

Rotíferos brachionidos y lecanidos de ecosistemas lénticos relacionados con aspectos de acuicultura extensiva

Rotíferos de braquionídeos e lecânídeos de ecossistemas lênticos relacionados a aspectos de aquicultura extensa

DOI: 10.34188/bjaerv5n2-071

Recebimento dos originais: 20/01/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Roberto Trejo-Albarrán

Maestría en Biología de los Sistemas Humanos, Ciencias, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Laboratorio de Hidrobiología, Centro de Investigaciones Biológicas, UAEM, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, C. P. 62209, Cuernavaca, Morelos. México
E-mail: trejo@uaem.mx

José Luis Gómez-Márquez

Doctor en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM
Laboratorio de Limnología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Batalla 5 de mayo esq. Fuerte de Loreto, Ejército de Ote. Iztapalapa, 09230, Ciudad de México
E-mail: lgomez@unam.mx

José Guadalupe Granados-Ramírez

Dr. en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM
Laboratorio de invertebrados, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, C. P. 62209, Cuernavaca, Morelos
E-mail: ramgra56@yahoo.com.mx

Andrea Elizabeth Granjeno Colín

Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM
Laboratorio de Edafoclimatología. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, C. P. 62209, Cuernavaca, Morelos
E-mail: granjeno@uaem.mx

RESUMEN

El mayor número de especies representadas en el zooplancton dulceacuícola corresponde al Phylum Rotifera y debido a su origen, estos organismos han podido colonizar con éxito la zona limnética y litoral de cualquier reservorio epicontinental. Dentro del Orden Ploimida se encuentran las Familias Brachionidae y Lecanidae, con 36 y 56 especies reportadas respectivamente para México. El estado de Morelos cuenta con más de un ciento de diferentes cuerpos de agua, situación que motivó a realizar el siguiente estudio. Registrar la riqueza y distribución de las especies de las Familias Brachionidae y Lecanidae en 97 cuerpos de agua del estado de Morelos. Se realizaron seis recolectas, tres durante la época de estiaje y tres en la de lluvias, en la zona litoral y en la zona pelágica de cada sistema, utilizando una red cónica, con poro de 50 μ . Se registraron 25 especies y cinco géneros para la familia Brachionidae y 21 especies con un género para la familia Lecanidae. Las especies presentes por su abundancia y frecuencia en los embalses de la zona cálida fueron *Brachionus caudatus*, *B. calyciflorus*, *Lecane bulla* y *L. luna*; para los embalses de la zona templada *B. quadridentatus*, *B. caudatus* y *Lecane hastata*, y en los lagos de zona fría las especies *B. patulus*,

Kellicotia bostoniensis y *Lecane hastata*. Se hace un análisis de la distribución de las especies de acuerdo con la región climática.

Palabras clave: Zooplancton, rotíferos, *Brachionus*, *Lecane*, embalses.

RESUMO

O maior número de espécies representadas no zooplâncton de água doce corresponde ao Filo Rotifera e devido à sua origem, estes organismos têm conseguido colonizar com sucesso a zona limnética e costeira de qualquer reservatório epicontinental. Dentro da Ordem Ploimida estão as Famílias Brachionidae e Lecanidae, com 36 e 56 espécies relacionadas respectivamente para o México. O estado de Morelos possui mais de uma centena de corpos d'água diferentes, situação que motivou o estudo a seguir. Registrar a riqueza e distribuição das espécies das Famílias Brachionidae e Lecanidae em 97 corpos d'água no estado de Morelos. Foram feitas seis coletas, três na estação seca e três na estação chuvosa, na zona costeira e na zona pelágica de cada sistema, utilizando-se uma rede cônica com poro de 50 μ . Vinte e cinco espécies e cinco gêneros foram registrados para a família Brachionidae e 21 espécies com um gênero para a família Lecanidae. As espécies presentes devido à sua abundância e frequência nos reservatórios da zona quente foram *Brachionus caudatus*, *B. calyciflorus*, *Lecane bulla* e *L. luna*; para os reservatórios da zona temperada *B. quadridentatus*, *B. caudatus* e *Lecane hastata*, e nos lagos da zona fria as espécies *B. patulus*, *Kellicotia bostoniensis* e *Lecane hastata*. É feita uma análise da distribuição das espécies de acordo com a região climática.

Palavras-chave: Zooplâncton, rotíferos, *Brachionus*, *Lecane*, reservatórios.

1 INTRODUCCIÓN

México, es un país que posee una variada topografía que ha favorecido la formación de una gran diversidad de ambientes acuáticos. La disponibilidad del agua es de gran relevancia, debido a que no sólo se tiene en cuenta la cantidad, sino también la calidad de esta para los diferentes usos posibles, como consumo, recreación, pesca, riego, generación de energía, abastecimiento público, entre otros (Cunha et al. 2013). El estudio más reciente sobre cuerpos de agua publicado en el Diario Oficial de la Federación del 28 de agosto del 2000, cita que a lo largo del país existen aproximadamente 13, 936 embalses epicontinentales, inundando una superficie total de 1 165 051 hectáreas mismas que se encuentran distribuidas de manera muy heterogénea y con una gran variedad de tamaños, encontrando más del 95.8% de estos cuerpos de agua con superficies que van de una a 100 hectáreas. El estado de Morelos cuenta con aproximadamente 154 cuerpos de agua, incluidos los lagos, presas, embalses temporales como permanentes y los jagüeyes, con superficies muy diversas (la mayoría de 0.5 a 10 Ha); estos ecosistemas se encuentran ubicados en áreas urbanas y suburbanas de comunidades rurales y ejidales, con diferentes usos que permiten el desarrollo de diversas actividades entre las que destacan las agrícolas y pecuarias, situación que mantiene a estos ecosistemas sometidos a fuertes presiones antropogénicas continuas (Granados-Ramírez et al., 2014).

Por su ubicación y topografía accidentada los embalses del estado de Morelos han recibido poca atención sobre cualquier tipo de estudio, ya sea piscícola, limnológico o hidrobiológico. Dentro de la dinámica de cada uno de estos ecosistemas acuáticos, el plancton representa un componente vital en las redes tróficas y conocer su composición resulta ser de gran importancia biológica y ecológica; recientemente se han iniciado los estudios sobre la riqueza de especies zooplanctónicas de los embalses del estado de Morelos, con el propósito de conocer la biodiversidad de los grupos que lo componen y con exactitud contar con un listado y un mapa de distribución de cada una de las especies para la entidad.

