

Estructura de la comunidad del zooplancton en un lago hipereutrófico en Michoacán, México

Ortega Murillo María del Rosario✉, Hernández Morales R, Oropeza Flores H, Alvarado Villanueva R, Mora Y

Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz", Facultad de Biología, Edificio BA. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Ciudad Universitaria 58040 Avenida Francisco J. Múgica S/N, Morelia, Michoacán, México.

Resumen

El zooplancton de agua dulce está formado por un grupo de animales acuáticos heterotróficos suspendidos en la columna de agua, su importancia ecológica radica en transferir la energía generada por los productores primarios a otros niveles tróficos del sistema acuático. El lago de Cuitzeo se encuentra en Michoacán y Guanajuato, es un sistema somero, plano, y con una distribución horizontal en la fisicoquímica del agua marcada por la conductividad eléctrica, la salinidad y la alcalinidad; con un nivel trófico que fluctúa de eutrófico a hipereutrófico. Esta contribución examinó la comunidad de zooplancton desde el punto de vista taxonómico y ecológico. Para lograr lo anterior, se realizaron cuatro salidas, considerando la estacionalidad climática. El material biológico se obtuvo en ocho sitios de muestreo con una red de 60 micrómetros para la determinación de especies, mientras que en la cuantificación el tamaño mínimo de muestra fue de 250 ml. El material colectado se guardó en botellas de plástico fue preservado con formaldehído al 4% y bórax. Las muestras recolectadas se depositaron en el laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología, de la Universidad Michoacana. Se identificaron 17 especies, donde el grupo de los rotíferos presentó la mayor riqueza de taxa (11 especies), mientras que en la abundancia el grupo de copépoda (estadio nauplio) obtuvo valores altos. La distribución de organismos estuvo determinada por la temperatura, la salinidad, conductividad, sólidos disueltos totales y el pH.

Palabras claves: distribución, hipereutrófico, lago

Structure of zooplankton community in a hypertrophic lake in Michoacan, Mexico

Abstract

Freshwater zooplankton consists of a group of heterotrophic aquatic animals suspended in the water column, its ecological importance lies in transferring the energy generated by the primary producers to other trophic levels of the aquatic system. The Cuitzeo lake is located in Michoacan and Guanajuato, it is shallow, it is system flat, with a horizontal distribution in the physicochemistry of water marked by electrical conductivity, salinity and alkalinity; with a trophic level that fluctuates from eutrophic to hypertrophic. This contribution examines the zooplankton community and taxonomic composition, abundance and their distribution. To achieve this, four exits were made, considering the seasonality of the climate. Biological material was obtained from eight sampling sites with a 60 micrometer network for species determination, while in the quantification the minimum sample size was 250 ml. The collected material stored in plastic bottles was preserved with 4% formaldehyde and borax. The samples collected were deposited in the laboratory of Aquatic Biology, Faculty of Biology, University Michoacana. The result was the identification of 18 species, the group of rotifers presenting the major of taxa richness, with 12 species, while higher values of relative abundance; they were marked by the group of arthropods (65%). The distribution of organisms was marked by temperature, salinity, conductivity, total dissolved solids and pH.

Keywords: zooplankton, distribution, hypertrophic

Introducción

Las comunidades plantónicas de los sistemas acuáticos están constituidas por organismos autótrofos y heterótrofos, presentan estructuras y capacidades natatorias, que les permite vivir suspendidas en la columna del agua, y además, cuentan con periodos de vida corta, razón por la cual muchas especies son fácilmente manipulables (Conde-Porcuna *et al.* 2004, Cervantes Martínez *et al.* 2012). Dentro de dicha asociación se encuentra el zooplancton, que está conformado por organismos heterótrofos, los cuales son responsables de la productividad secundaria en los cuerpos de agua y son el soporte de los niveles superiores dentro de la cadena trófica (Conde-Porcuna *et al.* 2004, Vignatti *et al.* 2007 y Cervantes Martínez *et al.* 2012). El zooplancton de agua dulce, es una comunidad compuesta por animales con altas tasas de crecimiento, un rasgo que permite responder rápidamente a ambientes cambiantes (Vignatti *et al.* 2007). Otra de sus características es su capacidad para producir abundantes huevos de resistencia que mantienen

su viabilidad durante décadas o siglos (Hairston 1996). Además, cabe mencionar que la composición específica del zooplancton puede ser un excelente criterio para caracterizar el estado trófico de los sistemas acuáticos y para establecer la estructura de las comunidades acuáticas (De la Lanza *et al.* 2000 y Conde-Porcuna *et al.* 2004).

El Lago de Cuitzeo desde su origen se ha considerado un cuerpo de agua poco profundo y plano, en la actualidad es considerado uno de los sistemas lacustres de mayor extensión con una distribución horizontal conocida como zonas o vasos (oeste, central y este), la cual está dada por la conductividad eléctrica, la salinidad, los sólidos disueltos totales y la alcalinidad (Chacón *et al.* 2000, Israde-Alcántara *et al.* 2002, Chacón *et al.* 2007 y Ortega *et al.* 2010). Se puede mencionar que la biota junto con la con la calidad del agua han experimentado cambios notables en el cuerpo de agua, dichos cambios se han acentuado a partir del desarrollo urbano regional, provocando que el lago pase de un estado eutrófico a hipereutrófico (Chacón *et al.* 2000, Israde-Alcántara *et al.* 2002, Chacón *et al.* 2007 y Ortega *et al.* 2010). La hipereutroficación, es el último estado de declinación e inestabilidad en los ecosistemas acuáticos, en el cual las fluctuaciones de la calidad del agua son extremas, aumentando la productividad biológica, disminuyendo la diversidad y presentándose florecimientos algales (Chacón

✉ María del Rosario Ortega Murillo, rosaormu@yahoo.com.mx

Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz", Facultad de Biología, Edificio BA, Ciudad Universitaria, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Francisco J. Múgica S/N, Colonia Felicitas del Río, C.P. 58030, Morelia, Michoacán. Tel. 443 199 4363.

et al. 2000, Chacón et al 2007 y Ortega et al. 2010). El objetivo de este estudio fue analizar a la comunidad del zooplancton desde el punto de vista taxonómico y ecológico en el lago de Cuitzeo.

