



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

(LIMNOLOGÍA)

VARIACIONES ESTACIONALES DE ROTÍFEROS (ROTIFERA) EN EL LAGO BOXIMO (JIQUIPILCO, ESTADO DE MÉXICO) DURANTE UN CICLO ANUAL (2013-2014)

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

BIÓL. RICARDO REYES GARCÍA

TUTOR PRINCIPAL:

DR. SINGARAJU SRI SUBRAHMANYA SARMA FES IZTACALA

COMITÉ TUTORAL

DR. JOSE LUIS GAMA FLORES

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

DRA. ELIZABETH ORTEGA MAYAGOITIA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

DR. MARCELO SILVA BRIANO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUASCALIENTES

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

DR. GOPAL MURUGAN

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE (CIBNOR)

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

MÉXICO, CD. MX., JUNIO, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Posgrado en
Ciencias del Mar
y Limnología



**VARIACIONES ESTACIONALES DE ROTÍFEROS (ROTIFERA) EN
EL LAGO BOXIMO (JIQUIPILCO, ESTADO DE MÉXICO) DURANTE
UN CICLO ANUAL (2013-2014)**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

(LIMNOLOGÍA)

PRESENTA:

BIÓL. RICARDO REYES GARCÍA

TUTOR PRINCIPAL:

DR. SINGARAJU SRI SUBRAHMANYA SARMA

COMITÉ TUTORAL

DR. JOSE LUIS GAMA FLORES

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

DRA. ELIZABETH ORTEGA MAYAGOITIA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

DR. MARCELO SILVA BRIANO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUASCALIENTES

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

DR. GOPAL MURUGAN

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE (CIBNOR)

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

MÉXICO, CD. MX., JUNIO, 2018

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala: Por todo el apoyo brindado para la realización de este proyecto y por todo el trabajo que realizan en favor del crecimiento y desarrollo de los futuros investigadores de México.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada, para la realización de estudios de maestría con el apoyo No. 288047

Al Dr. Singaraju Sri Subrahmanya Sarma: Por todo el trabajo y apoyo para llevar a cabo este proyecto, por todas sus valiosas enseñanzas y conocimiento, que fueron fundamentales para la realización de este trabajo de tesis y por todo el esfuerzo que realiza, impulsando a sus alumnos a adentrarse al mundo de la ciencia.

A los integrantes del comité tutorial: Dr. José Luis Gama Flores, Dra. Elizabeth Ortega Mayagoitía, Dr. Marcelo Silva Briano y Dr. Gopal Murugan, por todos sus valiosos y acertados consejos durante todo el periodo en que se llevó a cabo este trabajo.

Al equipo de trabajo que conforma la coordinación del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología: M. en C. Diana Juárez, Chantal Ruíz, Guadalupe Godoy y Gabriela Almaraz.

A todos los Profesores y compañeros que tuve durante mis estudios en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

A mis compañeros del Laboratorio de Zoología Acuática, por brindarme su amistad y compañerismo durante todo este proceso: Alma Núñez, Aurora Vázquez, Brenda K. González, Cristian Espinosa, Meetzli Valencia, Michael A. Figueroa, Jorge Jiménez, Ligia Rivera, Rosa M. Moreno, Alfredo Pérez, Antonio Jiménez, César A. Zamora, Gerardo García y Sergio González.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por todo el apoyo y cariño incondicional, por todo el trabajo y esfuerzo que realizaron al ayudarme durante todos los meses en la toma de muestras. Sé que sin su ayuda habría sido más difícil llevar a cabo esta gran etapa de mi vida, por eso y por muchas cosas más, siempre les estaré agradecido.

A toda la Familia García, por su apoyo durante todo el periodo de muestreo.

A mi Abue Trinidad Jacinto, por siempre estar al pendiente de nuestra llegada cada mes, por ofrecerme su casa y un asiento en su mesa, y por esa preocupación que siempre mostraba temiendo que algo nos pasara durante nuestra estancia en la “presa”, gracias Abue.

A la familia Salazar García. A mi primo Jesús (Chuy), por brindarme su ayuda y tiempo en esos escasos momentos que tiene de descanso. A mi tía Carmen, por siempre brindarnos su casa para descansar y por todo el cariño y apoyo que siempre nos ha mostrado a mi familia y a mí.

A la Familia Estanislao García, en especial a mi tío Gerónimo, quien estuvo presente en todos los muestreos, quien siempre nos acompañó y ayudo durante los doce meses acompañado de una sonrisa y su buen humor. A mi tía Rosa y mis primos Jazmín y Juan, que estuvieron presentes durante la primera toma de muestras, sin saber lo que les esperaba. Gracias por brindarme su apoyo, sin su ayuda esta tarea hubiese sido más difícil.

ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Justificación.....	7
Antecedentes.....	9
Objetivos.....	14
Área de estudio.....	15
Materiales y Métodos.....	17
Resultados.....	19
Discusión.....	50
Conclusiones.....	62
Literatura citada.....	63
Anexo.....	74

Resumen

El lago Boximo se encuentra ubicado a una altura promedio de 2530 m.s.n.m, en el municipio de Jiquipilco, Estado de México por sus características podría ser considerado como un humedal. Se tomaron en cuenta 6 sitios de muestreo de acuerdo a las características de cada uno, tales como la presencia o ausencia de macrófitas, las muestras fueron tomadas mensualmente de octubre de 2013 a septiembre de 2014. Se reportan un total de 107 especies de rotíferos, pertenecientes a 2 clases, 2 órdenes, 23 familias y 43 géneros. Se registran un total de 7 nuevos registros para México: *Mikrocodides chlaena*, *Euchlanis pyriformis*, *Lepadella minuta*, *Trichocerca relict*, *Ecentrum diglandula*, *Floscularia ringens* y *Macrotrachela multispinosa*. Se identificaron un total de seis especies de plantas acuáticas presentes en el Lago Boximo: *Cyperus canus*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Myriophyllum aquaticum*, *Polygonum amphibium*, *Schoenoplectus californicus* y *Typha domingensis*. El análisis de Olmstead-Tukey, dio como resultado un total de 33 especies dominantes lo cual representa el 30%, del total de la riqueza de rotíferos. Las especies que presentaron las mayores abundancias en el presente estudio fueron *Keratella choclearis* y *Brachionus angularis*, ambas presentes en los sitios 5 y 6. Tomando en cuenta la densidad de rotíferos, los sitios 1, 2, 3 y 4 se pueden considerar oligotróficos y los sitios 5 y 6 como eutróficos. Tomando en cuenta el índice de diversidad de Shannon-Wiener el Lago Boximo presenta niveles altos, con valores de 0.32 Bits/Ind a 3.81 Bits/Ind y un promedio anual de 2.41 Bits/Ind. El análisis de correspondencia canónica mostro que los parámetros más relacionados con las especies dominantes fueron: la temperatura, pH, conductividad y la profundidad.

Abstract

Lake Boximo is located at an altitude of 2530 m above sea level, in the Municipality of Jiquipilco, State of Mexico. Due to its characteristics this waterbody could be considered as a wetland. Six sampling sites were taken into account according to the characteristics of each one, including the presence or absence of macrophytes; the samples were taken from October 2013 to September 2014. A total of 107 species of rotifers is reported, representing 2 classes, 2 orders, 23 families and 43 genera. Seven species are new records to Mexico: *Mikrocodides chlaena*, *Euchlanis pyriformis*, *Lepadella minuta*, *Trichocerca relictata*, *Encentrum diglandula*, *Floscularia ringens* and *Macrotrachela multispinosa*. Six species of macrophytes were identified from the Lake Boximo: *Cyperus canus*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Myriophyllum aquaticum*, *Polygonum amphibium*, *Schoenoplectus californicus* and *Typha domingensis*. The analysis of Olmstead-Tukey indicated a total of 33 dominant species which represented 30% of the total richness. The species that showed the highest abundances in the present study were *Keratella choclearis* and *Brachionus angularis*, both present in sites 5 and 6. Based on the density of rotifers, sites 1, 2, 3 and 4 can be considered oligotrophic while sites 5 and 6 as eutrophic. The Shannon-Wiener species diversity index of the Lake Boximo varied from 0.32 Bits/Ind to 3.81 Bits/Ind with a mean annual value of 2.41 Bits/Ind. The canonical correspondence analysis showed that the parameters most related to the dominant species were temperature, pH, conductivity and depth.

INTRODUCCIÓN

Debido a la posición geográfica, a los procesos geológicos y a la fisiografía del territorio, México cuenta con una gran variedad de factores que influyen en la diversidad de climas que se encuentran en el país, desde climas templados y tropicales, hasta áridos y esteparifformes (Alcocer y Escobar, 1996). Así mismo estos factores influyen sobre los cuerpos acuáticos continentales (Alcocer, 2017)

La gran mayoría de cuerpos acuáticos presentes en México son someros, es decir aquellos cuya profundidad es menor a tres metros (De la Lanza-Espino y García-Calderón, 2002). En lagos someros los nutrientes y los procesos biológicos, presentan una dinámica diferente a los observados en lagos profundos, en estos sistemas el ciclo de los nutrientes se lleva con mayor rapidez y como consecuencia de esto, existe una mayor concentración de nutrientes en la columna de agua (Timotius y Goltenboth, 1995).

Dentro de los diversos sistemas acuáticos que se encuentran en México, los humedales juegan un factor importante ya que son importantes reguladores del flujo de nutrientes y sedimento entre los ambientes acuáticos y terrestres (Holland *et al.*, 1990; Mitsch y Gosselink, 1993). Por otra parte son una fuente importante del abastecimiento de agua (Duggan, *et al.*, 1998). Los humedales costeros son los más extensos a lo largo del territorio, mientras que los humedales lacustres se encuentran en menor abundancia, situados en las zonas montañosas (Olmsted, 1993).

En México La Ley de Aguas Nacionales define a los humedales como zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional, las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico, y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos (Diario Oficial de la Federación, 1 de Diciembre, 1992). Por otra parte, la Convención Ramsar incluye dentro de esta definición a pantanos, marismas, lagos, ríos, turberas, oasis, estuarios y deltas,

también considera sitios artificiales como embalses, salinas y zonas marinas próximas a las costas cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros, los cuales pueden incluir a manglares y arrecifes de coral. En México se contabiliza hasta el 2 de febrero del 2014 que la CONANP atiende 142 sitios Ramsar (CONAP, 2017).

La presencia de estos ecosistemas influye de manera importante en el clima local, en función de su tasa de evapotranspiración (Richardson y McCarthy, 1994). Moss (2010) describe dos estados estables dentro de los llamados lagos someros o humedales: aquellos con aguas claras dominadas por vegetación sumergida y los dominados por fitoplancton cuyas aguas son turbias. Las fluctuaciones hidrológicas diarias y estacionales, en relación con el clima regional y la ubicación geográfica, son factores determinantes que influyen en las características ambientales de los humedales (Johnson, *et al.*, 2005). Como consecuencia la variedad de organismos adaptados a estos sistemas tiende a ser alta (Halls, 1997). Estas características hacen que los humedales sean considerados los ecosistemas más complejos en el mundo (Winter y Rosenberry, 1998).

Factores como la deforestación, la expansión y desarrollo agrícola, la industria petrolera y el desarrollo turístico local han contribuido a una degradación importante de los humedales (Olmsted, 1993). Por otro lado, la introducción de especies exóticas de peces, así como el cambio en los usos de estos ecosistemas, incrementa la turbiedad y la concentración de nutrientes, lo que da paso a un proceso de eutrofización (Whillians, 1996; Chow-Fraser, 1998, 1999). Sin embargo, el impacto de estas actividades aun es poco conocido (Eppink, *et al.*, 2004; Ramsar, 2007).

En general los lagos se encuentran divididos principalmente en tres zonas: la zona litoral, la zona pelágica y el área profunda (Cooke, *et al.*, 2005). La zona litoral es el sistema más productivo, además su tamaño puede variar año con año debido a las fluctuaciones existentes en el nivel del agua (Pieczynska, 1990). En lagos someros la zona litoral juega un papel importante en la productividad y el ciclo de nutrientes (Moss, 2010). La presencia de macrófitas en esta zona, son en su

mayoría responsables de la diferenciación y productividad del hábitat (Pieczynska, 1990).

La vegetación acuática puede proveer tanto alimentación como una protección a los invertebrados de sus depredadores (Schriver, *et al.*, 1995; Phillips, *et al.*, 1996). Además la vegetación es un factor importante que determina la composición de la microfauna (cladóceros, rotíferos, ostrácodos y copépodos) en los lagos (Cheruvellil, *et al.*, 2000; Duggan, 2001; Vieira, *et al.*, 2007; Thomaz, *et al.*, 2008). Es bien conocida la división espacial y morfológica dentro de la vegetación de algunos grupos de invertebrados, entre ellos los rotíferos y las etapas de desarrollo de peces (Downing y Cyr 1986; Jeppesen *et al.*, 1997; Kuczyn´ska-Kippen y Nagengast 2001; Kuczyn´ska- Kippen 2001a, b).

Los rotíferos son metazoos diminutos (50-2000 μm), los caracteriza la presencia de una corona ciliada en la parte anterior, una pared alrededor del cuerpo de rigidez variable llamada lorica, y un órgano faríngeo especializado, el mastax que contiene elementos duros (Koste y Shiel, 1987).

El filo Rotífera comprende unas 2030 especies conocidas las cuales se clasifican en tres grupos principales: El marino Seisonida (3 especies), Monogononta (1570 especies) y Bdelloidea con 461 especies (Segers, 2007).

Dentro de los ambientes acuáticos, la fauna de rotíferos puede variar mucho entre los compartimientos de la zona litoral y pelágica. Varios estudios han demostrado una mayor riqueza de especies de zooplancton en las zonas litorales, especialmente cuando estos son colonizados por macrofitas acuáticas (Pieczynska, 1990; Wallace y Snell, 2010). Por su parte las especies que colonizan la zona litoral, carecen de estructuras que aumenten su flotabilidad, como espinas o cilios. Pero por otro lado tienen más desarrollada la región del pie y los órganos de adhesión (Ruttner-Kolisko, 1974; Dumont, *et al.*, 1975).

Pejler (1962) y Pennak (1966) hacen una distinción similar entre los varios grupos de rotíferos que colonizan los cuerpos de agua, por una parte están aquellos que son estrictamente planctónicos y rara vez se encuentran en la zona litoral,

aquellos que nadan entre la zona litoral y pelágica y los que están estrechamente relacionados con las zonas dominadas por macrofitas, de éstos algunas formas están estrechamente relacionadas con el sustrato que colonizan.

Dentro de los ambientes dominados por macrofitas, las especies de rotíferos que se encuentran en estos sistemas tienen adaptaciones distintas a las especies planctónicas, por una parte no se encuentran en tan altas abundancias como las especies pelágicas (Ruttner-Kolisko, 1974). Sin embargo presentan una alta diversidad de especies (Segers, 1996). Esto posiblemente debido a que los ambientes litorales son más susceptibles a los cambios que la zona pelágica, ya que están expuestos a factores como la desecación y la congelación (Lampert y Sommer, 2007).

Por último, desde el punto de vista de especies litorales de rotíferos en México Sarma y Elias-Gutiérrez (1997) reportan alrededor de 30 o 40 especies por cuerpo de agua. Sin embargo es importante señalar que estos estudios están basados en uno o dos muestreos por año, lo cual no refleja una riqueza y diversidad real. Penak (1989) sugiere que muestreos realizados a lo largo de un año reflejaran una riqueza y diversidad más acertada en los sistemas acuáticos, esto debido a que los rotíferos responden a cambios ambientales.

JUSTIFICACIÓN

El estudio de los rotíferos en México inició en 1932 con el estudio realizado por Ahlstrom, el cual reporta 62 especies de rotíferos en cuatro localidades de México. Otros autores como Sámano (1931, 1936), Hoffman y Sámano (1938a, b) y Osorio (1942), reportaron un total de 122 especies de rotíferos. Recientemente el estudio llevado a cabo por Rico-Martínez y Silva-Briano (1993) contribuyó a reforzar el conocimiento de los rotíferos en México y fue intensificado con la descripción de nuevas especies como *Brachionus josefinae* (Silva-Briano y Segers, 1992), *Keratella mexicana* (Kutikova y Silva-Briano 1995) y *Macrotrachela sonorensis* (Orstan 1995), más tarde con los aportes realizados por Sarma y Elías-Gutiérrez (1997, 1998, 1999a, b, 2000) el conocimiento de los rotíferos en México ha ido en aumento. Dado que México se encuentra en una zona de transición entre el norte y el sur de América, se espera que tenga la representación de rotíferos de estas dos regiones biogeográficas (Rico-Martínez y Silva-Briano, 1993). Estos estudios, aunque constituyen una base sólida no reflejan la distribución y abundancia de rotíferos en México.

Las variaciones estacionales o cíclicas en la morfología de algunos organismos han sido descritas para representantes que habitan los cuerpos acuáticos como: Dinoflagelados, rotíferos, cladóceros y copépodos. Este fenómeno en el cual varían las formas de ciertos organismos ha sido referido como ciclomorfismo por Lauterborn (1904). En el lago de Xochimilco (México) se evaluaron estas repuestas en especímenes de la familia Brachionidae estas especies de rotíferos exhibieron grandes variaciones morfológicas en presencia del depredador *Asplanchna* y no fueron significativas en presencia de otros depredadores como los copépodos ciclopoideos, debido a sus bajas densidades (Garza-Mouriño *et al.*, 2005). Debido a estos aspectos, es importante la descripción de estas variaciones en otros cuerpos de agua en México.

Por otro lado, los factores bióticos y abióticos definen los límites del microhábitat para las especies de rotíferos debido al particionamiento del ambiente. (Nogrady *et al.*, 1993).

Los factores bióticos como la disponibilidad y calidad del alimento (Dumont, 1977), la interferencia por competencia (May y Jones, 1989), la depredación (Williamson, 1983) y el parasitismo (Ruttner-Kolisko, 1977), entre otras cosas, inducen cambios en las comunidades de rotíferos, que favorecen o desfavorecen a una u otra especie. Además los rotíferos son muy susceptibles a los cambios físicos y químicos que sufre su ambiente debido a su pequeño tamaño y tegumento permeable (Nogrady *et al.*, 1993). Los factores como la temperatura, concentración de oxígeno, intensidad de la luz y pH, influyen en la naturaleza de las poblaciones de rotíferos (Hofmann, 1977). Así mismo, variables relacionadas con el estado trófico del ecosistema acuático como la cantidad de nutrientes, la concentración de clorofila y la conductividad determina la presencia de algunas especies en particular y la sucesión de algunos conjuntos de rotíferos (Berzins y Pejler, 1987, 1989a; Devetter, 1998).

Algunos estudios han sido enfocados a la respuesta de los rotíferos a los factores bióticos y algunos han tratado de establecer una relación casual 1:1 entre la composición de las poblaciones de rotíferos y las condiciones tróficas como en el caso de la relación establecida entre el género *Brachionus* y *Trichocerca* por Sládeček (1983). Más de estos estudios han tratado de explorar la relación existente entre los rotíferos y los factores ambientales basándose en modelos lineales o estudiando la distribución de las especies usando análisis de redundancia (Arora y Mehra, 2003; Zhang *et al.*, 2010). Sin embargo los modelos lineales no son los más adecuados para estimar la relación existente entre la abundancia y los factores ambientales.

Por otro lado algunos autores proponen la utilización de un análisis de correspondencia canónica, para conocer las interacciones presentes entre las especies del zooplancton y las variables ambientales, como en el caso de Castro *et al.* (2005) y Duggan *et al.*, (2001), por citar algunos.

ANTECEDENTES

En los últimos años los estudios taxonómicos muestran la fauna de rotíferos de algunas partes de la Ciudad de México, y los estados de Guanajuato, Jalisco, Zacatecas, Michoacán, Colima, Sinaloa, México, Aguascalientes, Morelia, Querétaro, Nayarit, Yucatán, Morelos, Tabasco, Quintana Roo, San Luis Potosí, Veracruz, que representan aproximadamente el 60% de los estados del país. El conocimiento de la diversidad de rotíferos de México está limitada a menos de 300 especies. Considerando que la información que se tiene de rotíferos en México es fragmentaria y por sus características geográficas y climáticas, es posible que el número de especies conocidas para México pueda ser superior a los 283 especies que fueron reportadas por Sarma (1999). En los últimos 20 años aproximadamente se han llevado a cabo una serie de trabajos en relación al conocimiento de la diversidad de rotíferos y estos se citan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Se presentan los diversos trabajos realizados sobre diversidad de rotíferos en México.

AUTORES	LOCALIDAD	REPORTE
Samano A. 1931	Xochimilco y Chapultepec	Realizó un estudio sobre la fauna de rotíferos encontrando 10 especies
Ahlstrom E.H. 1932	Jalisco, Nayarit, Estado de México	Reportó 62 especies de rotíferos de 4 localidades, es el primer trabajo dedicado exclusivamente a rotíferos en México.
Brehm V. 1932	Michoacán	Analiza taxonómicamente rotíferos provenientes de distintas regiones de México y describe a <i>Keratella stipitata</i> y otras especies del lago de Pátzcuaro

Carlin N . B . 1935	Veracruz, Xochimilco y Texcoco	identifico 47 especies y variedades de rotíferos y algunas especies no mencionadas por Ahlstrom
Sámano. 1936	Estanques cerca de Actopan	Realizó un estudio en estanques cerca de Actopan reportando 13 especies
Hoffman y Sámano. 1938A	Oaxaca	Realizaron un estudio de diferentes cuerpos de agua del estado de Oaxaca y Reportaron 6 especies
Hoffmann y Sámano. 1938B	Veracruz	Realizaron un estudio de diferentes cuerpos de agua y Reportan 8 especies
Osorio-Tafall. 1942	Lago de Pátzcuaro, Michoacán.	Realizó un estudio taxonómico y distribucional de este grupo en nuestro país encontrando 122 especies
Brehm. 1942	Lago de Pátzcuaro, Michoacán.	Realizó un estudio del plancton en el lago de Pátzcuaro registrando 4 especies de rotíferos
Vilaclara y Sládeček. 1989	Valle de Bravo, estado de México.	Registrarón 34 especies y describieron una nueva para Valle de Bravo: <i>Collothea riverai</i> .
Silva-Briano y Segers. 1992	Aguascalientes.	Reportarón una nueva especie: <i>Brachionus josefinae</i> .
Örstan A. 1995	Sonora	Reporta una nueva especie de rotífero bdelloideo <i>Macrotrachela sonorensis</i>

Kutikova y Silva-Briano. 1995	Aguascalientes	Reportan una nueva especie en un cuerpo de agua localizado a 7 Km de Palo alto <i>Keratella mexicana</i> .
Serranía-Soto. 1996	Ríos Lerma y Pánuco (en la parte centro y norte del estado de México).	Registró 86 especies, de las cuales 26 especies se reportaron por primera vez en México.
Sarma, Elías-Gutiérrez. Y Serranía-Soto. 1996	Lagos cráter del Nevado de Toluca	Encontraron 34 especies, 11 fueron nuevos registros para la fauna de México.
Sarma y Elías-Gutiérrez. 1997	Estado de México	Reportaron 123 taxa de los cuales 28 especies fueron nuevos registros para México.
Sarma y Elías-Gutiérrez. 1998	Diversidad de rotíferos de un pequeño cuerpo de agua localizado en el km 28 de la carretera federal Ixtlahuaca-Jilotepec, Estado de México.	Encontraron 78 especies de las cuales 20 fueron nuevos registros para México.
Silva-Briano y Adabache-O. 1999	Analizaron 104 localidades en Aguascalientes y en 10 de estas localidades, reportaron una nueva especie y la distribución de la misma en el estado.	Descripción de <i>Keratella mexicana</i> , así como su distribución.
Sarma y Elías-Gutiérrez. 1999	Diversidad de rotíferos de cuatro localidades en el estado de Michoacán.	Encontraron 110 especies de rotíferos de los cuales 29 especies son nuevos registros para México.
Sarma. 1999	Realizo una recopilación de los trabajos realizados hasta 1999, de diversos cuerpos de agua en varias partes de México.	Menciona que se han reportado 283 especies de rotíferos.

Sarma y Elías-Gutiérrez. 1999	Realizan un análisis de la fauna de rotíferos de 12 localidades de la Península de Yucatán.	Reportaron 102 especies de las cuales 15 fueron nuevos registros para fauna de rotíferos de México.
Silva-Briano y Adabache-O. 2000	Elaboraron un checklist en el estado de Aguascalientes de un género de rotíferos de 44 localidades.	Reportan 10 especies del género <i>Brachionus</i> , dentro de las cuales se encuentra la especie de <i>Brachionus josefinae</i> descrita en 1992.
Sarma y Martínez. 2000	Llevaron a cabo el análisis morfométrico de <i>Filinia cornuta</i> del lago del parque Tezozomoc, (D. F.).	Además registran 19 especies.
Sarma et al., 2000	Análisis de las muestras obtenidas de la Laguna salobre de Mecoacán (Tabasco).	Reportaron 37 especies y cinco de ellas fueron nuevos registros para México.
Sarma Y Elías-Gutiérrez. 2000	Análisis de rotíferos de cuatro cuerpos de agua dentro del estado de México.	Reportan 77 especies de las cuales seis son nuevos registros para México.
Silva-Briano y Adabache-O. 2000	Estudiaron 44 cuerpos de agua de Aguascalientes.	Reportaron 10 especies del género <i>Brachionus</i> .
Elias-Gutierrez. et al., 2001	Realizaron un análisis de zooplancton de agua dulce en neotrópicos: El caso de México.	Concluyen que los rotíferos son los más diversos en relación con cladóceros y copépodos.
Ramírez. et al., 2002	Estudio de la variación estacional de la abundancia de zooplancton en el reservorio Valle de Bravo, estado de México.	Reportaron 25 especies de rotíferos.
Flores, Sarma y	Realizaron un estudio	Encontraron 53 especies de

Nandini. 2003	preliminar de la fauna de rotíferos de Xochimilco (D. F.).	rotíferos. <i>Brachionus durgae</i> es reportada por primera vez para México.
Serranía-Soto y Sarma. 2003	Algunos aspectos taxonómicos de Rotíferos de la parte central de México. (Tlaxcala, Hidalgo, estado de México y D. F.).	Registran 83 especies y una de ellas <i>Keratella morenoi</i> es un nuevo registro para México.
Granados y Alvarez. 2003	Estudiaron los rotíferos de algunos embalses de la sucuencia del río Cuautla, Morelos.	Reportan 16 especies y la ampliación de la distribución de <i>Horaella thomassoni</i> .
Rico-Martinez. et al., 2003	Actualizaron y revisaron la lista de rotíferos del Lago de Chapala, Jalisco.	Reportan 57 especies de las cuales 15 especies se reportan por primera vez para el Lago de Chapala, además consideran que este número es bajo.
Garza. et al., 2003	Estudiaron un género en la zona Chinampera del lago de Xochimilco.	Reportan 13 especies del género <i>Brachionus</i> .
García-Morales y Elías-Gutiérrez. 2004	Veracruz, Chiapas, Tabasco y la Península de Yucatán.	Registrarón 128 especies, de los cuales 14 constituyen ampliaciones de ámbito para la región.
Sarma, Serranía-Soto y Nandini. 2005	Recopilación de los estudios realizados en 24 localidades del Estado de México de las cuales de cinco cuerpos de agua no se habían estudiado.	Se registran 210 especies, aproximadamente 13 especies se reportan por primera vez para el estado

OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar la riqueza taxonómica y diversidad de rotíferos durante un ciclo anual (2013-2014), en el humedal conocido como Lago Boximo.

Objetivos Particulares

- Conocer la riqueza de especies de rotíferos de cada uno de los sitios muestreados a lo largo de un ciclo anual.
- Cuantificar la abundancia específica de los organismos en cada cuerpo de agua durante un periodo anual.
- Cuantificar las variables fisicoquímicas seleccionadas (temperatura, conductividad, profundidad, pH, alcalinidad, oxígeno disuelto, nitratos y fosfatos) en cada uno de los sitios durante el periodo de muestreo.
- Relacionar las variables fisicoquímicas de los diferentes sitios con la abundancia de las especies encontradas en cada uno de ellos, mediante un Análisis de Correspondencia Canónica.

ÀREA DE ESTUDIO

El lago Boximo se encuentra ubicado en la latitud 19° 36' 13" N y Longitud 99° 41' 49" W, a una altura promedio de 2530 m.s.n.m, en el municipio de Jiquipilco, Estado de México, pertenece a la cuenca alta del río Lerma y en específico a la subcuenta de Tepuxtepec. Es un cuerpo de agua somero, en cuya parte más profundidad oscila entre los 5 y 6 m. Cuenta con una superficie de 1.36 km² aproximadamente, además por sus características podría ser considerado como un humedal. Existe la presencia de peces y aves acuáticas como patos, garzas y cercetas en el cuerpo de agua, durante los meses de noviembre a febrero existe un periodo de caza de estas aves acuáticas. El principal uso es agrícola, recreativo y de consumo ganadero.