En los últimos años se ha incrementado el conocimiento sobre la fauna de los rotíferos de México, teniendo registro de este grupo en diversos cuerpos de agua ubicados en los estados de Guanajuato, Jalisco, Zacatecas, Michoacán, Colima, Sinaloa, Estado de México, Distrito Federal, Aguascalientes, Morelia, Querétaro, Nayarit, Yucatán, Tabasco, Quintana Roo, San Luís Potosí, Tlaxcala, Baja California, Puebla, Veracruz y Morelos, que representan no más del 68% de los estados del país, y que registran hasta el momento 303 especies (CONABIO, 2008).

Es importante señalar que dentro de los grupos del zooplancton dulceacuícola el Phylum Rotifera es el más diverso, destacando por su frecuencia, abundancia y diversidad las familias Brachionidae y Lecanidae. A nivel mundial actualmente se conocen un total de 2,030 especies aproximadamente del Phylum Rotifera (entre Monogononta y Bdelloidea), de las cuales 146 especies pertenecen a la familia Brachionidae y 203 especies para la familia Lecanidae (Segers, 2007). Los primeros trabajos taxonómicos que se realizaron en México registraron un total de 203 especies (Sarma y Elías-Gutiérrez, 1997; Sarma y Elías-Gutiérrez, 1998; Sarma y Elías-Gutiérrez, 1999 a, b), aunque el número de estudios realizados de zooplancton todavía era bastante limitado. Sarma en 1999, publica una nueva lista de especies actualizada de los rotíferos de México, reportando 283 especies, de las cuales 36 especies pertenecen a la familia Brachionidae y 56 especies a la familia Lecanidae; más tarde en el 2008 CONABIO, publica en su libro del *Capital Natural de México* un total de 39 especies de la familia Brachionidae y 57 especies de la familia Lecanidae, representando más del 45% de la riqueza total de las especies descritas para México.

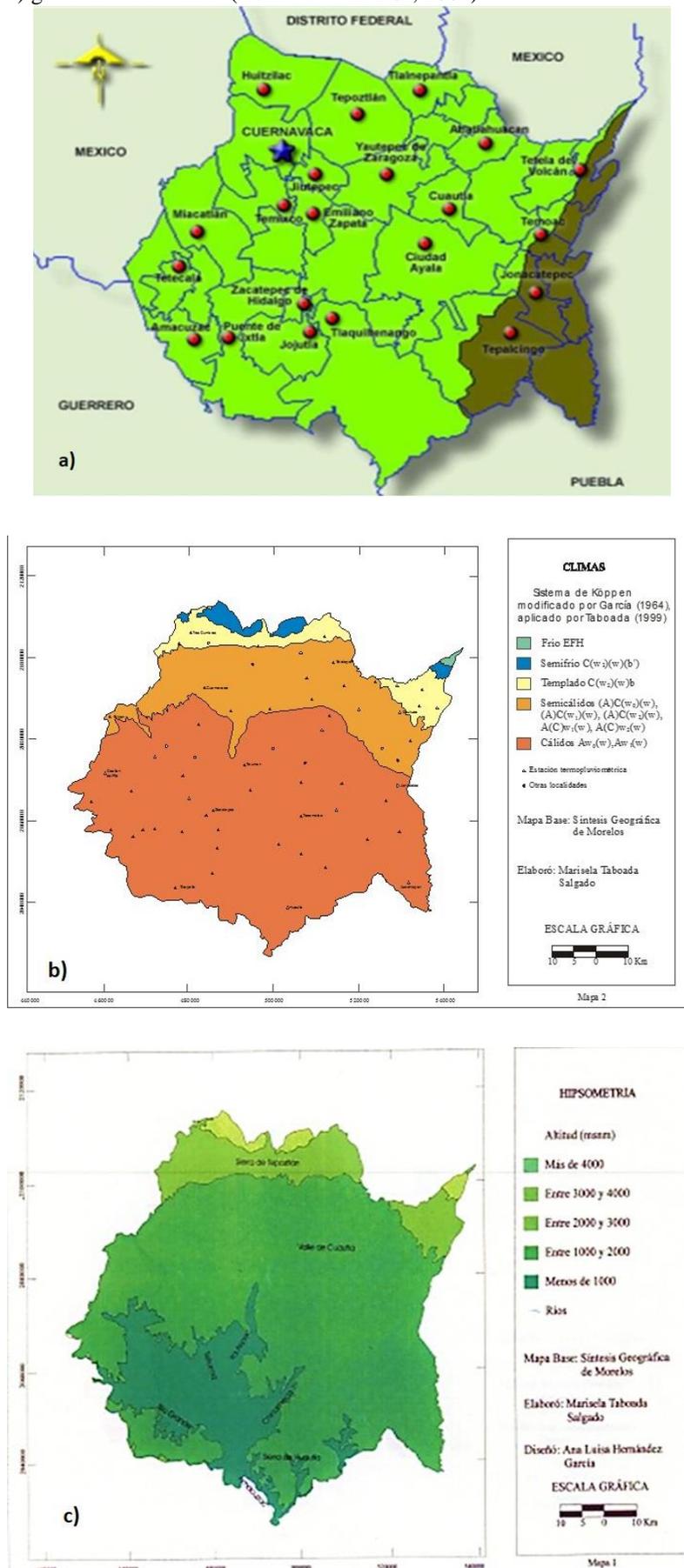
Posteriormente, se han realizado una serie de investigaciones en la región norte, centro y sur de la República Mexicana sobre el Phylum Rotifera, encontrando los siguientes resultados: Silva-Briano y Azabache-Ortiz (2000) identificaron un total de diez especies del género *Brachionus* después de haber muestreado un total de 44 embalses en el estado de Aguascalientes. Serranía (2004) describe en su trabajo de rotíferos Monogonontos de la parte central de México, con los siguientes resultados: para cinco embalses del Estado de México un total de 19 especies de la familia Brachionidae y 15 especies para la familia Lecanidae; para dos embalses el estado de Tlaxcala solo

registró especies de la familia Brachionidae y una especie de la familia Lecanidae; en seis embalses del estado de Hidalgo registró un total de 19 especies para ambas familias; en cinco cuerpos de agua del Distrito Federal reporta un total de 16 especies para Brachionidae y 19 especies para Lecanidae, y para el estado de Morelos en el lago Zempoala una especie de Brachionidae y cuatro especies de Lecanidae, de un total de 160 especies de rotíferos reconocidos durante este estudio, resaltando que los géneros *Lecane*, *Trichocerca* y *Brachionus* fueron los más diversos y abundantes en los 19 cuerpos de agua estudiados.

