



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Diversidad de Rotíferos de la Clase Monogononta  
durante un ciclo anual en el Lago Zempoala, Morelos

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

MANUEL EDUARDO MUÑOZ COLMENARES

DIRECTOR DE TESIS: DR. S. S. S. SARMA



Los Reyes Iztacala, Edo. De México

2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## Dedicatoria

A la persona más importante en mi vida: mi madre  
**Bíol. Ma. Eugenia**

Ya que todo lo que eh logrado ha sido gracias a ti.  
A pesar de todo lo que has vivido siempre has visto por nosotros, nunca te has  
rendido y nunca nos has dejado solos, siempre has estado para guiarnos en todo,  
pero sobre todo gracias por tu cariño y amor.

Espero te haga sentir orgullosa esto.

Simplemente gracias por todo mamá, TE AMO.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de pertenecer a esta máxima casa de estudios y convertirse en mi segunda casa.

A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por ser el lugar donde me pude convertir en profesionista y desarrollarme como persona.

A mi tutor, el Dr. S. S. S. Sarma por aceptar dirigir este trabajo, por todo el apoyo que me ha dado y la oportunidad de emprender este viaje de investigación, por todas las horas de trabajo, todo el conocimiento que me brindo y apoyo en mi formación profesional.

A la Dra. Nandini, por permitir que me uniera al equipo de trabajo del laboratorio, sus consejos y todos sus comentarios para la elaboración de esta tesis.

A mi comité de Sinodales, Dra. Elvia Lucia, Dr. Pedro y Dr. Gama por su valioso tiempo en la revisión de este trabajo, sus tan atinados comentarios y correcciones que contribuyeron enormemente el escrito.

Agradezco el financiamiento otorgado por PAPIIT (IN213513) para la realización de este proyecto.

A la C.P. Teresita, por su invaluable ayuda para los trámites de diferentes becas.

A mis amigos:

A mí querida familia de Pelafustanes; Ivonne bombón asesino, Héctor tortuga, Any, Esteban y Juanote que más que amigos son mi familia y claro mis dos grandes hermanos Laura (vaquita) y Fernando (vago) que siempre sin importar que han estado para mi, soportarme en las buenas, malas y peores, que sé que puedo confiar completamente en ellos y que siempre podrán hacerlo conmigo. Gracias por compartir conmigo todos estos años quiénes son y dejarme ser quien soy, por las salidas, los radicales OH y tantas demás aventuras, y claro todo lo que nos falta.

Mis amigos de la carrera; pichón que nunca me ha dejado solo y siempre está para lo que se necesite, la banda de los podridos, por los buenos momentos y las grandes pláticas. Los bittlos, millan, arratia, guapo, flaco, pelon, saul etc. ya que eh compartido grandes momentos con ellos. En general a todos mis amigos de la carrera que me han hecho ver las cosas desde diferentes puntos de vista y que me dejaron una enseñanza diferente cada uno a su modo.

A todos mis compañeros de laboratorio, especialmente a Cristian, Ligia, Mich, Sergio, Beto, Meztli por su amistad y amenizar las horas de laboratorio, y sobre todo a Jorge Jiménez y su gran ayuda en la parte de taxonomía, por su tiempo, enseñanzas, amistad y hacer que me interesara aun mas en la parte de taxonomía.

Al comité de la generación, por lograr hacer en conjunto una gran quema, viaje y cena, además de a Izumy por la ayuda con los mapas e ilustraciones de este trabajo.

A todas las personas que aunque no este escrito su nombre contribuyeron a que llegara hasta aquí, maestros, amigos, compañeros... gracias!

## Contenido

Resumen.....	6
Introducción.....	7
Antecedentes.....	21
Justificación.....	24
Objetivos.....	25
Área de estudio.....	26
Materiales y Métodos.....	29
Trabajo de campo.....	29
Trabajo de laboratorio.....	30
Resultados.....	34
Riqueza específica.....	34
Abundancias.....	38
Diversidad.....	41
Índice de Sládeček.....	43
Diagramas.....	49
Fisicoquímicos.....	56
Discusión.....	60
Conclusiones.....	70
Referencias.....	72
Anexos.....	85

## Resumen

Se analizó la diversidad de Rotíferos de la Clase Monogonta en el Lago Zempoala, en el estado de Morelos, se realizaron muestreos mensuales por el periodo de un año (de junio 2011 a mayo 2012) de 5 zonas litorales. Así mismo se hizo la medición de algunos parámetros fisicoquímicos seleccionados (OD, temperatura, pH, dureza, conductividad, nitratos y fosfatos). Las muestras zooplanctónicas se obtuvieron filtrando 80 litros de agua a través de una red de 50 $\mu$ . Los Rotíferos se identificaron hasta el nivel de especie, se cuantificaron utilizando cámara de Sedgewick-Rafter. El Lago Zempoala es oligotrófico en base al índice de Sládeček, los parámetros fisicoquímicos no presentaron grandes cambios a lo largo de todo el año a excepción de los nitratos y fosfatos en ciertos meses. El índice de diversidad de Shannon-Wiener de todo el año fue de 2.31 bits/ind, variando de 0.24 a 3.83 bits/ind dependiendo el sitio y el mes. Se identificaron 64 especies de rotíferos, de las cuales 19 fueron dominantes, de estas las más frecuentes fueron *Polyarthra vulgaris*, *Tricocherca similis*, *Asplanchna priodonta*, *Polyarthra dolichoptera*, *Ascomorpha ovalis*, *Kellicottia bostoniensis*, *Asplanchna girodii*, *Trichotria tectratis*, *Lepadella patella* y *Synchaeta pectinata*.

## Introducción

El 97.3% del agua de la tierra se encuentra en mares y océanos, la cual contiene altas concentraciones de sales, mientras que el 2.7% restante se localiza en los continentes (aguas epicontinentales, que incluye a las aguas superficiales y las que se encuentran en el subsuelo), la atmosfera y glaciares. En estas diferentes aguas se encuentran los sistemas acuáticos en los que coexisten factores bióticos y abióticos (CNA, 2002).