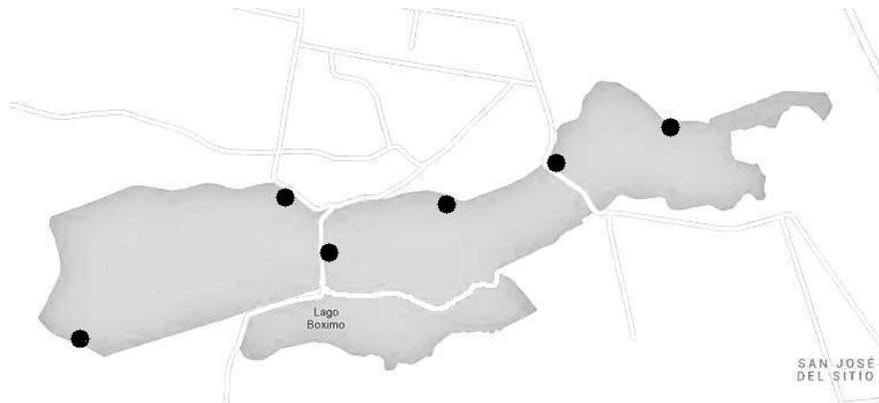


Fig. 2) Lago Boximo. • Sitios de muestreo (tomado de Google maps, 2013)

El municipio de Jiquipilco se encuentra ubicado dentro del sistema del eje volcánico transversal y pertenece a subprovincia de volcanes del Anáhuac. Al formar parte de la cuenca del río Lerma cuenta con dos ríos el Sila y el Mado, dos presas y 18 manantiales entre los que se encuentra el Lago Boximo. Dentro del municipio predomina el clima templado subhúmedo con lluvias en verano en la parte de la serranía y lluvias escasas en invierno en la planicie, tiene una precipitación anual de 1,200 mm en un periodo comprendido entre junio y octubre.



Fig. 3) Sitios de muestreo establecidos en el Lago Boximo, durante el periodo comprendido de octubre de 2013 a septiembre de 2014.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras

La toma de muestras se realizó mensualmente empezando desde el mes de octubre de 2013 a septiembre de 2014, cumpliendo así con un periodo anual de muestreo. La toma de estas se llevó a cabo en un horario comprendido de 8:00 AM a 11:00 AM, siguiendo el mismo recorrido en cada uno de los meses. Los sitios de muestreo se encuentran en la zona litoral y se eligieron en base a la accesibilidad que estos presentaban además de la presencia de vegetación en cada uno de ellos: los sitios 2 y 3 son lugares donde la presencia de vegetación es abundante dominados por *Hydrocotyle ranunculoides*, *Myriophyllum aquaticum* y *Polygonum amphibium*. Los sitios 1 y 4 se encuentran dominados por *Schoenoplectus californicus*. Por último los sitios 5 y 6 son sitios donde la presencia de vegetación es escasa con algunas agrupaciones de *Schoenoplectus californicus*.

Debido al bajo nivel de agua, para la colecta de zooplancton no se utilizó el método de arrastre, en su lugar se tomó la muestra con un recipiente de 10 litros los cuales se filtraron con una malla para zooplancton de 50 μm , hasta completar 100 litros, concentrándose en 200 ml, fijando la misma con formol hasta una concentración del 4%. Así mismo, se colectaron muestras vivas para la identificación de las especies que así lo requieran.

Variables fisicoquímicas

Se caracterizó cada estación de muestreo a través de las siguientes variables físico-químicas: oxígeno disuelto con la ayuda de un oxímetro modelo YSI 55, profundidad con una cinta métrica con una pesa atada a un extremo, temperatura, pH y conductividad específica con la ayuda de un conductímetro modelo Conductronic PC-18. La medición de alcalinidad se llevó a cabo mediante el método descrito en APHA (1998).

Nutrientes

La determinación de nitratos y fosfatos se realizó utilizando un analizador de ión específico modelo YSI 9100.

Determinación taxonómica

Las muestras fijadas de rotíferos se analizaron, colocando una parte de ellas en una caja petri para ser observadas bajo un microscopio estereoscópico (Nikon SMZ 645) a un aumento de 40 X. Después las especies encontradas se transfirieron con una pipeta Pasteur a un portaobjetos para su análisis en un microscopio óptico (Nikon Eclipse, E600), en el cual se llevó a cabo el análisis morfológico de cada una de las especies usando literatura especializada tal como (Koste, 1978; Segers, 1995, Koste y Shiel, 1986). Se tomaron fotografías de las especies utilizando una cámara digital (Nikon Coolpix 4300).

Para el caso de las especies no loricadas, fue necesaria la identificación por medio del mastax, esto se llevó a cabo agregando hipoclorito de sodio a la muestra para su posterior identificación a un aumento de 40 y 100 X.

Abundancia

Para determinar la abundancia de especies se llevó a cabo mediante el conteo de individuos en una cámara de Sedgewick-Rafter con capacidad de 1 ml, agitando la muestra por inversión hasta homogenizar el contenido. Ya homogenizada la muestra, se tomó una alícuota hasta llenar la cámara, con la precaución de no dejar burbujas que pudieran causar variaciones en el volumen. La cámara se observó en un microscopio invertido Nikon con objetivos de 10x, 20x y 40x, contando todos los individuos contenidos. Se llevaron a cabo tres conteos por muestra con la finalidad de reducir el error.

Para derivar el índice de Shannon-Wiener, se aplicó la siguiente fórmula (Krebs, 1999):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \times \log_2 p_i$$

Donde s = número total de especies presentes en la muestra, p_i = proporción de individuos de la especie, e , i = individuos totales.

Para conocer el estado trófico del humedal se utilizó el Índice desarrollado por Ejsmont-Karabin (2012):

$TSl_{Rot} = 5.38 \ln(N) + 19.28$, donde, N = densidad total de rotíferos (ind/L). $TSl_{Rot} = <45$ mesotrófico; entre 45–55: meso-eutrófico; entre 55–65: eutrófico y >65 : hipertrofico.

RESULTADOS

Parámetros Físicoquímicos y Nutrientes

Temperatura

El lago Boximo mostró a lo largo de los meses de muestreo una temperatura promedio de 16.13 ± 2.61 °C, con una variación de 9.5 °C a 21.7 °C. Se observa una marcada disminución de la temperatura durante la época de secas frías que comprende los meses de octubre a febrero y un periodo estable durante los meses de abril a septiembre (Fig. 4).

Conductividad

El valor promedio de conductividad registrado en el Lago Boximo a lo largo del periodo de muestreo fue de 216 ± 29 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Como se observa en la Fig.5, no existe una diferencia marcada entre los distintos microambientes durante el periodo de muestreo a excepción del sitio dos que presentó el mayor valor registrado de 685 $\mu\text{S cm}^{-1}$ durante el mes de junio.

Profundidad

En cuanto a la profundidad (Fig. 6) registrada en la zona litoral del Lago Boximo, el promedio registrado de los seis sitios de muestreo fue de $58 \pm .21$ cm, con valores mínimos de 26 cm y máximos de 120 cm a lo largo del periodo de muestreo. Se observa que durante el periodo comprendido de octubre a abril la profundidad varió constantemente en cada uno de los sitios. Sin embargo durante los meses de mayo a septiembre la profundidad disminuyó constantemente en cada uno de los sitios debido a la extracción de agua del sistema, la cual es utilizada para el riego de los campos cercanos.

Oxígeno disuelto

El valor promedio registrado de oxígeno disuelto (Fig.7) en el Lago Boximo a lo largo del ciclo anual mostró $2.83 \pm .24$ mg L⁻¹. Se observa que entre los sitios 1 a 4, no existe una variación marcada en la concentración de oxígeno, a diferencia de los sitios 5 y 6 cuyos valores fueron mayores al del resto de los sitios.

pH

El pH en el Lago Boximo a lo largo del periodo de muestreo mostró un valor promedio de $6.2 \pm .7$ ligeramente ácido. Con excepción de los sitios 5 y 6 que durante el mes de mayo presentaron un aumento de pH, no se observa una diferencia en el comportamiento del pH durante el periodo de muestreo entre los distintos microambientes (Fig. 8).

Alcalinidad total

El valor promedio de todos los sitios del Lago Boximo, fue de $46.9 \pm 7 \text{ mg L}^{-1}$ con un valor mínimo de 15 mg L^{-1} y un máximo de 168 mg L^{-1} . Como vemos en la Fig. 9 no se observan diferencias entre los distintos microambientes a diferencia del sitio 2 que durante el periodo comprendido de abril a junio presento los valores más altos registrados en todo el sistema.

Nitratos

En cuanto a los nitratos el valor promedio registrado en todos los sitios del Lago Boximo es de $0.26 \pm .06 \text{ mg L}^{-1}$ con intervalos que van de 0.004 mg L^{-1} a 0.842 mg L^{-1} . Podemos observar que en los sitios 1 a 3 en donde la cubierta vegetal es mayor, la concentración de nitratos tiene un comportamiento similar entre cada uno de estos microambientes. Por otro lado en los sitios 4 a 6, donde existe una presencia de macrófitas menor la concentración es más variable (Fig. 10).

Fosfatos

El valor promedio registrado para todos los sitios del Lago Boximo es de $7.55 \pm 2.6 \text{ mg L}^{-1}$, presentando valores mínimos de 0.8 mg L^{-1} y máximos de 64.9 mg L^{-1} . En general se observa un comportamiento similar en cuanto a la concentración de fosfatos en todo el sistema a lo largo del periodo de muestreo con excepción del mes de junio que registra los valores más altos en los sitios 5 y 6 (Fig. 11).

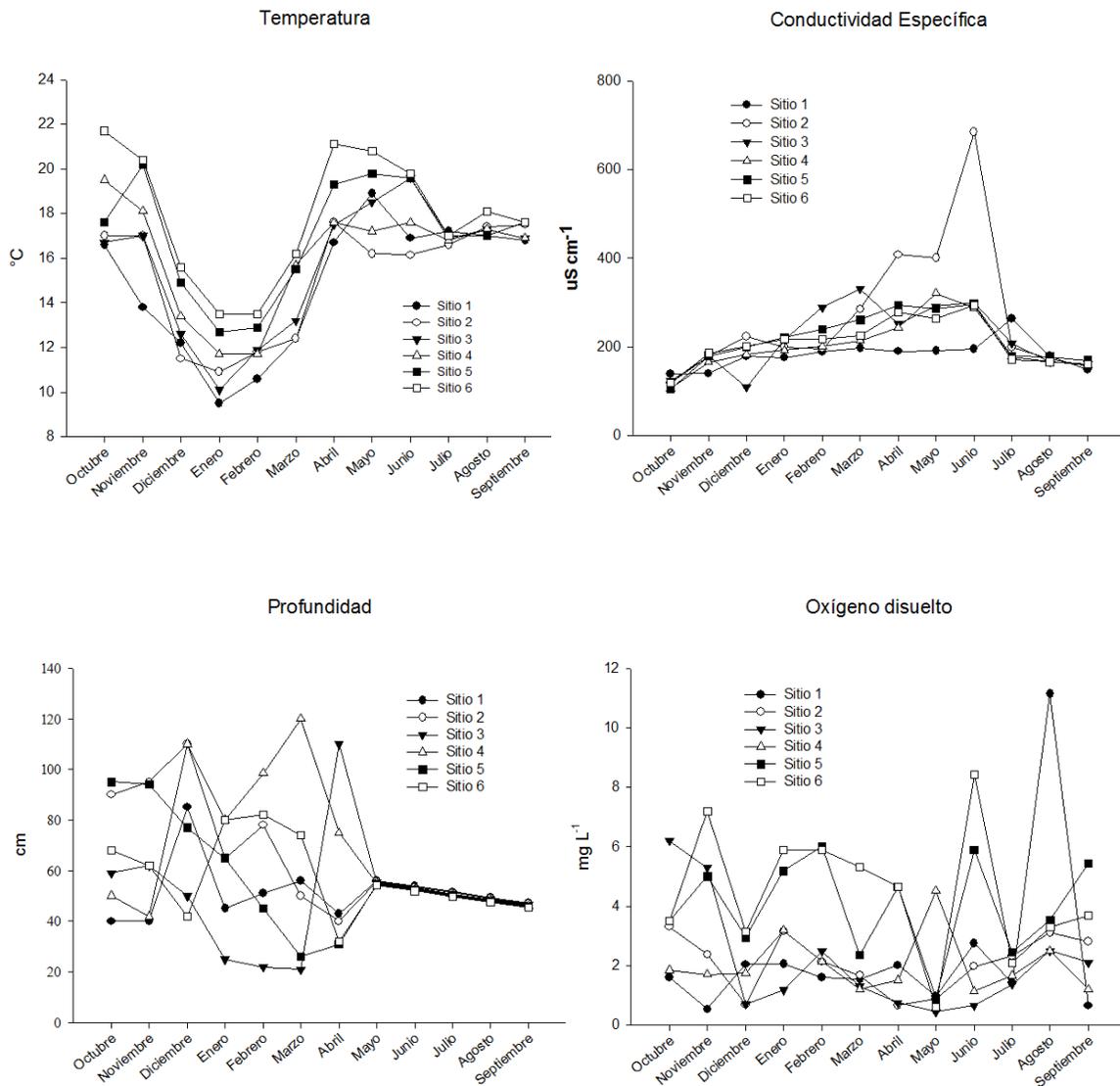


Fig. 4, 5, 6 y 7) Parámetros físico-químicos en cada uno de los sitios de muestreo del Lago Boximo durante el periodo comprendido de octubre del 2013 a septiembre del 2014.

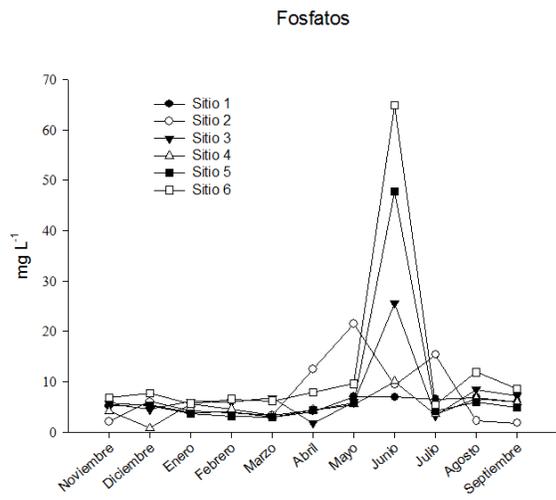
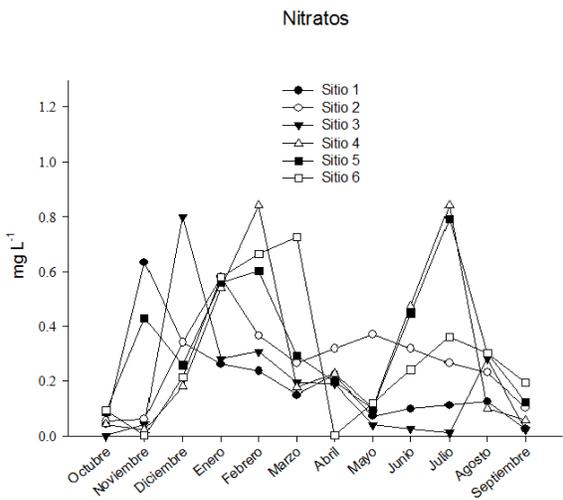
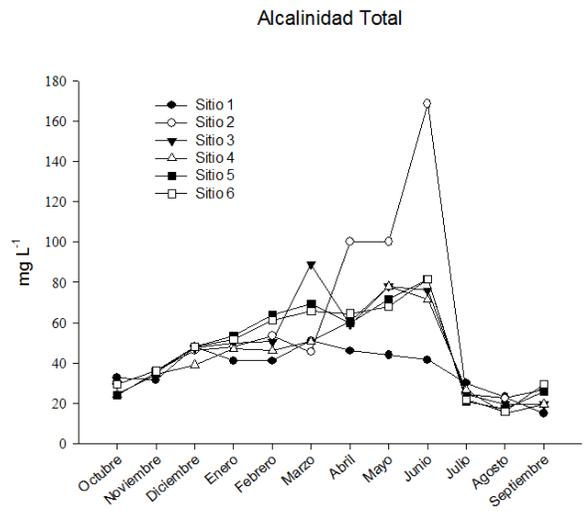
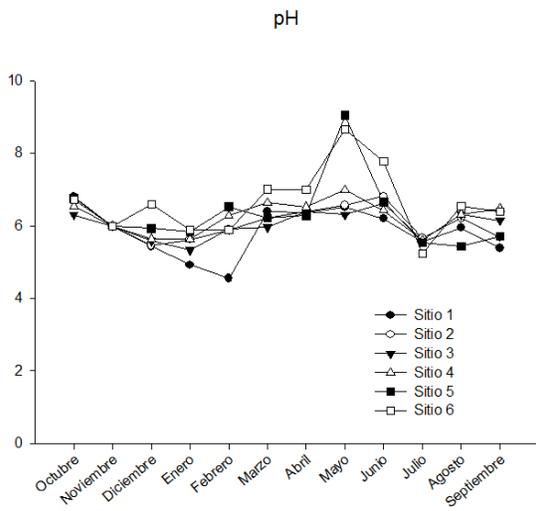


Fig. 8, 9, 10 y 11) Parámetros físico-químicos en cada uno de los sitios de muestreo del Lago Boximo durante el periodo comprendido de octubre del 2013 a septiembre del 2014.

Riqueza específica

El trabajo realizado en el Lago Boximo, es el primero que se realiza en este sitio en cuanto a rotíferos a lo largo de un periodo anual. Cabe mencionar que es el primer estudio que reporta más de 100 especies de rotíferos en México en un solo cuerpo de agua. En el presente estudio se reportan 107 especies de rotíferos, pertenecientes a 2 clases, 2 órdenes, 23 familias y 43 géneros. De las cuales las familias con mayor número de especies son: Lecanidae representada por 18 especies, Notommatidae con 14 especies, Brachionidae con 13 especies y Colurellidae con 11 especies, por otro lado se reportan 7 nuevos registros para México: *Mikrocodides chlaena* (Gosse, 1886), *Euchlanis pyriformis* Gosse, 1851, *Lepadella minuta* (Weber & Montet, 1918), *Trichocerca relicta* Donner, 1950, *Encentrum diglandula* (Zawadovsky, 1926), *Floscularia ringens* (Linnaeus, 1758) y *Macrotrachela multispinosa* Thompson, 1892.

En cuanto a los sitios de muestreo, todos presentaron más de 50 especies, el sitio 1, está representado por 77 especies. El sitio 2, es el que presentó la mayor riqueza de los seis sitios de muestreo con un total de 87 especies. El sitio 3 presenta 76 especies. El sitio 4, cuenta con 86 especies. El sitio 5, es el que menor riqueza presentó de los seis sitios con 60 especies. Por último el sitio 6, cuenta con 70 especies.

De las 107 especies reportadas, 17 de estas se presentaron durante todos los meses de muestreo, representadas en 6 familias: Lecanidae con 5 especies, *Lecane bulla*, *Lecane closteroerca*, *Lecane curvicornis*, *Lecane elsa* y *Lecane hamata*; Colurellidae con 5 especies, *Colurella obtusa*, *Lepadella acuminata*, *Lepadella benjamini*, *Lepadella patella* y *Lepadella romboides*; Brachionidae con 3 especies, *Keratella cochlearis*, *Plationus patulus* y *Platyias quadricornis*; Testudinellidae con 2 especies, *Testudinella mucronata* y *Testudinella patina*; Notommatidae con una especie, *Cephalodella gibba* y Synchaetidae con *Polyarthra vulgaris*.

En la tabla 2 se muestra la presencia y ausencia de especies a lo largo del periodo de muestreo.

Tabla 2. Listado de especies de rotíferos presentes en el Lago Boximo. * Nuevos registros.

Phylum: Rotifera														
Clase: Monogononta														
Orden: Ploimida														
Familia: Brachionidae		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
13	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	X						X	X	X	X		X	
	<i>Brachionus bidentata</i> Anderson, 1889							X	X	X	X	X		
	<i>Brachionus caudatus</i> Barrois & Daday, 1894										X			
	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	X						X	X	X	X	X		
	<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg, 1838	X	X											
	<i>Brachionus urceolaris</i> Müller, 1773							X	X	X	X			
	<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908)	X			X		X							
	<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943	X				X								
	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Keratella serrulata</i> (Ehrenberg, 1838)			X	X	X	X	X	X					
	<i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)	X	X	X	X	X				X	X	X	X	
	<i>Plationus patulus</i> (Müller, 1786)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Platylabus quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Familia: Epiphanidae														
4	<i>Epiphanes brachionus</i> (Ehrenberg, 1837)	X		X					X	X		X		
	<i>Epiphanes macrourus</i> (Barrois y Daday, 1894)	X		X	X								X	
	<i>Beauchampiella eudactylosum</i> (Gosse, 1886)				X					X	X			
	<i>Mikrocodides chlaena</i> (Gosse, 1886)*				X	X	X							
Familia: Euchlanidae														
5	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Euchlanis incisa</i> Carlin, 1939			X	X			X	X					
	<i>Euchlanis calpidia</i> Myers, 1930			X		X	X	X						
	<i>Euchlanis pyriformis</i> Gosse, 1851*	X		X	X	X	X	X						
	<i>Euchlanis triquetra</i> Ehrenberg, 1838							X				X		
Familia: Mitylinidae														
4	<i>Mytilina mucronata</i> (Müller, 1773)	X	X	X	X	X	X	X		X	X			
	<i>Mytilina acanthophora</i> Hauer, 1938			X	X	X	X	X		X	X			
	<i>Mytilina ventralis</i> (Ehrenberg, 1830)	X			X	X	X	X		X				
	<i>Lophocharis salpina</i> (Ehrenberg, 1834)	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
Familia: Proalidae														
2	<i>Proales decipiens</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X		X	X								
	<i>Proales fallaciosa</i> Wulfert, 1937	X				X				X				
Familia: Lindiidae														
1	<i>Lindia torulosa</i> Dujardin, 1841	X	X	X	X	X	X							
Familia: Trichotriidae														
1	<i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenberg, 1830)	X		X	X	X	X							

Familia: Colurellidae												
	<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Colurella uncinata</i> (Müller, 1773)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Lepadella acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Lepadella benjamini</i> Haring, 1916	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Lepadella minuta</i> (Weber & Montet, 1918)*					X				X		X
11	<i>Lepadella ovalis</i> (Müller, 1786)	X	X		X	X	X	X			X	X
	<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Lepadella quadricarinata</i> (Stenroos, 1898)*			X	X	X	X		X	X		X
	<i>Lepadella quinquecostata</i> (Lucks, 1912)	X					X				X	X
	<i>Lepadella rhomboides</i> (Gosse, 1886)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Squatinella mutica</i> (Ehrenberg, 1832)			X	X	X	X					
Familia: Lecanidae												
	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)	X		X	X	X	X			X		X
	<i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Lecane decipiens</i> (Murray, 1913)	X	X		X			X				X
	<i>Lecane elsa</i> Hauer, 1931	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Lecane flexilis</i> (Gosse, 1886)			X	X	X	X	X				X
	<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	<i>Lecane inermis</i> (Bryce, 1892)	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
	<i>Lecane inopinata</i> Haring y Myers, 1926			X								
	<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)			X	X	X	X					X
	<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)			X	X	X	X	X				X
	<i>Lecane ohioensis</i> (Herrick, 1885)	X			X	X	X	X			X	
	<i>Lecane pyriformis</i> (Daday, 1905)			X			X	X				
	<i>Lecane stokesii</i> (Pell, 1890)						X	X				
	<i>Lecane tenuiseta</i> Haring, 1914	X	X				X	X			X	
	<i>Lecane unguitata</i> (Fadeev, 1925)	X	X	X	X	X	X			X		
	<i>Lecane tenuiseta</i> Haring, 1914			X		X	X	X			X	X
Familia: Notommatidae												
	<i>Cephalodella forficula</i> (Ehrenberg, 1830)	X	X	X			X	X	X	X	X	X
	<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1830)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Cephalodella gigantea</i> Remane, 1933			X						X		
	<i>Cephalodella sterea</i> (Gosse, 1887)	X	X	X			X	X	X	X	X	X
	<i>Cephalodella catellina</i> (Müller, 1786)	X	X	X	X	X	X			X	X	X
	<i>Cephalodella tenuiseta</i> (Burn, 1890)	X		X								
14	<i>Cephalodella ventripes</i> (Dixon-Nuttall, 1901)			X	X	X	X	X				
	<i>Monommata arndti</i> Remane, 1933	X	X	X	X	X	X	X			X	X
	<i>Notommata cyrtopus</i> Gosse, 1886			X		X						
	<i>Notommata glyphura</i> Wulfert, 1935			X		X	X			X		
	<i>Notommata pachyura</i> (Gosse, 1886)						X					
	<i>Pleurotrocha petromyzon</i> (Ehrenberg, 1830)						X			X		
	<i>Resticula melandocus</i> (Gosse, 1887)				X	X						
	<i>Taphrocampa selenura</i> Gosse, 1851			X						X		
Familia: Scaridiidae												
1	<i>Scaridium longicaudum</i> (Müller, 1786)					X	X	X		X		X
Familia: Trichocercidae												
	<i>Trichocerca elongata</i> (Gosse, 1886)	X	X	X	X	X	X	X		X		
	<i>Trichocerca porcellus</i> (Gosse, 1851)	X		X	X	X	X	X		X	X	X
5	<i>Trichocerca tenuior</i> (Gosse, 1886)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Trichocerca ruttneri</i> Donner, 1953	X	X	X	X	X	X	X				
	<i>Trichocerca relicta</i> Donner, 1950*	X	X	X								

Dominancia específica

Para determinar la dominancia de especies se realizó la prueba de Olmstead-Tukey, la cual nos permite conocer las especies dominantes, constantes, raras y temporales; La prueba se realizó a los sitios como conjunto y por separado.

El análisis en conjunto de los sitios de muestreo, dio como resultado un total de 33 especies dominantes (Fig. 18), lo cual representa el 30.8 %, del total de la riqueza, 3 especies comunes con un 2.8 %, 12 especies temporales que representan el 11.2 % de especies encontradas y 59 especies raras que corresponden al 55.1 % del total de especies registradas. El análisis de cada uno de los sitios muestra que el Sitio 1, registró 24 especies dominantes (Fig. 19), que representan el 31.1 % de especies del sitio, 4 especies comunes con un 5.1 %, 9 especies temporales que corresponden al 11.6 % de la riqueza del sitio y 40 especies raras que representan el 51.9 % del total de especies reportadas para el sitio 1. El sitio 2, mostró 43 especies dominantes (Fig. 20), que representa el 49.4 % de la total de la riqueza, 8 especies temporales con un 9.1 %, 3 especies comunes, que representan el 3.4 % de especies encontradas y 33 especies raras, que corresponden al 37.9 % del total de la riqueza del sitio 2. El sitio 3, muestra 28 especies dominantes (Fig. 21), que es el 37.3 % de las especies reportadas, 1 especie común, con el 1.3%, 5 especies temporales que representan el 6.6 % de especies reportadas y 41 especies raras que representan el 54.6 % de la riqueza total del sitio. El sitio 4, presenta 31 especies dominantes (Fig. 22), que representa el 36 % del total de las especies, 2 especies comunes con el 2.3 %, 8 especies temporales que representa el 9.3 % de la riqueza y 45 especies raras, que son el 52.6 % del total de especies registradas para el sitio. En el sitio 5, se muestran 18 especies dominantes (Fig. 23), que son el 30% de especies, 4 especies comunes con el 6.6 %, 5 especies temporales con un 8.3% y 33 especies raras que corresponden al 55 % del total de la riqueza del sitio. Por último para el sitio 6, el análisis mostró 23 especies dominantes (Fig. 24), que representan el 32.8 % de la riqueza, 2 especies comunes con un 2.8 %, 7 especies temporales, que corresponden al 10% y 38 especies raras que corresponde al 54.2 % del total de especies reportadas para este sitio.