Métodos

Área de estudio

El lago de Cuitzeo, forma parte de los estados de Michoacán y Guanajuato, se localiza entre los paralelos 19° 55' 07.08"-19° 55' 12.48" latitud norte y entre los meridianos 100° 07' 52.39"-101° 05' 48.59" longitud Oeste, a una altitud de 1,820 msnm, formando parte de una Cuenca endorreica cuyo drenaje es de 3675 km², que incluye los valles de Morelia, Zinapécuaro, Indaparapeo y Queréndaro, formando parte de la Región Hidrológica 12, Lema- Chapala- Santiago (Mendoza et al. 2001, Jiménez 2016). Presenta dos cauces principales: Río Grande de Morelia y el Río Zinapécuaro-Queréndaro, así como una serie de manantiales de aguas termales. Exhibe una superficie de 420 km², con un largo máximo de 52 km (Este a Oeste) y una anchura máxima de 12.5 km (Norte a Sur), cuenta con varias islas y una profundidad cerca de los 2 m (Chacón et al. 2000 y Durán et al. 2003). Forma parte del Cinturón Volcánico Mexicano, cuyo origen data del Pliocuaternario, con depósitos aluviales y lacustres recientes de diatomeas, limo, arcilla y arena (Garduño et al. 2009). El suelo está constituido por Vertisoles, Solonchak, Gleico y Ranker, su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, hacia la parte norte del lago. En las zonas donde la temperatura es alta existe un clima semicálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano (Mendoza et al. 2001, Vidal Zepeda 2010). La vegetación terrestre es subtropical, con matorral xerófilo, además de grandes manchones de maleza acuática (Rojas y Novelo 1995, Mendoza et al. 2001).

Diseño de muestreo

Se realizaron cuatro salidas de campo durante el invierno, primavera, verano y el otoño, en ocho sitios de colecta; tres localizados en el vaso este (Iramuco, Estación y Dren Queréndaro), tres en el centro (Chehuayo, La Palma y San Agustín) y dos en la zona oeste (Autopista Salamanca y Capacho).

Para la obtención de las muestras del gremio biológico se realizaron en cada salida dos muestreos en la superficie del litoral, uno se efectuó a través del arrastre de una red de 60 micrómetros de abertura de malla y el otro en forma directa, en el cual se obtuvieron 250 ml para la cuantificación. El material obtenido se colocó en frascos de plástico y se preservaron con formol al 4% neutralizado con bórax. La identificación de los diferentes organismos se realizó utilizando un microscopio compuesto y diferentes guías taxonómicas; para rotíferos se siguieron los criterios taxonómicos de Stremberger (1979), Kosté y Shield (1987), Nogrady et al. (1993), Nogrady y Segers (2002); para Crustáceos se consideró a Elías (2006) y Elías et al. (2008); mientras que para insectos se utilizó a Merritt y Cummins (1996). La cuantificación se efectuó con el microscopio

invertido marca Zeiss a través del uso de cámaras tubulares, sedimentándose 15 ml de las muestras tomadas en forma directa dejándose reposar por una semana para ser revisadas posteriormente con base en la propuesta de Utermöhl (1958) y Schwoerbel (1975).

En el tratamiento de los datos se utilizó estadística descriptiva, considerando parámetros de tendencia central y de dispersión, así como estadística inferencial, efectuando análisis de un factor por medio de la prueba de Wilcoxon-Krussal Wallis para comprobar si existen diferencias entre las distribuciones de poblaciones a partir de dos muestras dependientes, por medio del programa JMP versión 6.0.

Resultados

Se determinaron 17 taxones que corresponden a dos filum, cuatro clases, seis órdenes, once familias y géneros (**Tabla 1**). Los rotíferos presentan la mayor cantidad de especies detectando su presencia en la mayoría de los sitios de colecta. Cabe mencionar que en el género *Brachionus* (Pallas) fue el taxón con la mayor cantidad de especies.

Los organismos del zooplancton en el lago de Cuitzeo, presentaron una frecuencia de aparición diversa (**Tabla 1**), la cual permite establecer cuatro categorías en éste parámetro; (i) los frecuentes: organismos que se encuentran presentes en los cuatro periodos de muestreo; (ii) los organismos estacionales: correspondientes al taxón presente particularmente en por lo menos dos épocas de muestreo; (iii) los escasos: los cuales se registró su presencia en por lo menos una de las épocas de muestreo; y (iv) los raros: los cuales caracterizan al grupo de ejemplares que se reportan únicamente en el análisis cualitativo de las muestras recolectadas.

La riqueza de especies no presentó diferencias significativas durante el periodo de muestreo ($\chi^2=1.1167$, g.d.=3, $P=0.773$), en el cual se registra un número importante de organismos catalogados como frecuentes, entre los cuales destacan: *Filinia longiseta* Ehrenberg 1834, *Brachionus angularis* Gosse 1851, *Lecane luna* Müller 1776, *L. hamata* Stokes 1896 y *Diaphanosoma* Fischer 1850. Sin embargo, la presencia de organismos estacionales, escasos y raros, permiten que en el lago de Cuitzeo tenga lugar una heterogeneidad espacial en cuanto a la comunidad zooplanctónica, la cual reconoce diferencias significativas entre los sitios de colecta, donde destaca el sitio Iramuco, el cual fue diferente en comparación con los sitios Queréndaro, Capacho y Cheguayo ($\chi^2=14.06$, g.l.= 7, $P<0.05$). Los taxones que repercuten en la heterogeneidad de la comunidad del zooplancton en el lago son: *Brachionus plicatilis* Mueller 1786, *Brachionus rubens* Ehrenberg 1838, *Lecane quadridentata* Ehrenberg 1832, *Cyclops* O. F. Müller 1785 y *Calanoides* Brady 1883, los cuales se sitúan dentro de la categoría de especímenes raros.

Con respecto a la abundancia relativa de la comunidad del zooplancton, es relevante mencionar que ésta indica una variación temporal entre el periodo de primavera y verano, donde la comunidad de copépodos y rotíferos, presentaron diferencias estadísticamente significativas en sus tamaños

Tabla 1. Riqueza taxonómica y estadística descriptiva de la comunidad del zooplancton en el lago de Cuitzeo.

