

# Composición, abundancia del zooplancton y calidad de agua en un microreservorio en el estado de Morelos

## Zooplankton composition, abundance and water quality in a microreservoir at Morelos State

José Luis Gómez-Márquez, Bertha Peña-Mendoza,  
José Luis Guzmán-Santiago y Verónica Gallardo-Pineda

Laboratorio de Limnología, FES Zaragoza, UNAM. Batalla 5 de mayo esq. Fuerte de Loreto,  
Ejército de Ote. Iztapalapa, México, D.F. 09230. México  
e-mail: lgomez@unam.mx

---

Gómez-Márquez J. L., B. Peña-Mendoza, J. L. Guzmán-Santiago y V. Gallardo-Pineda. 2013. Composición, abundancia del zooplancton y calidad de agua en un microreservorio en el estado de Morelos. *Hidrobiológica* 23 (2): 227-240.

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar la composición, abundancia y riqueza de especies del zooplancton en el bordo Huitchila, Morelos, México y su relación con los factores ambientales durante el periodo septiembre de 2010 a septiembre de 2011. Se identificaron 16 especies pertenecientes a tres grupos principales: 11 rotíferos, 3 cladóceros y 2 copépodos. La especie más frecuente fue el copépodo *Arctodiaptomus dorsalis*, presente en el 100% de las muestras, con densidad de 1 182 org/L. Entre los cladóceros la especie más frecuente y abundante fue *Diaphanosoma birgei* (100% y 85 org/L, respectivamente). La especie de rotíferos más abundante fue *Brachionus falcatus* (1 511 org/L) y la más frecuente *B. caudatus* (92%). La familia Brachionidae registró la mayor riqueza de especies en el sistema estudiado. La máxima riqueza de especies y abundancia de zooplancton se registró en la época de secas. El microreservorio se considera eutrófico, con aguas cálidas (20.3-28 °C), bien oxigenadas (4.1-16.2 mg/L), ligeramente alcalinas, duras y de baja conductividad (693-1258 µS/cm). Este sistema presenta buena productividad y alta disponibilidad de alimento necesario para la nutrición de la tilapia *Oreochromis niloticus*, especie que es explotada localmente por los pescadores.

**Palabras clave:** Bordo, eutrófico, factores ambientales, limnología, riqueza de especies, rotíferos.

### ABSTRACT

The aim of the present work was to analyze the zooplankton composition, abundance and species richness at Huitchila microreservoir (called "bordo" in Spanish), Morelos, Mexico and their relationship with environmental conditions between September 2010 and September 2011. Sixteen zooplankton species belonging to three main groups were identified at the "bordo": 11 rotifers, 3 cladocerans, and 2 copepods. The most frequent species was the copepod *Arctodiaptomus dorsalis*, occurring in 100% of the samples, with a density of 1 182 org/L. Among the cladocerans, *Diaphanosoma birgei* was the most frequent and abundant (100% and 85 org/L, respectively). The most abundant rotifer species was *Brachionus falcatus* (1 511 org/L) and the most frequent was *B. caudatus* (92%). The family Brachionidae had the highest species richness in the surveyed system. The highest zooplankton abundances and species richness were recorded during the dry season. Huitchila microreservoir is a eutrophic system, with warm water (20.3-28 °C), high availability of dissolved oxygen (4.1-16.2 mg/L), slightly alkaline, hard waters, with low conductivity (693-1258 µS/cm). This aquatic system is productive and has high food availability for the tilapia *Oreochromis niloticus*, a local fisheries resource.

**Key words:** Environmental factors, eutrophic, limnology, microreservoir, species richness, rotifers.

## INTRODUCCIÓN

En la República Mexicana existen una gran cantidad de cuerpos de agua epicontinentales (aproximadamente 14000) (Arredondo-Figueroa & Flores-Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2002) que a pesar de su importancia biológica y económica no han sido estudiados limnológicamente. El mayor número de sistemas lénticos se localiza en la zona geoeconómica Centro-Occidente de México, que incluye a los estados de Jalisco y Michoacán y un número menor se encuentran distribuidos en las regiones Centro-Sur y Norte del país. Los bordos temporales y permanentes también llamados jagüeyes, microembalses, bordos o estanques rústicos están presentes en el 67.13% del territorio nacional y cubren 188 781 hectáreas que representan el 14.74% de la superficie inundada de las aguas epicontinentales (Arredondo-Figueroa & Flores-Nava, 1992). Aproximadamente el 90% de los cuerpos de agua lénticos del territorio nacional son temporales, presentando dimensiones menores a diez hectáreas, así como características similares a las de los lagos naturales someros, donde la profundidad no rebasa los 2.5 m y presentan poca o nula estratificación de la temperatura y los nutrimentos (Arredondo-Figueroa & García-Calderón, 1982; Arredondo-Figueroa & Flores-Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2002; Moss, 1996; López & Zambrano, 2001; Quiroz & Díaz, 2010).

Los bordos son reservorios artificiales de agua temporal o permanente que se llenan principalmente por la captación del agua de lluvia y son utilizados sobre todo como abrevaderos para el ganado y para actividades de extensionismo acuícola, en particular para la producción piscícola. Tienen una cortina rústica construida de tierra o mampostería, generalmente contienen aguas turbias debido a los sólidos en suspensión y a la materia orgánica (Arredondo-Figueroa & Flores-Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2002; Hernández-Avilés *et al.*, 2007; Quiroz & Díaz, 2010).

Estos sistemas dulceacuícolas tienen una gran importancia ecológica, alta potencialidad de recursos y la biodiversidad que en ellos habita, es considerada como parte importante del patrimonio nacional (Namihira-Santillán *et al.*, 2002; Aguilar, 2003; Margalef, 1983). Es por ello que un primer nivel en el manejo adecuado de un embalse es el diagnóstico de las condiciones de calidad del agua y sus comunidades (Namihira-Santillán *et al.*, 2002; Aguilar, 2003; López-López & Serna-Hernández, 1999).

Un elemento importante en la transmisión de la energía dentro de los sistemas de aguas continentales es el zooplancton, su abundancia y distribución varían temporalmente en respuesta a cambios en factores bióticos y abióticos, por lo que su composición y abundancia varía también en respuesta a los cambios en la diversidad y abundancia del fitoplancton (Armengol, 1982; Folt & Burns, 1999; Wetzel, 2001). Es por lo anterior que el estudio del zooplancton provee información invaluable acerca del estado

trófico y de los procesos de productividad general de los lagos y de los reservorios. Sin embargo, los estudios de la fauna pláncica del agua dulce están limitados, debido a que la mayoría de los trabajos limnológicos se han enfocado principalmente, a los aspectos hidrológicos en general (Suárez *et al.*, 1991; 1993).

Recientemente, en el estado de Morelos se han iniciado estudios sobre el conocimiento de la riqueza de especies zoopláncicas para los diferentes ecosistemas acuáticos. Sin embargo, son pocos los trabajos que se han desarrollado en los diferentes embalses del estado, sobre aspectos de su composición, diversidad y distribución de especies de flora y fauna y su relación con los factores físicos y químicos (Osorio-Tafall, 1942; Granados, 1990; Porras, 1992; Gómez-Márquez, 2002; Dorantes & Zavala, 2003; Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Granados-Ramírez & Álvarez-Del Ángel, 2003a; Granados-Ramírez & Suárez-Morales, 2003b; Parra *et al.*, 2006; Gómez-Márquez *et al.*, 2007a, 2007b, 2008; Granados-Ramírez *et al.*, 2008).

En el estado de Morelos existen aproximadamente 160 cuerpos de agua; en la mayoría de ellos se desconoce la composición faunística, en especial en lo referente al zooplancton. La mayoría de los cuerpos de agua son utilizados de manera secundaria para actividades de acuicultura (pesquerías) o recreación turística y en mayor medida son utilizados como reserva de agua para actividades agropecuarias o para consumo humano. Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue proporcionar información sobre la composición, abundancia y riqueza de especies del zooplancton en un microembalse y su relación con las condiciones ambientales predominantes en dicho cuerpo de agua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El microembalse o bordo Huitchila se encuentra en el municipio de Tepalcingo, estado de Morelos, entre los 18°39'40.35" y 18°38'55.74" Norte y 98°54'50.25" y 98°55'37.34" Oeste, a 1160 m sobre el nivel del mar (Fig. 1) (Anónimo, 1998). Tiene una longitud máxima de 605.4 m, un ancho máximo de 283.4 m, y una profundidad máxima de 5 m. El agua almacenada se utiliza principalmente para actividades agropecuarias y como actividades secundarias para la acuicultura. El clima que predomina en esta zona es cálido sub-húmedo con lluvias en verano ( $Aw''(w)(i)g$ ), con un rango de precipitación anual de 800-1000 mm y temperatura media anual de 22 °C a 26 °C (García, 2004).