Análisis Conjunto

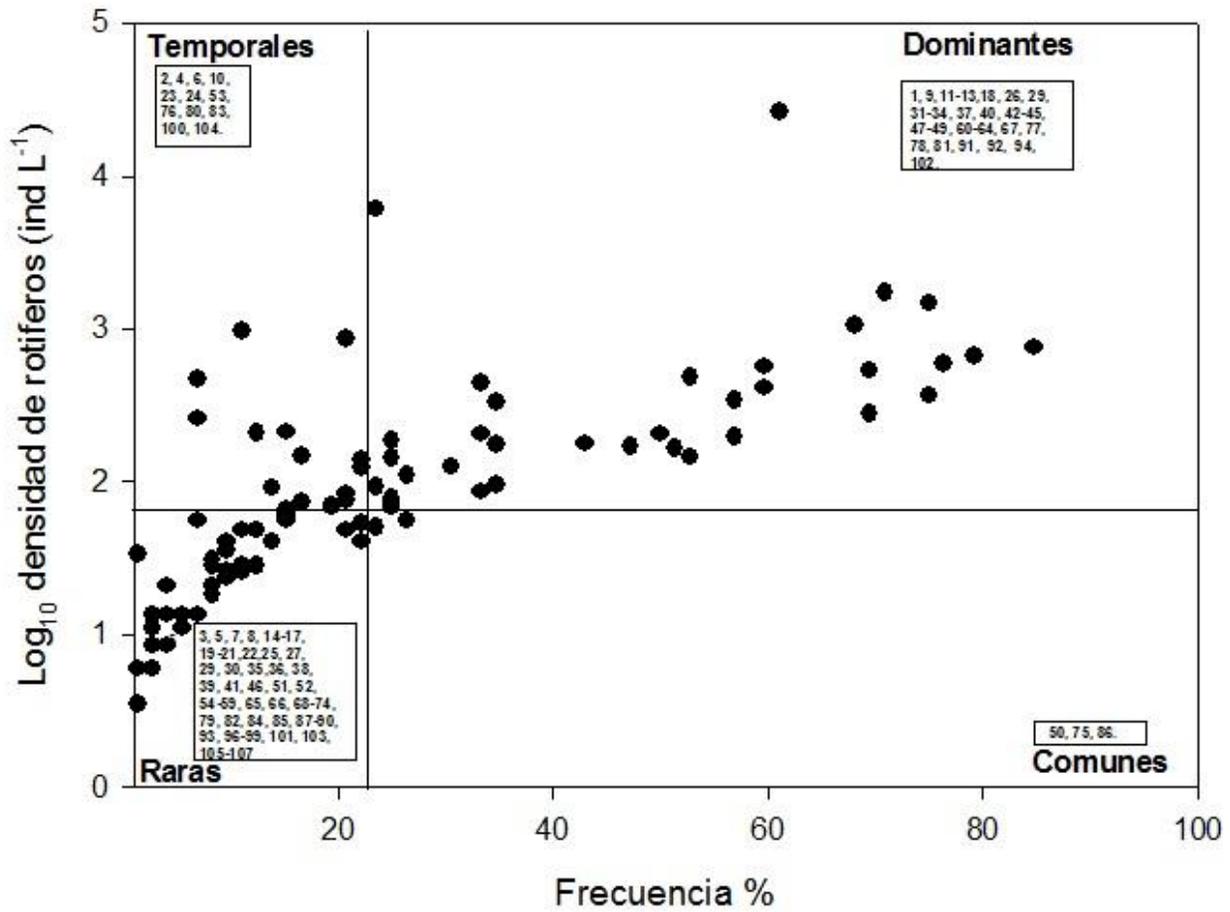


Fig. 18) Especies dominantes presentes en el Lago Boximo, *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis*, *Keratella tropica*, *Plationus patulus*, *Platylas quadricornis*, *Euchlanis dilatata*, *Lophocharis salpina*, *Lindia torulosa*, *Colurella obtusa*, *Colurella uncinata*, *Lepadella acuminata*, *Lepadella benjamini*, *Lepadella patella*, *Lepadella rhomboides*, *Lecane bulla*, *Lecane closterocerca*, *Lecane cornuta*, *Lecane curvicornis*, *Lecane elsa*, *Lecane flexilis*, *Lecane hamata*, *Cephalodella forficula*, *Cephalodella gibba*, *Cephalodella sterea*, *Cephalodella catellina*, *Monommata arndt*, *Trichocerca tenuior*, *Trichocerca ruttneri*, *Polyarthra vulgaris*, *Testudinella emarginula*, *Testudinella mucronata*, *Testudinella patina* y *Filinia pejleri*.

Sitio 1

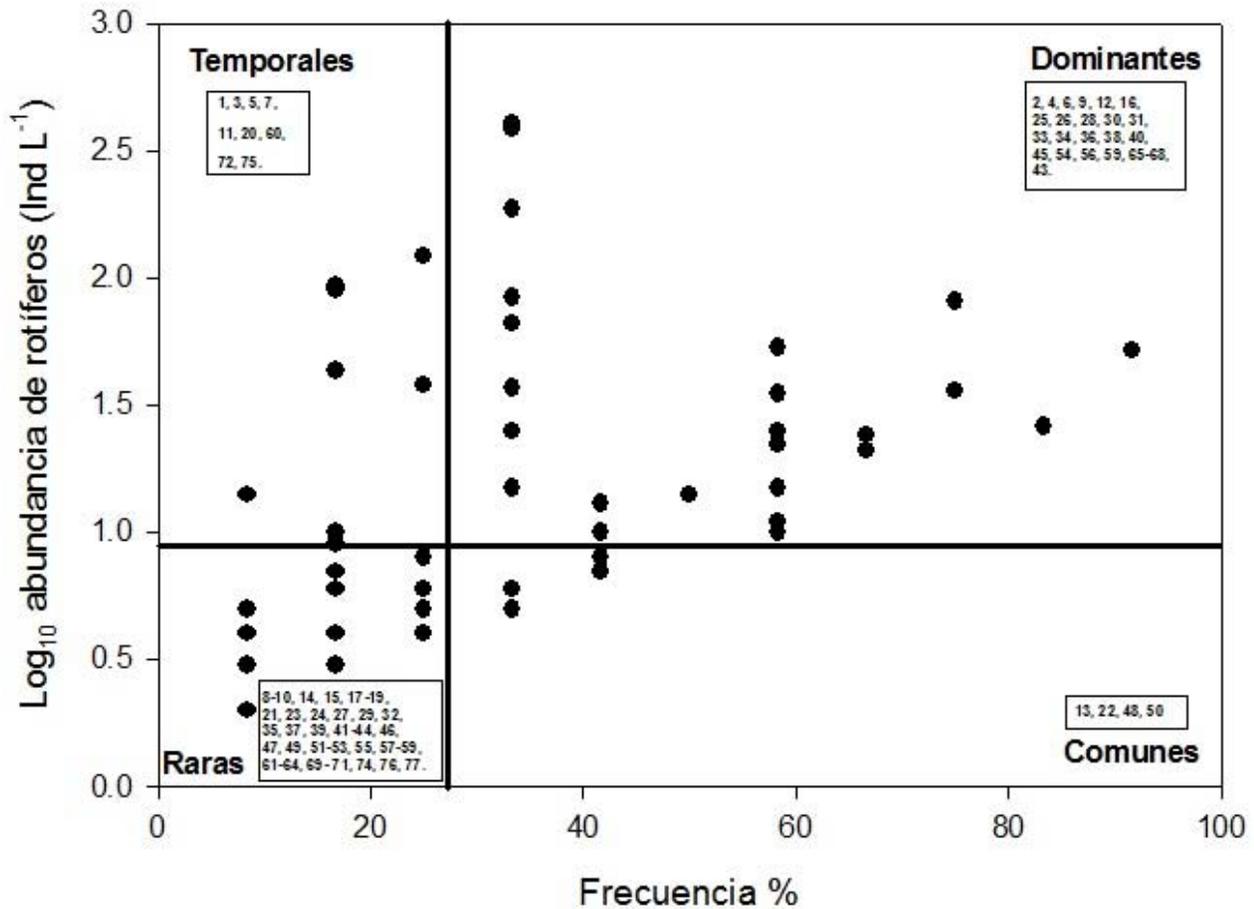


Fig. 19) Especies dominantes presentes en el sitio 1, *Brachionus bidentata*, *Brachionus quadridentatus*, *Brachionus urceolaris*, *Keratella cochlearis*, *Plationus patulus*, *Euchlanis dilatata*, *Colurella obtusa*, *Colurella uncinata*, *Lepadella benjamini*, *Lepadella patella*, *Lepadella romboides*, *Lecane bulla*, *Lecane curvicornis*, *Lecane elsa*, *Lecane hamata*, *Cephalodella gibba*, *Trichocerca elongata*, *Trichocerca tenuior*, *Polyarthra vulgaris*, *Testudinella emarginula*, *Testudinella mucronata*, *Testudinella caeca*, *Testudinella patina* y *Filinia pejleri*.

Sitio 2

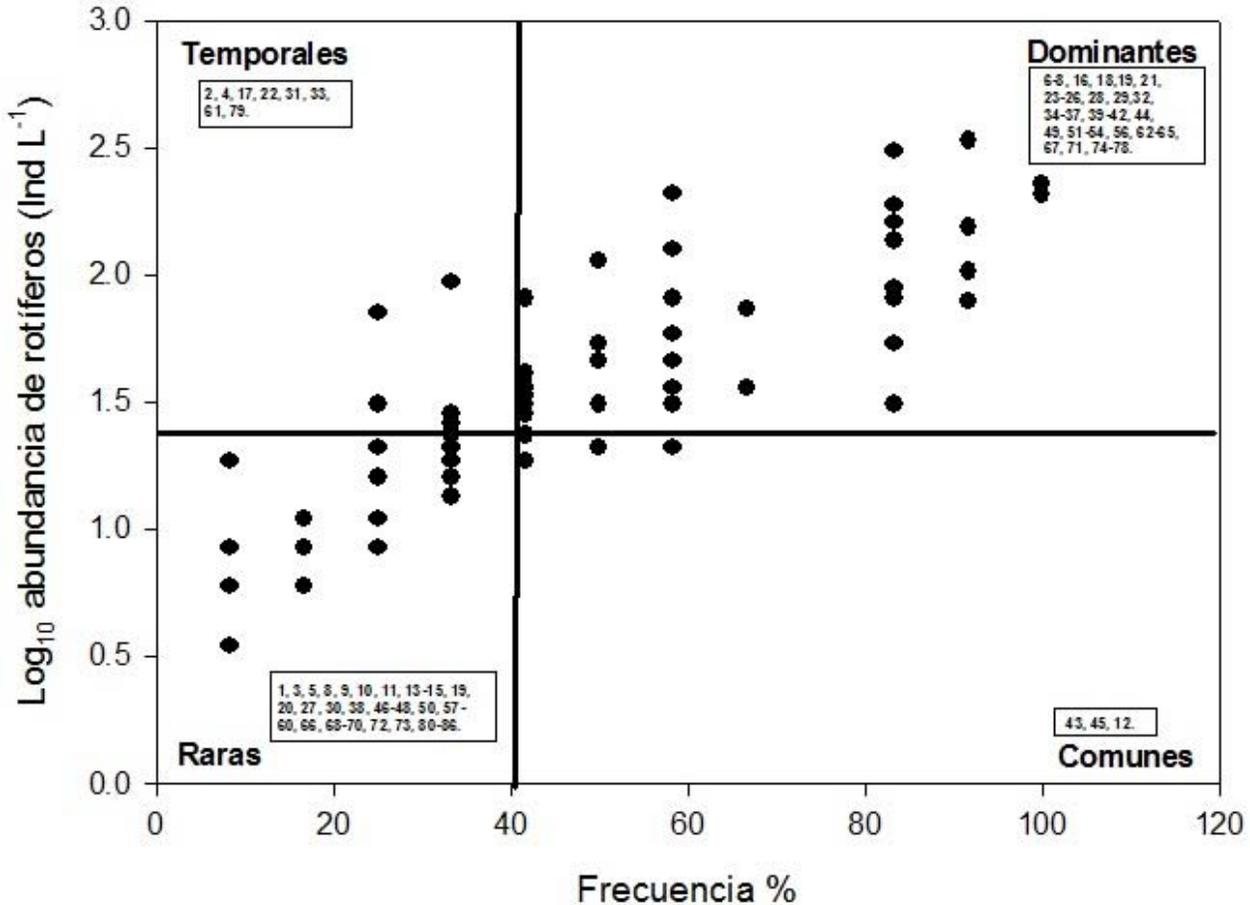


Fig. 20) Especies dominantes presentes en el sitio 2, *Keratella tropica*, *Platyonus patulus*, *Platylas quadricornis*, *Euchlanis dilatata*, *Euchlanis triquetra*, *Mytilina acanthophora*, *Mytilina ventralis*, *Proales fallaciosa* Wulfert, *Trichotria tetractis*, *Colurella obtusa*, *Colurella uncinata*, *Lepadella acuminata*, *Lepadella minuta*, *Lepadella ovalis*, *Lepadella quinquecostata*, *Squatinella mutica*, *Lecane bulla*, *Lecane closterocerca*, *Lecane cornuta*, *Lecane decipiens*, *Lecane elsa* Hauer, *Lecane flexilis*, *Lecane hamata*, *Lecane inermis*, *Lecane luna*, *Lecane tenuiseta*, *Lecane unglata*, *Cephalodella forficula*, *Cephalodella gibba*, *Cephalodella sterea*, *Cephalodella ventripes*, *Scardium longicaudum*, *Trichocerca elongata*, *Trichocerca porcellus*, *Trichocerca tenuior*, *Ascomorpha ecaudis*, *Dicranophoroides caudatus*, *Dicranophorus robustus*, *Testudinella emarginula*, *Testudinella mucronata*, *Testudinella caeca* y *Testudinella patina*.

Sitio 3

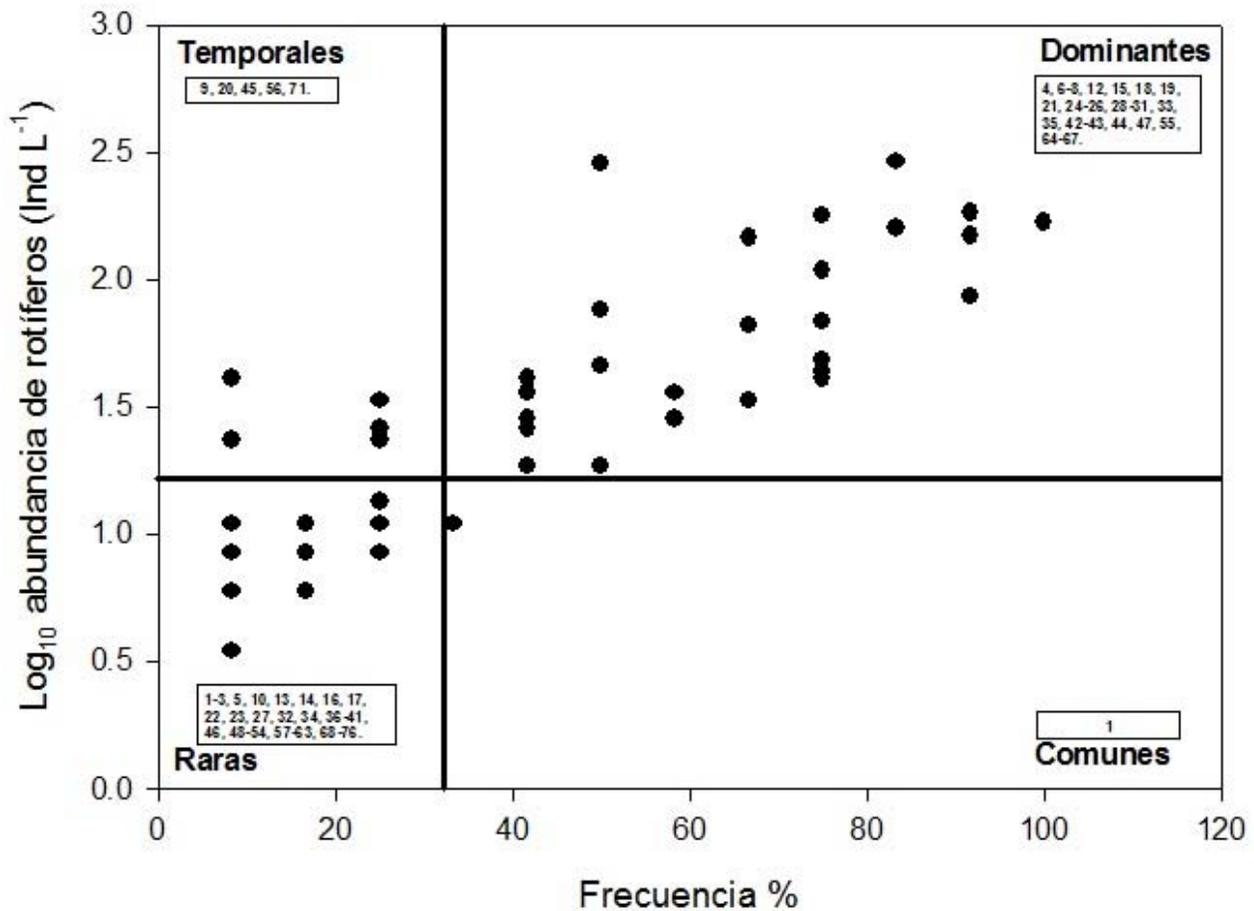


Fig. 21) Especies dominantes presentes en el sitio 3, *Keratella cochlearis*, *Keratella tropica*, *Platyonus patulus*, *Platytias quadricornis*, *Euchlanis dilatata*, *Euchlanis pyriformis*, *Lophocharis salpina*, *Colurella obtusa*, *Colurella uncinata* (Müller, 1773) *Lepadella benjamini*, *Lepadella patella*, *Lepadella quadricarinata*, *Lepadella romboides*, *Lecane bulla*, *Lecane closterocerca*, *Lecane cornuta*, *Lecane curvicornis*, *Lecane elsa*, *Lecane hamata*, *Cephalodella forficula*, *Cephalodella gibba*, *Cephalodella sterea*, *Monommata arndti*, *Polyarthra vulgaris*, *Testudinella mucronata*, *Testudinella caeca*, *Testudinella patina* y *Beauchampia crucígera*.

Sitio 4

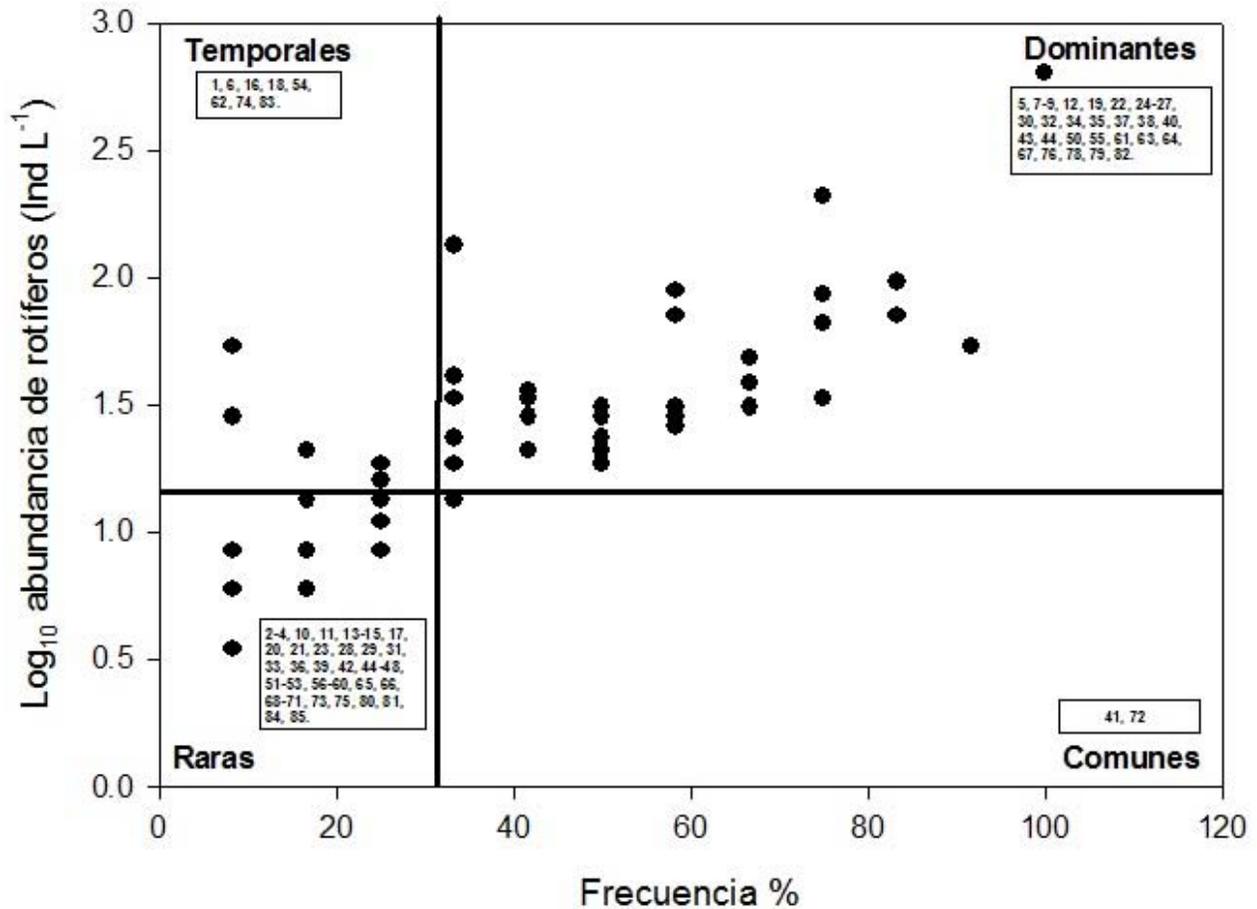


Fig. 22) especies dominantes presentes en el sitio 4, *Keratella cochlearis*, *Keratella tropica*, *Platyonus patulus*, *Platygaster quadricornis*, *Euchlanis dilatata*, *Lophocharis salpina*, *Lindia torulosa*, *Colurella obtusa*, *Colurella uncinata*, *Lepadella acuminata*, *Lepadella benjamini*, *Lepadella patella*, *Lepadella romboides*, *Lecane bulla*, *Lecane closterocerca*, *Lecane curvicornis*, *Lecane elsa*, *Lecane hamata*, *Lecane lunaris*, *Cephalodella forficula*, *Cephalodella gibba*, *Monommata arndti*, *Trichocerca elongata*, *Trichocerca tenuior*, *Trichocerca ruttneri*, *Polyarthra vulgaris*, *Testudinella emarginula*, *Testudinella mucronata*, *Testudinella caeca*, *Testudinella patina* y *Conochilus unicornis*.

Sitio 5

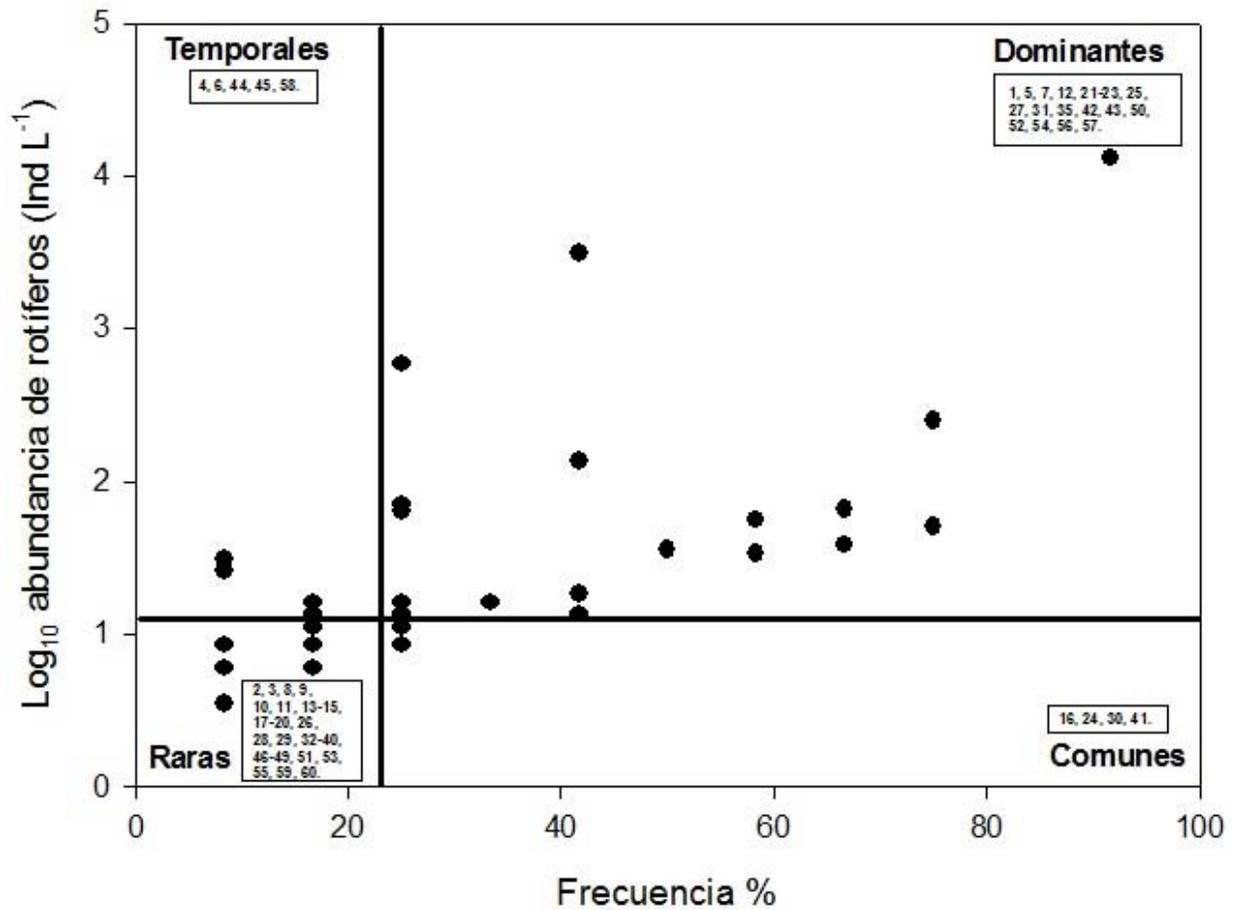


Fig. 23) Especies dominantes presentes en el sitio 5, *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis*, *Plationus patulus*, *Lophocharis salpina*, *Lepadella romboides*, *Lecane bulla*, *Lecane closterocerca*, *Lecane elsa*, *Lecane hamata*, *Cephalodella gibba*, *Monommata arndti*, *Ascomorpha ecaudis*, *Polyarthra vulgaris*, *Testudinella mucronata*, *Testudinella patina*, *Conochilus unicornis*, *Filinia pejleri* y *Filinia terminalis*.

Sitio 6

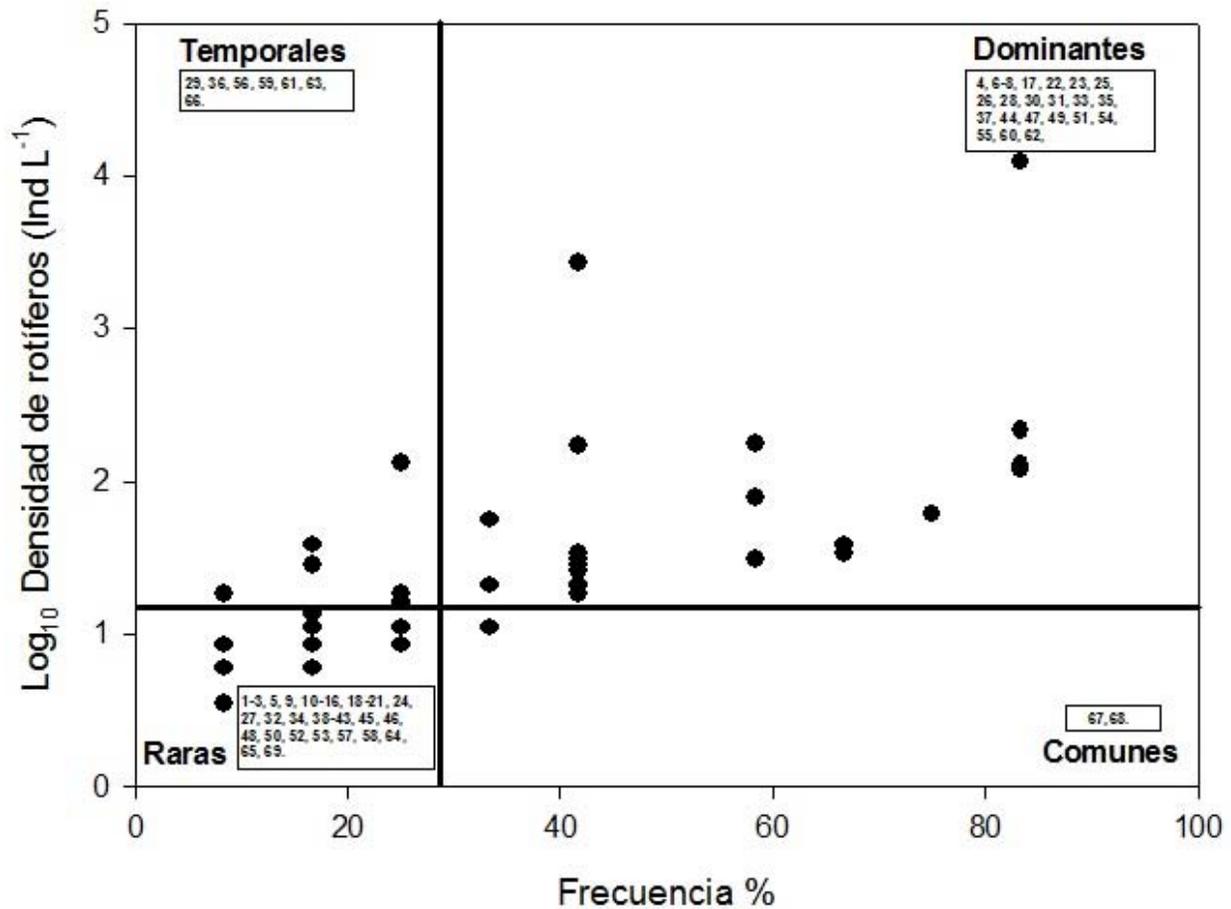


Fig. 24) Especies dominantes presentes en el sitio 6, *Keratella cochlearis*, *Keratella tropica*, *Plationus patulus*, *Platytias quadricornis*, *Lophocharis salpina*, *Colurella obtusa*, *Colurella uncinata*, *Lepadella benjamini*, *Lepadella patella*, *Lepadella romboides*, *Lecane bulla*, *Lecane closterocerca*, *Lecane curvicornis*, *Lecane elsa*, *Lecane hamata*, *Cephalodella gibba*, *Cephalodella catellina*, *Monommata arndti*, *Trichocerca tenuior*, *Ascomorpha ecaudis*, *Polyarthra vulgaris*, *Testudinella mucronata* y *Testudinella patina*.

Densidad poblacional

En cuanto a la densidad poblacional, existen diferencias en cuanto a la abundancia y especies de rotíferos presentes, por lo cual se tomaron en cuenta las especies con las mayores abundancias a lo largo del ciclo anual en cada uno de los sitios.