Para los embalses del estado de Morelos son escasos los trabajos que citan a estas dos familias; Flores (1997) realizó un estudio sobre rotíferos como bioindicadores de calidad del agua, recolectando material del lago Zempoala, con un total de 11 especies de Brachionidae y cuatro especies de Lecanidae; Granados *et al.* (2007) realizaron un trabajo sobre la variación poblacional de los rotíferos de tres cuerpos de agua ubicados en la Sub-Cuenca del río Cuautla, identificando un total de 12 especies de Brachionidae y cinco de Lecanidae; Martínez (2007) reconoce a 13 especies de la familia Brachionidae y cuatro especies de la familia Lecanidae, en un estudio realizado en los embalses del municipio de Tlayacapan. Trejo (2012) realizó un trabajo sobre la variación zooplanctónica en el lago Zempoala, registrando seis especies de Brachionidae y una especie de Lecanidae. Gómez-Márquez *et al.* (2013) mencionan a las especies de la familia Brachionidae en la investigación realizado en un bordo del municipio de Tepalcingo.

Con el fin de elaborar el inventario de los microinvertebrados planctónicos presentes en los diferentes cuerpos de agua del estado de Morelos, se tomaron en cuenta para este trabajo todos los reservorios, desde los lagos naturales, presas, bordos, charcas y jagüeyes, en el periodo de estiaje o de lluvias; que se ubican en el bosque bajo un clima frío hasta los que se localizaron en áreas de selva baja caducifolia o matorral espinoso, en un clima cálido, en un gradiente altitudinal que va de los 2,900 msnm en la parte más alta (lagos de Zempoala, Huitzilac) hasta la parte más baja que fue de 920 msnm en que se ubicó el lago de Tequesquitengo, Jojutla (Figuras 1 y 2).

Figura 1: Ubicación del estado de Morelos y sus cabeceras municipales, a) región hidrológica del Atoyac; b) diferentes climas de la entidad y c) gradiente altitudinal. (Tomado de INEGI, 2004)



El resultado de las campañas de recolecta y monitoreo realizadas durante los últimos años por Investigadores de la FES-Zaragoza, UNAM y por el laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UAEM, permitió la realización del siguiente mapa de distribución de los embalses del estado de Morelos (Figura 2). El total de puntos georreferenciados en este mapa es de 154 cuerpos de agua, observando un mayor número de ellos en la región oriente (subcuenca del río Atoyac) correspondiendo un 38% y el resto de los embalses distribuidos dentro de la región conocida como alto Balsas (Figura 2a). En la figura 2b se observan las diferentes regiones climáticas y la ubicación de los embalses en cada una de éstas.

Para el presente trabajo se analizan los resultados obtenidos en 97 cuerpos de agua, distribuidos en los diferentes niveles altitudinales y tipos de climas que prevalecen en la entidad.

Figura 2: Distribución de los embalses en el estado de Morelos: a) se señala la subcuenca del río Atoyac; b) se marcan las zonas climáticas de la entidad: 1-2) clima de frío a templado, 3) clima semicálido y 4) clima cálido.

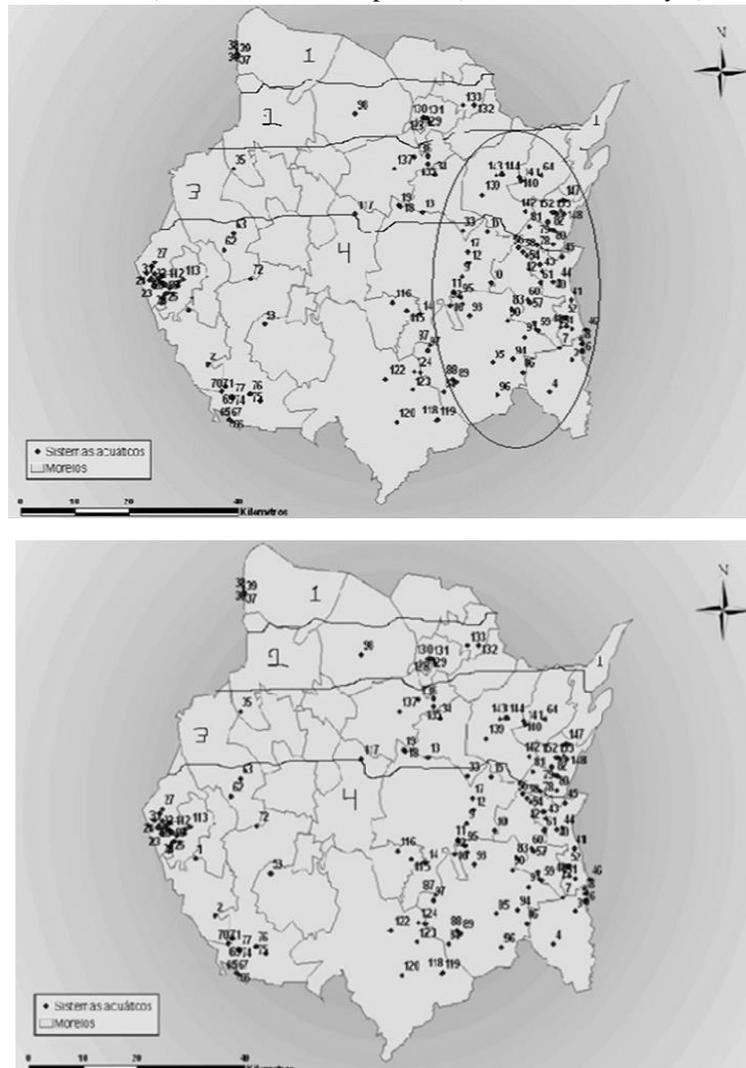


Tabla 1: Especies reconocidas de las familias Brachionidae y Lecanidae en los 97 embalses estudiados en el estado de Morelos.