Se recolectaron muestras mensuales durante el período comprendido entre septiembre 2010 y septiembre 2011, con el fin de abarcar los períodos climáticos de lluvias (junio a octubre) y secas (noviembre a mayo). Siguiendo el criterio de Thornton (1990), se establecieron dos localidades en los extremos del eje longitudinal del embalse, una cercana en la zona cercana al dique (EI) y a otra en la región fluvial del embalse (EII). En cada estación

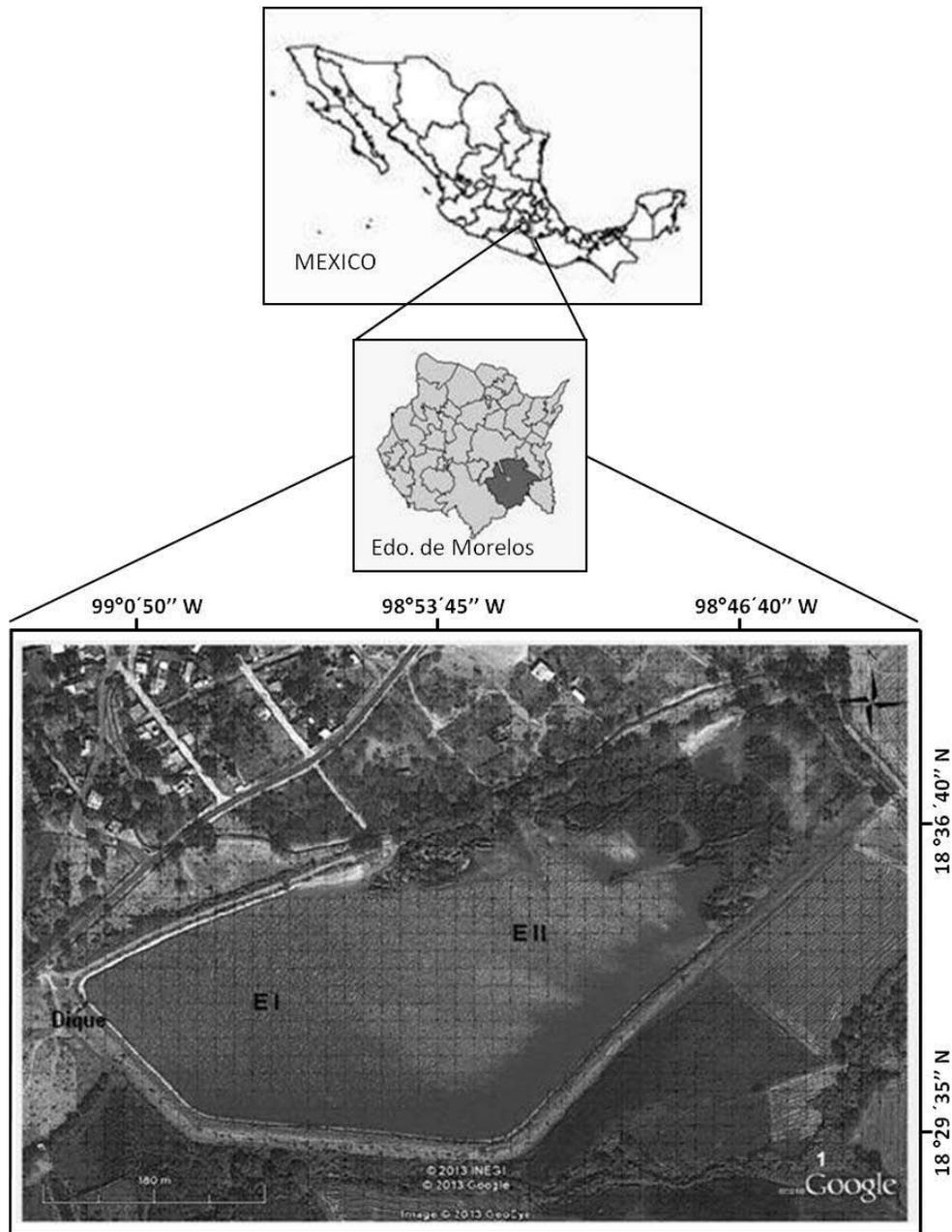


Figura 1. Ubicación del bordo Huitchila Municipio de Tepaltzingo, estado de Morelos.

se midió la temperatura ambiente con un termómetro de  $\pm 1^\circ\text{C}$  de precisión y la transparencia del agua mediante la visibilidad del disco de Secchi. Asimismo, en cada sitio de monitoreo se registró la temperatura del agua ( $0.1^\circ\text{C}$  de precisión) y el oxígeno disuelto ( $0.01\text{mg/l}$  de precisión) con un oxímetro marca HANNA modelo HI9146; el pH ( $0.1$  unidades), conductividad ( $1\mu\text{S/cm}$  de precisión) y sólidos disueltos totales ( $0.1\text{ mg/l}$  de precisión) con una sonda multiparamétrica marca HANNA modelo HI 991300. Se tomaron muestras de agua para análisis químico con la ayuda de una botella de captación tipo van Dorn de  $2\text{ L}$  de capacidad a dos niveles

de profundidad ( $0.3$  y  $1.0\text{ m}$ ) las cuales se vertieron en una botella de polietileno de un litro de capacidad. Las muestras se mantuvieron en frío y en oscuridad hasta su análisis en el laboratorio. La alcalinidad y la dureza total se determinaron en el laboratorio de acuerdo a lo establecido en APHA, AWWA & APWA (1992).

Las muestras de zooplankton se recolectaron en las dos estaciones limnéticas de muestreo mediante una red de  $80\mu\text{m}$  de apertura de malla con la que se realizaron arrastres horizontales de  $10$  metros (volumen filtrado =  $707$  litros) en el estrato oxigenado

de la columna de agua. Las muestras se preservaron con solución de formalina al 4% de concentración final, hasta su análisis posterior en el laboratorio (Wetzel & Likens, 1991).

Con la ayuda de la botella de captación, se recolectaron muestras de agua (200 mL) en la zona eufótica limnética del embalse para la estimación de la concentración de clorofila *a* del fitoplancton. Las muestras se almacenaron en frío y en oscuridad hasta su análisis en el laboratorio. Para la determinación de biomasa (*clorofila "a"*), se filtró la muestra de agua a través de un filtro de fibra de vidrio marca Millipore de 0.42 µm y la lectura de las clorofilas se hizo con la ayuda de un espectrofotómetro Spectronic 20, con base a lo establecido en Lind (1979).

Las estimaciones de la abundancia del zooplancton se realizaron tomando alícuotas de 1 mL de muestras concentradas (500 mL aproximadamente) y analizadas en cámaras de Sedgwick-Rafter y la posterior observación e identificación al microscopio con la ayuda de claves taxonómicas (Ahlstrom, 1940; Osorio-Tafall, 1942; Needham & Needham, 1972; Koste, 1978; Korovochinsky & Smirnov, 1998; Silva-Briano & Suarez-Morales, 1998; Nogrady & Segers, 2002; Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). Los conteos se realizaron por duplicado.

Se aplicó el análisis exploratorio de datos (Salgado, 1992) para determinar el comportamiento de las variables así como para comprobar los supuestos para la aplicación del análisis de estadística paramétrica para definir la existencia o no de diferencias significativas de las variables físico-químicas y biológicas entre las estaciones.

Mediante una prueba de *t-student*, previa comprobación de los supuestos para su aplicación (Sokal & Rohlf, 1981), se determinó si hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las variables físicas y químicas analizadas. Las pruebas se realizaron con el programa Statgraphics v.5.1 para Windows. La inexistencia de

normalidad y homogeneidad de varianza determinó la aplicación de la prueba de Mann-Whitney (U) (Marques, 2004) con la finalidad de comparar diferencias y similitudes de las variables físicas, químicas y abundancia del zooplancton analizadas entre estaciones y la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ) para la comparación temporal de cada una de las variables ambientales del zooplancton. También se aplicó el análisis de correlación de Spearman (Marques, 2004) para relacionar las variables físicas, químicas y biológicas.

Para determinar la diversidad de las especies dentro del sistema, se utilizó el índice de Shannon-Weiner (Brower & Zar, 1977; Franco *et al.*, 1985; Moreno, 2001), el cual refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y la abundancia relativa. Se recurrió a este índice ya que asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. También se determinó la equitatividad (J) y uniformidad o dominancia (U) (Brower & Zar, 1977).

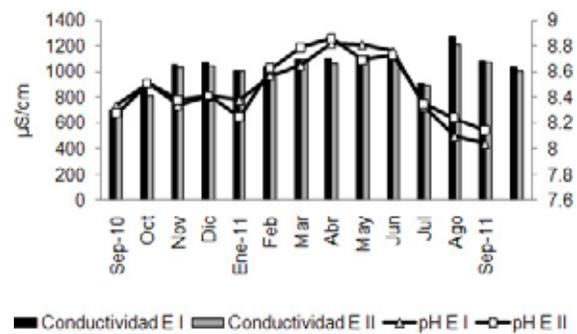


Figura 3. Variación temporal de la conductividad y pH del bordo Huitchila.