En el sitio 1 (Fig. 25), las especies con las mayores abundancias a lo largo del periodo de muestreo fueron, *Brachionus angularis*, *Brachionus bidentatus*, *Brachionus urceolaris*, *Keratella tropica* y *Testudinella mucronata*. La especie que presentó la mayor abundancia fue *T. mucronata* con un máximo de 287 Ind L⁻¹ en el junio, seguida de *B. bidentatus* que alcanzó un máximo de 279 Ind L⁻¹ igualmente en el mismo mes, *B. angularis* presentó un máximo de 90 Ind L⁻¹ en julio, *B. urceolaris* alcanzó un máximo de 77 Ind L⁻¹ en mayo, por último *K. tropica* presentó un máximo de 115 Ind L⁻¹ en junio. Por otro lado las especies que registraron la menor abundancia fueron *Brachionus rubens*, *Keratella serrulata*, *Squatinella mutica*, *Lecane flexilis*, *Lecane unguitata*, *Lecane unguata*, *Cephalodella forficula*, *Cephalodella gigantea*, *Pleurotrocha petromyzon*, *Resticula melandocus*, *Asplanchna girodi*, *Octotrocha speciosa*, *Conochilus natans* y *Macrotrachela multispinosa*.

Para el sitio 2 (Fig. 26), las especies que presentaron la mayor abundancia fueron, *Plationus patulus*, *Lecane closterocerca*, *Lecane hamata*, *Testudinella mucronata* y *Testudinella caeca*. *P. patulus* presentó su mayor abundancia en octubre con un máximo de 150 Ind L⁻¹. *L. closterocerca* mostró un máximo de 102 Ind L⁻¹ en agosto, *L. hamata* tuvo su máxima abundancia en agosto con 45 Ind L⁻¹, *T. mucronata* mostró un máximo de 60 Ind L⁻¹ en marzo y por último *T. caeca* tuvo su máxima abundancia en febrero con 77 Ind L⁻¹. Las especies que mostraron las menores abundancias fueron, *Brachionus rubens*, *Lecane pyriformis*, *Notommata pachyura*, *Pleurotrocha petromyzon*, *Asplanchna girodi*, *Octotrocha speciosa*, *Conochilus unicornis* y *Horaella thomassoni*.

El sitio 3 (Fig. 27), las especies que presentaron la mayor abundancia a lo largo del periodo de muestreo fueron, *Keratella cochlearis*, *Lecane closterocerca*,

Lecane curvicornis, *Cephalodella gibba* y *Polyarthra vulgaris*. *K. cochlearis*, presentó su máxima abundancia en agosto y septiembre con 100 Ind L⁻¹. *L. closterocerca* muestra un máximo de 25 Ind L⁻¹ en junio. *L. curvicornis* en noviembre mostró su máxima densidad con 102 Ind L⁻¹. *C. gibba* registra un máximo de 132 Ind L⁻¹ en septiembre y *P. vulgaris* un máximo 67 Ind L⁻¹ en noviembre. Por otro lado, las especies con la menor abundancia fueron, *Lepadella minuta*, *Lepadella ovalis*, *Lecane pyriformis*, *Lecane ungulata*, *Notommata glyphura*, *Pleurotrocha petromyzon*, *Trichocerca elongata*, *Octotrocha speciosa* y *Ptygura libera*.

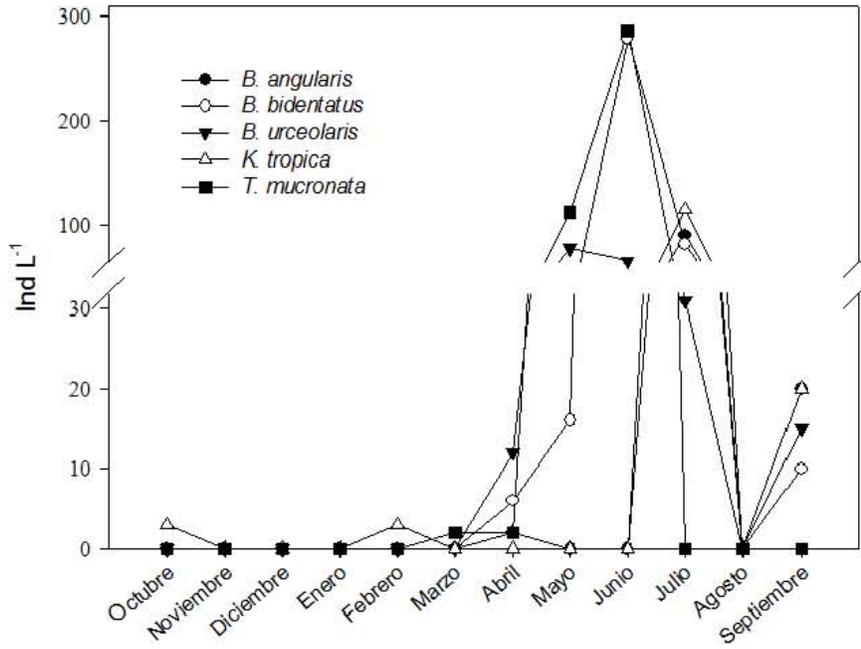
Para el sitio 4 (Fig. 28) las especies con mayores abundancias son, *Keratella cochlearis*, *Plationus patulus*, *Lecane hamata*, *Monommata arndti* y *Polyarthra vulgaris*. *K. cochlearis* muestra un máximo de 80 Ind L⁻¹ en julio. *P. patulus* tuvo su máxima densidad en octubre con 127 Ind L⁻¹. *L. hamata* mostró una densidad máxima de 15 Ind L⁻¹ en varios meses de muestreo que fueron octubre, diciembre, abril y agosto. *M. arndti* registra 25 Ind L⁻¹ como máximo en noviembre, por su parte *P. vulgaris* fue la especie con la mayor densidad en el mes de noviembre con 377 Ind L⁻¹. En cuanto a las especies con la menor densidad a lo largo del año fueron *Brachionus bidentatus*, *Brachionus rubens*, *Euchlanis incisa*, *Euchlanis calpidia*, *Mytilina acanthophora*, *Lepadella minuta*, *Lepadella quinquecostata*, *Lecane pyriformis*, *Lecane stokesii*, *Cephalodella tenuiseta*, *Notommata cyrtopus*, *Pleurotrocha petromyzon*, *Resticula melandocus*, *Aspelta lestes*, *Eencentrum saundersiae* y *Dissotrocha aculeata*.

En el sitio 5 (Fig. 29), las especies de rotíferos con los máximos valores de abundancia fueron, *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis*, *Plationus patulus*, *Monommata arndti* y *Polyarthra vulgaris*. *B. angularis* tuvo su máxima densidad en junio con 2065 Ind L⁻¹. Por su parte *K. cochlearis* fue la especie con la mayor densidad en julio con 6340 Ind L⁻¹. *P. patulus* alcanzó su máximo en agosto con 137 Ind L⁻¹. *M. arndti* mostró 147 Ind L⁻¹ como máximo en noviembre y por último *P. vulgaris* alcanzó su máxima densidad en septiembre con 72 Ind L⁻¹. De las

especies que mostraron la menor abundancia son *Epiphanes brachionus*, *Epiphanes macrourus*, *Mytilina ventralis*, *Proales fallaciosa*, *Lecane flexilis*, *Lecane lunaris*, *Lecane unguitata*, *Cephalodella catellina*, *Cephalodella tenuiseta*, *Resticula melandocus*, *Taphrocampa selenura*, *Trichocerca elongata*, *Dicranophoroides caudatus*, *Beauchampia crucígera*, *Macrotrachela multispinosa* y *Rotaria neptunia*.

Por último para el sitio 6 (Fig. 30), las mayores abundancias son de *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis*, *Plationus patulus*, *Monommata arndti* y *Polyarthra vulgaris*. Para *B. angularis* la mayor abundancia se presentó en junio con 2,065 Ind L⁻¹, *K. cochlearis* fue la especie con la mayor abundancia en este sitio con 6,340 Ind L⁻¹ durante julio. *P. patulus* mostró su mayor abundancia en agosto con un máximo de 137 Ind L⁻¹. *M. arndti* registra nuevamente en noviembre su máxima abundancia con 147 Ind L⁻¹. Por último *P. vulgaris* tuvo su máximo de 35 Ind L⁻¹ en noviembre. Las especies menos abundantes para este sitio fueron *Kellicottia bostoniensis*, *Epiphanes macrourus*, *Mikrocodides chlaena*, *Euchlanis incisa*, *Mytilina mucronata*, *Mytilina acanthophora*, *Proales fallaciosa*, *Lepadella quinquecostata*, *Lecane cornuta*, *Lecane decipiens*, *Lecane inermis*, *Cephalodella gigantea*, *Cephalodella tenuiseta*, *Trichocerca relicta*, *Floscularia ringens* y *Conochilus natans*.

Abundancia sitio 1



Abundancia sitio 2

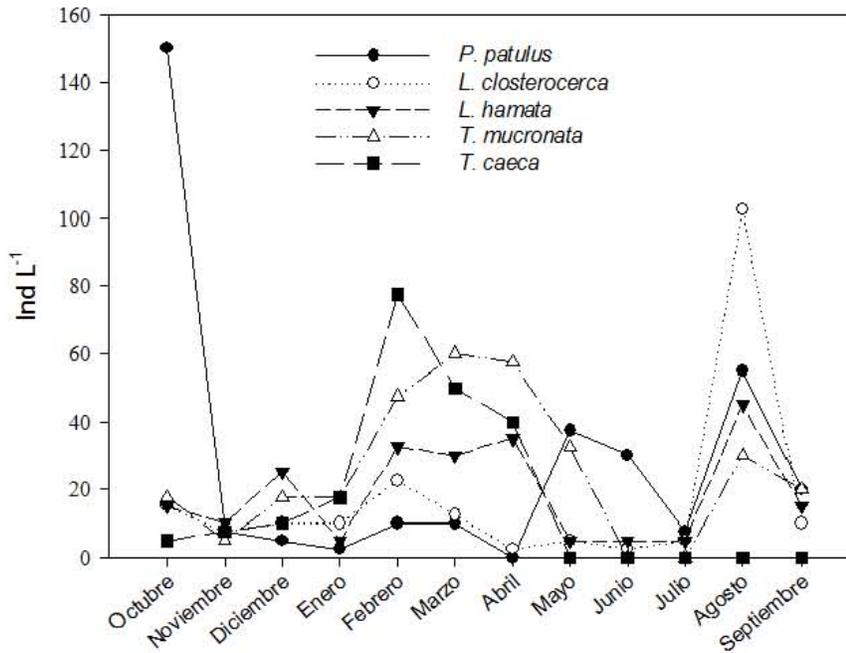
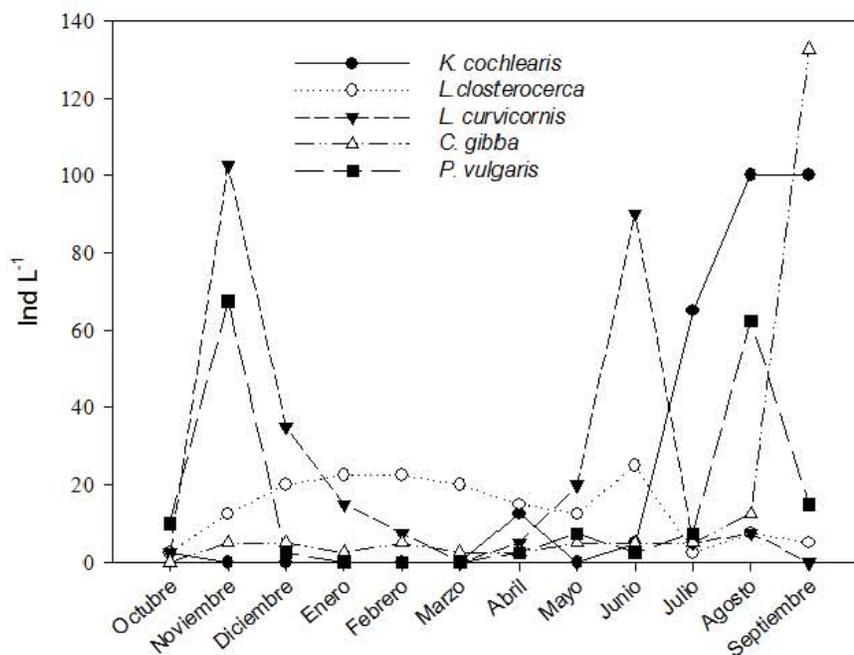


Fig. 25 y 26) Especies con las mayores abundancias presentes en el sitio 1 y 2, del Lago Boximo.

Abundancia sitio 3



Abundancia sitio 4

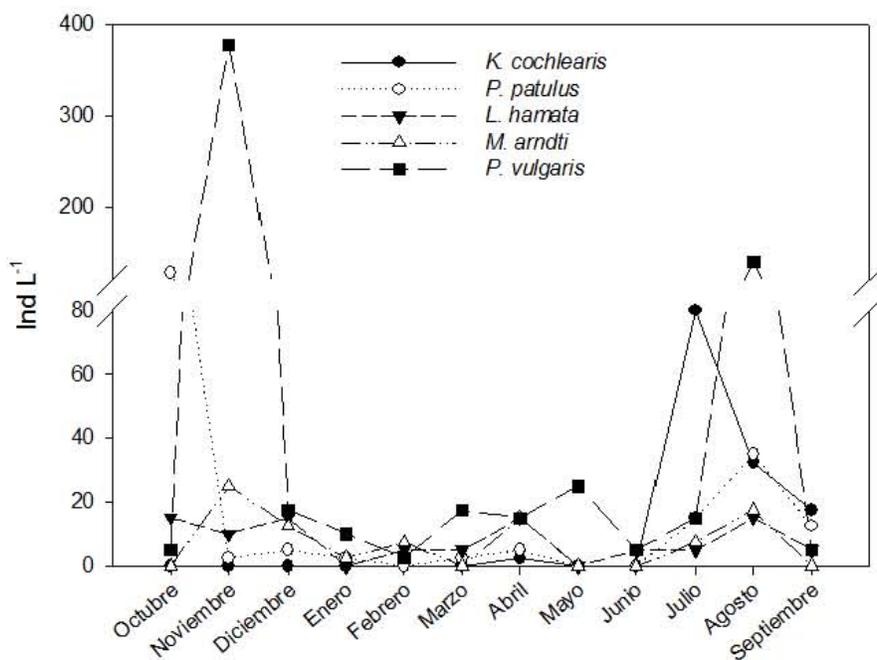
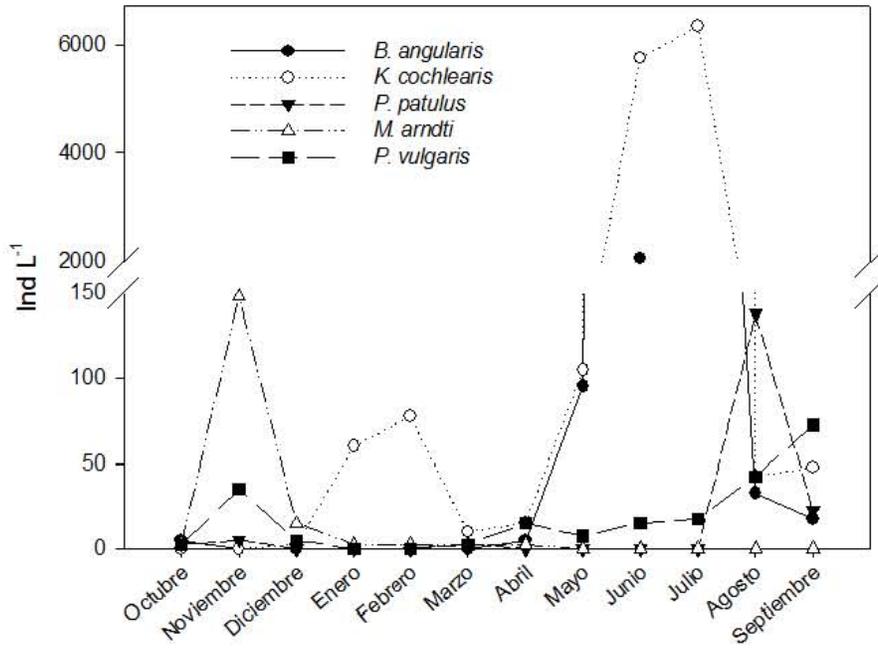


Fig. 27 y 28) Especies con las mayores abundancias presentes en el sitio 3 y 4, del Lago Boximo.

Abundancia sitio 5



Abundancia sitio 6

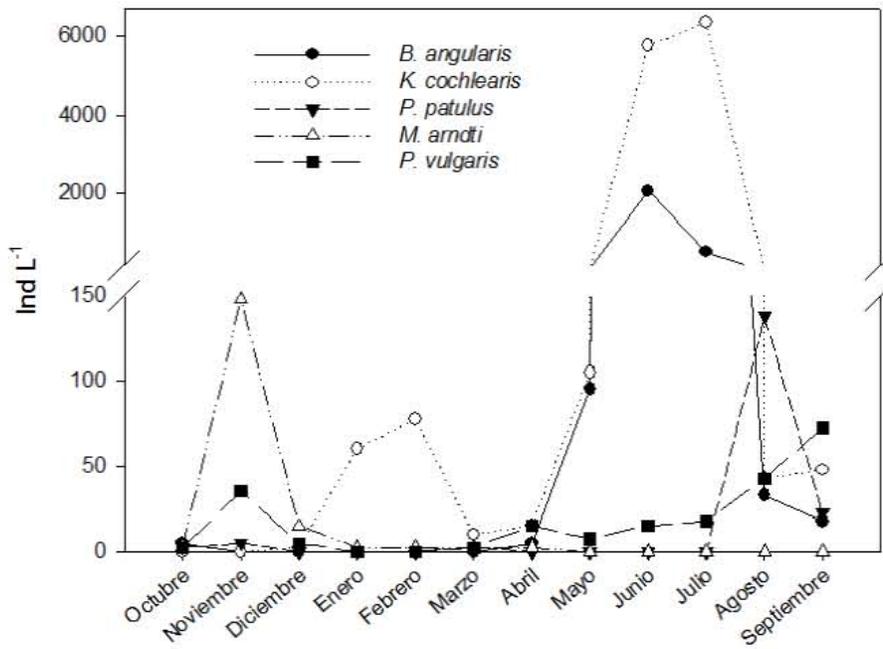


Fig. 29 y 30) Especies con las mayores abundancias presentes en el sitio 5 y 6, del Lago Boximo.

Diversidad

El análisis de diversidad se realizó utilizando el índice de Shannon-Wiener para cada uno de los sitios de muestreo del Lago Boximo. En conjunto el valor más alto de diversidad se registró para el Sitio 4 durante febrero con un valor de 3.81 Bits/Ind. Por otro lado, el valor más bajo registrado a lo largo del muestreo pertenece al sitio 5 en julio con un valor de 0.32 Bits/Ind. El promedio de la diversidad de rotíferos del Lago Boximo a lo largo de todo el año fue de 2.41 Bits/Ind. Como se puede observar (Fig. 31) existe una marcada disminución de la diversidad en el periodo comprendido entre el mes de abril y julio en cada uno de los microambientes, siendo esta más evidente en los sitios 5 y 6.

Diversidad de Shannon-Wiener

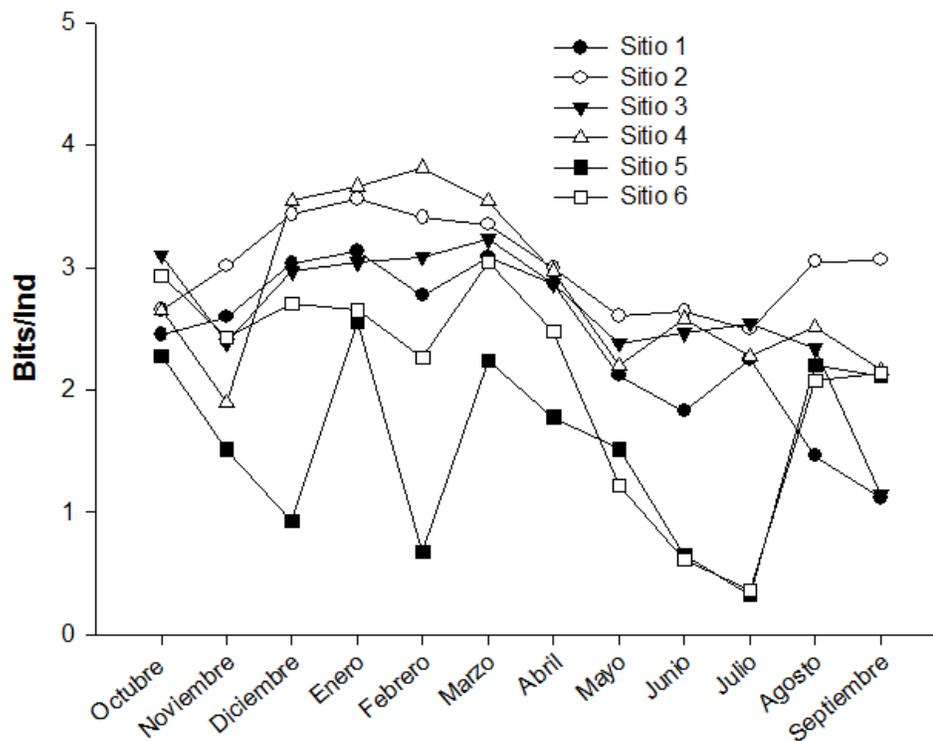


Fig. 31) Variación de la diversidad en los diferentes sitios de muestreo del Lago Boximo en el periodo comprendido de Octubre de 2013 a Septiembre de 2014.

Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

Para establecer que variables en el sistema pueden explicar de mejor manera la presencia de algunas especies y su relación con los parámetros fisicoquímicos en cada uno de los sitios, se realizó un análisis de correspondencia canónica que es una técnica desarrollada para relacionar la composición de la comunidad con la variación conocida del entorno (Ter Braak, 1986). Es importante señalar que cada uno de los análisis explica más del 60% de la variación acumulada.

Como se puede observar en la figura 32, la profundidad ejerce una relación importante en la mayoría de las especies dominantes que se presentaron a lo largo de todo el año en el Lago Boximo, En cuanto al sitio 1 (Fig. 33), tenemos una distribución de especies cercana a los ejes de distintas variables, aunque también se observa algunas especies no relacionadas a ninguna variable (por ejemplo, *K. cochlearis*, *F. pejeri* y *P. vulgaris*). El sitio 2 (Fig. 34), observamos una distribución más amplia de las especies alrededor de las distintas variables. El sitio 3 (Fig. 35), también muestra una distribución de especies relacionada a distintas variables aunque algunas especies no muestran relación con ninguna. En el sitio 4 (Fig. 36) se observa una distribución amplia de las especies en toda la gráfica, aunque en su mayoría estas no se encuentran relacionadas a ninguna variable. En el sitio 5 (Fig. 37), se observa que *F. pejeri* muestra una relación marcada con el oxígeno disuelto, por otro lado *B. angularis* y *K. cochlearis*, muestran una relación inversa a los niveles de fosfatos y nitratos. En sitio 6 (Fig. 38) se muestra que la presencia de nitratos y fosfatos tienen un efecto en *K. cochlearis* y *K. tropica*.

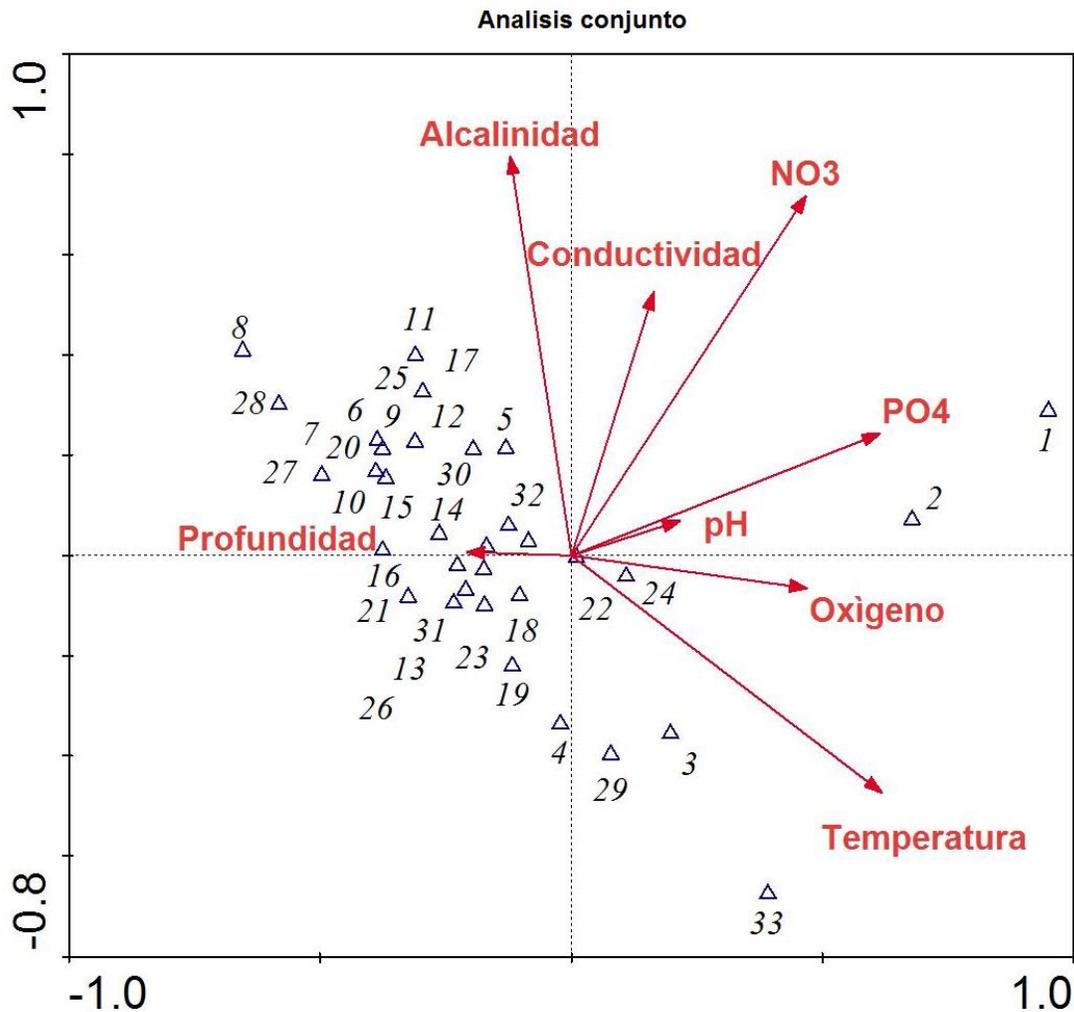


Fig. 32) Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y las variables Físicoquímicas a lo largo del periodo 2013-2014. Especies dominantes, 1 *Brachionus angularis*, 2 *Keratella cochlearis*, 3 *Keratella tropica*, 4 *Plationus patulus*, 5 *Platyias quadricornis*, 6 *Euchlanis dilatata*, 7 *Lophocharis salpina*, 8 *Lindia torulosa*, 9 *Colurella obtusa*, 10 *Colurella uncinata*, 11 *Lepadella acuminata*, 12 *Lepadella benjamini*, 13 *Lepadella patella*, 14 *Lepadella romboides*, 15 *Lecane bulla*, 16 *Lecane closterocerca*, 17 *Lecane cornuta*, 18 *Lecane curvicornis*, 19 *Lecane elsa*, 20 *Lecane flexilis*, 21 *Lecane hamata*, 22 *Cephalodella forficula*, 23 *Cephalodella gibba*, 24 *Cephalodella sterea*, 25 *Cephalodella catellina*, 26 *Monommata arndti*, 27 *Trichocerca tenuior*, 28 *Trichocerca ruttneri*, 29 *Polyarthra vulgaris*, 30 *Testudinella emarginula*, 31 *Testudinella mucronata*, 32 *Testudinella patina*, 33 *Filinia pejeri*.