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Primavera		Otoño		Invierno		Verano		F.A.	
					x	d.e.	x	d.e.	x	d.e.	x	d.e.		
Rotífera	Eurotatoria	Flosculariaceae	Filiniidae	<i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg, 1834	5.13	9.46	30.0	82.85	10.38	22.93	21.0	29.75	F	
		Ploima	Brachionidae	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	6.50	17.98	6.88	8.53	27.00	53.94	4.38	11.21		F
				<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	0.25	0.46	0.00	0.00	7.13	18.97	0.00	0.00		Es
				<i>Brachionus havanaensis</i> Rousselet, 1913	0.00	0.00	0.38	1.06	0.00	0.00	0.38	1.06		Es
				<i>Brachionus plicatilis</i> Mueller, 1786	dac		dac		dac		dac			R
				<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg, 1838	dac		dac		dac		dac			R
				Lepadellidae	<i>Lepadella</i> Bory de St. Vincent, 1826	0.00	0.00	0.13	0.35	0.00	0.00	2.00	5.66	
		Lecanidae	<i>Lecane luna</i> Müller, 1776	0.38	1.06	0.25	0.71	0.38	1.06	0.50	1.07		F	
			<i>Lecane hamata</i> Stokes, 1896	0.38	1.06	0.88	1.81	2.25	3.24	1.38	3.50		F	
			<i>Lecane quadridentata</i> Ehrenberg, 1832	dac		dac		dac		dac			R	
		Synchaetidae	<i>Polyarthra</i> Ehrenberg, 1834	0.00	0.00	0.25	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00		Ec	
Arthropoda	Brachiopoda	Diplostraca	Daphniidae	<i>Daphnia</i> O. F. Müller, 1785	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	1.06	0.00	0.00	Ec	
			Sididae	<i>Diaphanosoma</i> Fischer, 1850	47.00	72.85	17.50	49.50	7.00	19.80	2.63	5.42		F
			Moinidae	<i>Moina minuta</i>	0.13	0.35	0.38	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00		Es
	Maxillopoda	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Cyclops</i> O. F. Müller, 1785	dac		dac		dac		dac		R	
		Calanoida	Calanidae	<i>Calanoides</i> Brady, 1883	dac		dac		dac		dac		R	
	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> Meigen, 1803	0.00	0.00	1.38	3.16	0.38	1.06	0.00	0.00		Es

d.a.c.: Taxón determinado en el análisis cualitativo; X: promedio; d.e.: desviación estándar; F.A.: frecuencia de aparición; F: frecuente; Es: estacional; Ec: escasa; R: rara.

poblacionales ($\chi^2=6.63$, g.l.=3, $P<0.05$ y $\chi^2=7.3$, g.l.=3, $P<0.05$ respectivamente). Particularmente, por la dominancia del grupo de los copépodos en los vasos del lago de Cuitzeo, con excepción del sitio de Iramuco, en el cual la comunidad de rotíferos encabeza la abundancia relativa en ambos periodos de muestreo (Fig. 1 y 2).

Este patrón fue diferente al periodo comprendido por las estaciones de otoño e invierno, en las cuales la abundancia proporcional dentro de la comunidad del zooplancton, indica que no existen diferencias significativas entre los gremios que constituyen a dicha comunidad ($\chi^2=5.06$,

g.l.=3, $P=0.16$ y $\chi^2=4.49$, g.l.=3, $P=0.2$ respectivamente). Principalmente por el aumento de equitatividad dentro de la comunidad del zooplancton, la cual es favorecida por la presencia de microcrustáceos, una menor dominancia de copépodos y un incremento en la presencia de rotíferos en el vaso de Cuitzeo (Fig. 3 y 4).

Con respecto a la distribución espacial de la comunidad del zooplancton, es relevante mencionar que en el sitio La Palma, se registró una concentración importante de rotíferos, de los cuales *Filinia longiseta* presenta diferencias estadísticamente significativas en abundancia, con el resto

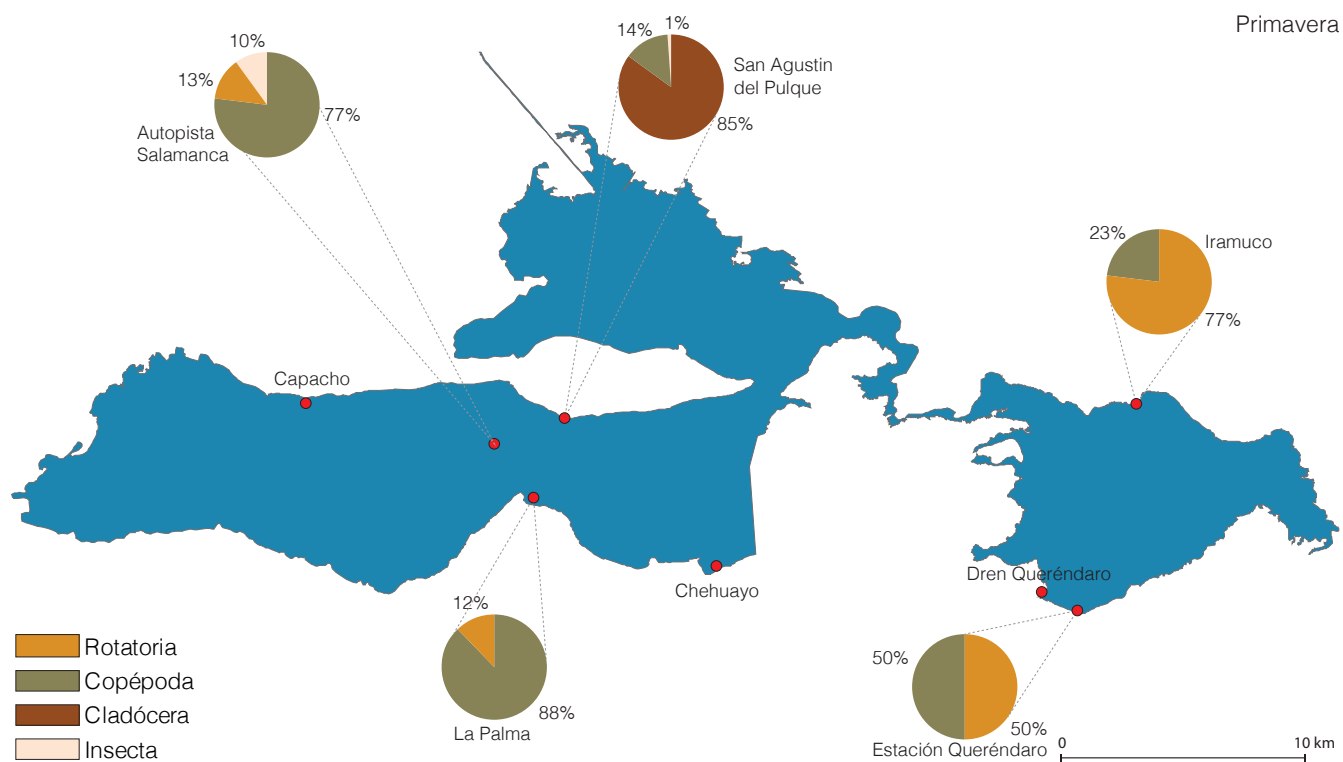


Figura 1. Distribución horizontal de la abundancia proporcional de la comunidad del zooplancton en primavera.