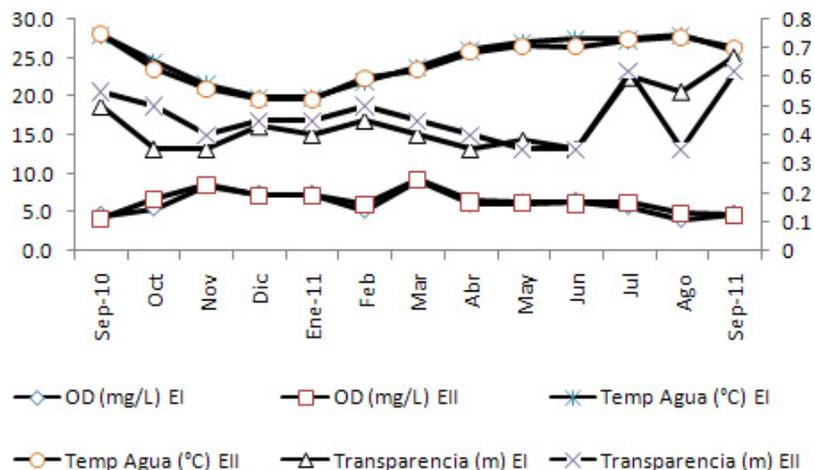


Figura 2. Comportamiento temporal de la temperatura del agua (Temp agua), oxígeno disuelto (OD) y Transparencia del bordo Huitchila.

Para jerarquizar la dominancia de las especies se construyó el diagrama de Olmstead-Tuckey (Sokal & Rohlf, 1981) para la comunidad zooplánctica. Las especies dominantes, constantes, ocasionales y raras se determinaron a partir de la relación entre la densidad de los organismos y la frecuencia de aparición.

Por último, con el programa Statgraphics v.5.1 para Windows se aplicó un análisis de agrupamiento (Cluster) para establecer las relaciones principales entre las especies (grupos zoopláncticos) y cada una de las variables físicas y químicas, así como los patrones de variación en composición de especies. Posteriormente, se realizó el análisis de componentes principales (ACP) con el fin de simplificar el total de parámetros obtenidos durante

el estudio y así determinar el comportamiento de los sistemas con base en los parámetros más relevantes (Pla, 1986; Dallas, 2000).

### RESULTADOS

Durante el periodo de estudio los parámetros mostraron variación en el sistema acuático de manera temporal, pero no entre las estaciones de monitoreo. La temperatura promedio del agua (Fig. 2) fue de 24 °C, con un mínimo de 19.5 °C en diciembre y máximo de 28 °C en agosto; no se detectaron diferencias estadísticas entre estaciones (U Mann-Whitney = 78;  $p = 0.739$ ) pero sí entre los meses de muestreo (Kruskal-Wallis:  $H = 24.60$ ;  $p = 0.016$ ).

La menor transparencia (Fig. 2) se registró durante el periodo de secas (junio) con 0.30 m para ambas estaciones y la máxima en la época de lluvias (septiembre 2011) con 0.675 m en EI. No se registraron diferencias estadísticas entre sitios de monitoreo (U Mann-Whitney = 72;  $p = 0.516$ ) pero sí en escala temporal (Kruskal-Wallis:  $H = 18.74$ ;  $p = 0.024$ ).

La mínima concentración de oxígeno disuelto (4.09 mg/L) (Fig. 2) se observó durante lluvias (agosto) y la máxima (15.4 mg/L) en julio, con promedio de 6.94 mg/L, detectándose diferencias de manera temporal (Kruskal-Wallis:  $H = 22.98$ ;  $p = 0.027$ ) pero no entre estaciones (U Mann-Whitney = 80;  $p = 0.817$ ). La conductividad (Fig. 3) osciló entre 702 y 1213  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (septiembre 2010 y agosto respectivamente); no se observaron diferencias estadísticas entre estaciones (U Mann-Whitney = 64;  $p = 0.293$ ) pero sí entre meses de muestreo (Kruskal-Wallis:  $H = 23.46$ ;  $p = 0.0178$ ). El promedio de

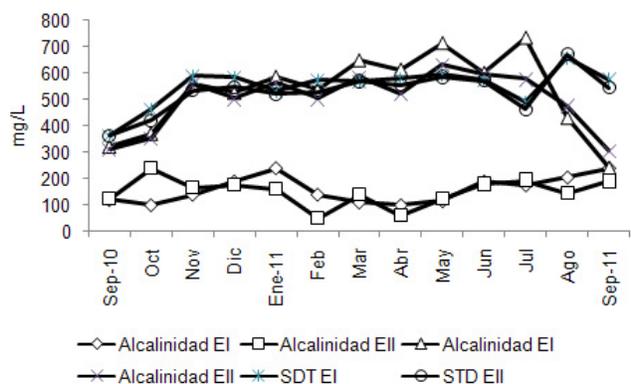


Figura 4. Variación temporal de la alcalinidad y dureza total para el bordo Huitchila.

Tabla 1. Especies de zooplankton registradas en el microreservorio Huitchila, Mor.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Calanoida	Diaptomidae	<i>Arctodiaptomus dorsalis</i> (Marsh, 1907)
Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Thermocyclops inversus</i> (Kiefer, 1936)
Diplostraca	Chydoridae	<i>Alona</i> sp.
Diplostraca	Moinidae	<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1874)
Diplostraca	Sididae	<i>Diaphanosoma birgei</i> (Korinek, 1981)
Flosculariacea	Conochilidae	<i>Conochilus</i> sp.
Flosculariacea	Filiniidae	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)
Ploima	Brachionidae	<i>Asplanchna</i> sp.
Ploima	Brachionidae	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851
Ploima	Brachionidae	<i>B. calyciflorus</i> Pallas, 1766
Ploima	Brachionidae	<i>B. caudatus</i> Barrois & Daday, 1894
Ploima	Brachionidae	<i>B. falcatus</i> (Zacharias, 1898)
Ploima	Brachionidae	<i>B. havanaensis</i> Rousselet, 1913
Ploima	Brachionidae	<i>B. quadridentatus</i> Hermann, 1783
Ploima	Brachionidae	<i>B. urceolaris</i> Müller, 1773
Ploima	Brachionidae	<i>Ploesoma</i> sp.

sólidos disueltos totales fue de 540 mg/L con un comportamiento homogéneo entre estaciones (U Mann-Whitney = 70;  $p = 0.598$ ), pero heterogéneo entre los meses de muestreo (Kruskal-Wallis:  $H = 20.99$ ;  $p = 0.040$ ). Los valores de pH (Fig. 3) fueron ligeramente alcalinos, fluctuaron entre 8.1 y 8.86 unidades; no se detectaron diferencias entre estaciones (U Mann-Whitney = 83.5;  $p = 0.959$ ), pero sí temporales (Kruskal-Wallis:  $H = 21.67$ ;  $p = 0.0402$ ). El agua del microreservorio se considera dura (Fig. 4), ya que estuvo en un intervalo de 230 a 750 mg/L, sin mostrar diferencias entre los sitios de muestreo (U Mann-Whitney = 65;  $p = 0.317$ ), pero sí entre meses de monitoreo (Kruskal-Wallis:  $H = 22.64$ ;  $p = 0.0309$ ). Con respecto a la alcalinidad total (Fig. 4) los valores fluctuaron entre 100 y 240 mg/L; no se registraron diferencias estadísticas entre estaciones de monitoreo (U Mann-Whitney = 83.5;  $p = 0.959$ ), pero sí en las variaciones temporales (Kruskal-Wallis:  $H = 22.1052$ ;  $p = 0.036$ ). La profundidad media de este sistema fue de 3.45 m, con valores mínimos (1.50 m) en mayo, durante la época de secas y máximos (5.50 m) en octubre, durante las lluvias.

Al relacionar la abundancia del zooplancton y las variables ambientales (correlación por rangos de Spearman), el zooplanc-

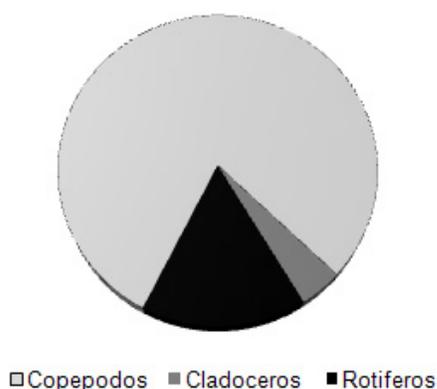


Figura 5. Composición porcentual de los grupos del zooplancton para el bordo Huitchila.

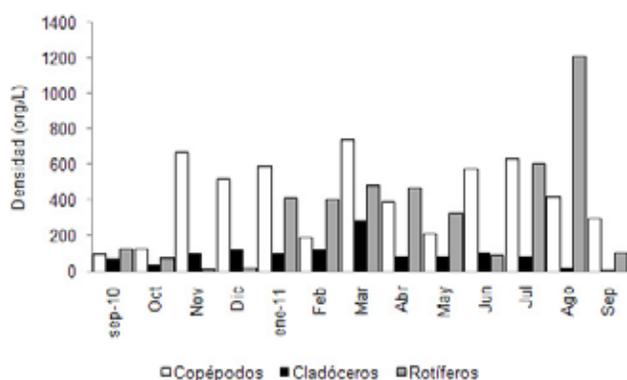


Figura 6. Variación mensual de la densidad del zooplancton en el bordo Huitchila.

ton sólo se relacionó inversamente con el fitoplancton, aunque el nivel de asociación fue bajo (Spearman =  $-0.387$ ;  $p < 0.051$ ). El oxígeno disuelto se relacionó significativamente de manera inversa con la temperatura (Spearman =  $-0.698$ ;  $p = 0.015$ ) y la transparencia (Spearman =  $-0.643$ ;  $p < 0.025$ ) y de manera directa con la dureza del agua (Spearman =  $0.557$ ;  $p = 0.053$ ). La transparencia se comportó de manera inversa con el pH (Spearman =  $-0.539$ ;  $p = 0.004$ ), la conductividad (Spearman =  $-0.43$ ;  $p = 0.028$ ) y la dureza total (Spearman =  $-0.469$ ;  $p = 0.016$ ). El pH se relacionó de manera directa con la dureza (Spearman =  $0.620$ ;  $p = 0.001$ ) e inversamente con la alcalinidad (Spearman =  $-0.444$ ;  $p = 0.023$ ). Por último, la clorofila tuvo relación directa con el fitoplancton (Spearman =  $0.688$ ;  $p = 0.009$ ).