PHYLUM ROTATORIA CUVIER, 1817.
SUBCLASE MONOGONONTA PLATE, 1889.
SUPERORDEN PSEUDOTROCHA, KUTIKOVA, 1970.
¹ORDEN PLOIMIDA HUDSON & GOSSE, 1886.
FAMILIA BRACHIONIDAE
1 <i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)
2 <i>Brachionus patulus</i> (O. Müller, 1786)
3 <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766
4 <i>Brachionus caudatus</i> Barrois & Daday, 1894
5 <i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898
6 <i>Brachionus havanaensis</i> Rousselet, 1911
7 <i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1951)
8 <i>Brachionus forficula</i> (Wierzejski, 1891)
9 <i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)
10 <i>Brachionus urceolaris</i> (O. F. Müller, 1773)
11 <i>Brachionus bidentatus</i> Anderson, 1889
12 <i>Brachionus budapestinensis</i> (Daday, 1885)
13 <i>Brachionus plicatilis</i> (O. F. Müller, 1786)
14 <i>Brachionus rubens</i> (Ehrenberg, 1838)
15 <i>Kellicotia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908)
16 <i>Kellicotia longispina</i> (Kellicott, 1879)
17 <i>Kellicotia</i> sp. (Ahlstrom, 1938)
18 <i>Keratella</i> sp. Bory de St. Vincent, 1822
19 <i>Keratella americana</i> Carlin, 1943
20 <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)
21 <i>Keratella lenzi</i> Hauer, 1953
22 <i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)
23 <i>Keratella quadrata</i> (O. Müller, 1786)
24 <i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)
25 <i>Platyias leloupi</i> (Gillard, 1957)
FAMILIA LECANIDAE
26 <i>Lecane arcuata</i> (Bryce, 1891)
27 <i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)
28 <i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)
29 <i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)
30 <i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913)
31 <i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)
32 <i>Lecane hastata</i> (Murray, 1913)
33 <i>Lecane ludwigii</i> (Eckstein, 1883)
34 <i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)
35 <i>Lecane nana</i> (Murray, 1913)
36 <i>Lecane papuana</i> (Murray, 1913)
37 <i>Lecane decipiens</i> (Murray, 1913)
38 <i>Lecane hornemanni</i> (Ehrenberg, 1834)
39 <i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)
40 <i>Lecane aculeata</i> (Jacubski, 1912)
41 <i>Lecane flexilis</i> (Gosse, 1886)
42 <i>Lecane leontina</i> (Turner, 1892)
43 <i>Lecane pyriformis</i> (Daday, 1905)
44 <i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830)
45 <i>Lecane spinulifera</i> Edmondson, 1935
46 <i>Lecane</i> sp. (Nitzsch, 1827)

Para hacer una mejor interpretación de la distribución que registraron los organismos de las familias Brachionidae y Lecanidae se relacionaron la diversidad y cada una de las regiones climáticas. Brachionidae muestra que la mayor riqueza de especies se presenta en los embalses ubicados en la zona semicálida (34%), seguida de los embalses de la zona cálida (32%), la zona templada (21%) y finalmente, la zona fría (13%) (Figura 3). La familia Lecanidae presentó una mayor riqueza de especies en los embalses ubicados en la región climática cálida (34%), seguida de los embalses de la zona semicálida (26%), presentando la menor diversidad en los embalses de la zona fría y templada (20%) (Figura 4).

La abundancia de las especies que predominaron en los embalses por región climática fue la siguiente: La familia Brachionidae fue considerada como pobre en la región climática fría, debido a que de las ocho especies reconocidas, cinco especies dominaron, sobresaliendo por su frecuencia *Keratella cochlearis* (Figura 5).

Figura 3. Riqueza de especies de la familia Brachionidae por región climática en el estado de Morelos, representada en valor porcentual

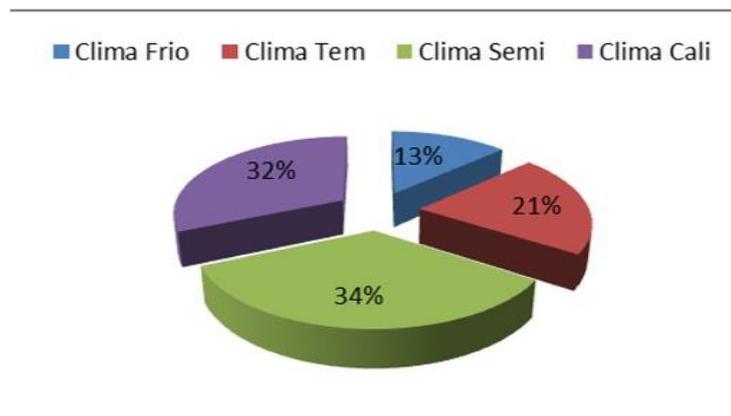
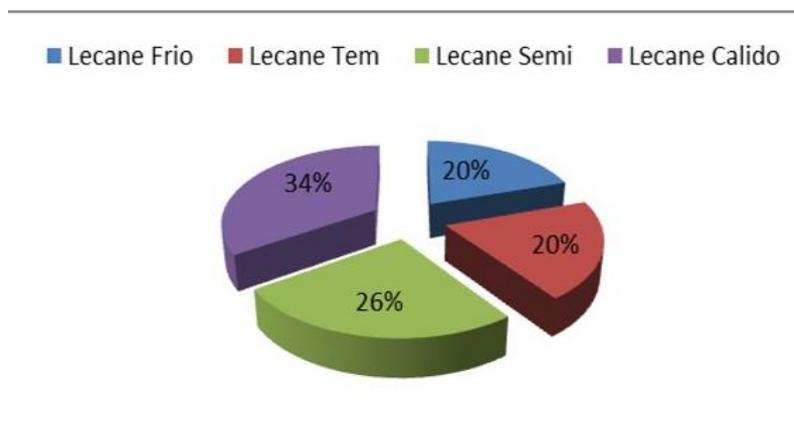


Figura 4. Riqueza de especies de la familia Lecanidae por región climática en el estado de Morelos, representada en valor porcentual



En relación a la familia Lecanidae, se reconocieron siete especies predominando por su frecuencia las especies *Lecane closterocerca* y *L. lunaris* (Figura 6).

Figura 5: Abundancia de las especies de la familia Brachionidae en los ambientes acuáticos ubicados en la región climática fría

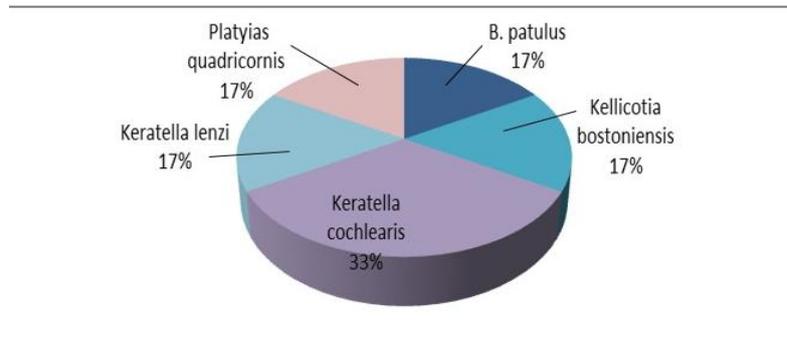
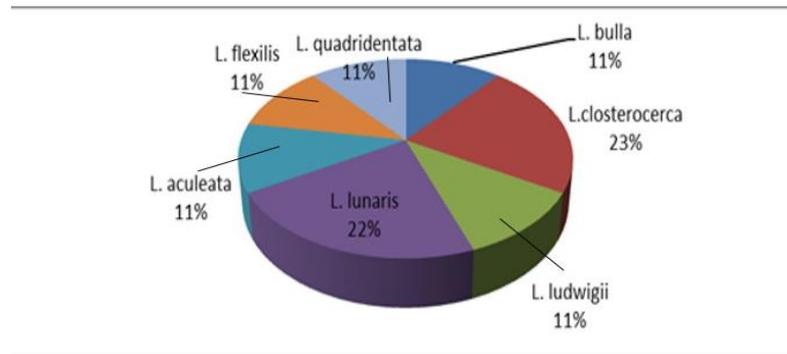


Figura 6: Abundancia de las especies de la familia Lecanidae en los ambientes acuáticos ubicados en la región climática fría.