Dentro de los sistemas acuáticos existen microorganismos a los cuales se les denomina plancton, estos organismos interactúan con su ambiente de forma física, química y biológica, el plancton está representado por todos los organismos que viven suspendidos en el agua, que son independientes del fondo y que no pueden nadar contra corriente (Lalli y Parsons, 2002). El plancton está constituido por; fitoplancton y zooplancton, el primero son algas unicelulares microscópicas, siendo la unidad básica de producción de la materia orgánica dentro de los ambientes acuáticos y el inicio del flujo de energía. Por otro lado el zooplancton, que está constituido por organismos heterótrofos que no pueden sintetizar su propio alimento, lo obtienen principalmente por la ingesta del fitoplancton (Robles-Jaredo y Esqueda-Gonzales, 2008). El zooplancton en los cuerpos de agua epicontinentales está dominado en términos de biomasa principalmente por tres grupos: rotíferos, cladóceros y copépodos (Wetzel, 1981).

Los rotíferos son un grupo de invertebrados multicelulares (sus cuerpos están compuestos por varias células, pero dicho número se conserva invariable entre los miembros de la misma especie), microscópicos (de 0.1 a 2.5 mm de largo), acuáticos (la mayoría de estos viven en aguas dulces, aunque hay algunas especies de agua salobre y marinas) y semi-acuáticos (viviendo en líquenes) (Nogrady, 1993).

En el mundo se han descrito aproximadamente 120 géneros y 2100 especies. Hay dos clases; la clase Pararotatoria que está compuesta de 1 familia, 1 género y 3 especies, y la Clase Eurotatoria compuesta por dos subclases: Monogononta con



un aproximado de 1600 especies y Digononta con 500. Esta última subclase aparentemente no ha tenido reproducción sexual en los últimos 40 millones de años (Schon y Martens, 2003).

La subclase Monogononta constituye el 90% de las especies de rotíferos conocidas, se caracteriza por tener un solo ovario, por un mastax diferente al ramado, y por la presencia o ausencia de loriga. Se conocen a los machos de algunas especies. Se divide en tres órdenes: Ploima, Flosculariacea y Collothecacea (Ruttner-Kolisko, 1974; Nogrady, 1993).

Phylum: Rotifera Cuvier, 1817

Clase 1: Pararotatoria Sudzuki, 1964

Orden: Seisonidea (1 familia; 1 género; 3 especies)

Clase 2: Eurotatoria De Ridder, 1957

1) Subclase Digononta Plate, 1889

(a) Orden Bdelloidea (4 familias; 18 géneros; aprox. 500 especies)

2) Subclase Monogononta Plate, 1889

(a) Orden Ploimida (20 familias; 78 géneros; 1400 especies)

(b) Orden Flosculariacea (6 familias; 17 géneros; 110 especies)

(c) Orden Collothecacea (2 familias; 5 géneros; 36 especies)

Casi tres cuartas partes de rotíferos son sésiles (no se mueven) y están asociados a algas macroscópicas, algunas especies son completamente planctónicas (móviles en la columna de agua), formando una parte significativa del zooplancton,

y figurando entre los invertebrados de cuerpo blando más importantes del plancton de ríos y lagos (Koste, 1978).

Se caracterizan por tener un número constante de células (conocido como eutelia), unsegmentados, de simetría bilateral y presentan un pseudoceloma, que por su origen embrionario es un blastocele persistente (Hyman, 1951).

El cuerpo es largo o saquiforme, de forma cilíndrica y en él se pueden distinguir 3 regiones principales en el cuerpo de estos organismos: 1) la cabeza; localizada en la región anterior y que contiene una corona ciliar. 2) el tronco; que es grueso y contiene los órganos digestivos, excretores y reproductores 3) el pie; ubicado en la zona posterior y que puede o no tener dedos (Ricci y Balsamo, 2000).

### **Corona**

La corona se ubica en la parte apical o anterior del cuerpo, está compuesta por hileras de cilios que rodean a la boca., esta estructura es responsable de la producción de corrientes de agua, estas son usadas para que el organismo pueda circular agua, desplazarse, capturar alimento y nutrimentos (Francis, 2006). Sin embargo no todos los rotíferos presentan esta típica corona ciliar. Los adultos de la familia Collothecidae muestran la variación más extrema dentro de este phylum, en unos estos cilios están reducidos mientras que en otros hay una ausencia total de estos, sin embargo poseen setas largas (o sedas) que rodean la corona y que tienen la función de que el alimento capturado no pueda escapar (Wallace y Snell, 2001).

### **Trophi**

Todos los rotíferos poseen un órgano especial masticatorio; el mastax, este contiene un juego de duras mandíbulas esclerotizadas o comúnmente llamado trophi, la forma de este último juega un papel muy importante en cuanto a la identificación taxonómica se refiere, ya que para identificar especies de algunos géneros se necesita conocer su forma (Fontaneto, 2008).

El trophi está conformado por un fulcrum impar al que se unen dos ramas laterales rami, que al unirse se denominan incus, y por el malleus formado por estructuras pareadas llamadas unci y manubrios (Segers, 1992).

De entre todas las formas de trophi que existen están reconocidas siete tipos principales (Figura 1):

- 1) Maleado: rami más o menos puntiagudo, en un estrecho ángulo con el fulcrum, siendo este corto, ramus grande y posee dientes a lo largo del margen interno. Este trabaja asiendo y moliendo alimento. Unci con placas anchas y con a cuatro a siete dientes. Uncus y mallei están bien desarrolladas y funcionales. Presente en la familia *Brachionidae*.
  
- 2) Maleoramado: Parecido al maleado, fulcrum y manubrio relativamente pequeño. El unci es ancho, placas semicirculares con numerosos dientes. Rami con dientes muy fuertes. Típico del orden *Bdelloidea* y de la familia *Flosculariidae* del orden *Gnesiotrocha*.
  
- 3) Uncinado: Fulcrum relativamente pequeño, el unci cuenta con cinco dientes bien desarrollados, rami fuerte y las demás partes muy reducidas. Presente en la familia *Collothecidae*.
  
- 4) Cardado: Este tipo de trophi tiene la función de perforar y succionar. Con fulcrum ancho, manubrio con dos puntas. Tiene los rami muy fuertes, con una proyección en la parte basal denominada álula. El uncus es conformado de dientes muy desarrollados. Comúnmente encontrado en la familia *Lindiidae*.
  
- 5) Incudado: Trophi de forma larga y curvada. Uncus y manubrio muy reducidos, el rami asemeja pinzas y con un fulcrum corto. Este tipo de trophi se encuentra presente en la familia *Asplachnidae*.

6) Forcipado: Son semejantes a unas pinzas, el fulcrum muy desarrollado. Cuenta con manubrios largos y delgados. El uncus funciona como mandíbulas y toda la estructura puede ser proyectada hacia fuera para atrapar a la presa, presente o encontrado en la familia *Dicranophoridae*

7) Virgado: Estos tipos de trophi están especializados para perforar y bombear el fluido de las células vegetales o presas animales. Fulcrum largo, manubrio largo y en ocasiones asimétrico, rami son placas anchas triangulares y el uncus tiene uno o dos dientes. Típico en las familias *Gastropodidae*, *Synchaetidae*, *Notommatidae* y *Trichocercidae*.