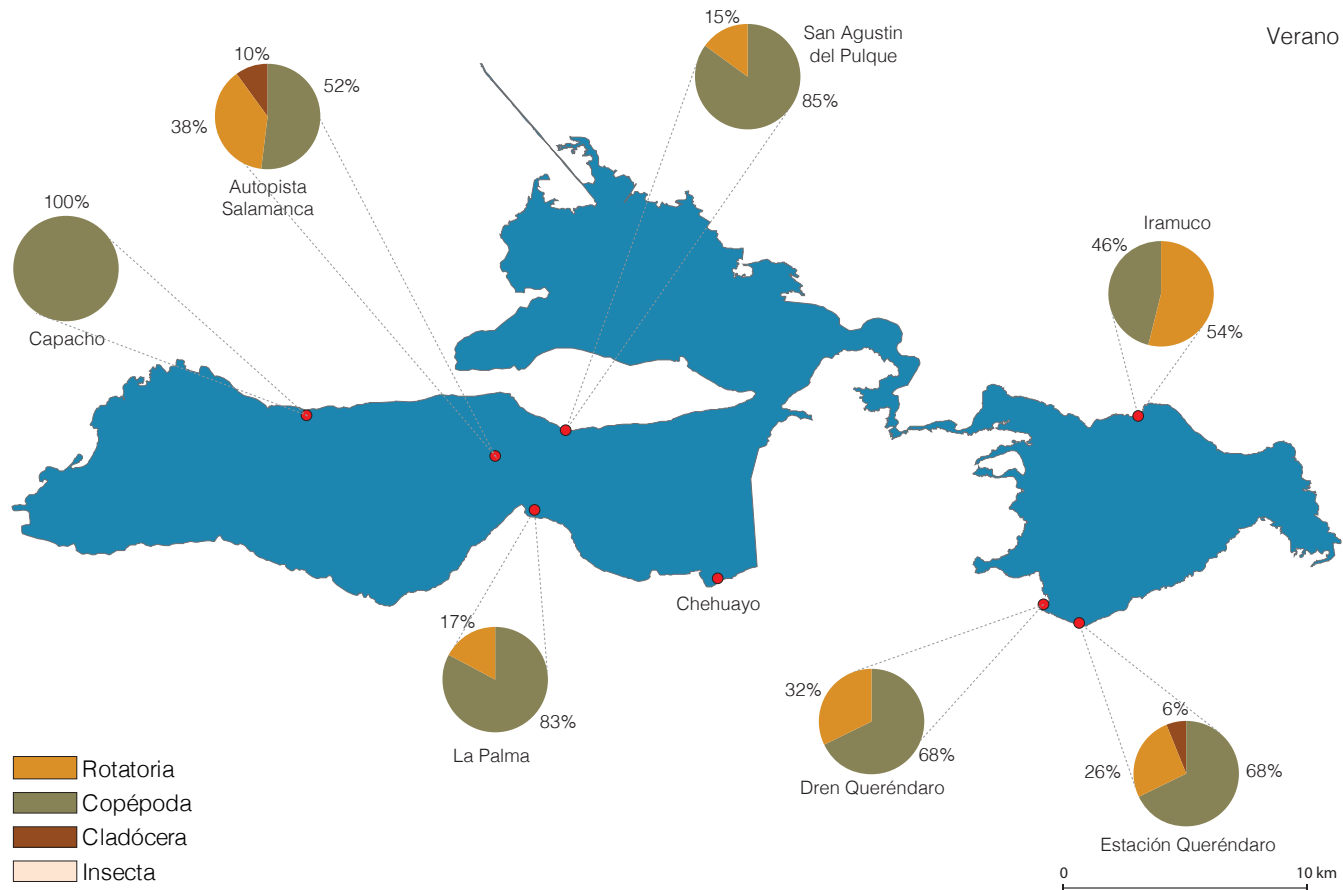


Figura 2. Distribución horizontal de la abundancia proporcional de la comunidad del zooplancton en verano.

Invierno

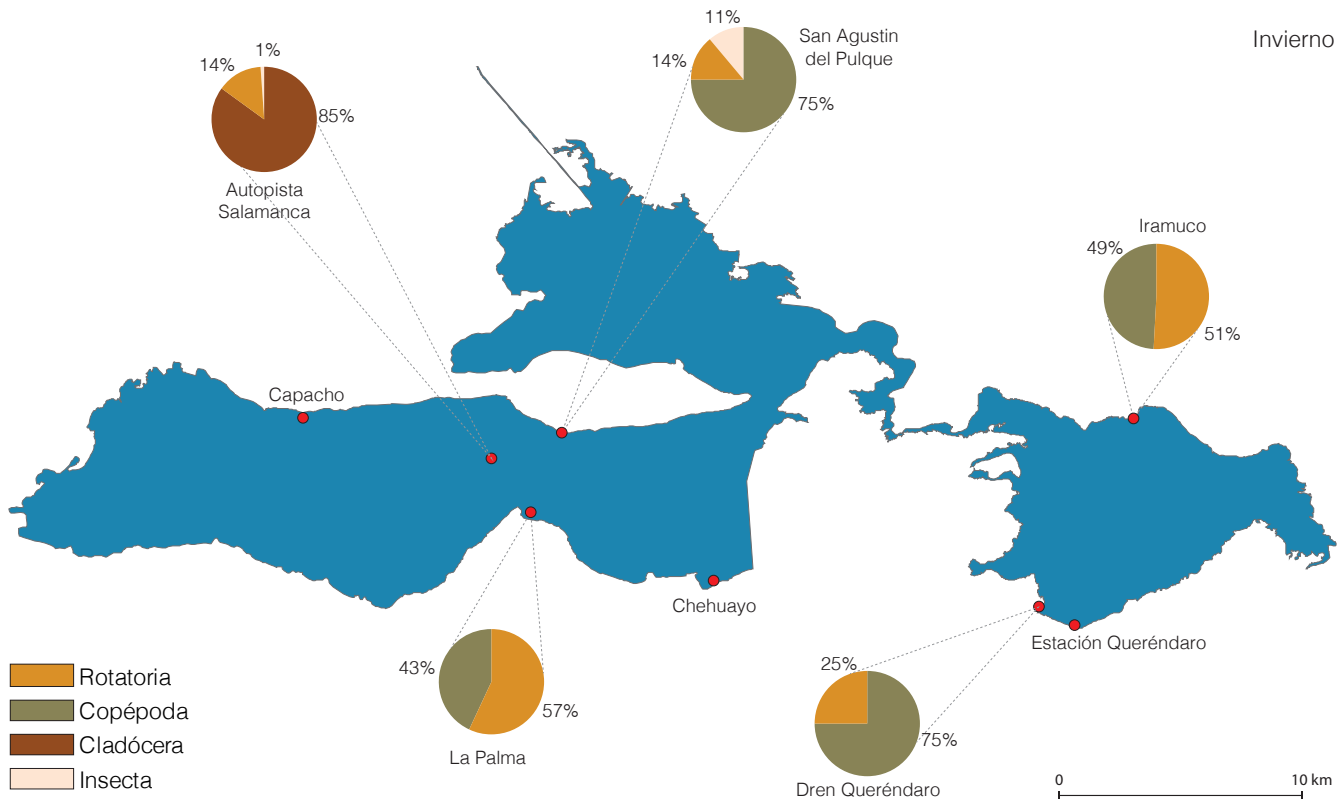


Figura 3. Distribución horizontal de la abundancia proporcional de la comunidad del zooplancton en invierno.