En los embalses de la región climática templada, la abundancia de la familia Brachionidae fue más diversa, en comparación con la zona fría; el número de especies se incrementó a diez, predominando *K. tropica*, *B. caudatus* y *B. calyciflorus* (Figura 7). En relación con la familia Lecanidae, se reconocieron 12 especies predominando en el mayor número de embalses *Lecane papuana*, *L. aculeata*, *L. cornuta* y *L. curvicornis* (Figura 8).

Para la región climática semicálida, la familia Brachionidae registró una riqueza de 11 especies, predominando como especies más frecuentes y abundantes *Brachionus caudatus*, *Keratella tropica*, *K. cochlearis* y *B. calyciflorus* (Figura 9). En relación con la familia Lecanidae, se reconocieron diez especies, registrando como organismos más abundantes a *Lecane hamata*, *L. nana* y *L. lunaris* (Figura 10). En la región climática cálida, se registra para la familia Brachionidae 10 especies, de las cuales las predominantes fueron *Brachionus caudatus* y *B. calyciflorus* (Figura 11). Para la familia Lecanidae se registraron 7 especies, de las cuales las más abundantes y predominantes fueron *Lecane papuana* y *L. bulla* (Figura 12).

Figura 7. Abundancia de las especies de la familia Brachionidae en los ambientes acuáticos ubicados en la región climática templada

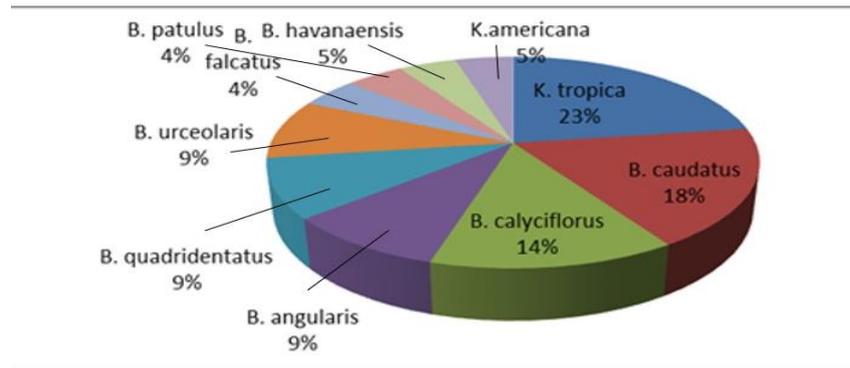


Figura 8. Abundancia de las especies de la familia Lecanidae en los ambientes acuáticos ubicados en la región climática templada

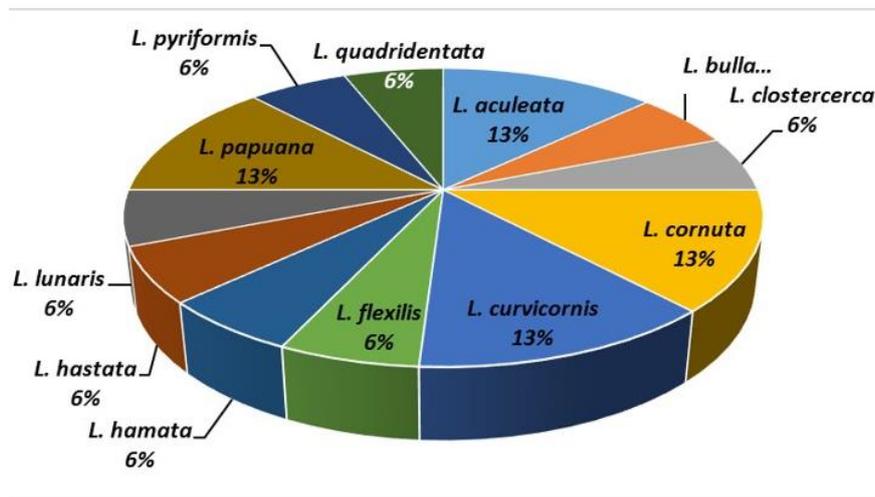


Figura 9. Abundancia de las especies de la familia Brachionidae en los ambientes acuáticos ubicados en la región climática semicálida

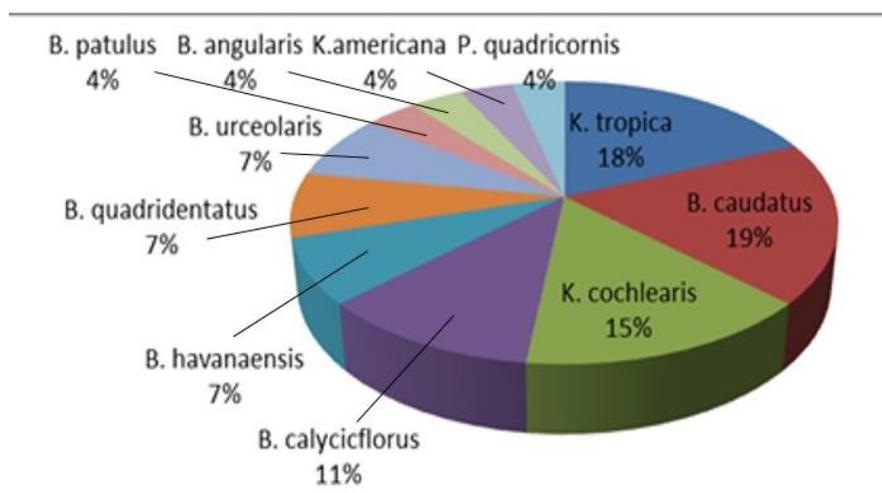


Figura 10. Abundancia de las especies de la familia Lecanidae en los ambientes acuáticos ubicados en la región climática semicálida.