Con respecto al análisis taxonómico, se registraron 16 especies pertenecientes a tres principales grupos del zooplancton: Rotífera, Cladocera y Copepoda (Tabla 1). Los copépodos (dos especies) fueron dominantes cuantitativa y cualitativamente en la mayoría de las muestras, representando el 80% de la densidad total del zooplancton. Fueron seguidos por los cladóceros (tres especies) (16%) y por los rotíferos (once especies) (4%) (Fig. 5). La abundancia del zooplancton entre estaciones no registró diferencias estadísticas (U = 75;  $p > 0.626$ ), pero sí entre los meses de muestreo (Kruskal-Wallis:  $H = 21.76$ ;  $p = 0.0123$ ).

El calanoide *Arctodiaptomus dorsalis* (March, 1907) fue el más abundante con un promedio de 415 org/L y con valores mínimos en septiembre (97 org/L) y máximos en noviembre (664 org/L). El ciclopoide *Thermocyclops inversus* (Kiefer, 1936) tuvo densidades de 36 org/L en julio. Asimismo, los copépodos mostraron altos porcentajes en noviembre, marzo y junio y mínimos en septiembre y octubre (época de lluvias) (Fig. 6). Entre los cladóceros la especie *Diaphanosoma birgei* (Korinek, 1981) fue la más abundante en marzo y disminuyó en septiembre, con densidades promedio de 85 org/L. *Alona* sp. fue la especie con menos abundancia dentro del grupo y solo se registró en febrero. Como grupo, los cladóceros fueron más abundantes durante secas (marzo), con mínimos en lluvias (agosto y septiembre). El rotífero más abundante fue *Brachionus falcatus* (Zacharias, 1898) con picos máximos en lluvias (julio y agosto), seguido por *B. havanaensis* Rousset, 1913, con el máximo durante la época de secas (marzo-mayo). De manera general los rotíferos fueron más abundantes durante la época de secas e inicio de lluvias (agosto) (Fig. 6).

El diagrama de Olmstead-Tukey para la comunidad zoopláncica (Fig. 7) mostró cuatro especies (*Arctodiaptomus dorsalis*, *Diaphanosoma birgei*, *Brachionus havanaensis* y *Brachionus caudatus* Barrois and Daday, 1894) que alcanzaron altas frecuencias y valores superiores a la media del Ln de la abundancia absoluta, por lo que se consideran dominantes. Tres especies, el cladócero *Moina micrura* (Kurz, 1874) y los rotíferos *Conochilus* sp. y *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834), se encuentran en el grupo de las especies constantes. Solo una especie resultó ocasional,

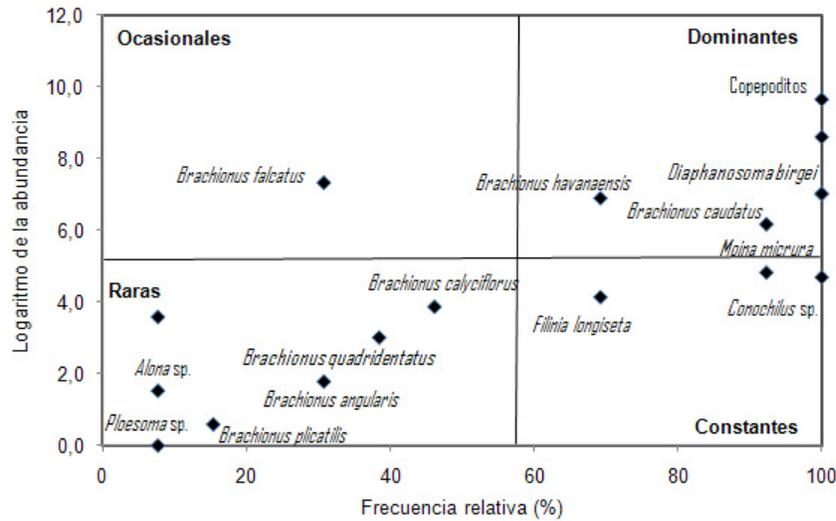


Figura 7. Diagrama de Olmstead-Tukey para la comunidad zooplanctónica del bordo Huitchila.

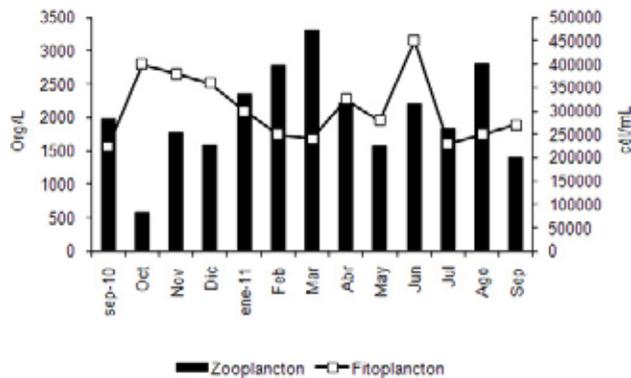


Figura 8. Relación temporal entre los componentes bióticos del bordo Huitchila.

*B. falcatus*, que mostró altos valores de abundancia durante las lluvias pero fue poco frecuente. Las restantes ocho especies (todas rotíferos) por su escasa abundancia y frecuencia, se consideraron raras.

Gráfica y estadísticamente, existió una relación inversa entre la abundancia del zooplankton y el número de células del fitoplancton, aunque estadísticamente no se observó una relación significativa. Las mayores abundancias del zooplankton se registraron en la época de secas (febrero y marzo) y las menores en octubre, contrario a la abundancia del número de células del fitoplancton (Fig. 8). El fitoplancton estuvo representado por cinco divisiones y los valores obtenidos fueron los siguientes: Chlorophyta (68%), Cyanophyta (29%), Euglenophyta (1.5%), Bacillariophyta (1%) y Xanthophyta (1%). En el sitio de estudio las clorofíceas y las cianofíceas contribuyeron con la mayor riqueza específica, con máximos en octubre y junio. Valores similares se obtuvieron para la clorofila *a*; mientras que los mínimos se obser-

varon en la época de secas (febrero y marzo). De manera general el índice de diversidad mostró una tendencia a incrementarse moderadamente hacia finales del estudio. En las dos estaciones de monitoreo existió un patrón con altos valores de diversidad específica durante el período seco, de enero a mayo, con otro repunte en julio y la menor riqueza específica durante la temporada de lluvias, en septiembre y octubre (Fig. 9). La uniformidad tendió a disminuir hacia finales del estudio, pero el patrón general se mantuvo con poca fluctuación.

Se utilizó el análisis de componentes principales (ACP), para explicar el comportamiento de los sistemas en relación con las épocas de muestreo y como se comportaban las nuevas variables obtenidas debido al método de reducción. Se tomaron en cuenta cinco componentes que en conjunto representaron el 93.01% de la variabilidad dentro de los datos originales. Los componentes uno y dos fueron los que registraron mayores eigenvalores con 3.71 y 2.99 respectivamente, con un porcentaje acumulado entre los dos del 55.96%. En el componente uno, las variables que más influencia registraron, fueron las correspondientes al factor edáfico (pH, dureza y alcalinidad total con valores de -0.447, -0.416, y 0.318 respectivamente), así como la transparencia (0.393). Dentro del componente dos la temperatura del agua (0.368), la precipitación (0.363) y la temperatura ambiental (0.300) como integrantes del factor climático y los sólidos disueltos totales (0.3562), fueron los que tuvieron más efecto o importancia en los resultados.

En el extremo superior izquierdo del diagrama de la figura 10, se observa que fue en los meses asociados a la época de secas e inicio de la temporada de lluvias (abril a junio), en los que se presentó la mayor temperatura ambiental, así como sólidos disueltos, conductividad y dureza, estos últimos elementos del factor edáfico. En el margen inferior derecho de la figura 10 se ubican los meses más fríos y de mayor nivel de agua en el sistema

(noviembre a marzo). De julio a septiembre, durante la época de lluvias se presentan los mayores valores de transparencia, temperatura del agua, precipitación y alcalinidad, este último contrario a lo esperado para los factores edáficos.

Por último, el diagrama de agrupamiento (Cluster) mostró tres épocas del año en el sistema estudiado (Fig. 11), lluvias (julio a octubre), secas frías (noviembre a marzo) y secas cálidas (de abril a junio). Este tipo de comportamiento corresponde a un sitio donde prevalece el clima cálido, como lo es para el estado de Morelos en la mayor parte de su área territorial.