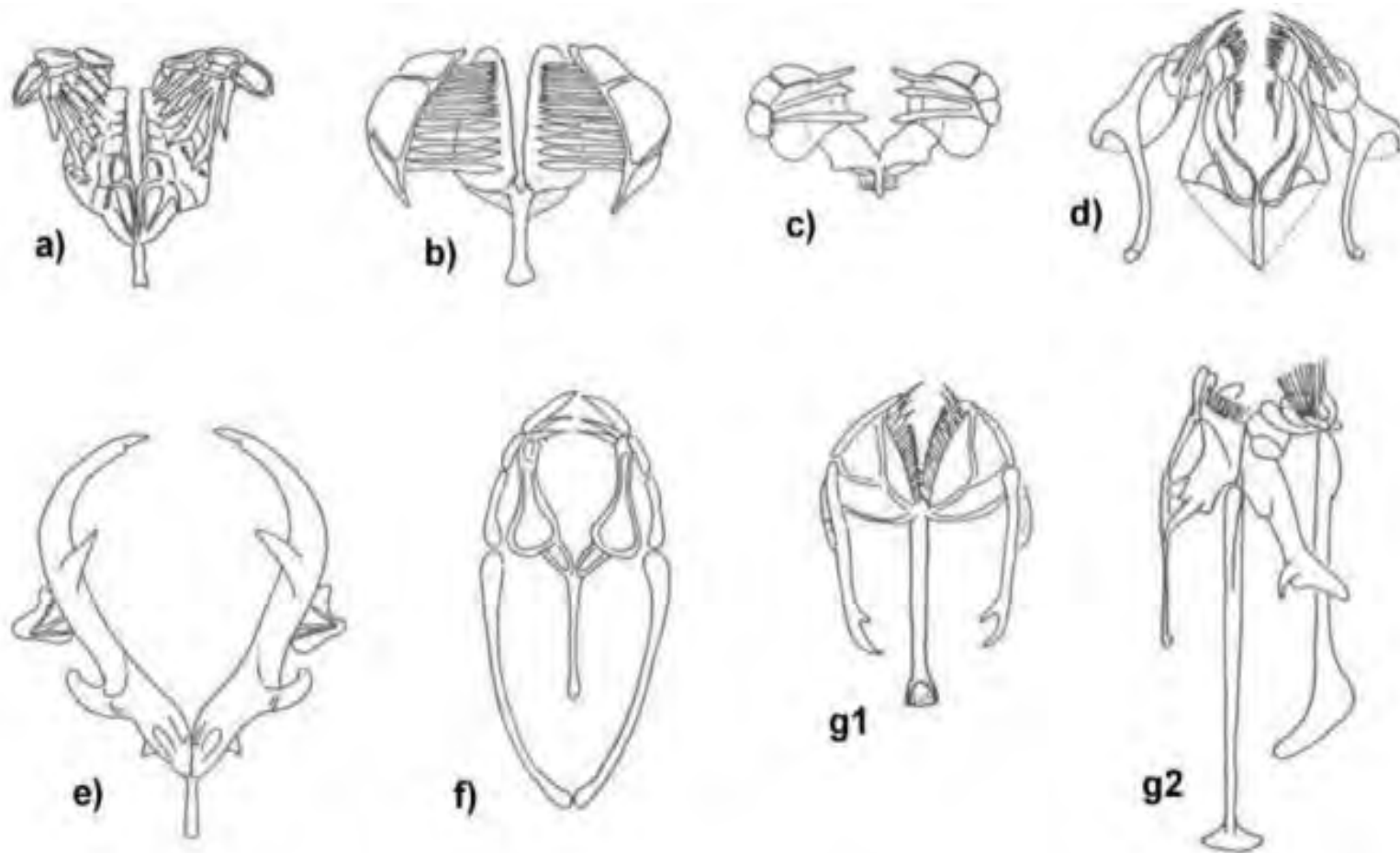


Fig. 1: Tipos de Trophis a) Maleado, b) Maleoramado, c) Uncinado, d) Cardado, e) Incudado, f) Forcipado, g1 y g2) Virgado (Tomado de Nogrady 1993; Jiménez-Contreras, 2007)

## **Reproducción.**

Los rotíferos (dependiendo del taxón) tienen tres tipos de individuos: hembras micticas, hembras amicticas (no se reproducen sexualmente) y machos (Glime, 2013). La mayoría de las especies son conocidas exclusivamente por la presencia de las hembras, que son el estadio dominante durante la mayor parte del ciclo de vida de estos organismos (Elías-Gutiérrez 2006).

De las tres clases del phylum, los Seisonidea siempre se reproducen de manera sexual, la gametogénesis es por meiosis, mientras que en los Digononta (Bdelloidea) la partenogénesis es la única vía de reproducción ya que no hay machos (Ramakrishna, 2000).

Los organismos de la clase Monogononta se reproducen por partenogénesis cíclica, (heterogonía) donde la reproducción asexual prevalece, pero bajo ciertas circunstancias la reproducción sexual puede presentarse. En ese caso, se producen machos solamente por breves periodos de tiempo. Generalmente se encuentran hembras amicticas, las cuales se reproducen partenogenéticamente produciendo huevos diploides, este mecanismo domina en el ciclo de vida de los monogonontos y se reconoce como fase amíctica.

Bajo ciertas condiciones ambientales (como un cambio de temperatura, o la cantidad de alimento), generalmente en otoño se forman huevos haploides, los cuales al no ser fertilizados pueden producir machos y entonces se da la reproducción sexual conocida como fase mítica, (Figura 2). Los machos usualmente se presentan por muy cortos períodos, y son conocidos solamente en unas pocas especies, su tamaño es reducido y carecen de sistema digestivo. Por esta razón solo persisten durante algunas horas o pocos días; la única función de estos machos es fecundar. De los huevos fertilizados, se desarrollan huevos de resistencia, los cuales tienen una cubierta protectora gruesa, resistente a la desecación, al frío y otros factores desfavorables. En la siguiente primavera, de esos huevos de resistencia salen hembras y comienza una nueva generación amíctica (Nogrady et al., 1993; Sládeček, 1983; Elías-Gutiérrez, 1999).