Otoño

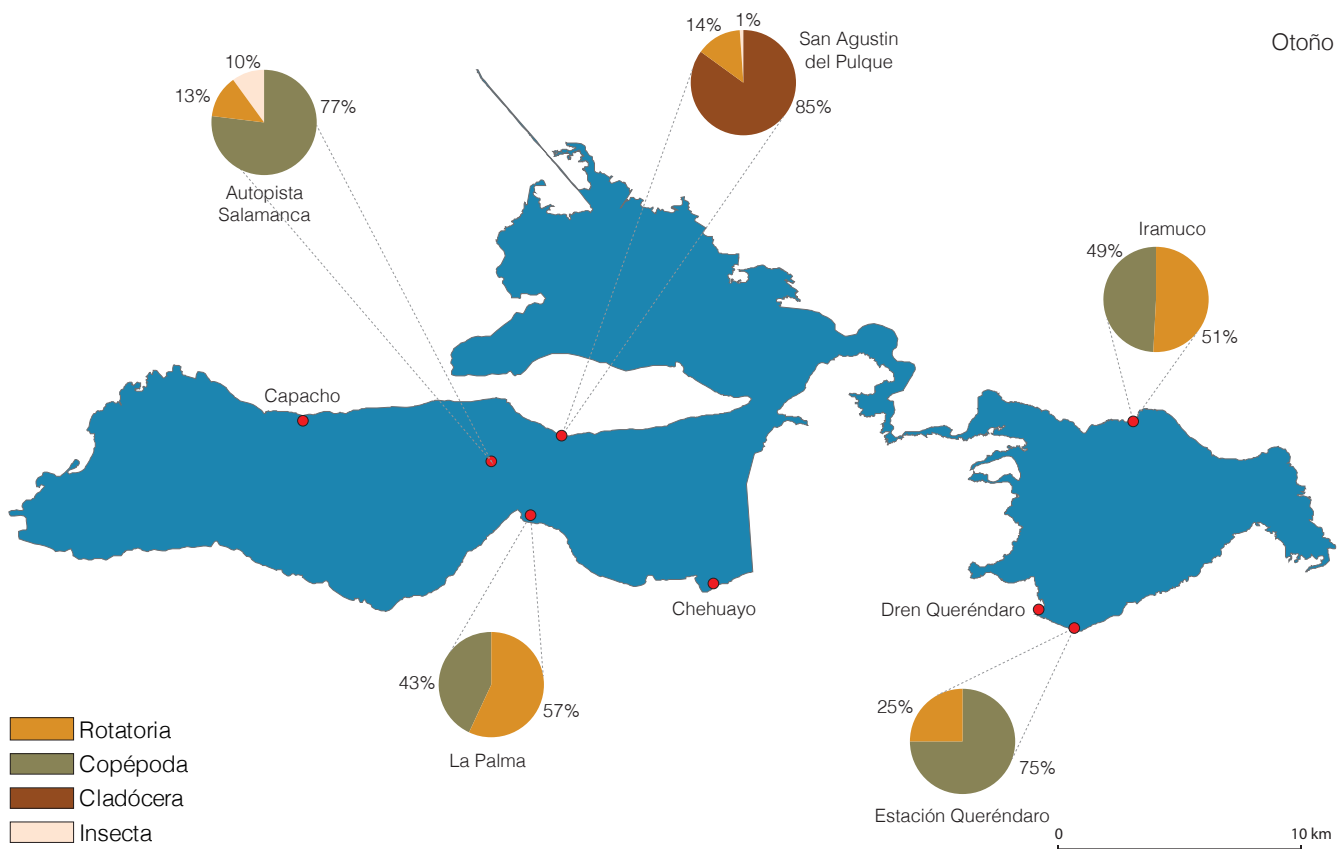


Figura 4. Distribución horizontal de la abundancia proporcional de la comunidad del zooplancton en otoño.

de las especies de dicho gremio, con una homogeneidad en el rango medio del estadio nauplio de copépodos planctónicos ($\chi^2=69.8$, g.l.=18, $P<0.0001$).

En el sitio de San Agustín destaca la presencia de estadios de copépodos calanoideos, de los cuales el nauplio y el copepodito presentan diferencias significativas en abundancia con el resto de la comunidad del zooplancton, registrando una baja abundancia de rotíferos los cuales no presentan diferencias significativas en abundancia dentro del grupo ($\chi^2=57.2$, g.l.=18, $P<0.0001$). En lo que respecta al sitio de Cheguayo, es notable la baja aportación de organismos de la comunidad del zooplancton, de los cuales se reportan estadios nauplio de copépodos calanoideos, los cuales presentan diferencias significativas con las poblaciones del zooplancton presentes en la columna del agua ($\chi^2=14.7$, g.l.=18, $P=0.6$).

En el vaso este del lago de Cuitzeo, el sitio con mayor diversificación en la comunidad del zooplancton corresponde a Iramuco, el cual presenta como especie frecuente a *Brachionus angularis*, misma que se cataloga estadísticamente diferente a la abundancia del resto de los rotíferos, sin embargo, reporta una homogeneidad en el rango medio con el estadio nauplio de copépodos calanoideos ($\chi^2=55.9$, g.l.=18, $P<0.0001$).

En el sector del vaso de recepción se encuentran los sitios Estación Queréndaro y Dren Queréndaro, los cuales colindan con la zona de influencia de la descarga de agua residual del río Grande de Morelia y el río Zinapécuaro, en donde la comunidad del zooplancton de encuentra representada por estadios nauplio de copépodos calanoideos, los cuales presentan diferencias estadísticamente significativas contra el resto de la comunidad del zooplancton ($\chi^2=43.3$, g.l.=18, $P=0.0007$ y $\chi^2=36.4$, g.l.=18, $P=0.006$ respectivamente).

En el vaso oeste del lago se encuentra el sitio de Capacho, el cual presenta condición hiposalina e hipereutrófica, en donde la comunidad del zooplancton se encuentra representada por copépodos del tipo ciclopoideo, los cuales presentan en su estadio nauplio diferencias en abundancia estadísticamente significativas contra otros estadios de este grupo ($\chi^2=28.4$, g.l.=18, $P<0.05$). Finalmente, se encontró el sitio de Autopista Salamanca, el cual se ubica en la zona de influencia del vaso oeste (en constante desecación) y el vaso centro del lago de Cuitzeo, en donde se registraron rotíferos, copépodos y cladóceros, sin haber diferencias estadísticamente significativas en su abundancia ($\chi^2=22.2$, g.l.=18, $P=0.2$).