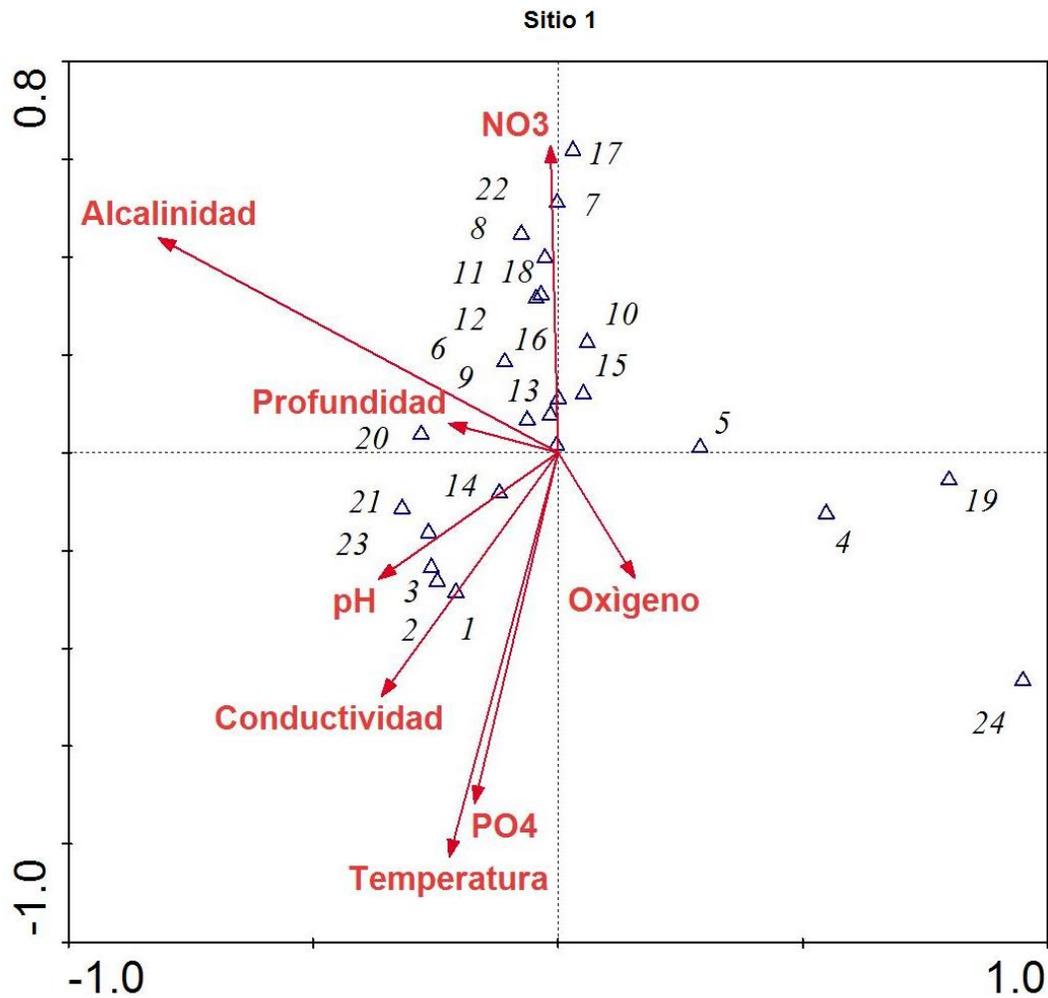


Fig. 33) Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y las variables Fisicoquímicas a lo largo del periodo 2013-2014. Especies dominantes, 1 *Brachionus bidentatus*, 2 *Brachionus quadridentatus*, 3 *Brachionus urceolaris*, 4 *Keratella cochlearis*, 5 *Plationus patulus*, 6 *Euchlanis dilatata*, 7 *Colurella obtusa*, 8 *Colurella uncinata*, 9 *Lepadella benjamini*, 10 *Lepadella patella*, 11 *Lepadella romboides*, 12 *Lecane bulla*, 13 *Lecane curvicornis*, 14 *Lecane elsa*, 15 *Lecane hamata*, 16 *Cephalodella gibba*, 17 *Trichocerca elongata*, 18 *Trichocerca tenuior*, 19 *Polyarthra vulgaris*, 20 *Testudinella emarginula*, 21 *Testudinella mucronata*, 22 *Testudinella caeca*, 23 *Testudinella patina*, 24 *Filinia pejleri*.

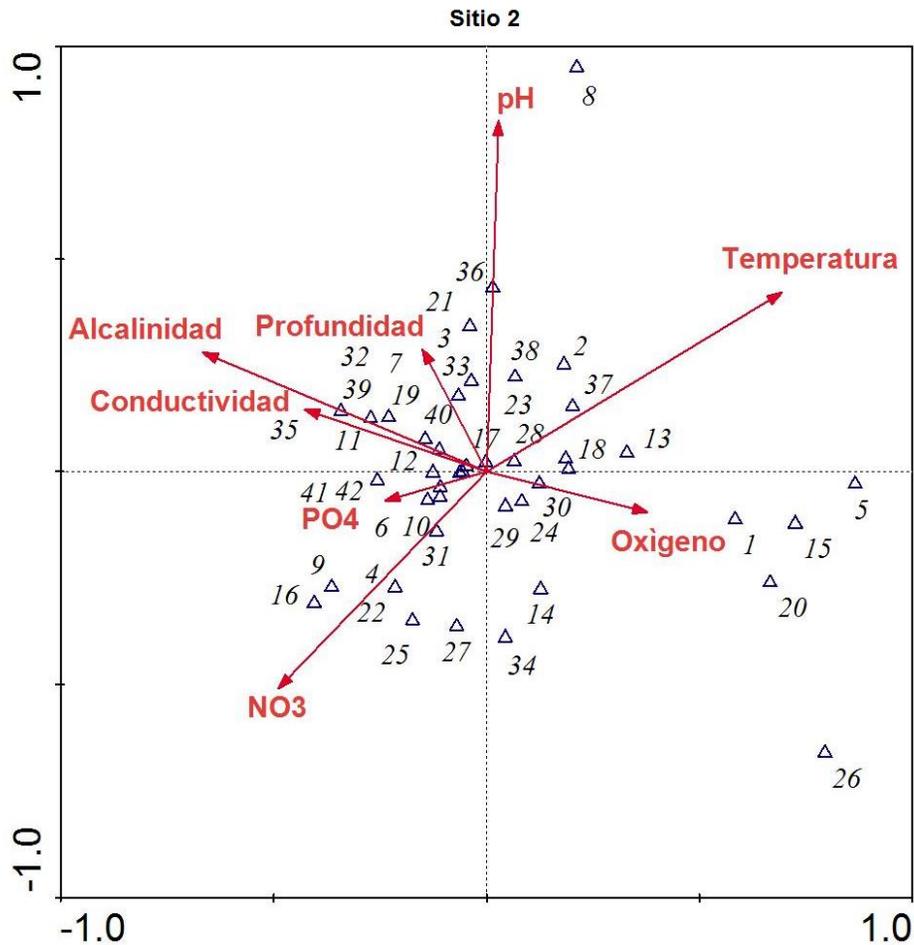


Fig. 34) Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y las variables Fisicoquímicas a lo largo del periodo 2013-2014. Especies dominantes, 1 *Keratella tropica*, 2 *Plationus patulus*, 3 *Platyias quadricornis*, 4 *Euchlanis dilatata*, 5 *Euchlanis triquetra*, 6 *Mytilina acanthophora*, 7 *Mytilina ventralis*, 8 *Proales fallaciosa*, 9 *Trichotria tetractis*, 10 *Colurella obtusa*, 11 *Colurella uncinata*, 12 *Lepadella acuminata*, 13 *Lepadella minuta*, 14 *Lepadella ovalis*, 15 *Lepadella quinquecostata*, 16 *Squatinella mutica*, 17 *Lecane bulla*, 18 *Lecane closterocerca*, 19 *Lecane cornuta*, 20 *Lecane decipiens*, 21 *Lecane elsa*, 22 *Lecane flexilis*, 23 *Lecane hamata*, 24 *Lecane inermis*, 25 *Lecane luna*, 26 *Lecane tenuiseta*, 27 *Lecane ungulata*, 28 *Cephalodella forficula*, 29 *Cephalodella gibba*, 30 *Cephalodella sterea*, 31 *Cephalodella ventripes*, 32 *Scardium longicaudum*, 33 *Trichocerca elongata*, 34 *Trichocerca porcellus*, 35 *Trichocerca tenuior*, 36 *Ascomorpha ecaudis*, 37 *Dicranophoroides caudatus*, 38 *Dicranophorus robustus*, 39 *Testudinella emarginula*, 40 *Testudinella mucronata*, 41 *Testudinella caeca*, 42 *Testudinella patina*.

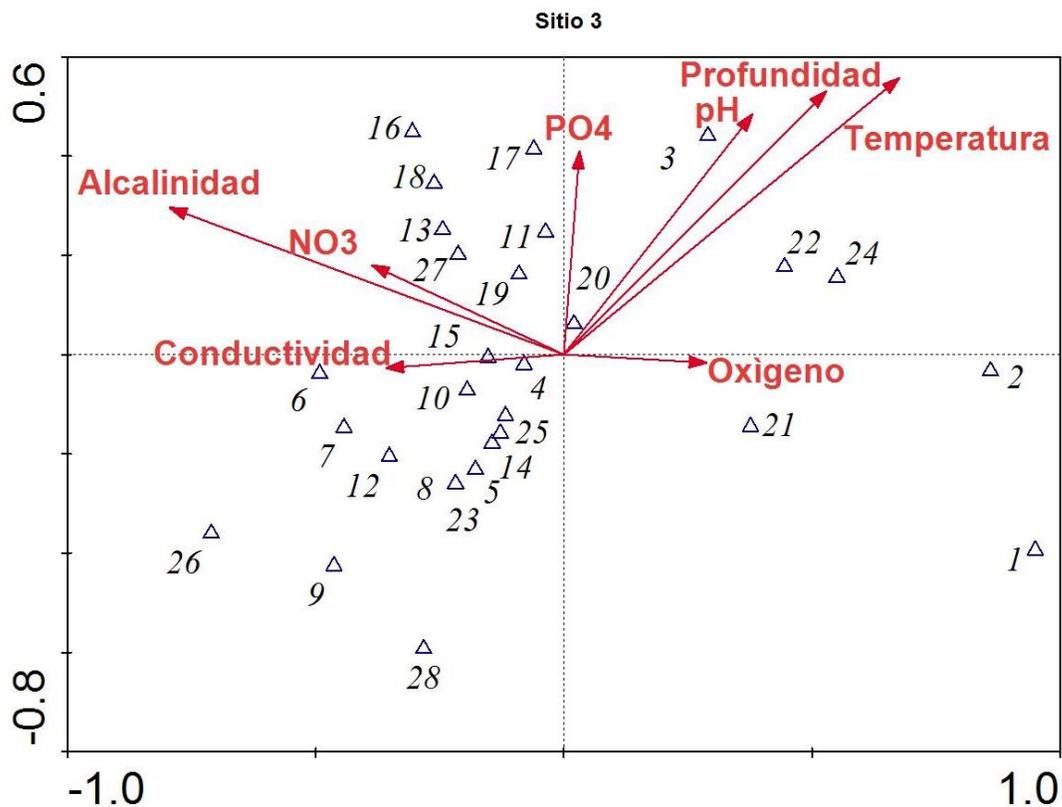


Fig. 35) Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y las variables Físicoquímicas a lo largo del periodo 2013-2014. Especies dominantes, 1 *Keratella cochlearis*, 2 *Keratella tropica*, 3 *Platyonus patulus*, 4 *Platyias quadricornis*, 5 *Euchlanis dilatata*, 6 *Euchlanis pyriformis*, 7 *Lophocharis salpina*, 8 *Colurella obtusa*, 9 *Colurella uncinata*, 10 *Lepadella benjamini*, 11 *Lepadella patella*, 12 *Lepadella quadricarinata*, 13 *Lepadella romboides*, 14 *Lecane bulla*, 15 *Lecane closterocerca*, 16 *Lecane cornuta*, 17 *Lecane curvicornis*, 18 *Lecane elsa*, 19 *Lecane hamata*, 20 *Cephalodella forficula*, 21 *Cephalodella gibba*, 22 *Cephalodella sterea*, 23 *Monommata arndti*, 24 *Polyarthra vulgaris*, 25 *Testudinella mucronata*, 26 *Testudinella caeca*, 27 *Testudinella patina*, 28 *Beauchampia crucígera*.

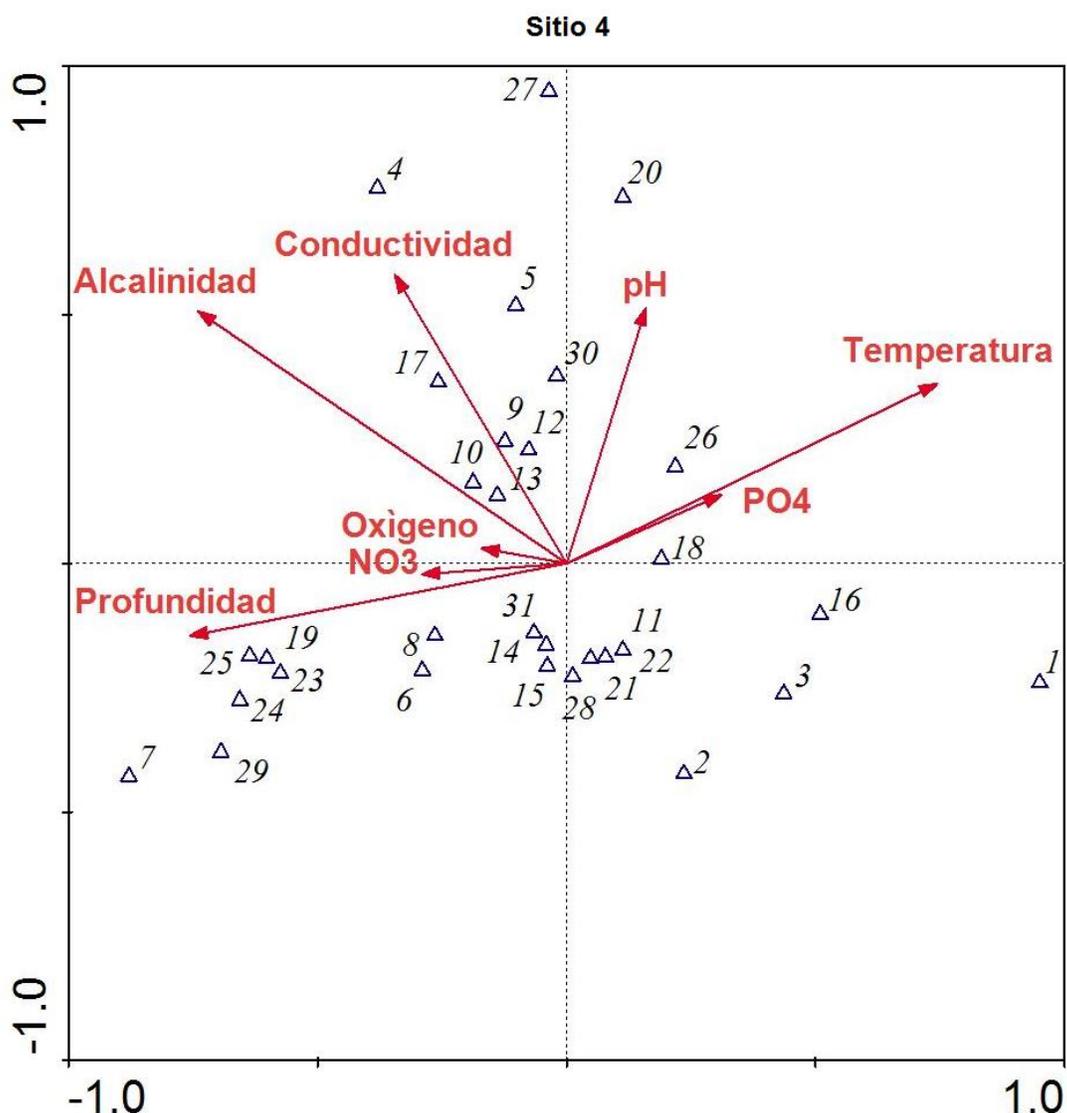


Fig. 36) Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y las variables Físicoquímicas a lo largo del periodo 2013-2014. Especies dominantes, 1 *Keratella cochlearis*, 2 *Keratella tropica*, 3 *Platonus patulus*, 4 *Platyias quadricornis*, 5 *Euchlanis dilatata*, 6 *Lophocharis salpina*, 7 *Lindia torulosa*, 8 *Colurella obtusa*, 9 *Colurella uncinata*, 10 *Lepadella acuminata*, 11 *Lepadella benjamini*, 12 *Lepadella patella*, 13 *Lepadella romboides*, 14 *Lecane bulla*, 15 *Lecane closterocerca*, 16 *Lecane curvicornis*, 17 *Lecane elsa*, 18 *Lecane hamata*, 19 *Lecane lunaris*, 20 *Cephalodella forficula*, 21 *Cephalodella gibba*, 22 *Monommata arndti*, 23 *Trichocerca elongata*, 24 *Trichocerca tenuior*, 25 *Trichocerca ruttneri*, 26 *Polyarthra vulgaris*, 27 *Testudinella emarginula*, 28 *Testudinella mucronata*, 29 *Testudinella caeca*, 30 *Testudinella patina*, 31 *Conochilus unicornis*.

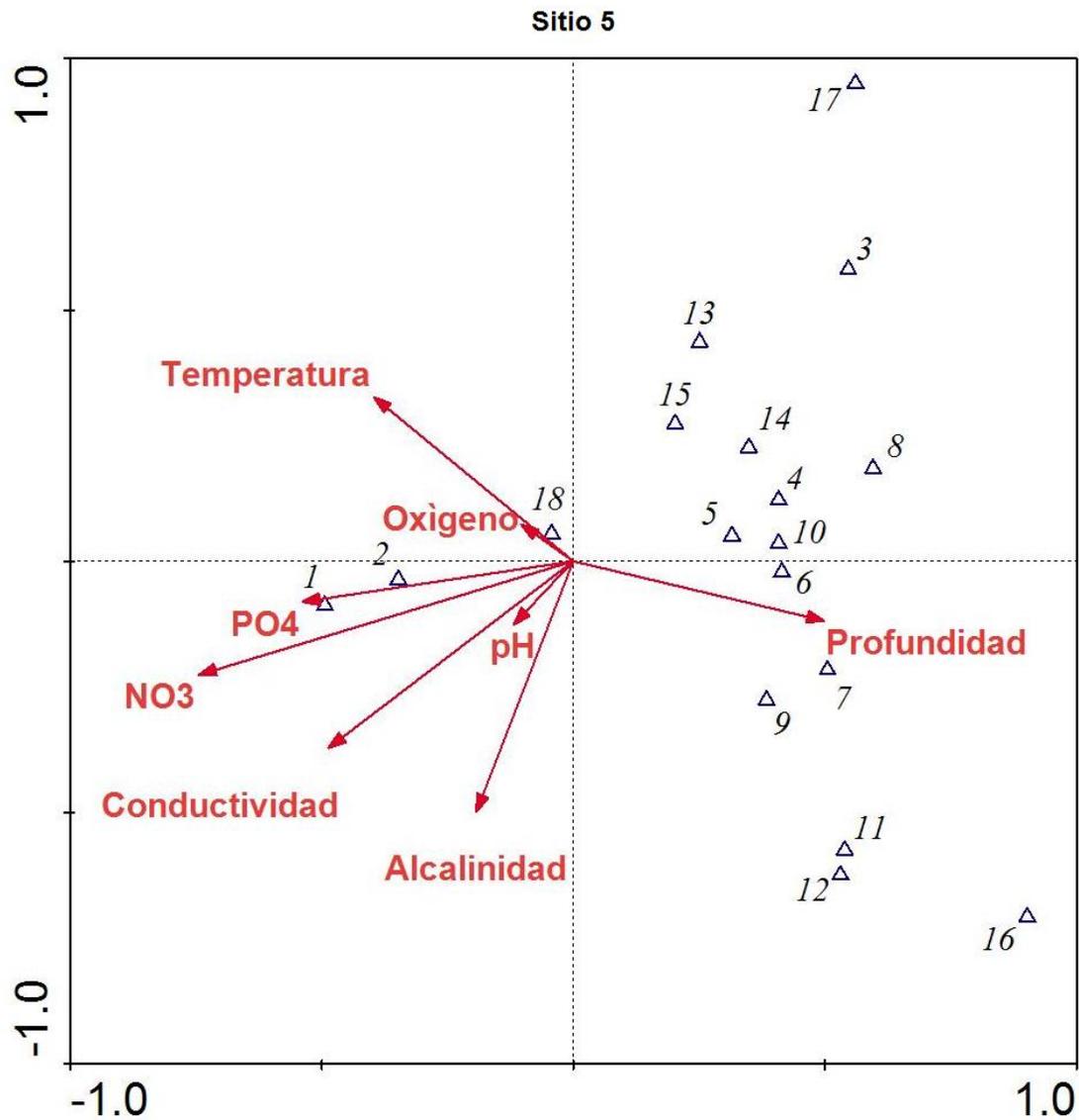


Fig. 37) Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y las variables Físicoquímicas a lo largo del periodo 2013-2014. Especies dominantes, 1 *Brachionus angularis*, 2 *Keratella cochlearis*, 3 *Plationus patulus*, 4 *Lophocharis salpina*, 5 *Lepadella romboides*, 6 *Lecane bulla*, 7 *Lecane closterocerca*, 8 *Lecane elsa*, 9 *Lecane hamata*, 10 *Cephalodella gibba*, 11 *Monommata arndti*, 12 *Ascomorpha ecaudis*, 13 *Polyarthra vulgaris*, 14 *Testudinella mucronata*, 15 *Testudinella patina*, 16 *Conochilus unicornis*, 17 *Filinia pejleri*, 18 *Filinia terminalis*.

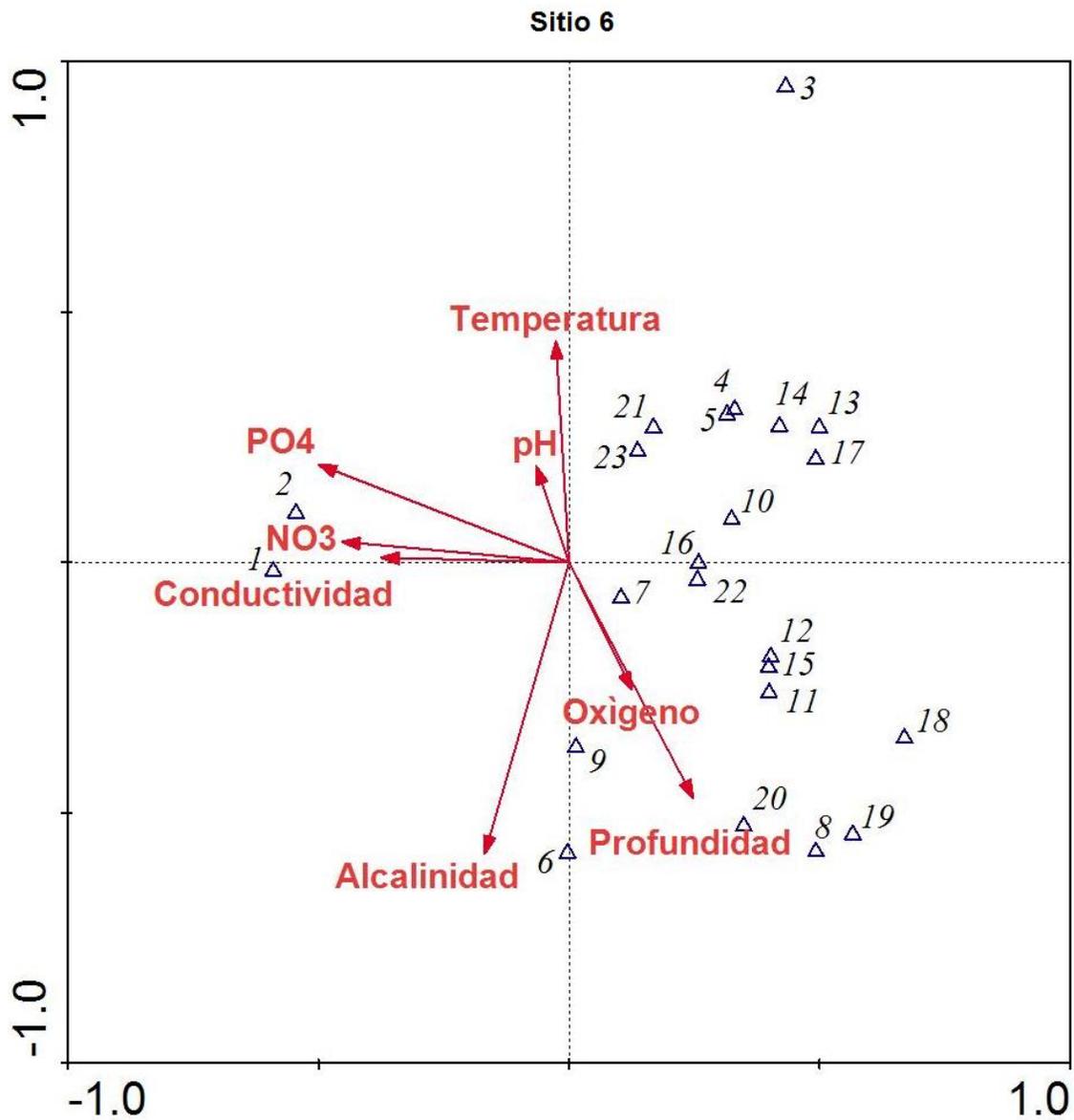


Fig. 38) Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y las variables Físicoquímicas a lo largo del periodo 2013-2014. Especies dominantes, 1 *Keratella cochlearis*, 2 *Keratella tropica*, 3 *Platyonus patulus*, 4 *Platyias quadricornis*, 5 *Lophocharis salpina*, 6 *Colurella obtusa*, 7 *Colurella uncinata*, 8 *Lepadella benjamini*, 9 *Lepadella patella*, 10 *Lepadella romboides*, 11 *Lecane bulla*, 12 *Lecane closteroerca*, 13 *Lecane curvicornis*, 14 *Lecane elsa*, 15 *Lecane hamata*, 16 *Cephalodella gibba*, 17 *Cephalodella catellina*, 18 *Monommata arndti*, 19 *Trichocerca tenuior*, 20 *Ascomorpha ecaudis*, 21 *Polyarthra vulgaris*, 22 *Testudinella mucronata*, 23 *Testudinella patina*.

DISCUSIÓN

Debido a la alta diversidad, la dinámica de nutrientes y a la alta importancia ecológica que presentan en años recientes los cuerpos de agua poco profundos han llamado la atención (Moss, 2010). Los humedales son ecológica y económicamente importantes ecosistemas ya que su existencia se pierde y degrada rápidamente (Whillans, 1982). En nuestro país los humedales constituyen unidades ambientales donde concurren múltiples intereses económicos, dada la variedad de recursos que en ellos se encuentran. Estos sistemas están siendo destruidos o modificados sustancialmente, entre otros factores, por operaciones de drenado y relleno para ganar terreno para la agricultura, construcción de presas, desarrollos urbanos, aporte de sedimentos por la erosión, descarga de contaminantes tóxicos, eutrofización como resultado de malas prácticas agrícolas. Como consecuencia ha disminuido su valor y función ecológica natural al reducir el nivel de captación de agua y su calidad como hábitat para la fauna silvestre (De la Lanza y García-Calderón, 1991). Por lo tanto es importante implementar medidas para su preservación y/o restauración, sin embargo para llevar a cabo esto es necesario conocer el estado en el que se encuentra el sistema y el primer paso a seguir es conocer la riqueza y diversidad de sus comunidades biológicas, ya que se ha observado que el zooplancton es un excelente indicador del estado trófico de los lagos (Castro *et al.*, 2005).

Por otro lado los sistemas acuáticos localizados a gran altitud tienen una red alimentaria relativamente sencilla y reaccionan más rápidamente y con mayor sensibilidad a los cambios ambientales que otros lagos (Koining *et al.*, 2002).

La temperatura es uno de los factores que más importancia tiene en los sistemas acuáticos, ya que modifica el metabolismo de los organismos y genera cambios en la riqueza específica (Snell, 1987; Duggan *et al.*, 1998). Además de ejercer influencia en la ocurrencia y diversidad de rotíferos (Hofmann, 1977), esta influencia ha sido confirmada en los trabajos realizados por May (1983) y Berzins y Pejler (1989 a). En el caso del Lago Boximo, la temperatura se encuentra dentro del intervalo reportado por Pejler y Berzins (1989), en los cuales los rotíferos

alcanzan grandes abundancias ya que presentan valores óptimos para su crecimiento y reproducción. Similares temperaturas se han registrado en cuerpos de agua que se encuentran a gran altitud (3,310 msnm) como en el caso de la presa Iturbide ubicada en la misma región del estado con temperaturas que varían de 9 a 20 °C (Sarma *et al.*, 2011). Así mismo González-Gutiérrez (2017) en la Cantera Oriente, reporta un comportamiento en la temperatura similar al registrado en este estudio.

Por otro lado, Lampert y Sommer (2007) mencionan que en lagos someros la concentración de oxígeno disuelto varía dependiendo de la distribución de los organismos y la mineralización del detritus. El lago Boximo presenta valores bajos de oxígeno disuelto, con un valor promedio de $2.83 \pm .24 \text{ mg L}^{-1}$, valor que se encuentra dentro de los rangos reportados en anteriores estudios realizados en humedales que se encuentran dentro de la misma región, tales como el realizado por Nandini *et al.*, (2005), en Xochimilco y Garcia-Garcia *et al.*, (2012) en el humedal de Chimaliapan, ambos denominados como sitios Ramsar. Por su parte, Enriquez-Garcia *et al.*, (2009) en el lago Huetzalin, reporta niveles bajos de oxígeno en zonas colonizadas por macrófitas.

Cabe mencionar que durante la época de lluvias estas fueron escasas en la región, por lo que durante este periodo el agua del humedal se utilizó para regar las cosechas cercanas, lo cual disminuyó considerablemente el nivel del agua (Fig. 6). Estas acciones pueden afectar a las comunidades de invertebrados presentes en la zona litoral, tanto directa como indirectamente (Garvey *et al.*, 2003; Eppinik *et al.*, 2004), ya que la zona litoral es la región de los cuerpos de agua donde se produce la mayor diversidad (Wetzel, 2001). Es importante mencionar que con la disminución en el nivel de agua, el tamaño del lecho de macrófitas disminuye, cambiando la composición de la comunidad (Lauridsen *et al.*, 1996). Los rotíferos al igual que otros grupos de invertebrados se ven afectados por estos cambios (Wallace y Edmondson, 1986; Delbecque y Suykerbuyk, 1988).