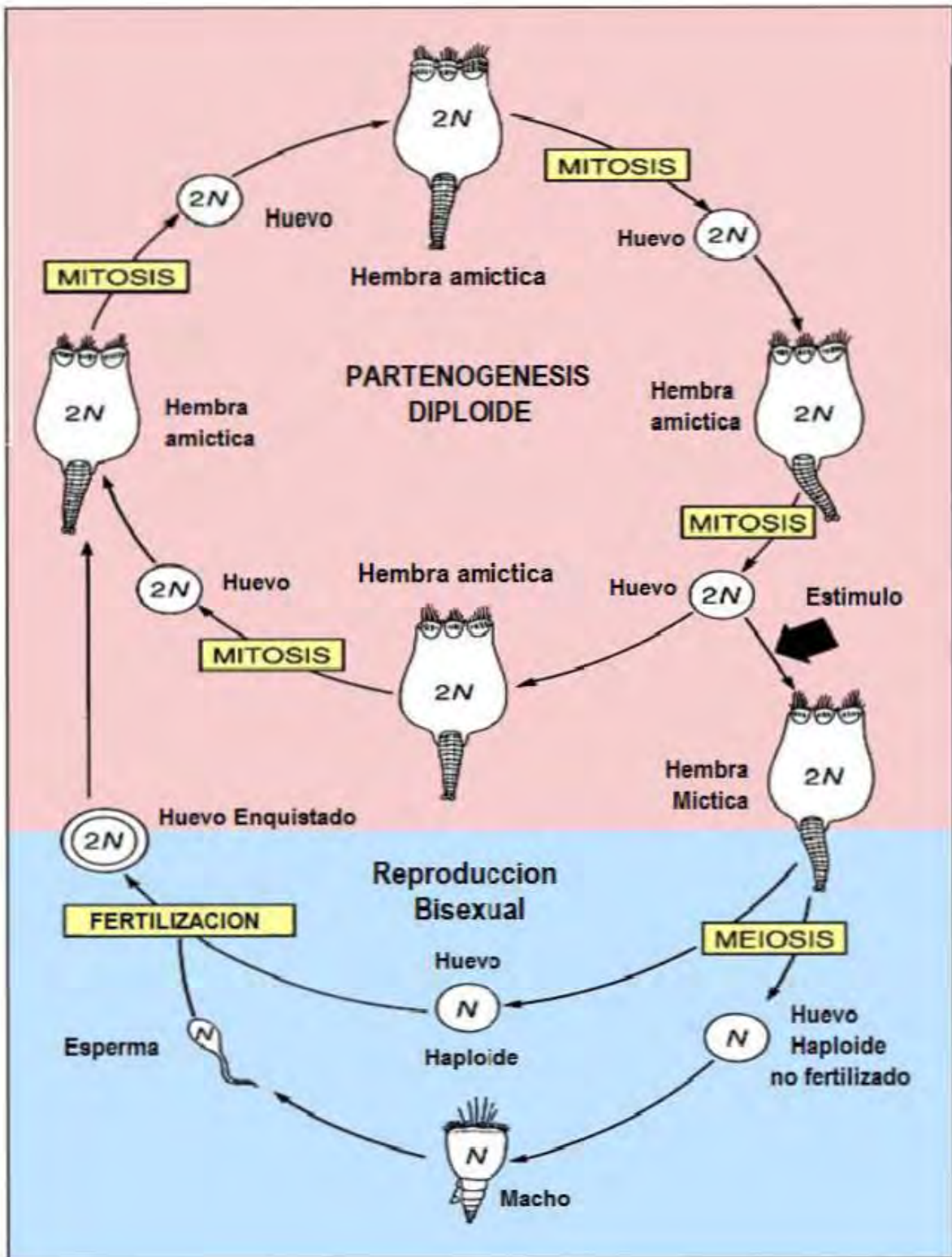


Fig. 2: Ciclo de vida generalizado para la clase Monogononta. El ciclo de vida de los Bdelloideos consiste solamente en la parte partenogenica (Ramakrishna R.T. 2000).

Los rotíferos son ampliamente reconocidos como un componente importante en los ecosistemas de agua dulce, y esta afirmación está basada en sus números o biomasa, su contribución a la dinámica trófica en los sistemas acuáticos. En algunas instancias su importancia incluso excede a la de los micro crustáceos como lo son los copépodos y cladóceros, aunque estos tengan generalmente una mayor biomasa (Walsh, 2008).

### **Importancia ecológica**

La importancia ecológica de los rotíferos radica principalmente en que están presentes en cualquier cuerpo de agua natural o artificial, ya sean de gran tamaño como ríos, lagos, presas, diques etc., así como en pequeños sistemas, como musgos, bromelias, hasta incluso jarrones y otros tipos de urnas donde se encharca el agua y desde luego también se pueden encontrar en cuerpos de agua temporales. Al tener una reproducción rápida hacen que tengan una enorme facilidad para ocupar nichos ecológicos que se encuentren disponibles (Nogrady, 1993). Estos animales como son parte del zooplancton juegan un papel muy importante en la ecología de los cuerpos de agua, ya que son los encargados de transformar el alimento producido por el fitoplancton en proteína animal, siendo de esta manera un eslabón intermedio entre el fitoplancton y los organismos acuáticos a una escala superior. (Wicksted, 1979). Las aplicaciones e importancia que tienen los rotíferos están muy relacionadas a su ciclo de vida. A su vez como organismos indicadores de la calidad del agua, se estiman densidades por encima de los 500 ind.L<sup>-1</sup> para lagos eutróficos y de hasta menos de 1 ind.L<sup>-1</sup> para lagos oligotróficos (Goldman y Horne, 1983).

La mayoría de los rotíferos son consumidores primarios, sin embargo existen algunas formas carnívoras muy importantes como *Asplanchna*, que es sumamente común y se puede alimentar de otros rotíferos o incluso cladóceros. Recientemente estos organismos se han utilizado para estudios ecotoxicológicos, así como estudios de depredación con otras especies (Pérez-Legaspi y Rico-Martínez, 2001; Gama-Flores, 2004).