### DISCUSIÓN

El microreservorio Huitchila es un cuerpo de agua que puede ser clasificado como un bordo permanente, con una profundidad mínima de 2.5 m en época de secas y de 5.5 m durante la temporada de lluvias. Po lo tanto, el tiempo de permanencia del agua en el bordo depende directamente de tres factores principales: precipitación, evaporación y el escurrimiento superficial, así como de otros procesos secundarios como el flujo de agua subterránea, las pérdidas por filtración y la captura de agua por la vegetación aledaña a los jagüeyes (Arredondo-Figueroa & Flores-Nava, 1992).

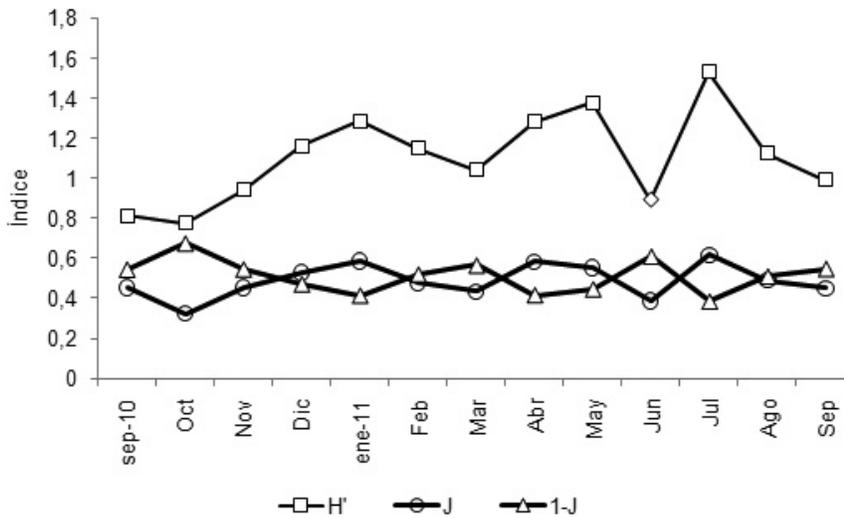
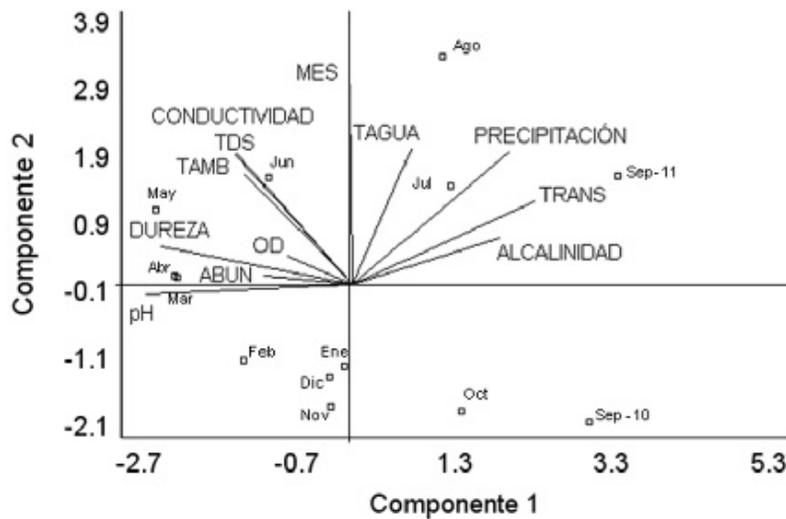


Figura 9. Variación de los indicadores de la comunidad zooplanctica del bordo Huitchila.



ABUN=abundancia, OD=Oxígeno disuelto, TAGUA=Temperatura del agua, TAMB=Temperatura ambiente, TDS=Sólidos disueltos totales, TRANS=Transparencia al disco de Secchi

Figura 10. Análisis de componentes principales (PCA). Los círculos son el conjunto de características físico-químicas y las abundancias de las especies consideradas en el análisis, indicando el mes correspondiente. Las líneas continuas son las variables ambientales.

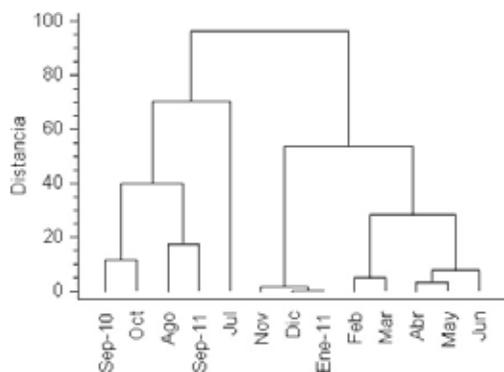


Figura 11. Dendrograma para la asociación de los factores ambientales y los meses de monitoreo para el bordo Huitchila.

En el sistema acuático se registró un periodo de dilución por la disminución de los valores de los nutrientes durante la temporada de lluvias y otro de concentración en la época de secas, corroborado por el incremento en el aumento de valores de los factores físicos y químicos. Chapman y Kramer (1991) señalan que el inicio de la época de lluvias, indica un cambio radical en las características físicas y químicas de los pequeños cuerpos de agua tropical. Por lo tanto, la entrada de material orgánico alóctono durante la temporada de lluvias, disminuye la conductividad, el pH, la alcalinidad y los sólidos disueltos totales pero, incrementa la demanda bioquímica de oxígeno.

Las variaciones en la transparencia así como a la turbidez del agua observadas en el embalse, no se debieron únicamente a los cambios en la densidad del fitoplancton, sino también a la concentración de sólidos en suspensión y totales por erosión de las orillas del sistema y por el aporte del material alóctono, lo cual ha sido observado en otros embalses (López-López & Serna-Hernández, 1999; Chacón-Torres *et al.*, 2000; Bouvy *et al.*, 2003; Umaña-Villalobos, 2008). Lo anterior es más evidente durante la época de mayor caudal; ya que la concentración de clorofila *a*, aportada por las clorofitas que se mantuvieron como la división algal más abundante, aumentó en épocas de sequía debido a la disminución del área y volumen del cuerpo de agua. Se ha observado que la turbidez incrementa la atenuación de la luz, disminuyendo la profundidad de la zona fótica y por lo tanto, limitando la eficiencia fotosintética (Chacón-Torres *et al.* 2000; Hernández & García, 2007).

De acuerdo a sus características físicas y químicas, el microreservorio Huitchila se puede considerar como un sistema productivo, con aguas bien oxigenadas, duras y con temperaturas promedio de 25 °C, adecuadas para el desarrollo de las poblaciones del zooplankton en sistemas acuáticos tropicales y subtropicales (Green, 1994; Segers *et al.*, 1998).

Dumont y Segers (1996) mencionan que, la riqueza específica del zooplankton para un embalse de la zona tropical de la

región de Sudamérica (Brasil) puede ser mayor de 150 especies; por ello, la riqueza específica obtenida en este estudio se considera muy baja (menos de 20 especies), similar a la reportada por Granados (1990), Trejo-Albarrán *et al.* (2000), Suárez *et al.* (1991, 1993), Ocampo (1996), Akin-Oriola (2003), Gómez-Márquez *et al.* (2003), Parra *et al.* (2006) y Mustapha (2009). Es claro que existe un comportamiento inverso entre la diversidad y la equitatividad, que aunque con variación a lo largo del estudio, se mantuvo dentro de un intervalo constante. Es posible que la baja diversidad y densidad de zooplankton en este cuerpo de agua en comparación con otros sistemas, fuera causada por las actividades humanas, debido a la contribución de aguas de desecho de las actividades agrícolas y domésticas que son vertidas a los sistemas sin previo tratamiento, además de la actividad depredadora de la ictiofauna existente, que conforman la pesquería del bordo Huitchila.

Respecto a la composición registrada en el presente estudio, la mayor proporción del zooplankton estuvo dominada por los copépodos (80%), seguida de los cladóceros (16%) y por último los rotíferos (4%). Suárez-Morales *et al.* (1993) mencionan que en el reservorio Antonio Alzate, ubicado en estado México, la composición estuvo dominada por los cladóceros (80%) seguidos de los rotíferos (18.9%) y por último por los copépodos (0.4%). Esta diferencia posiblemente tenga que ver con la ubicación geográfica y la temperatura del sistema, cuyo promedio fue de 18.3 °C, factores que afectan las actividades metabólicas y reproductivas de los organismos.

En relación al calanoide *Arctodiaptomus dorsalis*, la especie más abundante de los copépodos registrados, ha sido reportado por Suárez-Morales y Reid (1998) para los estados de la República mexicana de Aguascalientes, Quintana Roo, Yucatán y Jalisco, quienes mencionan que se distribuye desde el centro hasta el sureste de México y que tiene afinidad con la zona neotropical (Caribeña). Además, Álvarez y Campos (2000), citan la ampliación de su ámbito de distribución al Municipio de Jilotepec, Morelos y a los Pantanos de Centla, Tabasco. Asimismo, Gómez-Márquez *et al.* (2003) citan la presencia de esta especie para el lago Coatetelco, Mor. y Parra *et al.* (2006) para dos sistemas del Alto Amacuzac, Morelos, con máximas abundancias en los meses fríos.