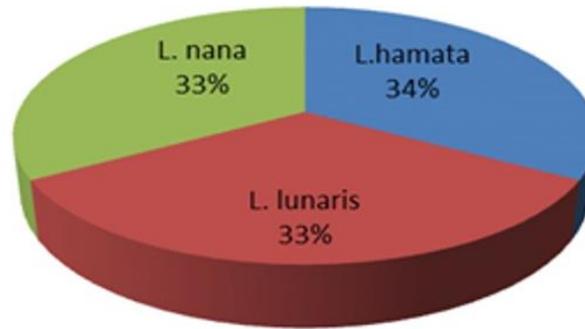


Figura 11. Abundancia de las especies de la familia Brachionidae en los ambientes acuáticos ubicados en la región climática cálida

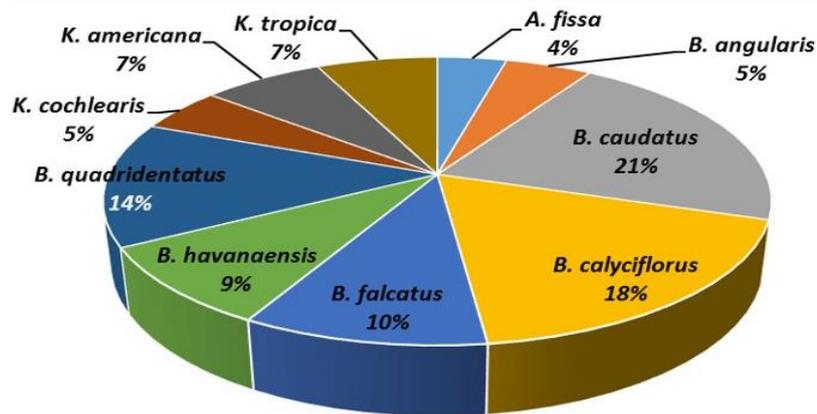
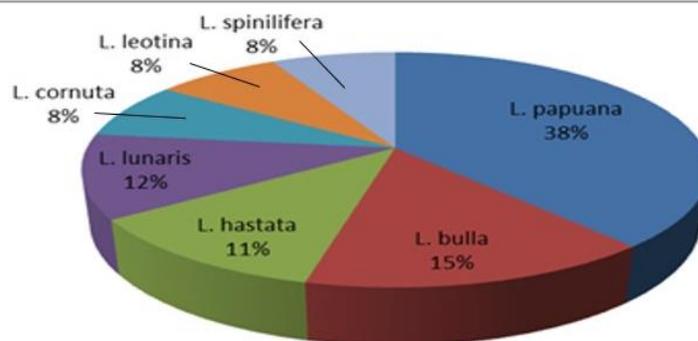


Figura 12. Abundancia de las especies de la familia Lecanidae en los ambientes acuáticos ubicados en la región climática cálida



2 DISCUSIÓN

Edmondson (1959), Hutchinson (1967), Penak (1978), Margalef (1983), Cole (1989), Wetzel (2001) y Dudley (2008), reconocen que el filo Rotífera en los lagos como en todo ecosistema acuático epicontinental ocupa un papel fundamental en la dinámica productiva del zooplancton, respondiendo estratégicamente a cambios estacionales como sucesionales y destacando como organismos predominantes de la zona pelágica y litoral las especies de los géneros *Brachionus*, *Keratella*, *Trichotria*, *Polyarthra*, *Filinia* y *Asplanchna*. Algunas de las proliferaciones que llegan a tener estos géneros se asocian a los periodos de estiaje y lluvias, así como a los periodos de mezcla que experimentan estos ambientes acuáticos presentando una alta tasa reproductiva, variada ciclomorfosis y los diferentes ensambles que llegan a desarrollar con el fitoplancton.

El estudio de los rotíferos además de los lagos, como fue al inicio de la limnología, se ha extendido a presas, bordos, humedales, ríos, arroyos y todo tipo de reservorio lo que ha ampliado la riqueza del Phylum y se ha corroborado la capacidad de dispersión y reproducción de muchas de sus especies, incrementando en la mayoría de las veces la riqueza del grupo (Segers, 2007; Lucinda, 2003).

El estudio de cuerpos de agua diferentes a los lagos y que se tiene información muy completa, está plasmada en el trabajo realizado por Margalef *et al.* (1976), quienes realizaron el estudio de los embalses españoles, describiendo la limnología de los más de 100 cuerpos de agua de diferente origen, tamaño y edad. El resultado del estudio físico-químico del agua y del plancton en su totalidad, les permitió sacar conclusiones sobre el comportamiento de ciertas especies del zooplancton, en particular sobre el Phylum Rotifera; estos autores agrupan a varias especies que por su frecuencia y abundancia fueron consideradas como eurióicas *Polyarthra*, *Keratella*, *Asplanchna* y *Brachionus*, y otras más estacionales estenóicas como es el caso de *Conochilus*, *Filinia* y *Thichocerca*.

En Sudamérica en la región neotropical destacan los trabajos que se han realizado y publicado en Brasil sobre el Phylum Rotifera, Esteves (1988) con el libro de “*Fundamentos de Limnologia*”, Lucinda (2003) y Lucinda, *et al.*, (2004) sobre rotíferos de los pequeños cuerpos de agua de São Paulo (São Carlos), que sumados a Roldán y Ramírez (2008) reconocen que dentro del zooplancton, Rotifera es uno de los grupos más diversos y ampliamente distribuidos en los diferentes cuerpos de agua estudiados, predominando y describiendo a *Keratella*, *Polyarthra*, *Brachionus*, *Lecane*, *Euchlanis*, *Asplanchna*, *Platyias*, *Testudinella*, *Filinia*, *Adineta*, *Trichocerca*, *Rotaria* y *Phylodina*. También hacen resaltar que el género *Brachionus*, exhibe una amplia distribución y una variada abundancia, encontrándolos algunas veces altamente asociados con los niveles de eutrofización y de productividad primaria.

En México De la Lanza y García (2002) publican el libro “*Lagos y presas de México*” en donde integran diversos trabajos realizados sobre lagos, presas y otro tipo de embalses; sin embargo, son pocos en los que se mencionan el reconocimiento de los organismos del zooplancton, sus niveles de asociación, su abundancia y frecuencia. De manera particular Serrania (1996), realizó un trabajo sobre los rotíferos Monogonontos presentes en 19 cuerpos de agua ubicados en cinco estados de la parte central de la República Mexicana. Aparte de la riqueza faunística, registra las especies alfa y beta, haciendo resaltar los géneros que más predominaron y con mayor número de especies *Lecane*, *Trichocerca* y *Brachionus*. Flores (1997), realiza un estudio sobre la calidad del agua de tres embalses ubicados a más de 2600 msnm, dos en el Estado de México y uno en del estado de Morelos, considerando a los rotíferos como parte importante en la definición del estado trófico de estos cuerpos de agua, aplicando el cociente $Q_{B/T}$ propuesto por Sládecek (1983) para los géneros *Brachionus* y *Trichocerca*.