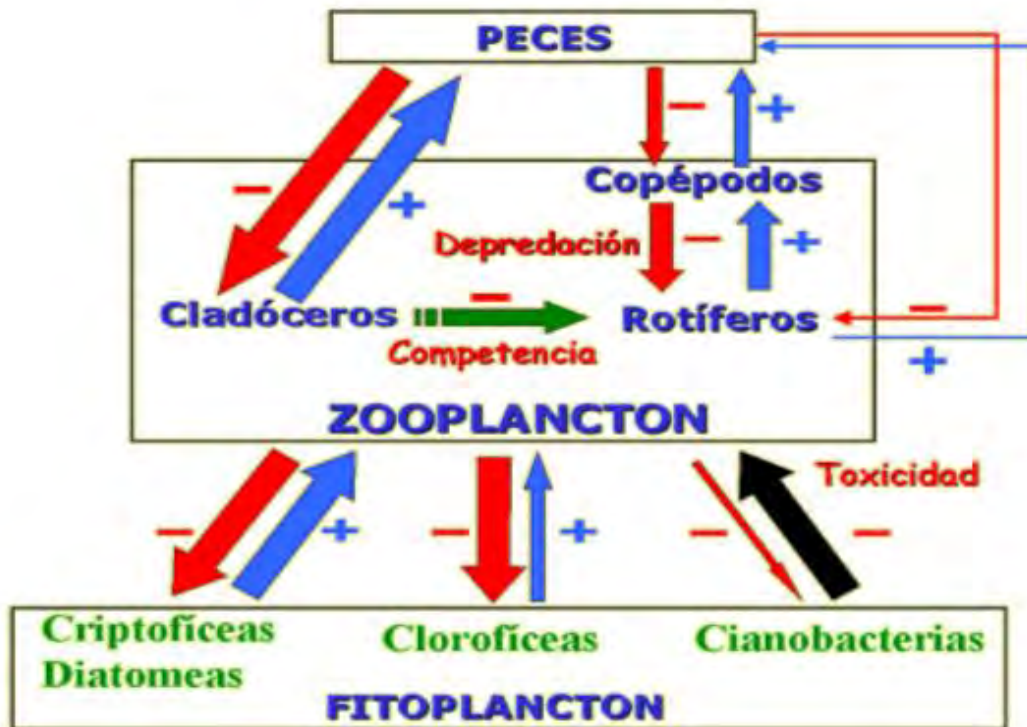


Fig. 3: Esquema general de las interacciones biológicas que implican al zooplancton (tomado de Conde-Porcuna, 2004).

En cuerpos de agua, los procesos como competición y depredación influye en la densidad y la diversidad del plancton (Dumont, 1994). La densidad es un parámetro que puede permitirnos conocer el estado en que se encuentra la población, y relacionar dicha medida con diversos parámetros fisicoquímicos para entender mejor el comportamiento y los factores que afectan a estos organismos. Así como la densidad puede mostrarnos la estructura de la población, la diversidad es otro parámetro ecológico muy importante que debemos considerar (Magurran, 2003). Las variaciones estacionales también promueven la alta riqueza de especies cuando es evaluada año tras año (Pennak, 1989).

Un punto muy importante que influye en la composición, abundancia y distribución del zooplancton en los lagos depende en gran medida de los factores físicos y

químicos. Así, parámetros tales como el oxígeno, luz, temperatura y pH, entre otros, influyen en el número y distribución de especies en un cuerpo de agua (Wetzel, 2001).

La mayoría de los organismos requieren de oxígeno para llevar a cabo sus funciones vitales. En el caso de los ambientes terrestres, las concentraciones necesarias de O<sub>2</sub> se encuentran sin ningún problema, pero en ambientes acuáticos, no siempre se encuentran disponibles las concentraciones suficientes. En el agua el oxígeno proviene del intercambio con la atmósfera o de la fotosíntesis realizada por algas verdes y cianoprocariontes, esto se realiza en la superficie o muy cercano a ella. La mayoría de las especies de rotíferos necesitan mínimo 1 mg l<sup>-1</sup> para tener un buen desarrollo (Wallace et al., 2006).

El pH es uno de los mayores parámetros fisicoquímicos en los cuerpos de agua y este ha sido relacionado con la distribución del zooplancton. Los rotíferos toleran un amplio espectro en los valores de pH, el nivel óptimo para la mayoría de las especies para un buen desarrollo es de 7.0. Sin embargo hay especies que toleran valores mucho más bajos (pH 3.0, como es el caso de *Lecane acus*, *Habrotrocha lata*, *Polyarthra minor*, *Trichocerca intermedia*, *Proales fallaciosa*, entre otros) y otras en contra parte que pueden vivir sin ningún problema con valores altos en ambientes alcalinos (pH 10, *Cephalodella gibba*, *C. exigua*, *Floscularia janus*, *Trichocerca sulcata*, *Proales decipiens*, etc.) (Berzins y Pejler, 1987).

Asimismo la temperatura es otro factor importante en los cuerpos de agua que afecta al zooplancton, los rotíferos generalmente tienen una amplia tolerancia a los diferentes gradientes de temperatura, llegando a tolerar temperaturas de 0°C y congelamiento sin afectarles, ya que al derretir el hielo en donde se quedó congelado el organismo este vuelve a sus funciones normales, este tipo de comportamiento se ha observado en trabajos realizados en la antártica con rotíferos Bdelloideos. (Dartnall, 1983; 1985; 2005).

Por otro lado hay especies de rotíferos que se localizan en un rango de temperatura mucho mayor llegando hasta los 30°C. Este tipo de cuerpos de agua de alta

temperatura se encuentran en los trópicos o muy cercanos a ellos y generalmente a una baja altitud. (Berzins y Pejler, 1989).

Otros tipos de nutrientes que necesitan suelen ser los compuestos de nitrógeno y fósforo, así que las concentraciones de estos son conocidas como un fuerte limitante de la producción de los sistemas acuáticos (Sterner y Hessen, 1994) y, en consecuencia, los nutrientes de la dieta pueden limitar el crecimiento y la reproducción de estos organismos. Dentro del zooplancton, los rotíferos son más sensibles a la limitación de fósforo que los crustáceos (Conde-Porcuna, 2002). En sistemas oligotróficos, las entradas atmosféricas de fósforo y las diferencias en las cuencas de captación pueden controlar la abundancia de estos organismos en una escala local (Morales-Baquero y Conde-Porcuna, 2000).

### **México, lagos de alta montaña y el zooplancton.**

La ubicación y la accidentada topográfica del país favorecen en el desarrollo de una gran diversidad de cuerpos de agua (ecosistemas), así como de una biota diversificada. Los hábitats acuáticos epicontinentales son diversos y en algunos estados de la República ocupan una gran superficie. Entre estos ambientes acuáticos más importantes se encuentran los lagos, presas y diques. México tiene un largo número lagos cerca de 70 con un área inundada de 1000 a 10,000 hectáreas, y cerca de 14,000 reservas de 10 hectáreas o menos (De la Lanza y García, 2002).