El pH del Lago Boximo como se observa en la Fig. 8 tiende hacia la acidez a lo largo del todo el año con excepción de mayo y junio donde los valores de pH fueron mayores al del resto de meses. Sin embargo, estos valores se encuentran dentro de los rangos de tolerancia registrados por Berzins y Pejler (1987). Por otro lado Saladecek (1983), señala que aguas con tendencias hacia la acidez se registra una mayor diversidad de especies con bajas abundancias, esto concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo. Por su parte Berzins y Pejler (1987), señalan que en aguas con valores de pH <7 se encuentran generalmente colonizadas por especies no planctónicas o semi-planctónicas, lo cual es acorde a los resultados obtenidos. La mayoría de las especies contenidas en las familias más comunes en este cuerpo de agua pertenecen a estas categorías.

De acuerdo con Arora y Mehra (2003) no hay una relación significativa entre la abundancia de rotíferos y la alcalinidad, sin embargo niveles altos de alcalinidad como los observados en mayo y junio (Fig. 9), generan altos niveles de pH (Fig. 8), los cuales son ocasionados por la alta actividad fotosintética y de esta manera los rotíferos cuentan con una mayor disponibilidad de alimento (Berzins y Pejler, 1987)

De acuerdo con Timotius y Goltenboth (1995), en lagos someros la mezcla en la columna de agua favorece la presencia de nutrientes en esta, lo cual hace que el ciclo de nutrientes sea relativamente más rápido. Por otro lado Miracle *et al.*, (2007) señalan que la diversidad de rotíferos se ve ampliamente afectada por la cantidad de nutrimentos disponibles en el ambiente. Por su parte, el Lago Boximo mostró valores de Nitrato en promedio de $0.26 \pm .06 \text{ mg L}^{-1}$ con intervalos de 0.004 a 0.842 mg L^{-1} . Estos valores son semejantes a los reportados en lagos como Xochimilco (Enríquez-García *et al.*, 2009) y para el lago de Zempoala con valores de $< 1 \text{ mg L}^{-1}$ el cual es oligotrófico (Muñoz-Colmenares, 2014).

Por otro lado, los fosfatos se presentaron una concentración anual de $7.55 \pm 2.6 \text{ mg L}^{-1}$ con valores que van de 0.8 mg L^{-1} a 64 mg L^{-1} dependiendo del sitio y la temporada. Estos valores no se encuentran registrados para otros cuerpos de agua en México, cuyos valores no sobrepasan los 5 mg L^{-1} como en el caso de

Xochimilco (Enríquez - García *et al.*, 2009, Nandini *et al.*, 2015) o Chimaliapan (García-García *et al.*, 2012). Existen varias razones por las cuales existe una alta cantidad de nutrientes presentes en el sistema, entre ellas la zona agrícola en la que se ubica el cuerpo de agua, ya que el uso de fertilizantes cada vez mas frecuentemente utilizados, son los principales responsables del proceso de eutrofización que sufren los sistemas acuáticos (Edwards y Daniel, 1992). Por otro lado la presencia de especies de peces exóticas que son bentívoras como en el caso de la carpa común (*Cyprinus carpio*) remueven los sedimentos del fondo, lo que incrementan la turbiedad y la concentración de nutrientes (Whillans, 1996; Chow-Fraser 1998, 1999). Además, la velocidad del viento puede llegar a incrementar la resuspensión del sedimento (Sager, 1996), así como el incremento de los nutrientes en lagos someros (Hamilton y Mitchell 1997).

Sarma *et al.*, (2009) reporta que de acuerdo a la literatura revisada se encuentran registradas cerca de 300 especies de rotíferos para México y 203 especies para el Estado de México. En el presente estudio se reportan un total de 107 especies de las cuales 7 son nuevos registros para México y 16 para el Estado de México. Cabe mencionar que la riqueza presentada por el Lago Boximo equivale a cerca del 52 % de especies registradas para el Estado de México. Sin embargo, es importante mencionar que estas 203 especies reportadas, es el resultado de los estudios realizados en 22 cuerpos de agua y en algunos de los casos en un solo muestreo. Por lo cual los resultados obtenidos en el presente estudio forman bases de la importancia que tienen los trabajos realizados durante un ciclo anual.

En el presente estudio las familias más representativas del Lago Boximo fueron Lecanidae 18 especies, Notommatidae 14 especies, Brachionidae 13 especies y Colurellidae con 11 especies. De estas familias, Lecanidae se encuentra en el segundo lugar a nivel mundial con mayor diversidad de rotíferos, además de ser típica de las zonas litorales ya que, aunque puede nadar cortas distancia esta depende de un sustrato (Segers, 1995). Por otro lado, algunos representantes de las familias Colurellidae y Notommatidae, también se encuentran relacionados

típicamente a la zona litoral cuando estas se encuentran colonizadas por macrófitas (Kuczyńska-Kippen y Basińska, 2014).

Para la familia Brachionidae se reporta que la presencia de algunas especies de esta familia se encuentran raramente a temperaturas menores de 16 °C (Koste, 1978; Wallace *et al.*, 2006). Aunque en el presente estudio se reportan 13 especies, es importante resaltar que de estas, 7 no fueron registradas durante los meses que presentaron las temperaturas más bajas durante el periodo de noviembre a marzo, cuya temperatura osciló entre los 11 y 14 °C. Estas especies reaparecieron nuevamente en el mes de abril cuando la temperatura aumentó a los 18°C.

Por otro lado, familias de rotíferos como Lecanidae, Euchlanidae, Mitylinidae, Trichotriidae, Colurellidae, Proalidae, Notommatidae, Dicranophoridae, son familias muy comunes en la zona litoral de un gran número de cuerpos de agua dulceacuícolas (Koste, 1978). Sin embargo, un gran número de trabajos están enfocados a familias comúnmente relacionadas a la zona pelágica, tales como: Brachionidae, Synchaetidae, Asplanchnidae, Conochilidae, Hexarthridae, y Filinidae, las cuales forman menos de 30% de las especies de rotíferos (Wallace *et al.*, 2006). En su mayoría los cuerpos de agua normalmente presentan alrededor de 15 a 20 especies de rotíferos planctónicas y hasta 30 o más especies no planctónicas (Sarma y Elias-Gutierrez, 1999). Esto puede ser debido a que a pesar de la diversidad y riqueza de estos conjuntos, su ecología a recibido poca atención debido a las dificultades que plantean su estudio cuantitativo (Duggan 2001; Downing y Cyr, 1985). En previos trabajos sobre diversidad de los rotíferos de México el énfasis ha sido sobre todo de especies planctónicas en cuerpos de agua como en el caso de Valle de Bravo (Ramírez-García *et al.*, 2002; Jiménez-Contreras *et al.*, 2009). Estos estudios forman bases para seguir estudiando sobre otros nichos presentes en los cuerpos de agua.

García-Morales y Elías-Gutiérrez (2004), mencionan que familias como Brachionidae, Lecanidae y Trichocercidae se encuentran típicamente en cuerpos de agua dulceacuícolas de México. De acuerdo al índice propuesto por Sladeczek

(1983) $Q_{B/T}$, el cual lleva a cabo una relación entre el género *Brachionus* y *Trichocerca*, como una forma de conocer el estado trófico de los cuerpos de agua, debido a que el género *Brachionus* es típico de cuerpos de agua eutróficos y *Trichocerca* de cuerpos oligotróficos. Los valores del índice $Q_{B/T}$ de 0 a 1 indican condiciones oligotróficas, de 1 a 2 condiciones mesotróficas y valores mayores a 2 indican condiciones de eutrofia. Se aplicó este índice a todos los sitios de muestreo y al Lago como un conjunto. Tomando en cuenta este índice el Sitio 1 tuvo un valor de $Q_{B/T} = 1.5$, lo cual indica que es mesotrófico, para las estaciones restantes el valor fue $Q_{B/T} > 1$, por lo cual serían catalogados como oligotróficos. Tomando los valores obtenidos de este índice se infiere que en general el Lago Boximo presenta condiciones Oligotróficas, sin embargo deben ser considerados otros factores como niveles de clorofila, densidad de las especies y materia orgánica suspendida, para considerar si es aplicable este método al área de estudio. También debemos tomar en cuenta que el índice de Sladeczek está relacionado con cuerpos de agua que cuentan con una zona limnética ampliamente definida. Sin embargo, el Lago Boximo presenta poca profundidad y en su mayoría las especies reportadas son litorales o semi-planctónicas y unas pocas pelágicas. Otro factor importante en el índice de Sladeczek es la presencia de *Brachionus*. Sin embargo la presencia de éste género es raro en cuerpos de agua que presentan bajas temperaturas ($< 16\text{ }^{\circ}\text{C}$) a nivel mundial (Koste, 1978; Wallace et al., 2006). Por ejemplo en Valle de Bravo que tiene una profundidad máxima de 22 m, presenta pocas especies del género *Brachionus*, (menos de 6 especies) y no todas se encuentran en el mismo periodo, pero reporta varias especies de *Trichocerca* en distintos periodos del año. Aplicando el índice de Sladeczek en este sistema sería oligotrófico, sin embargo considerando otras variables como los nutrimentos en realidad es un cuerpo de agua mesotrófico o eutrófico (Ramírez-García et al., 2002; Jiménez-Contreras et al., 2009).

Por otro lado cuerpos de agua con poca profundidad como en el caso de la parte central del Lago de Xochimilco situado a una altura de 2220 msnm cuya profundidad es de 2 metros se reportan 3 especies de *Brachionus* (Enriquez-García et al., 2009, Nandini et al., 2015). Por lo cual debemos considerar que en

lagos mexicanos la altura no es un factor que determina la presencia de *Brachionus* y debemos tomar en cuenta otros factores como el pH y los nutrimentos, entre otros. Por consiguiente debemos tomar en cuenta otros factores para complementar el índice propuesto por Sladeczek.

Por otro lado el uso de rotíferos como indicadores del estado trófico en cuerpos de agua tropicales y subtropicales es muy limitado (Snell y Joaquim-Justo, 2007). Sin embargo existen métodos que utilizan el total de la densidad de rotíferos como un método para conocer el estado trófico de un cuerpo de agua. Es conocido que en sistemas eutróficos la densidad de rotíferos es alta y la diversidad es baja, por el contrario en cuerpos de agua oligotróficos la densidad es baja (Wallace *et al.*, 2006). Por lo tanto independientemente de la diversidad de especies, si la densidad total de rotíferos en un cuerpo de agua es $< 500 \text{ Ind L}^{-1}$ esto refleja condiciones oligotróficas, por su parte de 500- 1000 Ind L^{-1} es mesotrófico, de 1000-2500 Ind L^{-1} es eutrófico y de 3000-4000 Ind L^{-1} es hipertrófico (Ejsmont-Karabin, 1995; May y O'Hare, 2005; Ejsmont-Karabin, 2012). En el presente trabajo los sitios de 1, 2, 3 y 4 presentan promedios anuales de $< 500 \text{ Ind L}^{-1}$ por lo cual, de acuerdo a este criterio se consideran Oligotróficos. Por su parte, los sitios 5 y 6 presentan densidades dentro del rango de 1000-2500 Ind L^{-1} por lo cual son considerados como eutróficos, sin embargo cabe resaltar que durante Junio y Julio las densidades de rotíferos van de los 6500-8600 Ind L^{-1} por lo que en este periodo estos sitios se comportan como hipertróficos y el resto del año como oligotróficos. Es importante señalar que los sitios 5 y 6 se encuentran en la parte del cuerpo de agua que presenta la menor cantidad de macrófitas así como la menor variedad de estas.

De acuerdo al índice de estado trófico de rotíferos o TSI_{ROT} por sus siglas en inglés (Rotifer trophic state índices) desarrollado por Ejsmont-Karabin (2012), el cual nos indica el estado trófico en el que se encuentra el cuerpo de agua de acuerdo a la abundancia de rotíferos presentes. Tomando en cuenta este índice en el lago Boximo, cuatro de las seis estaciones (Estaciones 1 al 4) en promedio tienen un valor entre 45 y 55, lo cual indica que son meso-eutróficos, mientras las

estación 5 y 6 registran el valor de TSI_{ROT} de entre 45 y 55 lo cual indica que son eutróficos. Un promedio de TSI_{ROT} de las seis estaciones indicó un valor de 54, lo cual sugiere que el cuerpo de agua es meso-eutrófico. En otro cuerpo de agua (La Cantera Oriente, CDMX) situado a la misma altitud y en la misma región, el valor de TSI_{ROT} fue <40 indicando un estado mesotrófico (González-Gutiérrez *et al.*, 2017). Parece, por lo tanto, que el cuerpo de agua actual tiene una tendencia al estado eutrófico debido a su naturaleza superficial.

Por su parte las especies con las mayores abundancias fueron *Keratella cochlearis* y *Brachionus angularis*, ambas presentes en los sitios 5 y 6. Para el sitio 5, *K. cochlearis* registra abundancias de 6000 a 6400 Ind L^{-1} y *B. Angularis* de 600 a 2400 Ind L^{-1} durante junio y julio. Por su parte, en el sitio 6 para *K. cochlearis* se reportan densidades de 5700 a 6300 Ind L^{-1} y *B. angularis* de 500 a 2000 Ind L^{-1} igualmente durante junio y julio. Es importante mencionar que ambas son representantes de la familia Brachionidae y estas se encuentran típicamente relacionadas a la zona pelágica y no a la zona litoral (Castro *et al.*, 2005). Sin embargo su distribución en México es muy variable, por ejemplo Jiménez-Contreras *et al.*, (2009) en Valle de Bravo cuya profundidad es de alrededor de 30 m encontró solo dos especies de Brachionidae. Por su parte, Flores-Burgos *et al.*, (2003) en el lago de Xochimilco reporta 13 especies y García-García *et al.*, (2012) en Chimaliapan, un cuerpo de agua poco profundo y a gran altitud (2560 msnm) en la parte central de México, reportó 6 especies.

Keratella cochlearis fue la especie que presento la mayor abundancia, Arora y Mehra (2003) reportan en su estudio que esta especie fue la que presento también la abundancia más alta. Mencionan que las concentraciones de nutrientes y clorofila *a* determinan la presencia de algunas especies como en este caso, ya que *K. cochlearis* es un organismo filtrador que prefiere bacterias y pequeños flagelados (Holst *et al.*, 1998). Por su parte Sladeczek *et al.*, (1958) observo en un estanque de acumulación entre mayo y septiembre un máximo de abundancia de 9, 200 Ind L^{-1} , parámetros similares en los observados en este estudio.

Por su parte *B. angularis* es una especie con una distribución muy amplia que en estanques y lagos se encuentra típicamente entre la vegetación con un máximo en su población entre los meses de junio y agosto (Bartos, 1959). En México Nandini *et al.*, (2015) reporta en Xochimilco a *B. angularis* como una de las especies más abundantes con densidades de por encima de 1000 ind L⁻¹, así mismo la altas temperaturas son un factor que favorece la alta densidad de esta especie (Nandini *et al.*, 2005).

Durante el periodo comprendido entre mayo y septiembre, en que los niveles de agua fueron bajos se observó una disminución tanto en la riqueza como en la diversidad, esto como mencionan algunos autores debido seguramente a la pérdida del hábitat, es decir durante este periodo, las especies de macrófitas presentes en la zona litoral disminuyeron debido a la falta de agua, por consiguiente la riqueza y abundancia de especies litorales disminuyó y aumentó la abundancia de especies asociadas a la zona pelágica, como es el caso de *Keratella chochlearis* y *Brachionus angularis* cuyas abundancias aumentaron considerablemente durante este periodo. Se observa que tanto *K. chochlearis* como *B. angularis*, mostraron sus mayores abundancias durante los meses en que el nivel del agua disminuyó, esto posiblemente debido a que con la disminución en el nivel, la zona litoral cambia, generando periodos de sequía (Pieczynska, 1990), lo cual puede favorecer al aumento de especies generalmente relacionadas con la zona pelágica ya que se encuentran mejor adaptadas a este entorno que las especies litorales (Ruttner F, 1968). Otros factores que pueden favorecer la proliferación de rotíferos, son la temperatura y la alta concentración de nutrientes (Dumont, 1977; Gulati, 1999), como se observa en las figs. 4, 10 y 11, donde tanto la temperatura como los nutrientes aumentaron durante el periodo de sequía.

La diversidad observada en el cuerpo de agua en promedio fue de 2.41 Bits/Ind, cabe mencionar que en su mayor parte las muestras fueron tomadas en zonas en donde la vegetación es abundante que favorecen a una alta diversidad de rotíferos (Bakker *et al.*, 2013). Por otro lado se observa una disminución en la diversidad durante los meses en que el humedal fue drenado, como se observa en los

resultados obtenidos del ACC, cerca del 82 % de especies dominantes muestran una estrecha relación con la profundidad. Algunos estudios como el de Kuczyn´ska- Kippen (2008) muestran que la diversidad disminuye conforme se avanza del centro del lecho de macrófitas hacia las aguas abiertas y en el caso contrario la abundancia aumenta. La estación 5 fue la que presentó el menor índice a lo largo del año con 0.32 Bits/Ind, lo cual puede deberse a la casi nula presencia de vegetación y a las altas densidades de algunas especies de rotíferos pertenecientes a la familia Brachionidae como lo son *K. cochlearis* y *B. angularis*. Estas especies, explotan los recursos y mantienen a otras especies en bajas densidades (Pejler y Bērziņš, 1989; Nandini *et al.*, 2005). Como se puede observar en el ACC del sitio 5, tanto *K. cochlearis* como *B. angularis* su frecuencia está relacionada con la concentración de nutrimentos.

En cuerpos de agua localizados a gran altitud la diversidad de zooplancton varía considerablemente en México, por ejemplo Nandini *et al.*, (2015) han registrado una media de diversidad de especies de 2 para el lago de Xochimilco. Por su parte Figueroa-Sánchez *et al.*, (2014) en una presa a gran altitud, registró una amplia diversidad (0.57 a 2.47 Bits/ind.). Por su parte González-Gutiérrez *et al.*, (2017) en la cantera oriente registra valores de 1.09 a 3.66 Bits/Ind, así mismo se presentan casos como el reportado por García-García *et al.*, (2012) en Chimaliapan, donde se registró un intervalo de 4.16 a 5.48 Bits/Ind. Como se puede observar existe un amplio margen de diversidad en los cuerpos de agua, aun cuando estos pertenecen a la misma región. Un factor importante que determina las altas o bajas diversidades en los cuerpos de agua es la presencia de vegetación y en algunos casos a la naturaleza temporal de los cuerpos de agua, es decir aquellos que periódicamente sufren desecación (Kuczyńska-Kippen *et al.*, 2013).

Existen diferentes estudios realizados en cuanto a la gran diversidad registrada en la zona litoral de los cuerpos de agua, en especial en aquellas colonizadas por macrófitas. Algunos estudios revelan que existe una preferencia de los rotíferos por algunas especies de macrófitas, esto determinado por la edad, defensa proporcionada contra los depredadores y la arquitectura (Pieczynska, 1990;

Kuczynska-Kippen, 2007; Duggan 2001). En el presente trabajo *Myriophyllum aquaticum* e *Hydrocotyle ranunculoides* (ambas presentes en el sitio 2) presentaron un periodo de sucesión entre una y otra, por ejemplo *M. aquaticum*, se presentó durante el periodo octubre-marzo y *H. ranunculoides*, durante el periodo de abril-septiembre. En cuanto a riqueza se muestra que durante el periodo de florecimiento de *M. aquaticum*, se presentó una alta riqueza de especies, mientras que durante el decaimiento de esta y el comienzo del florecimiento de *H. ranunculoides* la riqueza fue disminuyendo. También se observó la misma tendencia en cuanto a la diversidad. Existen estudios que muestran que en cuerpos de agua colonizados por *Myriophyllum*, como los realizados por Kuczynska-Kippen (2003) y Duggan *et al.*, (2001) la diversidad es mayor en comparación con otras especies de plantas acuáticas, como por ejemplo *Typha*. La variación en especies de rotíferos entre macrófitas puede deberse probablemente al resultado de una serie de factores, incluidas las diferencias en la morfología, la edad, los crecimientos de algas epífitas y los efectos diferenciales de la depredación por invertebrados y peces (Duggan *et al.*, 2001). Por otro lado, el lecho de *Myriophyllum* posee una fuente mucho más rica de perfitòn en comparación con otras especies de macrófitas, es posible que debido a esto, sea una opción más atractiva para ciertas especies (Kuczynska-Kippen, 2001 a). Un aspecto interesante para futuros trabajos es el hecho de que un estudio realizado por Kuczynska-Kippen (2003), sobre un lecho de *Myriophyllum* encontró que existe una diferencia entre las especies que se encuentran en la parte central y las que se encuentran en la parte fronteriza, esto seguramente depende de la estructura del microhábitat y, en particular, su posición en relación con la zona de aguas abiertas.

En cuanto al análisis de correspondencia canónica realizado, el análisis en conjunto de los sitios de muestreo, observamos que existe una marcada relación entre las especies y la profundidad, posiblemente debido a que en la zona litoral el tamaño de esta puede cambiar año con año y durante el ciclo anual debido a las fluctuaciones en el nivel del agua, lo cual es responsable de periodos de sequía e inundación (Pieczynska, 1990). Además de ser en esta zona donde la cantidad de

macrófitas es mayor y de las cuales muchas especies dependen, por las características que estas presentan (Schriver *et al.*, 1995; Phillips *et al.*, 1996). Cerca del 79 % de las especies dominantes muestran esta relación en su mayoría compuestas por representantes de las zonas litorales. *Brachionus angularis* y *Keratella cochlearis* muestran una relación más ligada al pH y la cantidad de fosforo presente en el ambiente. Por su parte, *Monommata arndti* presenta una relación ligada al oxígeno y la temperatura, así mismo *Testudinella mucronata*, *Keratella tropica* y *Filinia pejleri* no parecen mostrar ninguna relación con los parámetros.

Por su parte, en el sitio 1 las especies del género *Testudinella* como *T. mucronata* y *T. patina* muestran una relación muy estrecha con el pH, así como *Lecane elsa* y *Brachionus urceolaris*, mientras *Brachionus bidentatus* muestra una relación estrecha con la conductividad, por otro lado cerca del 50% de las especies dominantes en este grupo se encuentran relacionadas con los nitratos. El sitio 2, es el sitio más homogéneo en cuanto a las relaciones existentes entre los distintos parámetros y las especies dominantes, esto puede ser debido a que es el sitio que presenta la mayor cantidad de cambios durante todo el periodo de muestreo. Sitio 3, Las especies *Cephalodella sterea* y *Polyarthra vulgaris* están positivamente relacionados con la temperatura, mientras que *K. tropica* es más dependiente del oxígeno disuelto. Es importante señalar, que varias especies de rotíferos bentónicos y perifíticos encontrados en este trabajo no son sensibles a cambios ligeros en las variables ambientales y algunos de ellos pueden tolerar cambios fuertes en niveles de oxígeno disuelto y profundidad (Bērzinš y Pejler, 1989b; Duggan *et al.*, 1998). En el sitio 4, la conductividad y alcalinidad tiene una relación fuerte sobre *Euchlanis dilatata*, *Lecane elsa*, *Colurella uncinata*, *Lepadella acuminata*, *Lepadella patella* y *Lepadella romboides*. Estas especies normalmente las encontramos en zonas con altos niveles de carbonatos y bicarbonatos (Bērzinš y Pejler, 1989 c). En el sitio 5, tanto *B. angularis* como *K. cochlearis*, muestran una relación negativa con los nutrientes, sin embargo algunas especies de *Brachionus* y *Keratella* se pueden encontrar en una amplio rango de niveles tróficos (Bielańska-Grajnera y GŁadysz, 2010).

CONCLUSIONES

En cuanto a variables físico-químicas el humedal conocido como Lago Boximo es muy parecido a otros humedales y cuerpos agua someros ubicados en el altiplano mexicano, como en el caso de Xochimilco, Chimaliapan y La cantera Oriente.

Se observa una alta concentración de nutrientes presente en la columna de agua, valores que no se han observado en otros cuerpos de agua similares, esta alta concentración puede deberse al uso de fertilizantes en la zona, además de otros factores como la introducción de especies exóticas como la carpa común (*Cyprinus carpio*), al ser una especie bentívora resuspende la materia orgánica del fondo aumentando la turbiedad y la concentración de nutrientes, mismo efecto que produce la velocidad del viento en lagos someros.

De las 107 especies de rotíferos que se reportan, equivalen al 50% de especies registradas en el Estado de México y un 30% de las reportadas en todo el país.

De acuerdo al índice desarrollado por Ejsmon-Karabin (2012) sugiere que el humedal conocido como Lago Boximo se encuentra en un estado de eutrofización, proceso en el que también se encuentran otros sistemas de la región como es el caso de Xochimilco y La Cantera Oriente.

Se observó una mayor riqueza y diversidad de rotíferos en los sitios colonizados por macrófitas, ya que estas proporcionan una fuente nutricional y protección contra los depredadores.

Por último, en el análisis de correspondencia canónica se observó que las especies ligadas a la zona litoral tienen una marcada relación con la profundidad, en cuanto a otras variables solo algunas especies de rotíferos mostraron alguna relación, esto debido a que varias especies de rotíferos bentónicos y perifíticos encontrados en este trabajo no son sensibles a cambios en las variables ambientales. Por otro lado las especies relacionadas generalmente con la zona pelágica muestran una fuerte relación con la temperatura y los nutrimentos.

LITERATURA CITADA

- Ahlstrom, E.H. 1932. Plankton rotatoria from México. Transactions of the American Microscopical Society.51: 242-251
- Alcocer, J. y Escobar, E. 1996. Limnological regionalization of Mexico. Lakes & Reservoirs: Research & Management, 2: 55-69.
- Alcocer, J. 2017. Mexican Meromictic Lakes: What We Know So Far. In Ecology of Meromictic Lakes, pp. 353-375.
- APHA. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington. 1265 pp.
- Arora, J., y Mehra N. K. 2003. Seasonal dynamics of rotifers in relation to physical and chemical conditions of the river Yamuna (Delhi), India. Hydrobiologia 491:101–109.
- Bakker, E.S., Sarneel, J.M., Gulati, R.D., Liu, Z. y Van Donk, E., 2013. Restoring macrophyte diversity in shallow temperate lakes: biotic versus abiotic constraints. Hydrobiologia 710:23–37
- Bartos, E., 1959. Vifnici - Rotatoria. Fauna SR 15, Praha. 969 pp.
- Berzins, B. y Pejler B.1987, Rotifer occurrence in relation to pH, Hydrobiologia 147: 107-116.
- Berzins, B. y Pejler, B. 1989a. Rotifer occurrence in relation to temperature. Hydrobiologia 175: 223-231.
- Berzins, B. y Pejler, B. 1989b. Rotifer occurrence in relation to oxygen content, Hydrobiologia 183: 165 -172.
- Berzins, B. y B. Pejler, 1989c. Rotifer occurrence and trophic degree. Hydrobiologia 182: 171–180
- Bielańska-Grajner, I. y Gładysz, A. 2010. Planktonic rotifers in mining lakes in the Silesian Upland: Relationship to environmental parameters. Limnologica 40: 67-72.
- Brehm, V. 1932. Notizen zur swasserfauna Guatemalas un Mexikos. Zoologische Anzeiger. 114: 63-66
- Brehm, V. 1942. Plancton del Lago de Pátzcuaro. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. 3:81-85.
- Carlin, N. B. 1935.Rotarien aus Mexico.Kunigl. Fysiog. Sallsk. Lund. Fhrhand. 5:175-185.
- Castro, B.B., Antunes, S.C., Pereira, R., Soares, A.M.V.M. y Gonçalves, F. 2005. Rotifer community structure in three shallow lakes: seasonal fluctuations and explanatory factors. Hydrobiologia, 543: 221-232.

- Cheruvellil, K.S, Soranno P.A y Serbin R.D. 2000. Macroinvertebrates associated with submerged macrophytes: sample size and power to detect effects. *Hydrobiologia* 441:133–139
- Chow-Fraser, P. 1998. A conceptual model to aid restoration of Cootes Paradise Marsh, a degraded coastal wetland of Lake Ontario, Canada. *Wetland Ecology and Management* 6:43–57.
- Chow-Fraser, P. 1999. Seasonal, interannual and spatial variability in the concentrations of total suspended solids in a degraded coastal wetland of Lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research* 25:799–813.
- Conanp, S. (2013). Humedales de México Sitios Ramsar-CONANP. Disponible en internet: < http://ramsar.conanp.gob.mx/la_conanp_y_los_humedales.php > consultado el 20 de Diciembre del 2017.
- Cooke, G.D., Welch, E.B., Peterson, S.A., y Nichols, S.A., 2005, Restoration and management of lakes and reservoirs: New York, Taylor and Francis, 591 p.
- De la Lanza, E.G y García-Calderón J.L. 1991. Sistema lagunar Huizache y Caimanero, Sin. Un estudio socio ambiental, pesquero y acuícola. *Hidrobiológica* 1: 1-35
- De la Lanza, G. y García-Calderón, J.L. (Compiladores) 2002. Lagos y Pressas de México. AGT Editor.
- Delbecque, E.J.P. y Suykerbuyk, R.E.M. 1988. A comparison of the periphyton of *Nuphar lutea* and *Nymphaea alba*. Spatial and temporal changes in the occurrence of sessile microfauna. *Archiv. Fur. Hydrobiologie*, 112: 541-556.
- De Ramsar, M. D. L. C. (2004). Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971).
- Devetter, M. 1998. Influence of environmental factors on rotifer assemblage in artificial lake. *Hydrobiologia* 387/388: 171–178.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (1992), Ley de Aguas Nacionales, 1 de diciembre.
- Downing, J.A. y Cyr H. 1986. Quantitative estimation of epiphytic invertebrate populations. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 42: 1570 –1579.
- Duggan, I. C., Green J. D., Thompson K. y Shiel R. J. 1998. Rotifers in relation to littoral ecotone structure in Lake Rotomanuka, North Island, New Zealand. *Hydrobiologia* 387/388: 179–197.
- Duggan, I. C. 2001. The ecology of periphytic rotifers. *Hydrobiologia* 446/447: 139–148.
- Duggan, I.C; Green, J. D; Thompson K. y Shiel. R. J. 2001. The influence of macrophytes on the spatial distribution of littoral rotifers, *Freshwater Biology*. 46: 777-786.