El ciclopoide *Thermocyclops inversus*, presente en este embalse en bajas densidades, ha sido reportado previamente para México y de manera reciente en cuerpos de agua de Zacatecas (Mercado-Salas & Suárez-Morales, 2011) y para los estados de Aguascalientes, Edo. de México, Michoacán, Morelos, Quintana Roo, San Luis Potosí y Yucatán (Suárez-Morales & Reid, 1998) señalando que presenta una afinidad neotropical. Reid (1989) indica que las especies de *Thermocyclops* son capaces de alcanzar altas densidades en ambientes eutróficos, donde pueden dominar las cianobacterias, al hacer uso de las pequeñas colonias de algas verde-azules como recursos alimenticio además de otros grupos de fitoplancton y protozoarios. En el bordo Huitchila las

cianofitas fue el segundo grupo en abundancia en todo el año, después de las clorofitas, lo cual pudo estar asociado a la presencia de este copépodo ciclopoide.

Respecto a la composición de cladóceros, Elías-Gutiérrez *et al.* (1999) citan que los grandes reservorios mexicanos son dominados por varias especies de *Daphnia*, *Bosmina*; aunque ninguna especie perteneciente a estos dos géneros fue encontrada en este estudio, lo cual pudo deberse a que el primer género es característico de aguas templadas y frías y el segundo de condiciones litorales. Por el contrario *Diaphanosoma birgei* ha sido previamente registrado en los estados de México (Elías-Gutiérrez, 1995), Guanajuato (López-López & Serna-Hernández, 1999) y Morelos (Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Parra *et al.*, 2006) y se considera una especie limnética. Cuker y Hudson (1992) señalan que las especies de *Moina* y *Diaphanosoma* generalmente son favorecidas cuando el cuerpo de agua presenta alta turbidez abiogénica, aunque son menos abundantes que los rotíferos, lo cual es similar a las condiciones registradas para el cuerpo de agua estudiado.

Algunas de las especies de rotíferos observadas en el bordo Huitchila, han sido reportadas para el sistema hidrológico Lerma-Santiago por Osorio-Tafall (1942), Rico-Martínez y Silva-Briano (1993), Suárez-Morales *et al.* (1993) y para algunos cuerpos de aguas de la cuenca del Balsas por Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003a) y Granados-Ramírez *et al.* (2007). De acuerdo con Dumont (1983), Wetzel (2001) y Segers (2003), la temperatura constituye un factor clave para determinar las tasas reproductivas de los rotíferos, estableciendo que el intervalo de temperaturas entre 15 a 20 °C, es óptimo para la reproducción de este grupo, lo cual coincide con la temperatura registrada en este cuerpo de agua estudiado durante la época seca fría (diciembre y enero); con la temperatura <20 °C.

En el bordo Huitchila se observó el predominio de los copépodos ciclopoideos al iniciar las lluvias y del calanoide *A. dorsalis* al final de esa temporada. Además, fue evidente que durante el momento del incremento del fitoplancton, se observó la menor riqueza y densidad zoopláncica y en general, en todos los meses los sitios respondieron de manera similar a la variación estacional de los factores ambientales.

Algunas de las especies del zooplancton registradas en este estudio se han considerado indicadoras de ciertas condiciones ambientales. Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003a) citan que el género *Brachionus* registrado en este estudio, es típico de aguas alcalinas y duras, tanto en regiones templadas como tropicales, predominando en ambientes mesotróficos o eutróficos, y evitando condiciones hipereutróficas. Su abundancia se puede asociar a la presencia de alta cantidades de materia orgánica por aporte durante la época de lluvias (Carvalho, 1983; Sládeček, 1983; Sampaio *et al.*, 2002).

Por lo tanto, la dominancia de especies de *Brachionus* en este estudio puede ser considerada un indicador de la condición eutrófica del embalse (Sampaio *et al.*, 2002; Sládeček, 1983).

Los rotíferos *Brachionus calyciflorus* Pallas, 1766, *B. angularis* Gosse, 1851, *Filinia longiseta* y *B. quadridentatus* Hermann, 1783, son especies cosmopolitas que habitan en sistemas con aguas alcalinas. De acuerdo a Sládeček (1983), las tres primeras son indicadoras de aguas  $\alpha$ -mesosapróbicas y polisapróbicas y la última, de sistemas  $\beta$ -mesosapróbicos (con base en el contenido de materia orgánica). Además, de manera general la familia Brachionidae puede considerarse como altamente tolerante a ciertas concentraciones de contaminantes así como a diversos factores ecológicos (Sládeček, 1983). Con respecto a *B. falcatus*, observada en octubre, Pennak (1978) y Margalef (1983) mencionan que prefiere aguas alcalinas, duras, con alta temperatura por lo que es común en reservorios productivos, ubicados en regiones templadas y tropicales, después del pico máximo del periodo de lluvias.

El género *Asplanchna* es uno de los rotíferos más comunes, presenta amplia distribución y es un depredador del zooplancton en los sistemas lénticos templados y tropicales (Fernando *et al.*, 1990). Probablemente la especie determinada como *Asplanchna* sp. presente en el bordo Huitchila sea *A. sieboldii* (Leydig, 1854), ya que Granados-Ramírez *et al.* (2007) la registraron en tres cuerpos de agua del estado de Morelos cercanos a este sistema. *A. sieboldii* ha sido reportada de forma sistemática en embalses cálidos y es poco frecuente en ambientes alcalinos (como el bordo Huitchila), con alta concentración de materia orgánica suspendida, poca transparencia y por su dinámica, embalses altamente oxigenados. De acuerdo a Sládeček (1983), tal especie es indicadora de sistemas oligosapróbicos a  $\beta$ -mesosapróbicos.

Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003a) mencionan que *Filinia longiseta* es una especie termófila, epilimnética y de ambientes estratificados, que ocurre en zonas subtropicales y tropicales (24-28 °C), por lo que es considerada una especie euritérmica, que está ampliamente distribuida en ambientes acuáticos temporales y permanentes (Koste, 1978; Sládeček, 1983).

En lo que respecta a la dimensión abiótica, en el cuerpo de agua estudiado, las dimensiones de la cubeta favorecen un mayor intercambio de materiales con la cuenca y un incremento en la tasa de sedimentación, por lo que este sistema acuático puede ser considerado como somero, con una profundidad de 1-6 m con la profundidad máxima registrada en época de lluvias y la mínima en la época de estiaje (Hernández-Avilés *et al.*, 2007).

Asimismo, Cole (1979) y Arredondo-Figueroa y López-Nava (1992) mencionan que los cuerpos de agua someros pueden ser considerados como sistemas productivos, ya que al presentar valores de profundidad promedio menores a uno, se favorece la

interrelación entre la masa de agua y los materiales del fondo, lo cual se puede aplicar al cuerpo de agua estudiado.

Las menores densidades zoopláncticas, ocurrieron al incrementarse el nivel de agua en el embalse, condiciones que pudieron por una parte provocar la dilución de los nutrimentos y por otra causar el arrastre y la eliminación del zooplankton a través de los vertederos. También se observó una baja densidad del zooplankton cuando el nivel del agua comenzó a reducirse en la temporada de secas, condiciones que puede propiciar que los organismos sean capturados con más facilidad por sus depredadores. Además, la introducción de peces exóticos como la tilapia (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)) y otras especies de poecílicos (*Heterandria bimaculata* (Heckel 1848), *Poeciliopsis gracilis* (Heckel 1848), etc.) pueden tener efecto sobre las comunidades de zooplankton, por ser especies planctívoras en sus etapas juveniles (Infante & Riehl, 1984; Anderson *et al.*, 1978; Elías-Gutiérrez *et al.*, 1999).

Por último, los resultados sugieren que este microreservorio es un sistema eutrófico, con una marcada estacionalidad en los factores ambientales asociada a los periodos de lluvias y secas. Además, la composición fitopláctica y la dinámica de los factores físicos y químicos que se presentaron en ambas temporadas, tuvieron un efecto en el zooplankton, el cual también presentó variaciones en su abundancia durante el ciclo anual de muestreo, con una disminución de sus densidades durante la máxima abundancia del fitoplancton, principalmente durante la época de lluvias cuando dominaron las algas clorofíceas.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la FES Zaragoza, UNAM, por el apoyo para la realización de este trabajo. Al Dr. José Guadalupe Granados Ramírez (Universidad Autónoma del Estado de Morelos), por la ayuda en la determinación de las especies que forman parte del presente trabajo. Agradecemos los comentarios y sugerencias sobre el manuscrito del Dr. Adrián Cervantes Martínez y a la M. en C. Nancy Fabiola Mercado Salas, los cuales mejoraron la calidad del escrito.