Los lagos de alta montaña son raros en la América tropical, particularmente porque su característica es que solo se encuentran a altitudes cercanas a las 3500 msnm. Loffler (1972) menciona que los verdaderos lagos tropicales de alta montaña se localizan a altitudes mayores de 3800 msnm y los cuales son polimícticos, con temperaturas que no exceden de los 12 a 15 °C y que las temperaturas del aire varían por 1 °C a la del agua (Banderas-Tarabay, 1991).

Una característica de estos lagos es que por su latitud tropical, los días son más largos y su régimen térmico es más uniforme durante todo el año, aunque pueden

presentar variaciones térmicas elevadas entre el día y la noche lo que favorece la mezcla de la columna de agua (Margalef, 1983). Los lagos de alta montaña ubicados en latitudes tropicales están sujetos a niveles más elevados de insolación y de radiación ultravioleta debido a su elevada altitud, lo cual provoca en consecuencia, tasas altas de evaporación (Löffler, 1972). Según la clasificación de Lewis (1983), estos lagos pueden ser polimícticos cálidos continuos si se estratifican solo por algunas horas, o polimícticos cálidos discontinuos si se estratifican durante días o semanas; ambos tipos de lagos no se congelan estacionalmente.

Estos lagos de alta montaña en áreas tropicales representan sistemas de una gran importancia ecológica, cultural y económica. Pero son sobreexplotados por la actividad humana lo que implica una disminución en la biodiversidad y un deterioro del ambiente (Chacón-Torres, 1993; Chacón-Torres y Rosas-Monge 1998). Por otro lado los sistemas acuáticos que permanecen vírgenes a la actividad humana tienen una alta diversidad (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010).

Los estudios del zooplancton dulceacuícola en México es un campo de una alta diversidad y, en algunos casos se han descrito nuevas especies como son el caso de *Collotheca riverai* (Vilaclara y Sládeček, 1989) *Keratella mexicana* (Kutikova y Silva-Briano, 1994) y *Brachionus josefinae* (Silva-Briano y Segers, 1992). Se han analizados diferentes muestras planctónicas de diferentes cuerpos de agua a lo largo de la República Mexicana y estas muestras generalmente tienen una alta diversidad (Sarma y Elías Gutiérrez, 1998).

México se localiza entre dos zonas biogeografías; la neártica y la neotropical (Segers, 2007) y es una zona transicional zoogeográfica entre Norte y Sudamérica, así que se puede esperar que tenga especies representativas de zooplancton de ambos continentes (Sarma y Elías-Gutiérrez, 2000) ya que hacia el lado norte de la república se encuentran grandes extensiones de zonas áridas y frías, en el centro hay zonas templadas de alta montaña y hacia el sur zonas más tropicales y con gran cantidad de aguas naturales.

Hasta 1997 se conocían menos de 300 especies en el país (Sarma y Elías Gutiérrez 1997). Poco tiempo después Sarma en 1999 hace un listado con 283 especies, pero Elías-Gutiérrez en 2006 menciona que hay 305 especies.

El Estado de México y parte del estado de Morelos se localizan en la región biogeográfica neártica, y entre estos estados corre el Eje Neovolcánico, en el cual hay aproximadamente 200 reservorios de agua divididos en cuatro cuencas hidrológicas: Lerma, Pánuco, Valle de México y Balsas (CNA, 2009), situados a una elevada altitud (2,200 a 2,800 msnm), la mayoría someros y de tamaño muy variable. En muchos de estos reservorios aún se desconoce la composición faunística, en especial lo referente al zooplancton. Actualmente algunos de estos sistemas se utilizan para pesquerías o recreación turística, reserva para riego y en el abastecimiento de agua potable (Elías- Gutiérrez, 1995, Aguilar-Acosta, 2013).

En el Estado de México se han registrado 203 especies (divididas en 54 géneros, 23 familias y 2 órdenes) de este grupo, mientras que para el estado de Morelos no se ha hecho el registro oportuno de especies (Sarma, 2009).

## Antecedentes

La parte central de México se caracteriza como una zona volcánica, la cual en muchos de los casos originan lagos de cráteres; como es en el caso del cráter del Nevado de Toluca a una gran altura (4690 msnm) donde se realizó el estudio de rotíferos registrando 34 especies en 10 familias y 16 géneros; siendo la familia Lecanidae la más representativa, esto realizado por Sarma et al., (1996).

Dentro de la región del Valle de México en su parte norte se encuentra la Presa Valle de Bravo en el Estado de México, La cual es muy importante para toda esta región. Ramírez-García et. al., (2002) vieron las variaciones del zooplancton en esta presa encontrando 16 familias y 25 especies de Rotíferos. Las especies más comunes de ese estudio fueron *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca capucina*, *Trichocerca similis*, *Asplanchna priodonta* y *Synchaeta pectinata*.

Dentro de esta misma presa en otro estudio se registraron 27 especies de rotíferos, distribuidos en 14 familias esto a diferentes profundidades. Los géneros que tuvieron una mayor cantidad de especies fueron Trichocercidae (6 sp) y Brachionidae (5 sp) esto realizado por Nandini et al., en 2008

Con esta misma forma de trabajar a diferentes profundidades en la misma presa al año siguiente Jiménez-Contreras et al.,(2009) registraron 23 especies de rotíferos siendo las especies más abundantes *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca elongata* y *Anuraeopsis fissa*.

Entrando un poco más hacia el sur del valle durante 2011 Sarma y colaboradores revisaron las variaciones del zooplancton durante un año en la presa Isidro Fabela, Edo. De México, encontrando 55 especies de rotíferos, distribuidas en 18 familias. Las familias Trichocercidae y Notommatidae tuvieron la mayor numero de especies (7 sp) seguidas de Colurellidae y Lecanidae (6 y 5 respectivamente). *Trichocerca elongata*, *Ascomorpha ovalis*, *K. americana*, *K. cochlearis*, *Lepadella patella* y *Pompholyx sulcata* fueron los rotíferos dominantes

Uno de los sistemas de agua más importantes para la región del valle de México es la que se encuentra hacia el sur cerca del estado de Morelos la cual es la parte de Xochimilco, Nandini et al., 2005 donde cuantificaron las variaciones estacionales por un año en la diversidad de las especies de rotíferos en el lago Xochimilco, DF. Identificaron 62 especies de rotíferos en 19 familias. Los géneros más comunes fueron *Brachionus*, *Keratella*, *Polyarthra*, *Trichocerca*, *Filinia* y *Asplanchna*.

