis lagos-cráter del estado de Puebla, mediante el método de colonización de sustratos artificiales. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos). Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 76pp.
- LUGO, A., J. ALCOCER, M. CHAVEZ, G. VILA CLARA, M. GAYTAN y M.R. SANCHEZ. 1994. Los axalapazcos de Puebla. Seis joyas en el desierto. *Información Científica y Tecnológica* **16**(209): 32-36.
- MASON, T. W. 1973. *An introduction to the identification of Chironomid larvae*. Analytical Quality Control Laboratory National Environmental Research Center. Cincinnati, Ohio. 45269pp.
- MARCHESE, M.R. 1987. The ecology of some benthic oligochaeta from the Paraná River, Argentina. *Hydrobiologia*. **155**: 209-214.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Omega. Barcelona. 1010pp.
- MARTENS, M.P. y E.R. SCHOCKAERT. 1986. The importance of turbellarians in the marine meiobenthos: a review. *Hydrobiologia*. **132**: 295-303.
- MATHIAS, J. A. 1971. Energy flow and secondary production of amphipods *Hyalella azteca* and *Crangony richmondensis occidentalis* in Marion Lake, British Columbia. *J. Fish. Res. Board Can.* **28**: 711-726.
- MILLER, R.R. 1986. Composition and derivation of freshwater fish fauna of México. *An. Esc. nac. Cienc. biol.* **30**: 121-153.
- MIRZA, F.B. y J.S. GRAY. 1981. The fauna of benthic sediments from the organically enriched Oslofjord, Norway. *J.exp. mar. Biol. Ecol.* **54**:181-207.



- MONTOYA, M.J. y L. PERALTA. 1995. Ecología de los oligoquetos de los lagos maars de la porción suroriental del Altiplano Mexicano. Tesis Profesional. U.N.A.M. *Campus Iztacala*. 62pp.
- NEWRKLA, P. y n. WIJEGOONAWARDANA. 1987. Vertical distribution and abundance of benthic invertebrates in profundal sediments of Mondsee, with special reference to oligochaetes. *Hydrobiologia*. **155**: 227-234.
- PASCAR-GLULZMAN, C. Y C. DIMENTMAN. 1984. Distribution and habitat characteristics of Naididae and Tubificidae in the inland water of Israel and the Sinai Peninsula. *Hydrobiologia*. **115**: 197-205.
- PENNAK, W.R. 1978. *Fresh-water invertebrate of the United States*. John Wiley and Sons. Nueva York. 803pp.
- PIÑA, E.P. 1984. Variación estacional del fitoplancton en tres axalapascos de la Cuenca de Oriental, Puebla. Tesis de licenciatura (Biología). *Esc. Nat. Cienc. Biol.* I.P.N. México. 41pp.
- PLATT, H.M. SHAW, K.M y LAMBSHEAD, P.J.D. 1984. Nematode species abundance patterns and their use in detection of environmental perturbations. *Hydrobiologia*. **118**: 59-66
- PROBST, L. 1987. Sublitoral and profundal oligochaeta fauna of the Lake Constance (Bodensee-Obersee). *Hydrobiologia*. **155**: 277-282.
- RAMÍREZ, G. P. 1983a. Estudio de la distribución y producción de la vegetación acuática en seis lagos cráter de Puebla. Tesis de Licenciatura. ENEP Zaragoza, U.N.A.M. México. 28pp.
- RAMÍREZ, G.P. 1983b. Aspectos ecológicos de la vegetación acuática en seis lagos cráter de Puebla. *Memorias de la II Semana Botánica*. ENEP Iztacala, U.N.A.M. México. 42-43pp.
- RAMÍREZ-GARCÍA, P. y A. NOVELO. 1984. La vegetación acuática vascular de seis lagos-cráter del estado de Puebla, México. *Bol.Soc.Bot.* México. **46**: 75-88pp.
- RAMÍREZ-GARCÍA, P. y F. VAZQUEZ-GUTIERREZ. 1989. Contribuciones al estudio limnobotánico de la zona litoral de seis lagos-cráter del estado de Puebla. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.* Univ. Nal. Autón. Méx. **16(1)**: 1-16.
- REYES, M. 1979. Geología de la Cuenca de Oriental. Estados de Puebla, Veracruz y Tlaxcala. Colección Científica Prehistoria. 71. Ins. Nal. Antrop. Hist. México. 50pp.
- SÄRKKÄ, J. 1987. The occurrence of oligochaetes in lake chains receiving pulp mill waste and their relation to eutrophication on the trophic scale. *Hydrobiologia*. **155**: 259-266.

- SARVALA, J. 1998. Ecology and role of benthic copepods in northern lakes. *Journal of Marine Systems*. **15**: 7586.
- SKVORTSOV, VLADIMIR. V. 1997. Meiobentos communities of some subarctic lakes. *Hydrobiologia*. **342/343**:117-124.
- THORP, J.H y A.P. COVICH. 1991. *Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, Inc. 911 pp.
- TRAUNSPURGER, W. 1997. Distribution of benthic nematodes in the littoral of an oligotrophic lake (Königssee, National park Berchtesgadesn, FRG). *Hydrobiologia*. **135**: 393-412.
- TUDORANCEA, C. y R. H. GREEN. 1975. Distribution and seasonal variation of benthic fauna in Lake Manitoba. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **19**: 616-623.
- UBEDA, M. y S. ESTRADA. 1994. Variación temporal de las comunidades macrobentónicas de los lagos de la región de los llanos Puebla, México (Composición, abundancia, distribución, asociaciones). Tesis Profesional. U.N.A.M. *Campus Iztacala*. 44pp.
- VILA CLARA, G., M. CHAVEZ., A.LUGO., H. GONZALEZ y M. GAYTAN. 1993. Comparative description of crater-lake basic chemistry in Puebla State, México. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **25**: 435-440.
- VERNONSCHOT, P.F.M. 1984. The distribution of aquatic oligochaetes in the fenland area of N.W.Overijssel (The Netherlands). *Hydrobiologia*. **115**: 215-222.
- WEBER, C.I. (ed). 1973. *Biological field and laboratory methods*. U.S. Environmental Protection Agency. EPA-670/4-73-001. Cincinnati. 38pp.
- WETZEL, R.G. 1983. *Limnology*. Saunders. Filadelfia. 743pp.
- WETZEL, R.G. y G.E. LIKENS. 1979. *Limnological analyses*. W.B. Saunders. Filadelfia. 357pp.
- WILLIAMS, W.D. 1972. *The uniqueness of salt lake ecosystems*. In: Z.Kajak y A. Hillbricht-Ilkowska (eds.). *Productivity problems in freshwaters*. IBP-UNESCO. Polonia.