Discusión

La riqueza taxonómica de la comunidad del zooplancton en el lago de Cuitzeo estuvo representada por Rotifera (rotíferos), seguido de Branchiopoda (cladóceros), Maxillopoda (copépodos) e insectos, los tres primeros grupos corresponden a una composición características de cuerpos de agua someros y tropicales (Torres y Zanatta 1998). Los rotíferos son invertebrados pseudocelomados que se han encontrado en todos los hábitat de agua dulce y llegan a conformar no solamente el 30 % de la biomasa

zooplanctónica, sino que es el grupo con mayor número en la riqueza de taxa (Cervantes Martínez *et al.* 2012).

Dentro del grupo de rotíferos presentes en Cuitzeo, *Brachionus*, fue el género con mayor cantidad de especies, al respecto Michelangelli *et al.* (1980) y Margalef (1983) indican que dicho género habita en una gran variedad de ambientes acuáticos, con preferencia a ecosistemas eutróficos, con aguas alcalinas, un pH que oscila de 9-11, característico de agua dulce a hiposalina, dichas características ambientales concuerdan con la caracterización fisicoquímica del lago de Cuitzeo, ya que existen tres vasos o zonas dados por las concentraciones de salinidad, la zona Oeste con aguas hiposalinas, y el vaso este con agua dulce (Chacón *et al.* 2000, Chacón *et al.* 2007, Ortega *et al.* 2010 y Jiménez 2016).

La riqueza de especies no presentó diferencias significativas durante el estudio, registrándose un número importante de organismos frecuentes. Sin embargo, la presencia de organismos estacionales, escasos y raros, es atribuida a la heterogeneidad del lago de Cuitzeo (Ortega *et al.* 2010 y Jiménez 2016).

La comunidad de los rotíferos se registró en los cuatro tipos de frecuencia de aparición sin embargo en la escala de frecuentes se detectó el mayor número de especies, cabe mencionar que la clase Rotatoria juega un papel fundamental en las cadenas tróficas pelágicas, ya que dichos organismos son considerados un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios, se conocen pocas especies depredadoras la mayoría son filtradoras y se localizan en la zona litoral del cuerpo cerca de la vegetación (Stemberger 1979, Cervantes *et al.* 2012). En el cuerpo de agua, el grupo de presentó en los sitios adjuntos a los afluentes y en los sitios donde existen grandes manchones de vegetación acuática, atribuido a extensa variación de las fuentes de alimento (Chacón *et al.* 2000, Chacón *et al.* 2007 y Ortega *et al.* 2010).

Con respecto a los branquiópodos planctónicos su baja abundancia es atribuida a que el grupo predomina en sistemas acuáticos profundos y con poca cantidad de nutrientes (Elías-Gutiérrez *et al.* 1999 y Conde-Porcuna *et al.* 2004), condiciones ausentes en el lago de Cuitzeo, ya que el sistema es somero y con una carga nutrimental que lo clasifica como eutrófico con tendencia a la hipertrofia (Chacón *et al.* 2000, Chacón *et al.* 2007 y Ortega *et al.* 2010). Mientras que la alta frecuencia de maxilópodos es asociada a que el grupo se desarrolla en sistemas de agua dulce de condición eutrófica y en ecosistemas salinos como el vaso oeste del lago de Cuitzeo (Margalef 1983, Elías-Gutiérrez *et al.* 1999 y Conde-Porcuna *et al.* 2004).

Ceballos *et al.* (1994), reportaron que el lago de Cuitzeo alberga a 21 géneros en la comunidad del zooplancton, mientras que en el presente estudio se determinaron once géneros, dicha disminución puede estar asociada a la disponibilidad del alimento y a su calidad nutricional (Conde-Porcuna *et al.* 2004), aunado al cambio de nivel trófico, ya que el lago en la década de los ochentas registró una fluctuación de una condición eutrófica a una hipertófica, permitiendo el desarrollo de grandes florecimientos de

cianobacterias en el fitoplancton, que repercutió en la estructura de las comunidades zooplanctónicas e ícticas (Chacón *et al.* 2000, Chacón *et al.* 2007, Ortega *et al.* 2010).

Con respecto a la abundancia relativa de la comunidad del zooplancton se reporta una variación temporal, revelando una dominancia del grupo de los copépodos. Suárez-Morales (2000) menciona que los copépodos pueden conformar porcentajes relevantes de abundancia zooplanctónica en el litoral, el cual es amplio en el lago de Cuitzeo, mientras que Cervantes Martínez *et al.* (2012) mencionan que dicho grupo presenta la capacidad para ocupar hábitats diferentes, debido a un patrón corporal general que consiste en el desarrollado de modificaciones estructurales, fisiológicas y de comportamiento que le ha permitido al grupo consolidarse como los crustáceos más diversos del planeta.

Una de las adaptaciones que propicia el éxito en la colonización del grupo de los copépodos es la reproducción sexual a diferencia de los rotíferos y de los cladóceros (Cervantes *et al.* 2012), ya que una vez que ha ocurrido el apareamiento entre la hembra y el macho, los huevos fecundados eclosionan a larva nauplio; dicho estadio y sus subsecuentes tienen un alto potencial de dispersión y mecanismos adaptativos que le permiten una colonización expansiva en sistemas someros (Dole-Olivier *et al.* 2000), por lo cual su abundancia en el lago de Cuitzeo es elevada.

Heinz (1987) menciona que la larva nauplio se desarrolla de forma eficiente en ambientes turbios, donde existe una mayor concentración de sólidos disueltos y sales, como se ha registrado en el lago de Cuitzeo (Chacón *et al.* 2000, Ortega *et al.* 2010). Mientras que González *et al.* (1993) indican que la larva nauplio se desarrolla en aguas tropicales, donde la luz y la temperatura son relativamente constantes en el curso del año, como se reporta en el lago de Cuitzeo (Alvarado *et al.* 1984, Chacón *et al.* 2000, Ortega *et al.* 2010).