En el lago Huetzalin que está ubicado dentro del sistema de Xochimilco se han registrado 46 especies de rotíferos, distribuidas en 13 familias, esto por parte de Enríquez-García et al. (2009) donde cuantificaron los cambios en las abundancias del zooplancton por dos años en el lago.

Con respecto al estado de Morelos y trabajos referentes al zooplancton se tiene registro de los siguientes; Granados-Ramírez (1990) en su estudio cita solamente 8 especies de rotíferos; Trejo (1990) reporta 4 especies. Gómez-Márquez (2003) considera a los rotíferos como un grupo fundamental para la dinámica del lago Coatetelco. Granados-Ramírez (2007) reporta 30 especies en 2 órdenes, 11 familias y 14 géneros, teniendo una alta dominancia y densidad del género *Brachionus* y de las especies *Asplanchna sieboldii*, *Filinia longiseta* y *Horaella thomassoni* en el Río Cuautla.

Para el Lago Zempoala se han elaborado diferentes trabajos:

En el año 2005 Díaz-Vargas, estudiaron la limnología del lago Zempoala desde el punto de vista de las variables fisicoquímicas de agua y de sus sedimentos durante un ciclo anual, en su trabajo también reportaron varias taxas de zooplancton pero sin identificar géneros.

García-Rodríguez et al. (2009) en su trabajo estudiaron los componentes fitoplanctónicos y zoobentónicos en el Lago Zempoala, Morelos. Encontrando 29 especies diferentes de ambos componentes. Se registraron rotíferos pero sin identificar hasta nivel de especie.

Con respecto a trabajos en el lago Zempoala se tiene el registro de rotíferos hasta nivel de especie solamente de dos trabajos; Flores-Burgos (1998) a través de su estudio de rotíferos como indicadores de calidad de agua mediante diferentes índices durante un ciclo anual, analizo muestras de 3 lagos diferentes, entre ellos el Lago Zempoala, registrando 36 especies de rotíferos. Mientras que Serranía-Soto (2006) realizo un estudio de 19 cuerpos de agua dentro de las regiones hidrológicas del Balsas y Baja panuco, entre estos cuerpos de agua analizo muestras del Lago Zempoala, encontrando 50 especies, 16 familias y 23 géneros para este lago. Los géneros que tuvieron una mayor cantidad de especies fueron Trichocercidae y Notommatidae.



## Justificación

El parque Nacional Lagunas de Zempoala forma parte del corredor biológico Chichinautzin y en el cual se pretende resguardar de forma importante la flora y fauna local. El Lago Zempoala ha sido destinado para ser aprovechado como una zona turística importante en la cual se pueda practicar el ecoturismo. Sin embargo se le identifica como una de las zonas más perturbadas por actividades humanas

Para medir el estado trófico de los cuerpos de agua se han elaborado diferentes índices para conocerlo, uno de estos índices es con base a en rotíferos, ya que estos tienen una distribución cosmopolita además de que son susceptibles a los cambios en el ambiente lo que los coloca como un buen parámetro medible, el índice de Sládeček (1983) utiliza la cantidad de especies de dos géneros de rotíferos de la sub clase Monogononta, estos son: *Brachiounus* y *Trichocerca*, este índice se basa en hacer la división del primer género sobre el segundo, dependiendo del valor que se obtiene se puede inferir el estado trófico del lago.

En el Lago Zempoala, solos hay dos trabajos que han realizado el listado taxonómico de las especies de rotíferos presentes en ese cuerpo de agua, así que es importante conocer la diversidad de las especies presentes en el lago y su distribución en el mismo. También se debe de conocer si hay especies que puedan ser cultivadas para diferentes fines, tales como para trabajos en el laboratorio o bien si podrían ser utilizadas para acuacultura, por lo cual se debe de saber en qué sitios o lugares se pueden encontrar así como la época del año.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Establecer la diversidad de rotíferos (Clase Monogononta) en los sitios seleccionados durante un ciclo anual en el Lago Zempoala, Morelos.

### **Objetivos Particulares**

Identificar la riqueza taxonómica de rotíferos (Clase Monogononta) en el Lago Zempoala

Estimar la abundancia específica de la comunidad de rotíferos.

Describir factores físicos y químicos del sistema.

Señalar la dinámica de la comunidad en un ciclo anual.

## Área de Estudio

El Parque Nacional Lagunas de Zempoala, está situado a 65 km al sur de la ciudad de México y a 38 km al norte de la ciudad de Cuernavaca. Pertenece al municipio de Huitzilac, Morelos y a los municipios de Ocuilán y Arteaga del Estado de México, cuenta con una superficie de 4790 hectáreas de las cuales 3965 pertenecen al estado de Morelos y 825 al estado de México. Se encuentra ubicado entre los 19°01'30"-19°06' N, y los 99°16'20"-99°21' W) (Trujillo-Jiménez, 2006).

Se localiza en dos provincias fisiográficas: la porción norte se encuentra sobre el Eje Neovolcánico y la porción sur en la Sierra Madre del Sur. Forma parte del Corredor Ajusco - Chichinautzin, el cual fue decretado en 1936 como primer parque nacional morelense por Lázaro Cárdenas. El parque está integrado por siete lagunas: Zempoala, Tonatiahua y Prieta, que tienen agua permanentemente; y las que ocasionalmente la tienen son Compila, Seca, Quila y Hueyapan.

El objetivo del Parque Nacional "Lagunas de Zempoala" fue conservar un ecosistema singular, limitando el uso del mismo a actividades de conservación de los recursos naturales (flora y fauna) regional, turismo, educación ambiental e investigación científica, y excluyendo toda la explotación extractiva de los recursos naturales del parque (INEGI 1995; Flores-Burgos 1998).

El clima que predomina en esta zona es semí-frio y húmedo con temperatura promedio entre 5° y 12 °C. Las lagunas están rodeadas de bosques de coníferas, helechos y líquenes. La antigua actividad volcánica define el actual relieve montañoso, conformado por dos estructuras geomorfológicas diferenciables. Un amplio talud de suave declive y pequeñas irregularidades topográficas en la parte norte del Parque. (Serranía-Soto, 2006).