- Dumont, H.J., Van De Velde I. y Dumont S. 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia*, 19:75–97.
- Dumont, H. J. 1977. Biotic factors in the population dynamics of rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 8: 98-122.
- Edwards, D.R., y T.C. Daniel. 1992. Environmental impacts of on farm poultry waste disposal a review. *Bioresour. Technol.* 41:9-33.
- Enríquez-García, C., Nandini, S. y Sarma, S. S. S. 2009. Seasonal dynamics of zooplankton in Lake Huetzalin, Xochimilco (Mexico City, Mexico). *Limnologia* 39: 283–291.
- Eppink, F.V., Van Den Bergh, J.C.J.M. y Rietveld, P. 2004. Modelling biodiversity and land use: urban growth, agriculture and nature in a wetland area. *Ecological Economics* 51, 201–216.
- Ejsmont-Karabin, J., 1995. Rotifer occurrence in relation to age, depth and trophic state of quarry lakes. *Hydrobiologia* 313/314: 21–28.
- Ejsmont-Karabin, J. 2012. The usefulness of zooplankton as Lake Ecosystem indicators: Rotifer trophic state index. *Polish Journal of Ecology* 60: 339–350.
- Figuroa-Sanchez, M., Sarma, N., y Sarma, S. 2014. Zooplankton community structure in the presence of low levels of cyanotoxins: a case study in a high altitude tropical reservoir (Valle de Bravo, Mexico). *Journal of Limnology*, 73: 141-150
- Flores-Burgos, J., S. S. S. Sarma y S. Nandini. 2003. Estudio preliminar sobre la fauna de rotíferos de Xochimilco (México). En E. Stephan-Otto (ed), *El agua en la cuenca de México: Sus problemas históricos y perspectivas de solución*. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco, A. C., Parque Ecológico de Xochimilco, UAM. México. 1: 163-171.
- García-García, G., Nandini S., Sarma S. S. S., Martínez-Jerónimo F. y Jiménez-Contreras J. 2012. Impact of chromium and aluminium pollution on the diversity of zooplankton: A case study in the Chimaliapan wetland (Ramsar site) (Lerma basin, Mexico). *Journal of Environmental Science and Health, Part A.* 47, 534-547.
- García-Morales, A. E. y Elías-Gutiérrez, M. 2004. Rotifera from southeastern Mexico, New Records and Comments on Zoogeography. *Anales del instituto de Biología. México*, 75: 99-120.
- Garza-Mouriño, G, Silva-Briano M, Nandini S, Sarma SSS y Castellanos-Páez M.E. 2005. Morphological and morphometrical variations of selected rotifer species in response to predation: a seasonal study of selected brachionid species from Lake Xochimilco (Mexico). *Hydrobiologia* 546:169-179

- Garvey, J.E, Dugger, B.D, Whiles, M.R, Adams, S.R, Flinn, M.B, Burr, B.M. y Sheehan, R.J. 2003. Responses of fish, waterbirds, invertebrates, vegetation, and water quality to environmental pool management: Mississippi River Pool. Final report submitted to the U.S. Army Corps of Engineers, St. Louis District, 180 pp.
- González-Gutiérrez, S. Sarma, S.S.S. y Nandini, S. 2017. Seasonal variations of rotifers from a high altitude urban shallow water body, La Cantera Oriente (Mexico City, Mexico), Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 35:1387-1397.
- Google. (s.f.). [Lago Boximo, Jiquipilco, Estado de México, en Goole maps], consultado el 12 de Octubre del 2013, de: <https://www.google.com.mx/maps/place/Lago+Boximo/@19.6067437,-99.7019923,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x85d268c5759a1a6f:0x6a8ff77b6dc9dff4!8m2!3d19.6058946!4d-99.6940104>
- Gulati, R. D. 1999. Population dynamics of planktonic rotifers in Lake Loosdrecht, the Netherlands, in relation to their potential food and predators. Freshwat. Biol. 42: 77–97.
- Halls, A.J. 1997. Wetlands, Biodiversity and the Ramsar Convention: The Role of the Convention on Wetlands in the Conservation and Wise Use of Biodiversity. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland.
- Hamilton, D.P., y Mitchell, S.F. 1997. An empirical model for sediment resuspension in shallow lakes. Hydrobiologia, 317: 209– 220.
- Hoffman, C. V. y A. B. Sámano. 1938a. Los criaderos invernales de *Anopheles pseudopunctipennis* en el estado de Oaxaca. Anales del instituto de Biología. México, 9:181-192.
- Hoffman, C. V. y A. B. Sámano. 1938b. Notas acerca de los criaderos invernales de *Anopheles albimanus* Wide en los pantanos de Veracruz. Anales del Instituto de Biología. México, 9:193-208.
- Hoffman, W., 1977. The influence of abiotic environmental factors on population dynamics in planktonic rotifers. In: C. E. King (ed.) Proceedings First International Rotifer Symposium. Ergeb. Limnol. 8: 77-83.
- Holland, M., F. Dennis y G. Brij. 1990. The characteristics of wetland ecotones. In: Naiman, R. I. y H. Decamps (Eds.). 1990. The ecology and management of aquatic and terrestrial ecotones. MAB Series No. 4. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. París. pp. 717-198.
- Holst, H., H. Zimmermann, H. Kausch y W. Koste. 1998. Temporal and spatial dynamics of planktonic rotifers in the Elbe estuary during spring. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 47: 261 – 273.
- Hutchinson, G.E., 1975: A treatise on limnology. III. Limnological botany. John Wiley & Sons, New York. 660pp.

- Jiménez-Contreras, J., Sarma S.S.S., Merino-Ibarra, M y Nandini S. 2009. Seasonal changes in the rotifer (Rotifera) diversity from a tropical high altitude reservoir (Valle de Bravo, Mexico). *Journal of Environmental Biology*. 30:191-195.
- Jeppesen, E., Jensen J.P., Søndergaard M., Lauridsen T., Pedersen L.J. y Jensen L. 1997. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia* 342(343): 151 – 164.
- Johnson, W. C., Millett, B. V., Gilmanov, T., Voldseth, R. A., Guntenspergen, G. R., y Naugle, D. E. 2005. Vulnerability of northern prairie wetlands to climate change. *BioScience*, 55: 863-872.
- Koinig, K. A., C. Kamenik, R. Schmidt, A. Agustí-Panareda, P. G. Appleby, A. Lami, M. Prazakova, N. L. Rose, Ø. A. Schnell, R. Tessadri, R. Thompson y R. Psenner, 2002. Environmental changes in an alpine lake (Gossenköllesee, Austria) over the last two centuries – the influence of air temperature on biological parameters. *J. Paleolim.* 28: 147–160.
- Koste, W. 1978. *Rotatoria, Die Radertierte Mitteleuropas*. Gebruder Borntraeger, Berlin, 673 pp.
- Koste, W., y Shiel, R. J. 1986. Rotifera from Australian inland waters. I. Bdelloidea (Rotifera: Digononta). *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 37:765-92.
- Koste, W. y Shiel, R. J. 1987. Rotifera from Australian inland Waters. II. Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta) *Invertebrate Taxonomy*. 7:949-1021.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd Edition, Benjamin Cummings, California, 620 pp.
- Kutikova, L.A. y Silva-Briano M. 1995. *Keratella mexicana* sp. nov., a new planktonic rotifer from Aguascalientes, Mexico. *Hydrobiologia*, 310: 119-122.
- Kuczyn´ska-Kippen, N. y Nagengast B. 2001. The spatial distribution of zooplankton in the littoral zone of Wielkowiejskie Lake, Poland. *Proceedings: Symposium for European Freshwater Sciences, Toulouse*.
- Kuczyn´ska-Kippen, N. 2001 a. Seasonal changes of the rotifer community in the littoral of a polymictic lake. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 27: 2964 –2967.
- Kuczyn´ska-Kippen, N. 2001 b. *Struktura przestrzenna zespołu w Rotifera w wybranych fitocenozach roślinności zanurzonej i szuwarowej Jeziora Budzyn´skiego* [The spatial structure of Rotifera communities in the chosen phytocoenosis of the submerged and rush vegetation of Budzyn´skie Lake]. PhD thesis – mncs. Department of Hydrobiology, UAM University, Poznan.
- Kuczyn´ska-Kippen, N. 2003. The distribution of rotifers (Rotifera) within a single Myriophyllum bed, *Hydrobiologia* 506–509: 327–331.

- Kuczyn´ska-Kippen, N. 2007. Habitat choice in rotifera communities of three shallow lakes: impact of macrophyte substratum and season. *Hydrobiologia* 593:27–37.
- Kuczyn´ska-Kippen, N. 2008. Spatial distribution of zooplankton communities between the Sphagnum mat and open water in a dystrophic lake. *Pol. J. Ecol.* 56: 57-64.
- Kuczyn´ska-Kippen, N., Basińska A.M. y Świdnicki K. 2013. Specificity of zooplankton distribution in meteorite crater ponds (Morasko, Poland). *Knowl. Manag. Aquatic Ecosyst.* 409: 1-11
- Kuczyn´ska-Kippen, N. y Basińska A. 2014. Habitat as the most important influencing factor for the rotifer community structure at landscape level. *International Review of Hydrobiology*, 99: 58-64.
- Lauridsen, T.L., Pedersen, L.J., Jeppesen, E., y Sondergaard, M. .1996. The importance of macrophyte bed size for cladoceran composition and horizontal migration in a shallow lake. *Journal of Plankton Research* 18:2283-2294
- Lampert, W. y Sommer U. 2007. *Limnoecology* (2nd Ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Lauterborn, R. 1904. "Beitrage zur Fauna und Flora des Oberrheins und seiner Umgebung. 2. Faunistische und biologische Notizen", 'Mitt. Pollichia naturw. Ver. Rheinpfalz.
- Lewis, W.M. 1996. Tropical lakes: How latitude makes a difference. En: Schimer,F. y Boland, K.T. (Eds). *Perspective in tropical limnology*. SPB Academic Publishing. 43-64.
- May, L. 1983. Rotifer occurrence in relation to water temperature in Loch Leven, Scotland. *Hydrobiologia* 104: 311–315.
- May, L., y Jones, D. H. 1989. Does interference competition from *Daphnia* affect populations of *Keratella cochlearis* in Loch Leven, Scotland? *J. Plankton Res.* 11:445-462.
- May, L., y O'Hare M. 2005. Changes in rotifer species composition and abundance along a trophic gradient in Loch Lomond, Scotland, UK – *Hydrobiologia*, 546: 397–404.
- Miracle, M. R., Alfonso, M. T. y Vicente, E. 2007. Fish and nutrient enrichment effects in a Mediterranean shallow lake: a mesocosm experiment. *Hydrobiologia* 593: 77–94.
- Mitsch, W. J. y J. G. Gosselink. 1993. *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold. New York. 722 pp.
- Moss, B., 2010. *Ecology of Freshwaters: A View for the Twenty-first Century*, 4th ed. Wiley-Blackwell, Oxford.

- Muñoz-Colmenares, M.E. 2014. Diversidad de rotíferos de la clase Monogononta, Durante un ciclo anual en el Lago Zempoala, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM.
- Nandini, S, Ramírez-García P, y Sarma S.S.S. 2005. Seasonal variations in the species diversity of planktonic rotifers in Lake Xochimilco, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology* 20: 287-294.
- Nandini, S., Ramirez-García, P., y Sarma, S.S.S. 2015. Water quality in Lake Xochimilco, Mexico: zooplankton indicators and *Vibrio cholerae*. *Journal of Limnology*.
- Nogrady, T., Wallace R. L. y Snell T. W. 1993. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world, Volume 4: Rotifera. SPB Academic Publishing: 142 pp.
- Olmsted, I. 1993. Wetlands of Mexico. In *Wetlands of the world: Inventory, ecology and management*, 637-677.
- Osorio, T.B.F. 1942. Rotíferos planctónicos de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 3: 23-79
- Örstan, A. 1995. A new species of bdelloid rotifer from Sonora, Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 40: 255-258
- Pejler, B. 1962. On the taxonomy and ecology of benthic and periphytic Rotatoria. *Investigations in northern Swedish Lapland. Zoologiska Bidrag Fra Æn Uppsala*, 33: 327-422.
- Pejler, B. y Berzins, B. 1989. On choice of substrate and habitat in brachionid rotifers. *Hydrobiologia* 186/187 (Dev. Hydrobiol. 52): 137–144.
- Pennak, R.W. 1966. Structure of Zooplankton Populations in the Littoral Macrophyte Zone of Some Colorado Lakes. *Transactions of the American Microscopical Society*. 85: 329-349
- Pennak, R.W. 1989 *Fresh-water invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca*. Wiley Publishers, New York: 628 pp.
- Phillips, G.L., Perrow M.R. y Stansfield H. 1996. Manipulating the fish – zooplankton interaction in shallow lakes: a tool for restoration. In: Greenstreet S.P.R. and Tasker M.L. (eds.), *Aquatic Predators and their Prey*, Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, England, pp. 174 –183.
- Pieczynska, P. 1990. Littoral habitats and communities. *Guidelines of Lake Management. Lake shore management. International Lake Environment Committee. United Nations Environment Programme*. pp. 39-72.
- Ramírez, G. P, S. Nandini S, Sarma S. S. S, V. Robles, E. Cuesta, I. y M. D. Hurtado. 2002. Seasonal variations of zooplankton abundance in the fresh water reservoir Valle de Bravo (Mexico). *Hydrobiologia*. 467: 99-108.

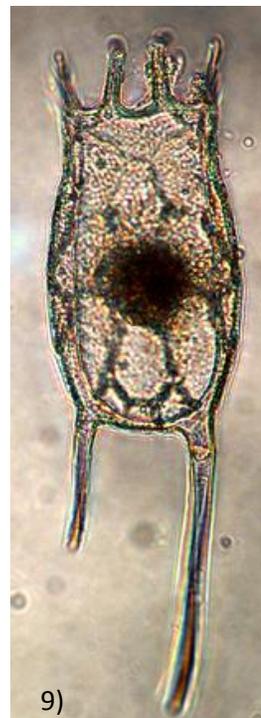
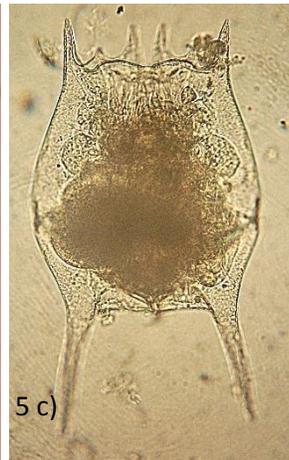
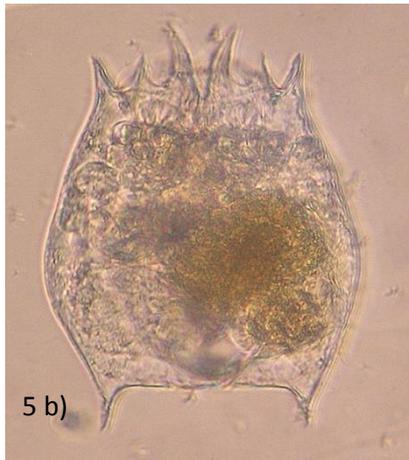
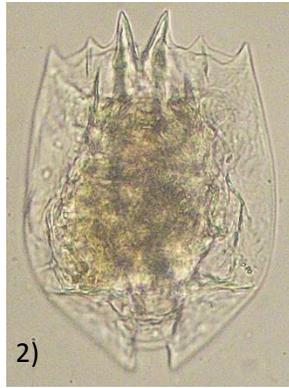
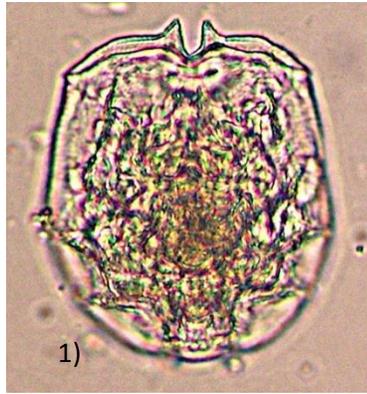
- Reddy, K.R. y Delaune, R.D. 2008. *The Biogeochemistry of Wetlands: Science and Applications*. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 774.
- Rico-Martinez, R y Silva-Briano M. 1993. Contribution to the knowledge of the rotifera of Mexico. *Hydrobiologia*. 155:467-474.
- Richardson, C. J., y McCarthy, E. J. 1994. Effect of land development and forest management on hydrologic response in southeastern coastal wetlands: a review. *Wetlands*, 14: 56-71.
- Ruttner-Kolisko, A. 1974. *Plankton rotifers. Biology and taxonomy*. Suppl. Die Binnengewässer. Schweizerbart'sch Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Germany.
- Ruttner-Kolikso, A. 1977. The effect of the microsporid *Plistophora asperospora* on *Conochilus unicornis* in Lunzer Untersee (LUS). *Archiv für Hydrobiologie, Beihefte Ergebnisse Limnologie* 8:135–137.
- Ruttner, F. 1968. *The plankton community, Fundamentals of limnology*. University of Toronto Press.
- Sager, E.P.S. 1996. Factors limiting the light environment in Cootes Paradise, Hamilton Harbour and other coastal marshes of Lake Ontario. *Water Qual. Res. J. Can.* 31: 553–575.
- Sámano, A. 1931. Contribución al conocimiento de los rotíferos de México. *Anales del Instituto de Biología, Mexico*.2: 157-163
- Sámano, A. 1936. Contribución al conocimiento de la fauna de Actopan, Hidalgo. III. Nota acerca de la fauna de rotíferos de los depósitos de agua de Actopan y lugares vecinos. *Anales del Instituto de Biología, México*, 7:269-270.
- Sarma, S. S. S., M. Elías G. y C. R. Serranía.1996. Rotifers from high altitude crater-lakes at the Nevado de Toluca Volcano, México. *Hidrobiologica*. 6:33-38.
- Sarma, S. S. S. y M. Elías-Gutiérrez, 1997. Taxonomic studies of fresh water rotifers (Rotifera) from México. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*. 44: 341-357.
- Sarma, S. S. S. y Elías-Gutiérrez M. 1998. Rotifer diversity in a central Mexican pond. *Hydrobiologia*. 187/388: 47-54.
- Sarma, S. S. S. y Elías-GutiérrezM. 1999. A survey of the rotifer (Rotifera) fauna of the Yucatan Peninsula (Mexico). *Revista de Biología Tropical*. 47 : 191-200.
- Sarma, S. S. S. y Elías-Gutiérrez, M. 1999. Rotifers (Rotifera) from four natural water bodies of central México. *Limnologica*. 29: 475-483.
- Sarma, S. S. S. 1999. Checklist of Rotifers (Rotifera) from Mexico. *Environment and Ecology*.17: 978-983.

- Sarma, S. S. S. y Elías-Gutierrez M. 2000. Rotifers from México: New records in High Altitude Ponds. *The Southwestern Naturalist*.45: 366-373
- Sarma, S. S. S, S. Nandini, P. Ramírez Garcia y J. E. Cortes Muñoz. 2000. New records of brackish water Rotifera and Cladocera from Mexico. *Hidrobiologica*. 10: 121-124.
- Sarma, S. S. S., Serranía-Soto C. R. y S. Nandini. 2005. Diversidad del Filo Rotifera en el Estado de México. En prensa.
- Sarma, S. S. S, Serranía-Soto C, Nandini S. 2009. Rotíferos. In: Ceballos G, List R, Garduño G, López-Cano R, Muñozcano-Quintanar MJ, Collado E, San-Román JE, editors. La diversidad biológica del Estado de México: Estudio de Estado. Biblioteca Mexiquense del Bicentenario. Colección Mayor, Gobierno del Estado de México, Mexico. p. 113–117; Appendix VII, p. 411–416.
- Sarma, S. S. S., Osnaya-Espinosa L. R., Aguilar-Acosta. C.R. y Nandini, S. 2011. Seasonal variations in zooplankton abundances in the turbid reservoir (Isidro Fabela, State of Mexico), Mexico. *J. Environ. Biol.*, 32: 480-473.
- Sculthorpe, C.D., 1967: The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold, London, 610pp.
- Schriver, P.J., Bøgestrand E., Jeppesen E. y Søndergaard M. 1995. Impact of submerged macrophytes on fish-zooplanktonphytoplankton interactions: large scale enclosure experiments in a shallow eutrophic lake. *Freshwater Biol.* 33: 255 –270.
- Segers, H. 1995. Rotifera 2: The Lecanidae (Monogononta). Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 6. (H. J. Dumont & T. Nogrady Eds). SPB Academic Publishing BV. 226 pp.
- Segers, H. 1996. The biogeography of littoral *Lecane* Rotifera. *Hydrobiologia* 323: 169-197.
- Segers, H. 2007. Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa* 1564: 1–104.
- Serranía-Soto, C. R. y Sarma S. S. S. 2003. Some taxonomical aspects of rotifer from central Mexico. *Scientia Naturae*. 6:53-61.
- Silva-Briano, M. y Segers, H. 1992. Una nueva especie del género *Brachionus* (Rotifera: Monogononta) del Estado de Aguascalientes, México. *Hydrobiologia*. 25:283-285.
- Silva-Briano, M. y Adabache-O A. 1999. On the taxonomy and distribution of the Rotifer *Keratella mexicana* Kutikova y Silva-Briano, 1995. *Annales de Limnologie*. 35: 105-109.

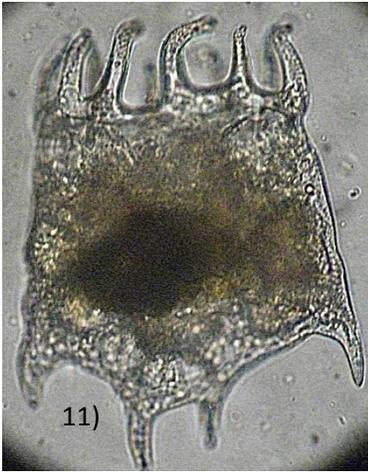
- Snell, T. W. 1987. Sex, population dynamics and resting egg production in rotifers. *Hydrobiologia* 144: 105–111.
- Snell, T. W. y Joaquim-Justo, C. 2007. Workshop on rotifers in ecotoxicology. *Hydrobiologia* 593:227–232.
- Sladeczek, V. 1958. A note on the phytoplankton zooplankton relationship, *Ecology* 39, 547 - 549.
- Sladeczek, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 100:169–201.
- Ter Braak C. F. J. (1986) Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67, 1167-79.
- Timotius, K.H. y Goltenboth, F., 1995. *Tropical Limnology*. Salatiga, Indonesia.
- Thomaz, S.M, Dibble E.D, Evangelista L.R, Higuti J. y Bini L.M. 2008. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biol* 53:358–367
- Vieira, L.C.G, Bini L.M, Velho L.F.M y Mazao G.R. 2007. Influence of spatial complexity on the density and diversity of periphytic rotifers, microcrustaceans and testate amoebae. *Fund Appl Limnol* 179:77–85
- Vilaclara, G y Sládeček V. 1989. Mexican rotifers as indicator of water quality with description of *Collotheca riverai*, new species. *Arch. Hidrobiol.* 115: 257-264.
- Wallace, R.L. y Edmondson, W.T. 1986. Mechanism and adaptive significance of substrate selection by sessile rotifer. *Ecology*, 67: 314-323.
- Wallace, R.L, Snell T.W, Ricci C y Nogrady T. 2006 .Rotifera Part 1: Biology, Ecology and Systematics. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Kenobi Productions Gent/ Backhuys, The Netherlands. 299 pp.
- Wallace, R.L, Snell T.W. 2010. Rotifera. In: Thorp JH, Covich AP, editors. *Ecology and systematics of North American freshwater invertebrates*. 3rd edn. NY: Academic Press.
- Wetzel, R.G., 2001, *Limnology: Lake and river ecosystems*, 3d ed. New York, Academic Press, 1,006 p.
- Williamson, C. E. 1983. Invertebrate predation on planktonic rotifers. *Hydrobiologia* 104:385-396.
- Winter, T. C., y Rosenberry, D. O. 1998. Hydrology of prairie pothole wetlands during drought and deluge: a 17-year study of the Cottonwood Lake wetland complex in North Dakota in the perspective of longer term measured and proxy hydrological records. *Climatic Change*, 40:189-209.
- Whillans, T. H. 1982. Changes in the marsh area along the Canadian shore of Lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research* 8:570–577.

- Whillans, T. H. 1996. Historic and comparative perspectives on rehabilitation of marshes as habitat for fish in the lower Great Lakes basin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53:56–66.
- Zhang, S.Y., Zhou, Q.H., Xu, D., Lin, J.D., Cheng, S.P. y Wu, Z.B. 2010. Effects of sediment dredging on water quality and zooplankton community structure in a shallow of eutrophic lake. *Journal of Environmental Sciences-China* 22: 218-224

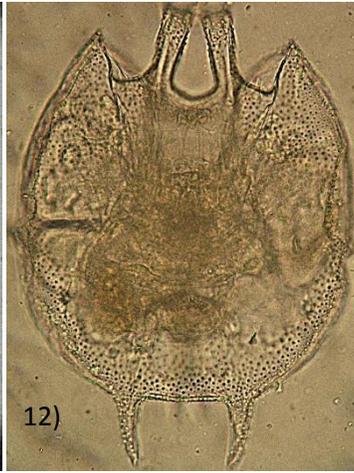
ANEXO



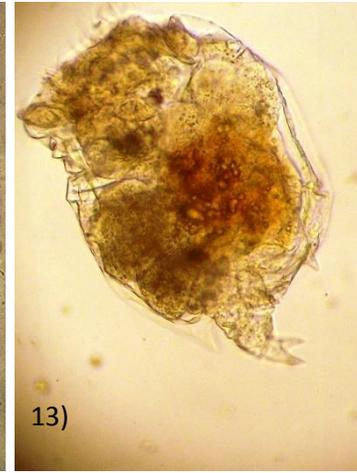
1) *Brachionus angularis*, 2) *Brachionus variabilis*, 3) *Brachionus Rubens*, 4) *Brachionus urceolaris*, 5) *Brachionus quadridentatus*, 6) *Brachionus caudatus*, 7) *Keratella americana*, 8) *Keratella serrulata*, 9) *Keratella tropica*, 10) *Kellicottia bostoniensis*.



11)



12)



13)



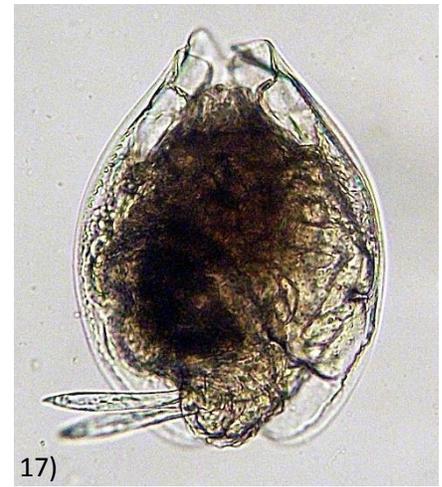
14)



15)



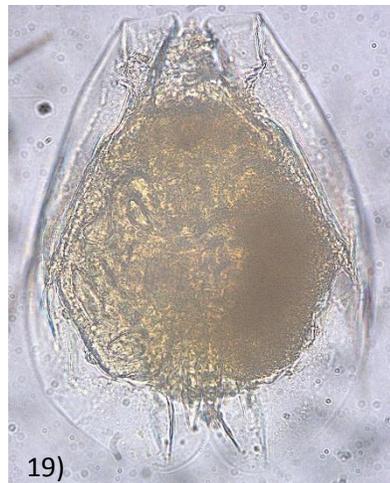
16)



17)



18)

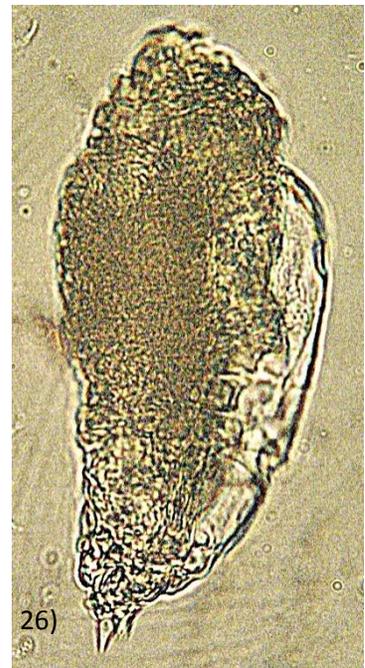


19)

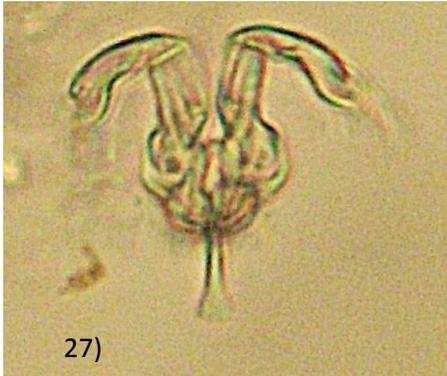


20)

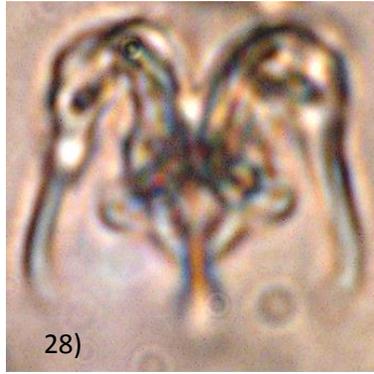
11) *Plationus patulus*, 12) *Platyas quadricornis*, 13) *Epiphanes brachionus*, 14) *Mikrocodides chlaena*, 15) *Beauchampiella eudactylosum*, 16) *Euchlanis meneta*, 17) *Euchlanis triquetra*, 18) *Euchlanis pyriformis*, 19) *Euchlanis lyra*, 20) *Euchlanis calpidia*.