En cuanto a la comunidad de los rotíferos Margalef (1983) asocia la presencia del grupo con temperaturas templadas a cálidas, condición que en el lago de Cuitzeo se desarrolla parcialmente en las épocas de otoño e invierno con una oscilación de la temperatura del agua entre 15 a 31 °C (Jiménez 2015). Echaniz *et al.* (2011) documentan que los rotíferos son cosmopolitas, presentes en agua hiposalina o agua dulce como la contenida en el lago de Cuitzeo (Chacón *et al.* 2007, Ortega *et al.* 2010 y Jiménez Santiago 2016). Su abundancia se relaciona a su ciclo biológico y su hábito alimenticio, ya que en el lago de Cuitzeo su principal fuente de alimento es la comunidad procarionte como se documenta en otros trabajos (González 1988, Cervantes Martínez *et al.* 2012). Al respecto en el lago de Cuitzeo se han reportado altas concentraciones de bacterias heterótrofas por el aporte constante de aguas residuales (Jiménez 2016), por lo cual el recurso alimenticio se encuentra disponible en el sistema para dicho gremio.

La distribución de los organismos del zooplancton depende en el sistema de las condiciones ambientales (Cervantes Martínez *et al.* 2012), en el lago de Cuitzeo se atribuye a un gradiente horizontal de salinidad,

conductividad eléctrica, alcalinidad, sólidos disueltos totales y materia orgánica (Oropeza 2015).

En el sistema lacustre se tienen identificadas tres zonas o vasos: Oeste, central y este. La zona oeste comprende a los sitios de La autopista Salamanca y Capacho, ubicados en una zona de constante desecación, proceso que provee una carga de sales que permite clasificar al vaso como hiposalino con hipertrofia avanzada (Chacón *et al.* 2007, Ortega *et al.* 2010 y Jiménez 2016). En dicho sector la comunidad del zooplancton estuvo representada por copépodos del tipo ciclopoideo en estadio nauplio el cual presenta diferencias en abundancia estadísticamente significativas contra otros estadios del gremio del zooplancton. Al respecto Elías *et al.* (2008) y Cervantes *et al.* (2012), mencionan que las especies de Cyclopoida están más adaptadas a la vida de la región litoral y cerca de la vegetación adherida, al igual que lo reportado en el presente estudio.

En la zona central del lago, disminuye la concentración de salinidad, así como la conductividad eléctrica, alcalinidad y pH, con sobresaturación diurna de oxígeno (Chacón *et al.* 2007, Ortega *et al.* 2010 y Jiménez 2016), en dicho sector se encuentran tres sitios (San Agustín, La Palma y Chehuayo), con un dominio del estadio nauplio, correspondientes a calanoideos y ciclopoideos, así como la presencia de copepoditos, dicho comportamiento se atribuye a que el vaso alberga grandes zonas de vegetación acuática, detectándose poca riqueza y abundancia.

En la Palma se registró a *Filinia longiseta* con diferencias significativas en abundancia, con respecto al resto de las especies del zooplancton y con una homogeneidad con el estadio nauplio de copépodos planctónicos. Dicha especie se encuentra en aguas abiertas, pero se puede encontrar en el litoral donde existe vegetación (Nogrady 1993), es común encontrarla de forma abundante en el verano y en lugares con gran actividad antropogénica (Basínska *et al.* 2010).

En el sitio de San Agustín estuvieron presentes los copépodos calanoideos (estadios larvarios y copepoditos) con diferencias significativas. Elías *et al.* (2008) y Cervantes *et al.* (2012), mencionan que los copépodos constituyen una fracción importante de la biomasa del zooplancton, con cerca del 50% de la biomasa en aguas epicontinentales, rebasando el 75% de la biomasa con aportes de estadios larvarios y copepoditos, sin embargo en aguas eutróficas dicha producción puede ser menor, por la competencia con otras comunidades, como se presentó en este sitio durante el periodo de otoño-invierno.

Elías *et al.* (2008) sugieren que los copépodos pueden ser considerados como indicadores de las condiciones generales de las biotas locales, insinuando que la desaparición de copépodos o la alteración de su estructura poblacional son fenómenos que han permitido reconocer diversas perturbaciones en los ecosistemas acuáticos, detectando en el presente estudio que los sitios de San Agustín y Chehuayo, están cerca de zonas con gran actividad antropogénica.

El vaso este donde se localizan los sitios con niveles bajos en la concentración de sales, conductividad eléctrica y pH, se registra una mayor concentración de materia

orgánica, asociada a los afluentes del vaso, dicha condición favorece la diversificación de la comunidad del zooplancton con *Brachionus angularis*, como especie frecuente. Bhat et al. (2014) mencionan que este organismo planctónico de litoral prolifera, en cuerpos poco profundos de condición eutrófica, particularmente en sitios con una concentración alta de fosfato y nitratos, y con presencia de macrófitas, características presentes en el sitio de Iramuco (Chacón et al. 2007, Ortega et al. 2010 y Jiménez 2015).

Conclusiones

Se concluye que el zooplancton del lago de Cuitzeo estuvo representado por 17 especies, pertenecientes a cuatro clases, donde la mayor riqueza estuvo determinada por el grupo de los rotíferos con doce especies, siendo el género *Brachionus* el más diverso.

La abundancia relativa y la distribución del zooplancton muestra un patrón asociado a la temperatura, salinidad, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y el pH, con una dominancia de artrópodos y rotíferos, característica de ecosistemas eutróficos.