En el presente trabajo se reconocieron 25 especies de familia Brachionidae de las cuales, nueve se identificaron en la zona con clima frío y ocho especies para la familia Lecanidae, correspondientes a los lagos del Parque “Lagunas de Zempoala”, ambientes naturales con poca materia orgánica suspendida, ubicados por arriba de los 2,600 msnm; son lagos poco profundos, no más de 11 m y con vegetación acuática sumergida y emergente como *Typha latifolia*, *Polygonum mexicanum*, *Egeria densa*, *Potamogeton illinoensis* y *P. pusillus* (Bonilla, 1992). Con base en su ubicación y origen, mantienen una riqueza superior a las 50 especies de rotíferos; sin embargo, no deja de presentar alteraciones en su entorno, debido a las actividades de ecoturismo que tiene este parque, mismas que impactan a los propios lagos, modificando su calidad ambiental. El análisis y la aplicación de los índices saprobios realizados por Flores (1997), describían a estos cuerpos de agua como lagos oligotróficos (oligosapróbicos): Recientemente en el 2008, aplicando los mismos métodos e índices, incluido el cociente propuesto por Sládecek (1983) $Q_{B/T}$ en el que se toma en cuenta la abundancia y presencia de las especies de las familias Brachionidae y Trichocercidae, el resultado fue el registro de valores propios de un ambiente mesosapróbico ($S=2$), y el valor del índice ($Q=1.5$) hace referencia a un estado mesotrófico con tendencia a la eutrofia. Significa que la concentración de materia orgánica se ha incrementado en la columna de agua de los lagos, presentando aguas poco duras y con baja alcalinidad, altamente oxigenadas (7 mg/l de OD) y una temperatura media de 24.5°C principalmente en el periodo de estiaje; por consiguiente, se pone en riesgo el estado de equilibrio de estos ambientes acuáticos.

Los embalses ubicados en la región climática templada, todos son cuerpos de agua artificiales (12 embalses), construidos con diferentes fines como riego, abrevadero, uso doméstico y para actividades piscícolas; son ambientes en su mayoría temporales, con superficies que no

sobrepasan las 10 hectáreas y con poca profundidad no mayor a 10 m. Se registró un total de 10 especies de Brachionidos y 12 especies de Lecánidos, entre las que destacan *K. tropica*, *B. caudatus* y *B. calyciflorus* y los lecánidos *Lecane papuana*, *L. aculeata*, *L. cornuta* y *L. curvicornis*. Diversos autores como Margalef *et al.* (1976), Segers (1994-1995^a), Serrania (1996), Flores (1997) y Roldán y Ramírez (2008), las han recolectado en la zona litoral de lagos y en ambientes poco profundos y con altos contenidos de materia orgánica suspendida; los cuerpos de agua estudiados registran valores superiores a 25 mg/l CaCO₃ (valor límite permisible para el desarrollo de la fauna acuática) y temperaturas del agua no mayores a los 25°C, aguas alcalinas, con moderada dureza y valores bajos de oxígeno disuelto (menos de 3 mg/l de OD). Al final observamos que aplicando el índice saprobio (Sládecek y Tucek, 1975) y el cociente $Q_{B/T}$ (Sládecek, 1983), dieron como resultado que estos cuerpos de agua presentan un estado mesosapróbico ($S=2$) y condiciones eutróficas ($Q = 3.3$).

Los 20 embalses que se localizaron en la zona semicálida también son ambientes artificiales, con superficies no mayores a las 10 hectáreas, someros, con periodos de lluvias bien marcados, mientras que en el periodo de secas algunos por su escaso volumen y poca superficie, llegan a secarse y el resto permanece inundado. Estos embalses mantienen aguas más duras (100 a 300 mg/l de CaCO₃) y alcalinidades más altas (mayores a 50 mg/l) dentro del límite permisible para el desarrollo de la fauna acuática (Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 y NOM-001-ECOL-1996). Por su diseño y construcción van a mantener altos los valores de materia orgánica suspendida, las concentraciones del oxígeno disuelto fluctuó de 3 a 7 mg/l y las temperaturas promediaron en lluvias los 28°C y en secas los 32°C en la superficie del agua. Al final, para la familia Brachionidae se identificaron 11 especies y diez para la familia Lecanidae durante ambos periodos de recolecta. El resultado que se observa aplicando los índices de saprobiedad (Sládecek y Tucek, 1975) y el cociente $Q_{B/T}$ (Sládecek, 1983), fue nuevamente de cuerpos de agua en estado mesosapróbico ($S=2.2$) y condiciones eutróficas en el periodo de secas ($Q = 3.6$).

Los embalses ubicados en la región climática cálida son en su totalidad cuerpos de agua artificiales (62 embalses) incluido el lago de Tequesquitengo, construidos con diferentes fines, son ambientes en su mayoría temporales que no sobrepasan las 10 hectáreas, con excepción del lago de Tequesquitengo (703 has), la Presa de El Rodeo (181 has), el lago de Coatetelco (152 has), la Presa Los Carros (80 has) y la Presa Emiliano Zapata (27 has) por mencionar los de mayor superficie y volumen. El resultado del análisis de los factores físico-químicos de estos cuerpos de agua fue registrar valores dentro del límite permisible para el desarrollo de la fauna acuática (NOM-127-SSA1-1994 y NOM-001-ECOL-1996). El resultado fueron 15 especies de la familia Brachionidae, siendo las abundantes y más frecuentes *Brachionus caudatus*, *B. calyciflorus*, *B. quadridentatus*, *B. falcatus* y *B. havanaensis*. En relación con la familia Lecanidae se registraron 12 especies,

dominando en un mayor número de cuerpos de agua *Lecane papuana*, *L. bulla*, *L. lunaris* y *L. hastata*, y el resto de las especies fueron menos abundantes y esporádicas. Diversos autores como Margalef, *et al.* (1976), Margalef (1983), Segers (1994-1995^b), Serrania (2004), Flores (1997), Granados y Álvarez (2007), Roldán y Ramírez (2008) y Gómez-Márquez *et al.* (2013), han reconocido a estas especies en lagos como en ambientes temporales poco profundos y con altos índices de eutrofización; el promedio general de la evaluación de estos cuerpos de agua temporales y permanentes es presentar un estado mesosapróbico (S=2) y condiciones eutróficas avanzadas en el periodo de estiaje (Q = 3.3).

En conclusión los rotíferos son una importante fuente de alimento para microcrustáceos, insectos acuáticos, larvas de insectos y otros diversos organismos, incluidos los peces; son buenos indicadores del estado de salud de los diferentes cuerpos de agua, siendo sensibles a los cambios ambientales, por lo cual responden con rapidez a ciertos tipos de turbiedad, participando activamente en la eliminación de desechos orgánicos que contaminan el agua, por tal motivo debe de continuarse su estudio para definir su función dentro de los ciclos hidrobiológicos de los embalses temporales y permanentes, y generar un inventario que muestre la biodiversidad presente en el estado de Morelos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo proporcionado por el Laboratorio de Hidrobiología, del Centro de Investigaciones Biológicas; a la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y al programa DGAPA-PAPIME proyectos PE205513 y PE213718 y a la FES Zaragoza, UNAM, por el apoyo financiero proporcionado. Asimismo, a cada uno de las personas que brindaron su asistencia en alguna de las actividades del proyecto.