21) *Mytilina mucronata*, 22) *Mytilina acanthophora*, 23) *Mytilina ventralis*, 24) *Mytilina bisulcata*, 25) *Lophocharis salpina*, 26) *Proales decipiens*.



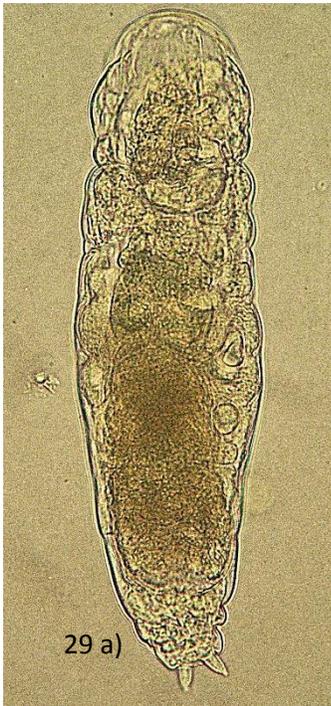
27)



28)



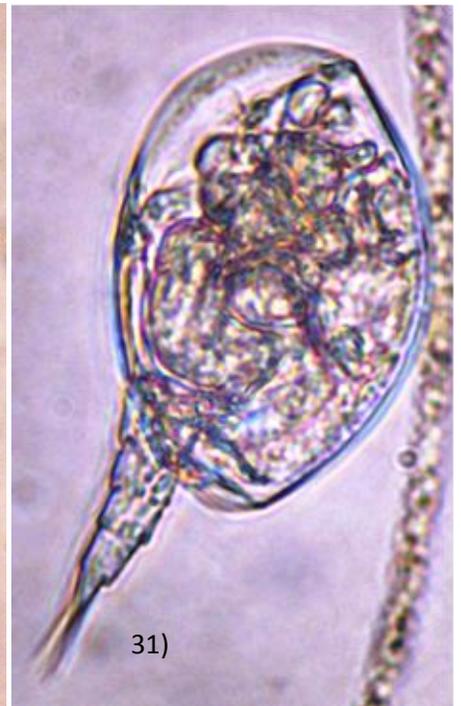
29 b)



29 a)

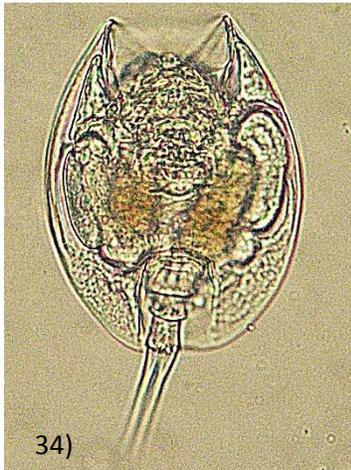


30)



31)

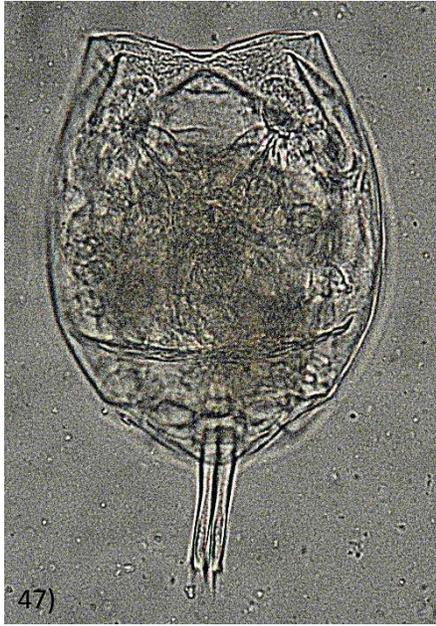
27) *Proales decipiens* (Mastax), 28) *Proales fallaciosa* (Mastax), 29 a) *Lindia torulosa*, b) Mastax, 30) *Trichotria tetractis*, 31) *Colurella obtusa*.



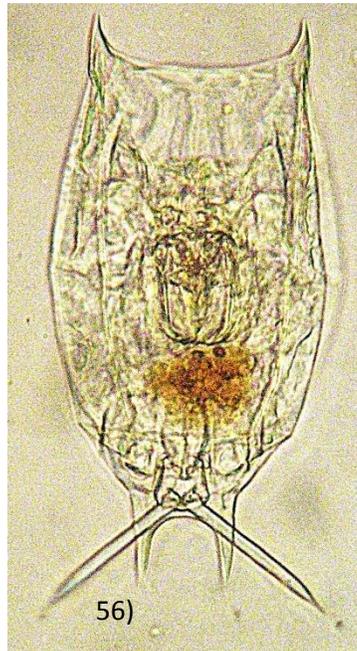
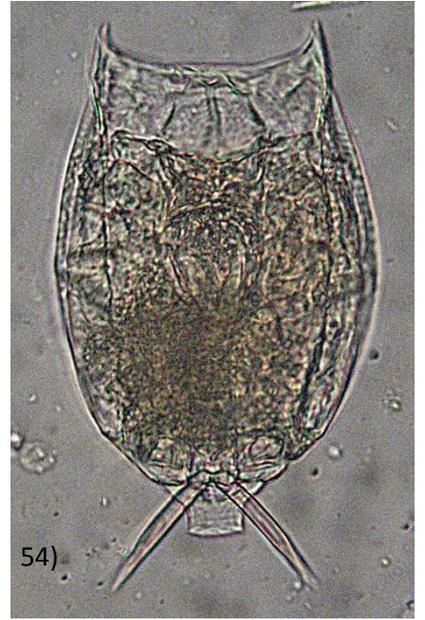
32) *Colurella uncinata*, 33) *Lepadella acuminata*, 34) *Lepadella benjamini*, 35) *Lepadella minuta*, 36) *Lepadella ovalis*, 37) *Lepadella patella*, 38) *Lepadella quadricarinata*, 39) *Lepadella quinquecostata*.



40) *Lepadella romboides*, 41) *Squatinella mutica*, 42) *Lecane bulla*, 43) *Lecane closterocerca*, 44) *Lecane cornuta*, 45) *Lecane curvicornis*.



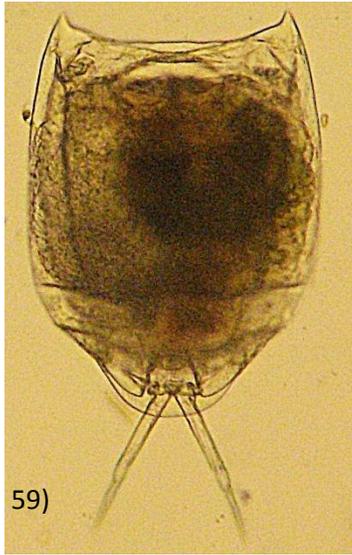
46) *Lecane decipiens*, 47) *Lecane elsa*, 48) *Lecane flexilis*, 49) *Lecane hamata*, 50) *Lecane inermis*, 51) *Lecane inopinata*.



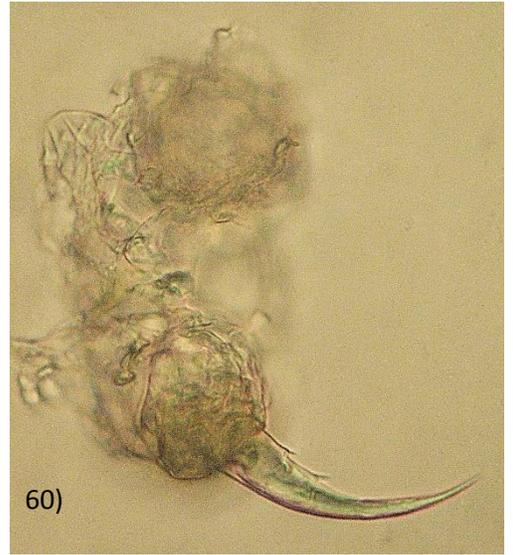
52) *Lecane luna*, 53) *Lecane lunaris*, 54) *Lecane ohioensis*, 55) *Lecane pyriformis*, 56) *Lecane stokesii*, 57) *Lecane tenuiseta*.



58)



59)



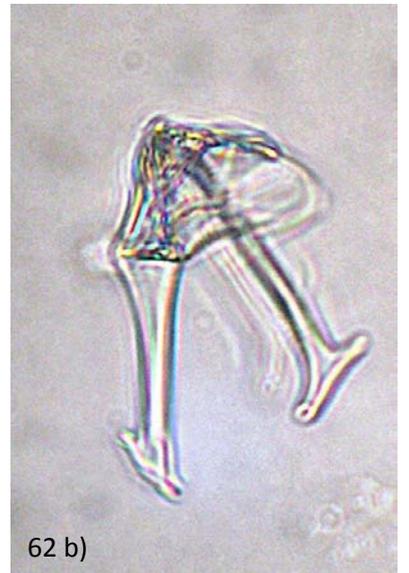
60)



61)

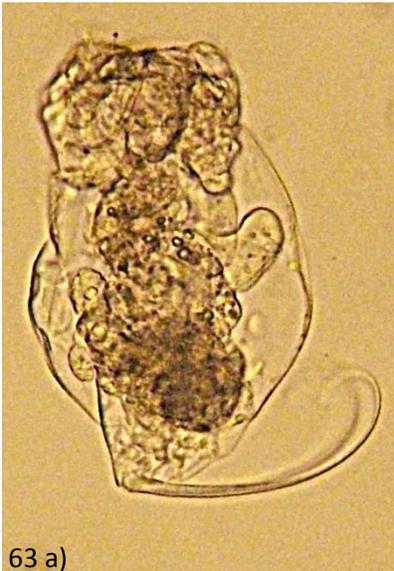


62 a)

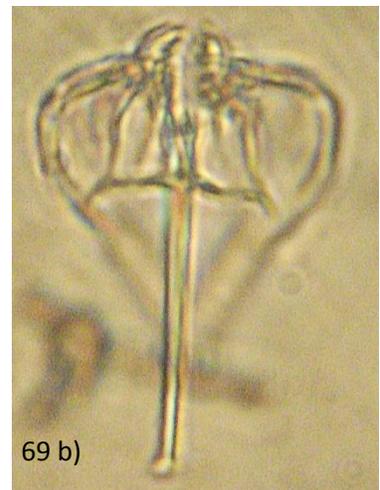
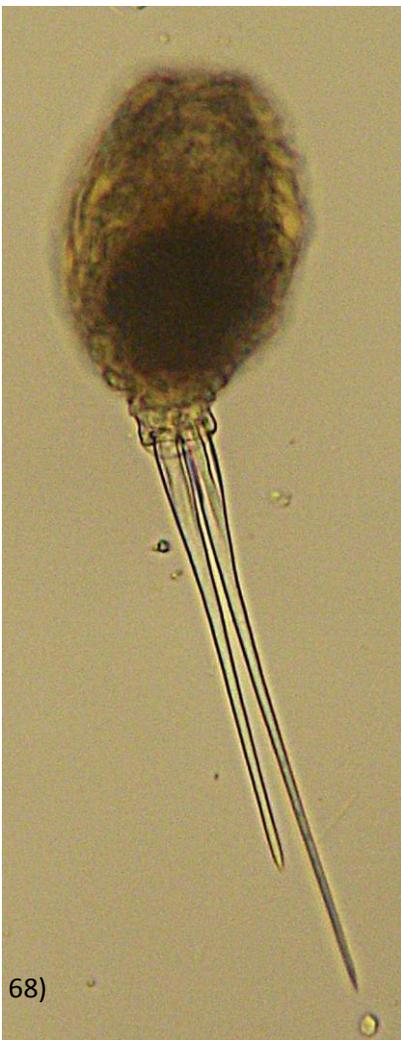
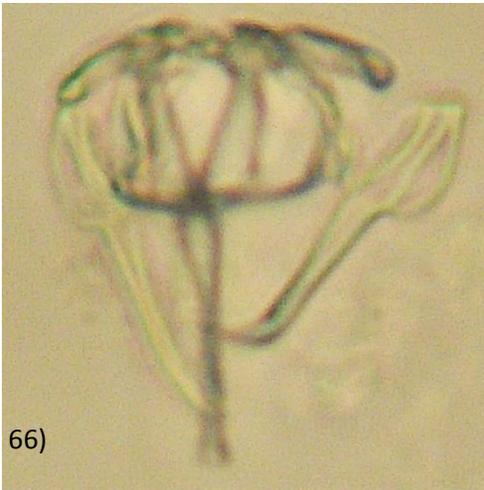


62 b)

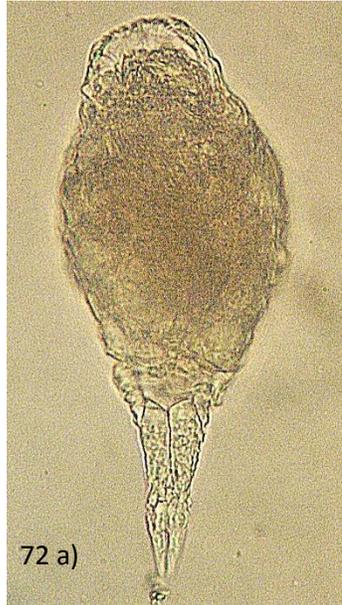
58) *Lecane unguitata*, 59) *Lecane tenuiseta*, 60) *Cephalodella forficula*, 61) *Cephalodella forficula* (Mastax), 62 a) *Cephalodella gibba*, b) Mastax.



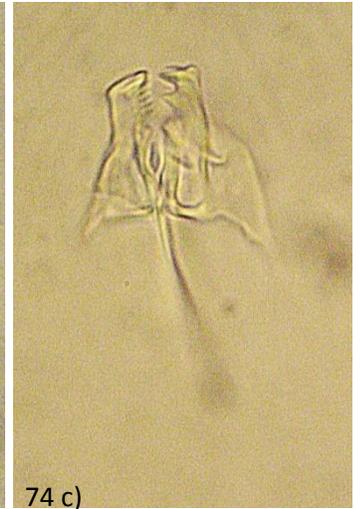
63 a) *Cephalodella gigantea*, b) Mastax, 64 a) *Cephalodella sterea*, b) Mastax, 65 a) *Cephalodella catellina*, b) Mastax.



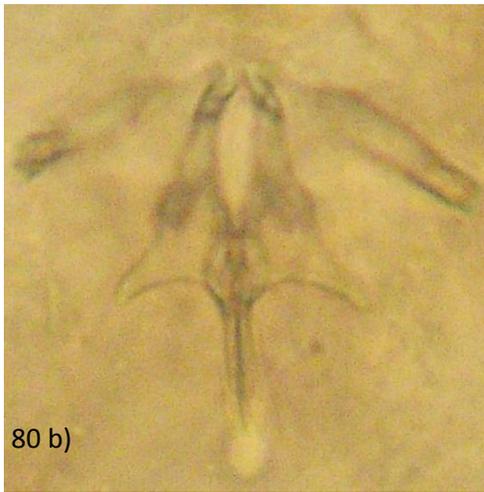
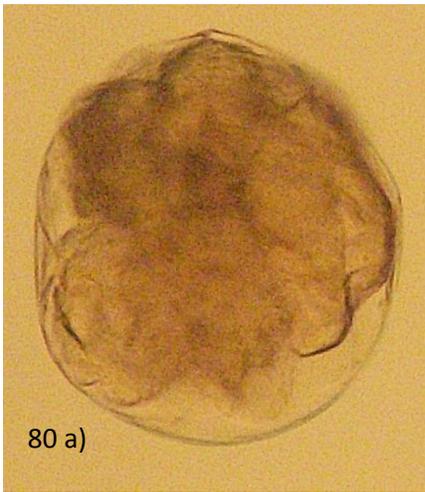
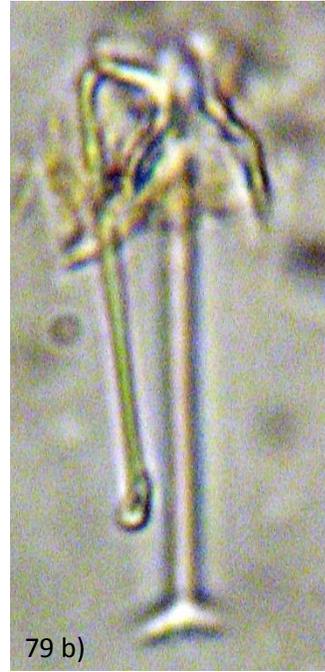
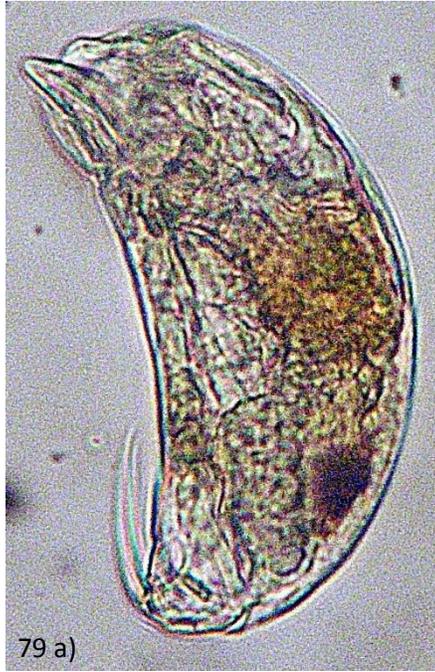
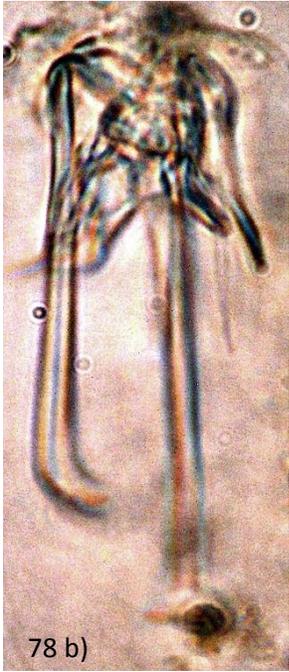
66) *Cephalodella tenuiseta* (Mastax), 67 a) *Cephalodella ventripes*, b) Mastax, 68) *Monommata arndti*, 69 a) *Notommata cyrtopus*, b) Mastax, 70 a) *Notommata glyphura*, b) Mastax.



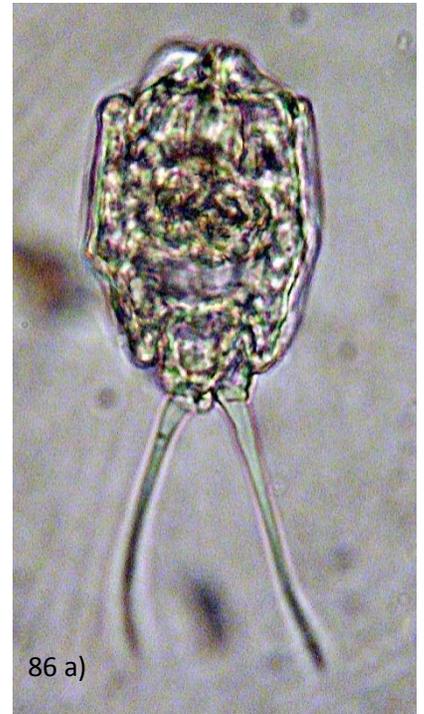
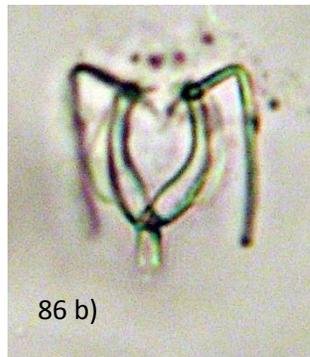
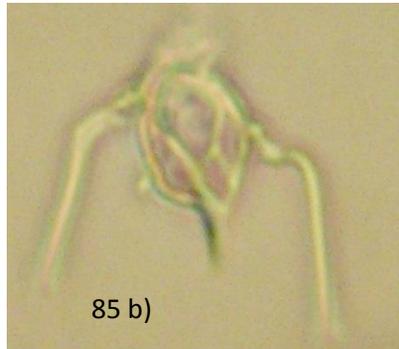
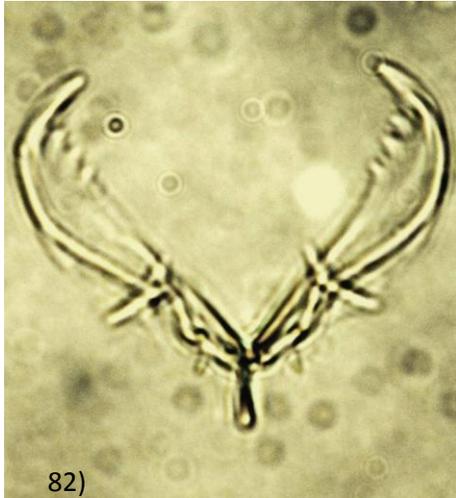
71) *Notommata pachyura* (Mastax), 72 a) *Pleurotrocha petromyzon*, b) Mastax, 73 a) *Resticula melandocus*, b) Mastax.



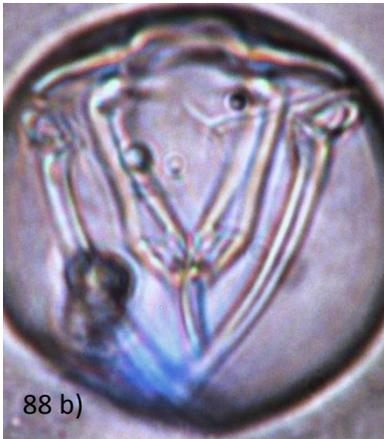
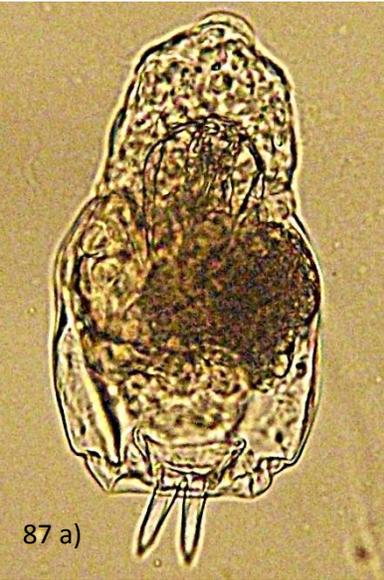
74 a) *Taphrocampa selenura*, b) Mastax, c) Ramus, 75) *Scaridium longicaudum*, 76) *Trichocerca elongata*, 77) *Trichocerca porcellus* (Mastax), 78 a) *Trichocerca tenuior*, b) Mastax.



79 a) *Trichocerca relicta*, b) Mastax, 80 a) *Ascomorpha ecaudis*, b) Mastax, 81) *Polyarthra vulgaris*.



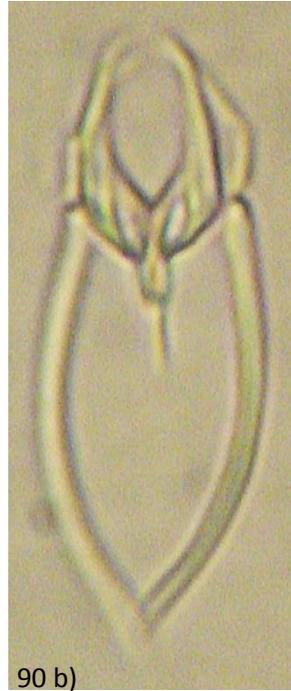
82) *Asplanchna priodonta* (Mastax), 83) *Asplanchna sieboldii* (Mastax), 84) *Asplanchna girodi* (Mastax), 85 a) *Asplanchna priodonta*, b) Mastax, 86 a) *Dicranophoroides caudatus*, b) Mastax.



87 a) *Dicranophorus epicharis*, b) Mastax, 88 a) *Dicranophorus uncinatus*, b) Mastax, 89 a) *Dicranophorus robustus*, b) Mastax.



90 a)



90 b)

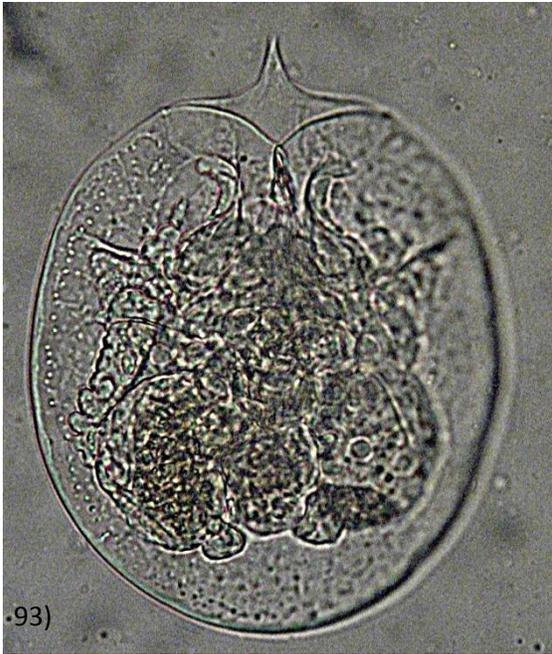


91)

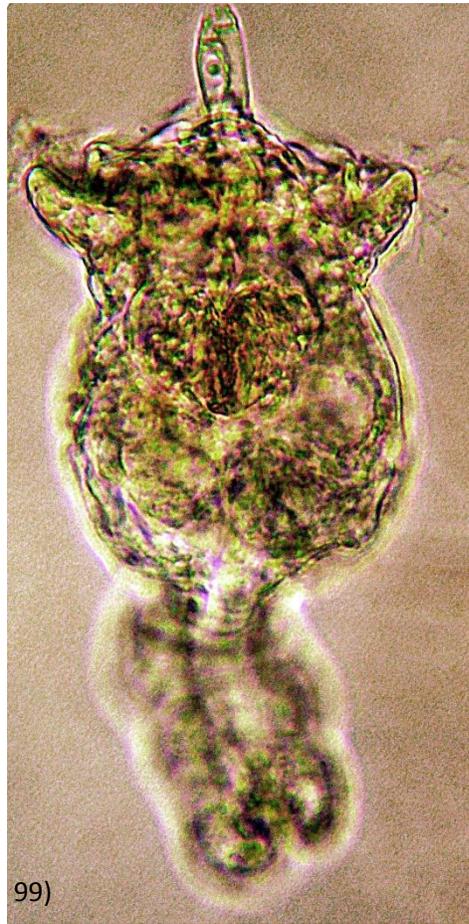
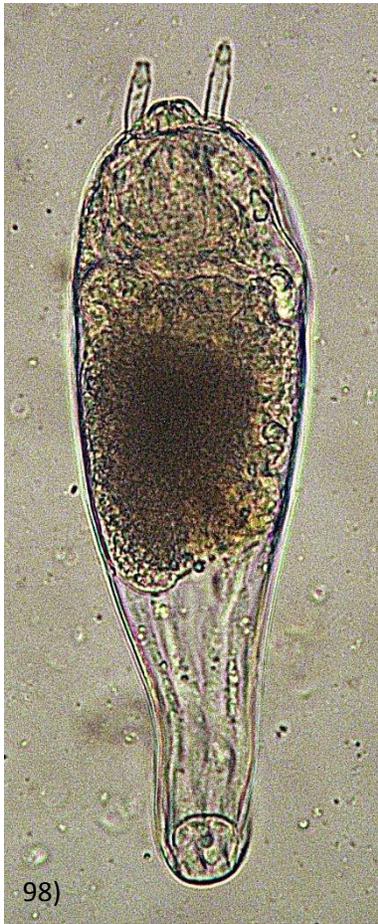


92)

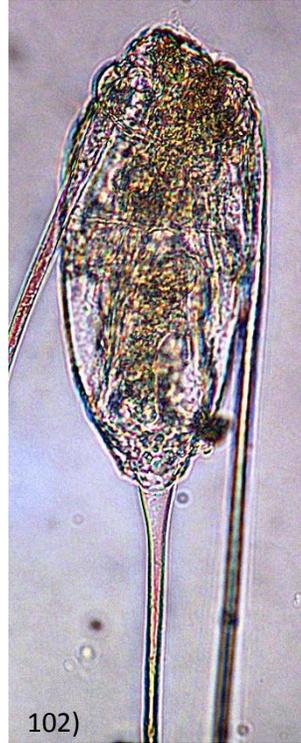
90 a) *Enicentrum diglandula*, b) *Mastax*, 91) *Testudinella emarginula*, 92) *Testudinella caeca*.



93) *Testudinella mucronata*, 94) *Testudinella patina*, 95) *Beauchampia crucígera*, 96) *Floscularia ringens* (Contraída).



97) *Octotrocha speciosa* (Mastax), 98) *Ptygura libera*, 99) *Conochilus natans*, 100) *Conochilus unicornis*.



101) *Hexarthra intermedia*, 102) *Filinia pejleri*, 103) *Filinia terminalis*, 104) *Dissotrocha aculeata*, 105) *Macrotrachela multispinosa*