## REFERENCIAS

- AGUILAR, V. 2003. Aguas continentales y diversidad biológica de México: un recuento actual. Biodiversitas. *Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad* 8 (48): 1-15.
- AHLSTROM, E. H. 1940. A revision of the Rotatoria genera *Brachionus* and *Platyias* with descriptions of one new species and two varieties. *Bulletin American Museum of Natural History* LXXVII: 143-183
- AKIN-ORIOLA, G. A. 2003. Zooplankton associations and environmental factors in Ogunpa and Ona rivers, Nigeria. *Revista de Biología Tropical* 51 (2): 391-398.
- ÁLVAREZ, S. C. & R. V. CAMPOS. 2000. *Arctodiaptomus dorsalis* (Copepoda: Calanoida) en los Estados de Morelos y Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 48 (2-3):398.
- ANDERSON, G., H. BERGGREN, G. CRONBERG & C. GELIN. 1978. Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes. *Hydrobiologia* 59: 9-15.
- ANÓNIMO. 1998. *Anuario Estadístico del Estado de Morelos*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. 442 p.
- APHA, AWWA & WPCF. 1992. *Standard Methods for the Examination of Water Wastewater*. 18 ed. American Public Health Association, Washington. USA. 1108 p.
- ARMENGOL, J. 1982. Ecología del zooplankton de los embalses. *Mundo Científico La Recherche* 2 (11): 168-178.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J. L. & J. L. GARCÍA-CALDERÓN. 1982. La conducta físico-química y el rendimiento pesquero de un estanque temporal tropical utilizado para la piscicultura extensiva en el estado de Morelos". *Revista Latinoamericana de Acuicultura* 12: 1-28.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J. L. & A. FLORES-NAVA. 1992. Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica* 3/4: 1-10.
- BOUVY, M., S. M. NASCIMENTO, R. J. R. MOJICA, A. FERREIRA, V. HUSZAR & S. M. F. O. AZEVEDO. 2003. Limnological features in Tapacura reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia* 493: 115-130.
- BROWER, E. J. & J. H. ZAR. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm.C. Brown Company Publishers, 194 p.
- CARVALHO, M. L. 1983. Efeitos da fluctuacao do nivel da agua sobre a densidad e composicao do zooplankton em um Lago de Varzea da Amazonia, Brasil. *Acta Amazonica* 13: 715-724.
- CHACÓN-TORRES, A., C. ROSAS-MONGE & J. ALVARADO-DÍAZ. 2000. The effects of hypereutrophication in a tropical Mexican lake. In: Munawar, M., S. G. Lawrence, I. F. Munawar & D. F. Malley (Eds.). *Aquatic ecosystem of Mexico: Status and Scope*. Ecovision World Monograph Series, Bakhuis Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 89-101.
- CHAPMAN, L. J. & D. L. KRAMER. 1991. Limnological observations of an intermittent tropical dry forest stream. *Hydrobiologia* 226: 153-166.
- COLE, G. A. 1979. *Textbook of limnology*. 2ª. Edition. The C.V. Mosby Co. Saint Louis. 426 p.
- CUKER, B. E. & HUDSON, L. JR. 1992. Type of suspended clay influences zooplankton response to phosphorus loading. *Limnology and Oceanography* 37: 566-576.
- DALLAS E. J. 2000. *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. Internacional Thompson, México. 566 p.
- DORANTES, G. E. & M. B. ZAVALA. 2003. Estudio de la calidad de agua de tres cuerpos acuáticos en el estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México. 85 p.

- DUMONT, H. J. 1983. Biogeography of rotifers. *Hydrobiologia* 104: 19-30.
- DUMONT, H. J. & H. SEGERS. 1996. Estimating lacustrine zooplankton species richness and complementary. *Hydrobiologia* 341: 125-132.
- ELÍAS-GUTIÉRREZ, M. 1995. Notas sobre los cladóceros de embalses a gran altitud en el estado de México, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 40: 197-214.
- ELÍAS-GUTIÉRREZ, M., J. CIROS-PÉREZ, E. SUÁREZ-MORALES & M. SILVA-BRIANO. 1999. The freshwater cladocera (Orders Ctenopoda and Anomopoda) of Mexico, with comments on selected taxa. *International Journal of Crustacean Research* 72 (2): 171-186.
- ELÍAS-GUTIÉRREZ, M., E. SUÁREZ-MORALES, M. A., GUTIÉRREZ-AGUIRRE, M. SILVA-BRIANO, J. G. GRANADOS-RAMÍREZ & T. GARFÍAS-ESPEJO. 2008. *Cladóceros y Copépodos de las Aguas Continentales de México*. Comisión Nacional para la Biodiversidad y Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. 322 p.
- FERNANDO, C. H., C. TUDORANCEA & S. MENGESTOU. 1990. Invertebrate zooplankton predator composition and diversity in tropical lentic waters. *Hydrobiologia* 198 (1): 13-31.
- FOLT, C. & C. W. BURNS. 1999. Biological drivers of zooplankton patchiness. *Trends Ecology Evolution* 14: 300-305.
- FRANCO, L., A. J. G. DE LA CRUZ., G. A. CRUZ, R. A. ROCHA, S. N. NAVARRETE, G. M. FLORES, E. M. KATO, S. C. SÁNCHEZ, L. G. A. ABARCA, C. M. S. BEDIA & I. A. WINFIELD. 1985. *Manual de ecología*. Ed. Trillas, México. 266 p.
- GARCÍA, E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. No. 6, México. 90 p.
- GÓMEZ-MÁRQUEZ, J. L. 2002. Estudio Limnológico-Pesquero del Lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM, México. 181 p.
- GÓMEZ-MÁRQUEZ, J. L., B. PEÑA-MENDOZA, I. H. SALGADO-UGARTE & J. S. HERNÁNDEZ AVILÉS. 2003. Zooplankton in Lake Coatetelco, A eutrophic shallow tropical lake, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology* 18 (4): 659-660.
- GÓMEZ-MÁRQUEZ, J. L., B. PEÑA-MENDOZA, J. L. ARREDONDO-FIGUEROA, I. H. SALGADO-UGARTE & E. A. GUERRA-HERNÁNDEZ. 2007a. Lago Coatetelco, Morelos. In: de la Lanza, E. G. (compiladora). *Las aguas interiores de México. Conceptos y casos*. AGT Editor, S.A. México. pp. 170-183.
- GÓMEZ-MÁRQUEZ, J. L., B. PEÑA-MENDOZA, I. H. SALGADO-UGARTE, O. FLORES-MALDONADO & J. L. GUZMÁN-SANTIAGO. 2007b. *Presa Emiliano Zapata, Morelos*. In: de la Lanza, E. G. (compiladora). *Las aguas interiores de México. Conceptos y casos*. AGT Editor, S.A. México. pp. 447-464.
- GÓMEZ-MÁRQUEZ, J. L., B. PEÑA-MENDOZA, R. A. RAMÍREZ-RAZO, M. P. ROSAS-HERNÁNDEZ, J. L. GUZMÁN-SANTIAGO, A. ORTIZ-RIVERA & B. ZAVALA-MONTERO. 2008. Composición y abundancia del Zooplancton en el lago "El Rodeo", Morelos de febrero 2001 a febrero 2002. Capítulo 8. In: Sánchez, J. A., M. G. M. Hidalgo, S. L. W. Arriaga & W. M. S. Contreras (Comps.). *Perspectivas en Zoología Mexicana*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. pp. 86-100.
- GRANADOS, R. G. 1990. *Comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales de Estado de Morelos, México*. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, México. 55 p.
- GRANADOS-RAMÍREZ, J. G. & C. ÁLVAREZ-DEL ÁNGEL. 2003a. Rotíferos de embalses: SubCuenca del Río Cuautla, Morelos, México. *Scientiae Naturae* 6 (1): 33-44.
- GRANADOS-RAMÍREZ, J. G. & E. SUÁREZ-MORALES. 2003b. A new *Hesperodiaptomus* Light (Copepoda, Calanoidea, Diaptomidae) from Mexico with comments on the distribution of the genus. *Journal of Plankton Research* 25 (11): 1383-1395.
- GRANADOS RAMÍREZ, J. G., C. ÁLVAREZ-DEL ÁNGEL, M. MARTÍNEZ-ALANIZ, M. ROMERO-AGUILAR, L. M. ARTEAGA-NÚÑEZ & J. I. ZAVALA-ARAGÓN. 2007. Variación poblacional de los Rotíferos (Clase: Monogononta) de tres cuerpos de agua de la Subcuenca del Río Cuautla, Morelos, México (Ciclo Enero-Diciembre 2003). *Scientiae Naturae* 9 (2): 5-17.
- GRANADOS-RAMÍREZ, J. G., J. L. ZAVALA, J. QUIROZ & M. MARTÍNEZ. 2008. Abundancia y estacionalidad de la clase Branchiopoda (Suborden: Cladocera) del área limnética de tres embalses de la sub-cuenca del Río Cuautla, Morelos. México. Capítulo 7. In: Sánchez, J. A., M. G. M. Hidalgo, S. L. W. Arriaga & W. M. S. Contreras (Comps.). *Perspectivas en Zoología Mexicana*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. pp. 69-83.
- GREEN, J. 1994. The temperate-tropical gradient of planktonic Protozoa and Rotifera. *Hydrobiologia* 272: 13-26.
- HERNÁNDEZ-AVILÉS, S. J., M. DEL C. GALINDO & J. P. LOERA. 2002. Bordos o microembalses: In: de la Lanza-Espino, G. & J. L. García-Calderón. (Comps.). *Lagos y presas de México*, 1ª Edición, AGT Editor S.A. México, D.F. pp. 599-618.
- HERNÁNDEZ, AVILÉS, J. S., J. L. GARCÍA-CALDERÓN, M. C. GALINDO-SANTIAGO & J. LOERA-PÉREZ. 2007. Microembalses: una alternativa de la limnicultura. In: de la Lanza, E.G. (compiladora). *Las Lagunas Interiores de México: Conceptos y casos*. AGT Editor, S. A. México. pp. 597-620.
- HERNÁNDEZ, A. J. S. & J. L. C. GARCÍA. 2007. Diferencias limnológicas entre lagos y presas. In: Arredondo, F. J. L., G. Z. Díaz & J. T. P. Ponce (Comps.). *Limnología de presas mexicanas. Aspectos teóricos y prácticos*. AGT Editor, S.A. y Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. pp. 63-74.
- INFANTE, A. & W. REIHL. 1984. The effect of Cyanophyta upon zooplankton in a eutrophic tropical lake (Lake Valencia, Venezuela). *Hydrobiologia* 113: 293-298.
- KOROVCHINSKY, N. & N. SMIRNOV. 1998. *Introduction to the "Cladocera" (Ctenopoda, Anomopoda, Onychopoda and Haplopoda)*. Supplemented for America. A. N. Severstov Institute of Animal Evolutionary Morphology and Ecology of the Russian Academy of Sciences, 143 p.