REFERENCIAS

- Bonilla, B. J. 1992. Flora y vegetación acuática vascular de las Lagunas de Zempoala, Morelos, México. Tesis Maestría, FC-UNAM. 134 p.
- Cole, A. G. 1989. Manual de Limnología. Primera Edición, Edit. Hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina. 406 p.
- CONABIO. 2008. Capital Natural de México. Vol. I, II, III. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México. 798 p.
- Cunha, D. G. F., Calijuri, M. C. y Lamperelli, M. C. 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSIts). *Ecological Engineering*, 60: 126–134.
- De la Lanza, E. G. y J. L. García. 2002. Lagos y presas de México. AGT Editor, S. A. México, D. F. 680 p.
- Dudley, W. D. 2008. *The Biology of Temporary Waters*. Oxford, University Press. 337 p.
- Edmonson, W. T. 1959. *Freshwater Biology*. 2ª Ed. John Wiley & Sons, New York. USA, 1248 p.
- Esteves, F. A. 1988. *Fundamentos de Limnología*. Ed. Interciencia/FINEP. Rio de Janeiro, Brasil. 575 p.
- Flores, B. J. 1997. Estudio sobre los rotíferos como indicadores de calidad del agua. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, plantel Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 99 p.
- Gómez-Márquez, J. L., B. Peña-Mendoza, J. L. Guzmán-Santiago y V. Gallardo-Pineda. 2013. Composición, abundancia del zooplankton y calidad de agua en un microreservorio en el estado de Morelos. *Hidrobiológica* 23(2): 227-240.
- Granados, R. J. G. y Álvarez, C. 2003. Rotíferos de embalses: Subcuenca del río Cuautla, Morelos-México. *Scientiae Naturae*, 6(1):33-44.
- Granados, R. J. G., C. Álvarez del Angel, M. Martínez, M. Romero, L. Arteaga y J. Zavala, 2007. Variación poblacional de los rotíferos (Clase Monogononta) de tres cuerpos de agua de la subcuenca del río Cuautla, Morelos, México. (Ciclo Enero-Diciembre del 2003). *Rev. Scientiae Naturae*. 9 (2): 5-21.
- Granados-Ramírez, J. G., J. L. Gómez-Márquez, B. Peña-Mendoza y M. Martínez-Alaníz. 2014. Inventario de cuerpos de agua del estado de Morelos. AGT Editor, S.A. y Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 355 p.
- Hutchinson, G. E. 1967. *A treatise on limnology*. Vol. 2 Introduction to lake biology and the limnoplankton. John Wiley and Sons. Nueva York, Estados Unidos de America. 1115 p.
- Lucinda, I. 2003. Composição de Rotifera em corpos d'água da bacia do Rio Tietê – São Paulo, Brasil. São Carlos, UFSCar, 182 p (Dissertação).
- Lucinda, I.; Moreno, I.H.; Melão, M. G. G. y Matsumura-Tundisi, T. 2004. Rotifers in freshwater habitats in the Upper Tietê River-Basin, São Paulo State, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 16 (3): 203-224.

- Margalef, R., D. M. Planas, J. B. Armengol, A. C. Vidal, F. N. Prat, A. S. Guiset, J. S. Toja y M. M. Estrada. 1976. *Limnología de los embalses españoles*. Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona. Dirección General de Obras Hidráulicas: Ministerio de Obras Públicas. Madrid, España. 325 p.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Omega. Barcelona, España. 1010 p.
- Martínez, M. 2007. Variación estacional del zooplancton de los embalses de “El plan” Tlayacapan, Morelos: con énfasis en la presencia de *Hesperodiptomus morelensis* sp. nueva. Tesis Licenciatura. FCB-UAEM. 77 p.
- Pennak, R. 1978. *Fresh-Water Invertebrates of the United States*. John Wiley y Sons, Inc. USA, 803 p.
- Roldan, G. y J. Ramírez. 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. 1ª Ed. Universidad de Antioquia, Colombia. 440 p.
- Sarma, S. S. S. 1999. Checklist of rotifers (Rotifera) from Mexico. *Environ. Ecol.* 17 (4): 978-983.
- Sarma, S. S. S. y M. Elías-Gutiérrez. 1997. Taxonomic studies of freshwater rotifers (Rotatoria) from Mexico. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 44 (3): 341-357.
- Sarma, S. S. S. y M. Elías-Gutiérrez. 1998. Rotifer diversity in a central Mexican pond. *Hydrobiol.* 387 (388): 47-54.
- Sarma, S.S.S. y Elías Gutiérrez 1999a. Rotifers (Rotifera) from four natural water bodies of central Mexico. *Limnol.* 29 (4): 475-482
- Sarma, S. S. S. y M. Elías-Gutiérrez. 1999b. A survey the rotifer (Rotifera) fauna of the Yucatan Peninsula (Mexico). *Biol. Trop.* 47 (supl.1): 191-200.
- Segers, H. 2007. Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa 1564*: Magnolia Press. Auckland, New Zealand. 1-104 p.
- Segers, H. 1994-1995a. Zoogeography of litoral rotifera, with special reference to the Lecanidae. Part I. Universiteit Gent Fakulteit van de Wetenschappen. SPB Acad. Publi. Belgium. 198 p.
- Segers, H. 1994-1995b. Zoogeography of litoral rotifera, with special reference to the Lecanidae. Part II. Morphology and Taxonomy of Lecane. Universiteit Gent Fakulteit van de Wetenschappen. SPB Acad. Publi. Belgium. 226 p.
- Serranía, S. C. 1996. Diversidad de rotíferos monogonóntos en algunos sistemas acuáticos del Estado de México. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales plantel Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 74 p.
- Serranía, S. C. 2004. Diversidad de los rotíferos monogonóntos de la parte central de Mexico. Tesis Maestría, FCB. UNAM. 106 p.
- Silva-Briano, M. y A. Azabache-Ortiz. 2000. *Brachionus* species in Aguascalientes State, Mexico. B. P. Leiden, The Netherlands, *Ecovision Word Monograph Series*: 203-211
- Sládecek, V. y F. Tucek, 1975. Relation of the saprobic index to BOD5. *Wat. Res.* 9: 791-794
- Sládecek, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiol.* 100: 169-201

Trejo, A. R. 2012. Variación del zooplancton del lago Zempoala, Morelos, México. Tesis Maestría, FCB-UNAM. 166 p.

Wetzel, R. G. 2001. Limnology: Lakes and Rivers Ecosystems. Third Edition. Academic Press. 204 p.