Referencias

- Alvarado DJ, Zubietta RT, Ortega MMR, Chacón TA, Espinosa R (1984) *Hipertroficación de un lago somero; Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Biológicas Revista de la Escuela de Biología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. México, 20 p.
- Basínka A, Kuczynska-Kippen N, Swindnicki K (2010) The body size distribution of *Filinia longiseta* (Ehrenberg) in different types of small water bodies in the Wielkoposka region. *Limnetica* 29(1): 171-182.
- Bhat NA, Raina R, Wanganeo A (2014) Occurrence and spatial distribution of *Brachionus* species: a bioindicator of eutrophication in Bhoj wetland, Bhopal. *Ecologia Balkanica* 6(2): 43-50.
- Ceballos Corona JGA, Ortega Murillo MR, Medina Nava M, Martínez Trujillo M, Rodríguez Jiménez LS, González Santoyo S (1994) *Análisis Limnológico del lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Editorial Universitaria. UMSNH. Morelia, Mich., 45 p.
- Cervantes Martínez A, Gutiérrez Aguirre MA, Delgado Blas VH, Ruíz Ramírez JD (2012) *Especies de zooplancton dulceacuicola de Cozumel*. Universidad de Quintana Roo (UQROO), 59 p.
- Chacón-Torres A, Rosas-Monge C, Alvarado-Díaz J (2000) The effects of hypereutrophication in a tropical Mexican lake. In M Munawar, SG Lawrence, IF Munawar, DF Malley (eds.), *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope*. Blachuy Publishers, Leiden, The Netherlands, pp 89-101.
- Chacón Torres A, Rosas Monje C, Alvarado Díaz J (2007) Lago de Cuitzeo, Michoacán. En De la Lanza Espino (ed.), *Las aguas interiores de México conceptos y casos*. AGT Editor, S.A., México D.F., pp 305-338.
- Conde-Porcuna JM, Ramos-Rodríguez E, Morales-Baquero R (2004) El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Ecosistemas* 13(2): 23-29.
- De la Lanza-Espino G, Hernández Pulido S (2000) *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdés, S.A. de C.V., México. 633 p.
- Dole-Olivier MJ, Galassi DM, Marmonier P, Des Chatelliers M (2000) The Biology and Ecology of lotic microcrustaceans. *Freshwater Biology* 44: 63-91.
- Durán CV, Sevilla FP, Puente MRA, Espinosa JMG, Borgonio OA, Saytán L, Vargas MP (2003) *Atlas Geográfico del Estado de Michoacán*. EDDISA, S.A. de C.V. Segunda Edición. SEE. UMSNH. Morelia, Michoacán., México, 235 p.
- Echaniz SA, Vignatti AM, Segundo JD (2011) Cambios en la diversidad y biomasa zooplanctónica durante una estación de crecimiento en un lago somero temporario hiposalino de la Pampa. *BioScriba* 4(1): 1-12.
- Elías-Gutiérrez M, Ciro-Pérez J, Suárez-Morales E, Silva-Briano M (1999) The freshwater cladóceras (Orders Ctenopoda and Anomopoda) of Mexico, with comments on selected taxa. *International Journal of Crustacean Research* 72(2): 171-186.
- Elías-Gutiérrez M, Suárez-Morales E, Gutiérrez M, Silva-Briano M, Granados J, Garfía T (2008) *Cladóceras y Copépodos de las aguas continentales de México*. UNAM, FES, México, 322 p.
- Franco López J, de la Cruz Agüero G, Cruz Gómez A, Rocha Ramírez A, Navarrete Salgado N, Flores Martínez G, Kato Miranda E, Sánchez Colón S, Abarca Arena LG, Bedia Sánchez CM (2010) *Manual de Ecología*. Editorial Trillas, reimpresión, 266 p.
- Garduño-Monroy VH, Chávez-Hernández J, Aguirre-González J, Vázquez-Rosas R, Mijares-Arellano H, Israde-Alcántara I, Hernández-Madrigal VM, Rodríguez-Pascua MA, Pérez-López R (2009) Zonificación de periodos naturales de oscilación superficial en la ciudad de Pátzcuaro, Mich., México, con base en microtemores y estudios de paleosismología. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 6(3): 623-637.
- González de Infante A (1988) *El plancton de las aguas continentales*. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Universidad Central de Caracas Venezuela. OEA Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington D.C. 133 p.
- González SS, García HMP, Chacón AT, González CR (1993) *Conceptos Básicos para el Estudio del Zooplancton Dulceacuicola*. Laboratorio de Biología Acuática, Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Michoacán, México, 52 p.
- Hairston NG (1996) Zooplankton egg banks as biotic reservoirs in changing environments. *Limnology and Oceanography* 41: 1087-1092.
- Heinz S, Dieter K (1987) *Atlas de los Microorganismos de agua dulce: la vida en una gota de agua*. Ediciones Omega S.A., Barcelona, 336 p.
- Israde-Alcántara I, Garduño-Monroy VH, Ortega-Murillo R (2002) Paleoambiente lacustre del cuaternario Tardío en el centro del lago de Cuitzeo. *Hidrobiológicas* 12(1): 61-78.
- Jiménez Santiago P (2016) Estudio de la calidad del agua del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 107 p.
- Koste W, Shiel RJ (1987) Rotifera from Australian inland waters. II. Epiphaniidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). *Journal of Invertebrate Taxonomy* 1: 949-1021.
- Margalef R (1983) *Limnología*. Ediciones Omega S.A., Barcelona, España, 1010 p.
- Mendoza M, López E, Bocco G (2001) *Regionalización Ecológica, conservación de Recursos Naturales y Ordenamiento Territorial*

- en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Proyecto. Programa SIMORELOS-CONACyT. Departamento de Ecología de los Recursos Naturales. Laboratorio de Geoecología. UNAM. Morelia, Michoacán, México, 162 p.
- Michelangeli F, Zoppi de Roa E, Pourriot R** (1979) Rotíferos de sabanas inundables en Mantecal, Edo. Apure, Venezuela. *Cahiers ORSTOM Série Hydrobiologie* 13(1-2): 47-59.
- Merritt RW, Cummins KW** (1996) *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall Hunt, 862 p.
- Nogradý T, Wallace RL, Snell TW** (1993) *Rotifera I. Biology, ecology and systematic*. SPB. Academic Publishing the Netherlands.
- Nogradý T, Seger H** (2002) *Rotifera: Asplachnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trichosphaeridae*. Blackhuys publiser. Belgium, 264 p.
- Oropeza Flores H** (2015) Estudio de la composición y estructura del zooplancton en la zona litoral del lago de Cuitzeo, Michoacán, Méx. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 61 p.
- Ortega-Murillo MR, Alvarado-Villanueva R, Hernández-Morales R, Sánchez-Heredia JD** (2010) Evolución trófica de un lago trópic tropical hiposalino con base al fitoplancton. *Biológicas* 12(2): 75-81.
- Rojas Moreno, Novelo Retana** (1995) Flora y vegetación acuática del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana* 31: 1-17.
- Schwoerbel J** (1975) *Métodos de Hidrobiología*. H. Blume. Ed. España.
- Stemberger RS** (1979) *A guide to rotifers of the Laurentian Great Lakes Enviromental Monitoring and Support Laboratory Office of Research and Development*. US. Enviromental Protection Agency Cincinnati, Ohio, USA, 174 p.
- Suárez-Morales E** (2000) Copépodos, seres ubicuos y poco conocidos. *CONABIO. Biodiversitas* 29: 7-11.
- Torres-Orozco RE, Zanatta SA** (1998) Species composition, abundance and distribution of zooplankton in a tropical eutrophic lake: Lake Catemaco, México. *Rev. Biol. Trop.* 46(2): 285-296.
- Utermöhl H** (1958) Zur Vervollkomung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt. Int. Ver Limnol.* 9: 1-38.
- Vidal Zepeda R** (2010) Clima cap. 1. 24-27. En S Cram, L Galicia, I Israde-Alcántara (eds.), *Atlas de la cuenca del lago de cuitzeo: Análisis de su geografía y entorno socioambiental*. Universidad Nacional Autónomas de México y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 365 p.
- Vignatti A, Echaniz S, Martín MC** (2007) El zooplancton de lagos someros de diferentes salinidades y estado trófico en la región semiárida pappeana (Las Pampas Argentina). *Gayana* 71(1): 38-48.