- KOSTE, W. 1978. *Rotatoria-Die Rädertiere Mitteleuropas*. I. Textband. Verlag Gebr. Borntraeger Berlin, Stuttgart. 251 p.
- LIND, O. T. 1979. *Handbook of common methods in Limnology*. Second Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. 199 p.
- LÓPEZ, B. J. & L. G. ZAMBRANO. 2001. Propiedades limnéticas de sistemas dulceacuícolas pequeños en Acambay, México: correlación de datos de campo con imágenes de video con color. *Investigaciones Geográficas*, UNAM 44: 64-84.
- LÓPEZ-LÓPEZ, E. & J. A. SERNA-HERNÁNDEZ. 1999. Variación estacional del zooplankton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. *Revista de Biología Tropical* 47 (4): 643-657.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Primera edición. Editorial Omega. Barcelona, España. 1001 p.
- MARQUES, D. S. M. J. 2004. *Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas*. Facultad de Estudios Superiores, U.N.A.M. México, D.F. 626 p.
- MERCADO-SALAS, N. F. & E. SUÁREZ-MORALES. 2011. Morfología, diversidad y distribución de los Cyclopoida (Copepoda) de zonas áridas del centro-norte de México. I. Cyclopinæ. *Hidrobiológica* 21: 1-25.
- MORENO, C. E. 2001. *Métodos para medir la Biodiversidad*. Manuales y Tesis SEA, vol. 1., Zaragoza, 84 p.
- MOSS, B. 1996. A land awash with nutrients-the problem of eutrophication. *Chemistry and Industry* 3 (11): 407-411.
- MUSTAPHA, M. K. 2009. Zooplankton assemblage of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria. *Revista de Biología Tropical* 57: 1027-1047.
- MUYLAERT, K., S. DECLERCK, V. GEENENS, J. V. WICHELEN, H. DEEGANS, J. VANDERKHOVE, K. V. GUCHT, N. VLOEMANS, W. ROMMENS, D. REJAS, R., URRUTIA, K. SABBE, M. GILLS, K. DECLER, L. D. MEESTER & W. VYVERMAN. 2003. Zooplankton, phytoplankton and the microbial food web in two turbid and two clear shallow lakes in Belgium. *Aquatic Ecology* 37: 137-150.
- NAMIHIRA-SANTILLÁN, P. E., G. BARRERA-ESCORCIA & A. Z. MÁRQUEZ-GARCÍA. 2002. Contaminación por bacterias fecales en el Lago de Huayamilpas México D.F. *Hidrobiológica* 12 (2): 129-136.
- NEEDHAM, J. E. & R. P. NEEDMAN. 1972. *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*. 5ta edición, Editorial Reverté S. A. Barcelona. 131 p.
- NOGRADY, T. & H. SEGERS. 2002. *Rotifera Volumen 6: Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, trochosphaeriidae and Filinia*. In: Dumont, H. J. F. (Ed.). Guides to the identification of the Microinvertebrates of the continental waters of the World Coordinating. Backhuys Publishers, Leiden. The Netherlands. 264 p.
- O CAMPO, U. L. M. 1996. *Dinámica del zooplankton en un estanque temporal utilizado para el cultivo de carpa en el estado de México*. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. 42 p.
- OSORIO-TAFALL, B. F. 1942. Rotíferos planctónicos de México I, II y III. *Revista de la Sociedad Mexicana Historia Natural* 3 (1-4): 23-79.
- PARRA, F. A. M., E. P. S. SANTIBÁÑEZ & J. G. R. GRANADOS. 2006. Productividad del zooplankton de dos embalses del alto Amacuzac-Morelos, México. *Scientiae Naturae* 6 (2): 5-16.
- PENNAK, R. W. 1978. *Freshwater Invertebrates of the United States*. John Wiley and Sons. 803 p.
- PLA, L. E. 1986. *Análisis multivariado: Método de componentes principales*. Serie de matemáticas. Monografía No. 27. Secretaría General de los Estados Americanos. Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, E.E.U.U. 94 p.
- PORRAS, D. D. 1992. Aspectos de la distribución y ecología de algunos crustáceos en el Estado de Morelos. Universidad: *Ciencia y Tecnología, U.A.E.M.* 2 (2): 137-141.
- QUIROZ C. H. & M. V. DÍAZ. 2010. Los bordos y su aprovechamiento en Morelos. *Inventio* 12: 33-38.
- REID, J. W. 1989. The distribution of species of the genus *Thermocyclops* (Copepoda, Cyclopoida) in the western hemisphere, with description of *T. parvus*, new species. *Hydrobiologia* 175: 149-174.
- RICO-MARTÍNEZ, R. & M. SILVA-BRIANO. 1993. Contribution to the knowledge of the Rotifera of Mexico. *Hydrobiologia* 255/256: 467-474.
- SALGADO, U. I. H. 1992. *El análisis Exploratorio de Datos Biológicos. Fundamentos y Aplicaciones*. Marc Ediciones y U.N.A.M., México, D.F. 243 p.
- SAMPAIO, E. V., O. ROCHA, T. MATSUMURA-TUNDISI & J. G. TUNDISI. 2002. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Brazil Journal of Biology* 62 (3): 525-545.
- SEGERS, H., N. L. FERRUFINO & I. DE MEESTER. 1998. Diversity and zoogeography of Rotifera (Monogononta) in a flood plain lake of the Ichilo River, Bolivia, with notes on little-known species. *International Review of Hydrobiology* 83: 439-448.
- SEGERS, H. 2003. A biogeographical analysis of rotifers of the genus *Trichocerca* Lamarck, 1801 with notes on taxonomy. *Hydrobiologia* 500: 103-114.
- SILVA-BRIANO, M. & E. SUÁREZ-MORALES. 1998. The Copepoda Calanoida (Crustacea) of Aguascalientes state, México. *Scientiae Naturae* 1: 37-68.
- SLÁDECEK, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 100: 169-201.
- SOKAL, R. & F. J. ROHLF. 1981. *Biometry*. Freeman, San Francisco, California. 259 p.
- SUÁREZ, E., A. VÁZQUEZ & E. SOLÍS. 1991. Variaciones espacio temporales de distribución y abundancia de los rotíferos planctónicos en la presa

- J. A. Alzate, México durante un ciclo anual. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 18 (2): 217-227.
- SUÁREZ-MORALES, E., A. VÁZQUEZ-MAZY & E. M. SOLÍS. 1993. On the zooplankton community of a Mexican eutrophic reservoir, a seasonal survey. *Hidrobiológica* 3 (1-2): 71-80.
- SUÁREZ-MORALES, E. & J. W. REID. 1998. An update list of the free-living freshwater copepods (Crustacea) of Mexico. *The Southwestern Naturalist* 43 (2): 256-265.
- SOUSA, W., J. L. ATTAYDE, E. R. DA SILVA & E. M. ESKINAZI-SANTANNA. 2008. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Plankton Research* 30 (6): 699-708.
- THORNTON, K. W. 1990. Perspective on reservoir limnology. In: Thornton, K. W., B. L. Kimmel & F. E. Payne (Eds.). *Reservoir Limnology: Ecological perspectives*. Wiley, Nueva York. pp. 1-13.
- TREJO-ALBARRÁN, R., J. G. GRANADOS-RAMÍREZ, H. QUIROZ-CASTELA, I. F. MOLINA-ASTUDILLO & J. GARCÍA-RODRIGUEZ. 2000. El zooplancton del Lago Zempoala en el estado de Morelos, México. In: Rios-Jara, E., E. Juárez-Carrillo, M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E.G. Robles-Jare-ro, D.U. Hernández-Becerril & M. Silva-Briano (Eds.). *Estudio sobre plancton en México y el Caribe*. Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara. pp. 99-100.
- UMAÑA-VILLALOBOS, G. 2008. Limnología básica del Embalse Angostura, Turrialba, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 56: 215-220.
- WETZEL, R. G. & G. E. LIKENS. 1991. *Limnological analyses*. W. B. Saunders Company, Philadelphia, 391 p.
- WETZEL, R. G. 2001. *Limnology. Lakes and Rivers Ecosystem*. Third Edition. Academic Press. 1006 p.

Recibido: 13 de septiembre de 2012.

Aceptado: 16 de enero de 2013.