En gran parte de la zona ocupada por el Lago Zempoala, la vegetación que circunda a este se compone principalmente de bosques de pino, encino y oyamel: *Abies religiosa*, *Pinus ayacahuite*, *P. montezumae*, *P. teocote*, *P. pseudostrous* y *P. rudis*, *Quercus catanea*, *Q. luarina*, *Q. scytophyla*, también hay pastizal inducido y dentro de la vegetación acuática *Scirpus lacustris*, *Elodea* sp., *Cyperos* spp., *Corex*

spp. Entre la fauna de la laguna se encuentra la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*, la carpa *Ciprinus carpio* (Flores-Burgos, 1998) así como el pez endémico *Girardinichthys multiradiatus* (Trujillo-Jimenez, 2006).

El lago Zempoala se localiza entre las coordenadas 19° 03' 00" de L. N. y 99° 18' 42" de L. O. a una altitud de 2800 msnm, es una cuenca lacustre endorreica, con drenaje de tipo torrencial que solo lleva agua en la temporada de lluvias, con condiciones hidrológicas estáticas y escasa circulación de la masa de agua, es alimentado permanentemente por el arroyo Las Trancas originado en el manantial que desciende por el sureste de los cerros Las Trancas y Campanario (Díaz-Vargas, 2005).

El Lago Zempoala presenta una superficie inundada aproximada que va de 11 hectáreas en la época de estiaje a 12 hectáreas en la época de lluvias, que va de 400 a 508 m de largo máximo en dirección norte-noreste y sur-suroeste, con un ancho máximo de 400 m y un ancho promedio de 200 m, con escasa circulación de la masa de agua (Flores-Burgos, 1998).

El lago tiene una profundidad promedio durante el año de 8 metros. (Quiroz-Castelán H. 2008.) El tipo de suelo que lo rodea y que domina es andosol humínico, en la parte suroeste lo rodea una mezcla de suelos de tipo litosol, andosol humínico y regosol eutrítico (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979).



Figura 4. Mapa del Lago Zempoala, con cada una de las zonas de muestreo señaladas. Con escala de 200m. Este mapa fue obtenido de Google Earth 2013.



Figura. 5: Lago Zempoala, Morelos.

## Materiales y Métodos.

- **Trabajo de campo.**

Los muestreos se realizaron mensualmente de Junio de 2011 a Mayo de 2012, en 5 zonas litorales diferentes (Fig. 1). Los sitios o zonas se seleccionaron con base en la distancia aproximada uno del otro, accesibilidad al mismo y en algunos la presencia de vegetación acuática.

### 1. Zooplancton

Las muestras de zooplancton fueron tomadas en la parte superficial de la zona litoral y estas se obtuvieron mensualmente durante un año. En cada una de los muestreos se filtraron 80 litros de agua del lago de cada una de las zonas, el filtrado fue a través de una red de plancton de 50  $\mu\text{m}$ . Posteriormente las muestras se concentraron a un volumen final de 250 ml y se fijaron inmediatamente con formaldehído al 4% (Norgrady et al 1993).

### 2. Variables ambientales

En los sitios de muestreo se hicieron las mediciones de algunos parámetros fisicoquímicos *in situ*: estos fueron temperatura del agua, Oxígeno disuelto en la superficie, estos con el Oxímetro de campo YSI 55. Conductividad ( $K_{25}$ ) y pH con el conductímetro Conductronic pc-18.

Se tomó una muestra de agua superficial para cada sitio de muestreo en frascos transparentes de 250 ml para parámetros fisicoquímicos *ex-situ*, para su transporte se envolvieron en papel aluminio para evitar el contacto con la

luz solar y se llevaron en hieleras a bajas temperaturas, aproximadamente a 4°C. Posteriormente en el laboratorio se realizaron las pruebas de Dureza total con el método de titulométrico EDTA, nitratos, y fosfatos con base en los métodos estandarizados (APHA 1998).

- **Trabajo de Laboratorio.**

1. Identificación de especies.

La identificación de las especies del Phylum Rotífera fue hecha con la clave especializada de Koste (1978) y Segers (1992; 1995). Para la identificación de los organismos primero se llegó a género, y para llegar al nivel de especie dependiendo del organismo se requirió verificar la presencia o ausencia de la loriga, las espinas anteriores, posteriores, placas, pie y dedos.

Las especies se observaron en microscopio estereoscópico en una caja Petri, las especies que no se habían registrado anteriormente se aislaron con una pipeta para ser observadas posteriormente en un microscopio óptico. Para muchos géneros como el caso de *Trichocerca* se necesitó la extracción del trophi para ver las estructuras y las formas particulares de cada especie, este aparato esclerotizado se extraen con una solución de Hipoclorito de Sodio y se observan en microscopio óptico a 40x y 100x.

También se obtuvo una muestra sin fijar filtrando 20 litros del lago con la finalidad de observar a los organismos vivos, ya que algunos casos se necesita observar a los rotíferos vivos para su correcta identificación.

## 2. Densidad poblacional

La cuantificación de las diferentes especies de rotíferos se hizo en individuos por litro (ind. L<sup>-1</sup>). Se utilizó la cámara de Sedgewick-Rafter bajo un microscopio óptico Nikon Eclipse E400 y agregando 3 alícuotas de 1 ml por muestra a la cámara.

## 3. Índice de Diversidad

El índice de las especies (H') se calculó con la fórmula de Shannon-Wiener (Krebs, 1993).

$$H' = - \sum_{i=1}^s (P_i)(\log^2 P_i)$$

H'= Índice de diversidad de especies (bits/individuos)

p= es la proporción numérica de cada especie dentro del total de organismos contados en una muestra (p= n/N) y la diversidad es expresada en bits por individuo.

Este índice se elaboró con el programa computacional DIVERS.

## 4. Estado trófico

Se usó el índice de Sládeček (1983) para saber el estado trófico del lago, este índice se representa:

$$Q^{B/T} = \frac{\text{Numero de especies de Brachionus}}{\text{Numero de especies de Trichocerca}}$$



Con base en este índice se determina que si la relación es menor a 1.0 el cuerpo de agua es oligotrófico, de 1.0 a 2.0 es meso trófico y mayor a 2.0 es eutrófico.

#### 5. Diagramas representativos

Se realizó el diagrama de Olmstead-Tukey para conocer las especies dominantes, comunes, temporales y raras; esto se logra graficando el Logaritmo de las abundancias contra la frecuencia de las especies en el total de las zonas, todo esto se realizó mediante el programa computacional SIGMA PLOT edición 11.

#### 6. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de correspondencia canónica, con el fin de observar la relación entre las variables ambientales y la abundancia de las especies de rotíferos. Los datos fueron transformados previamente a logaritmo base 10 o  $\log_{10}(n+1)$  según el caso.

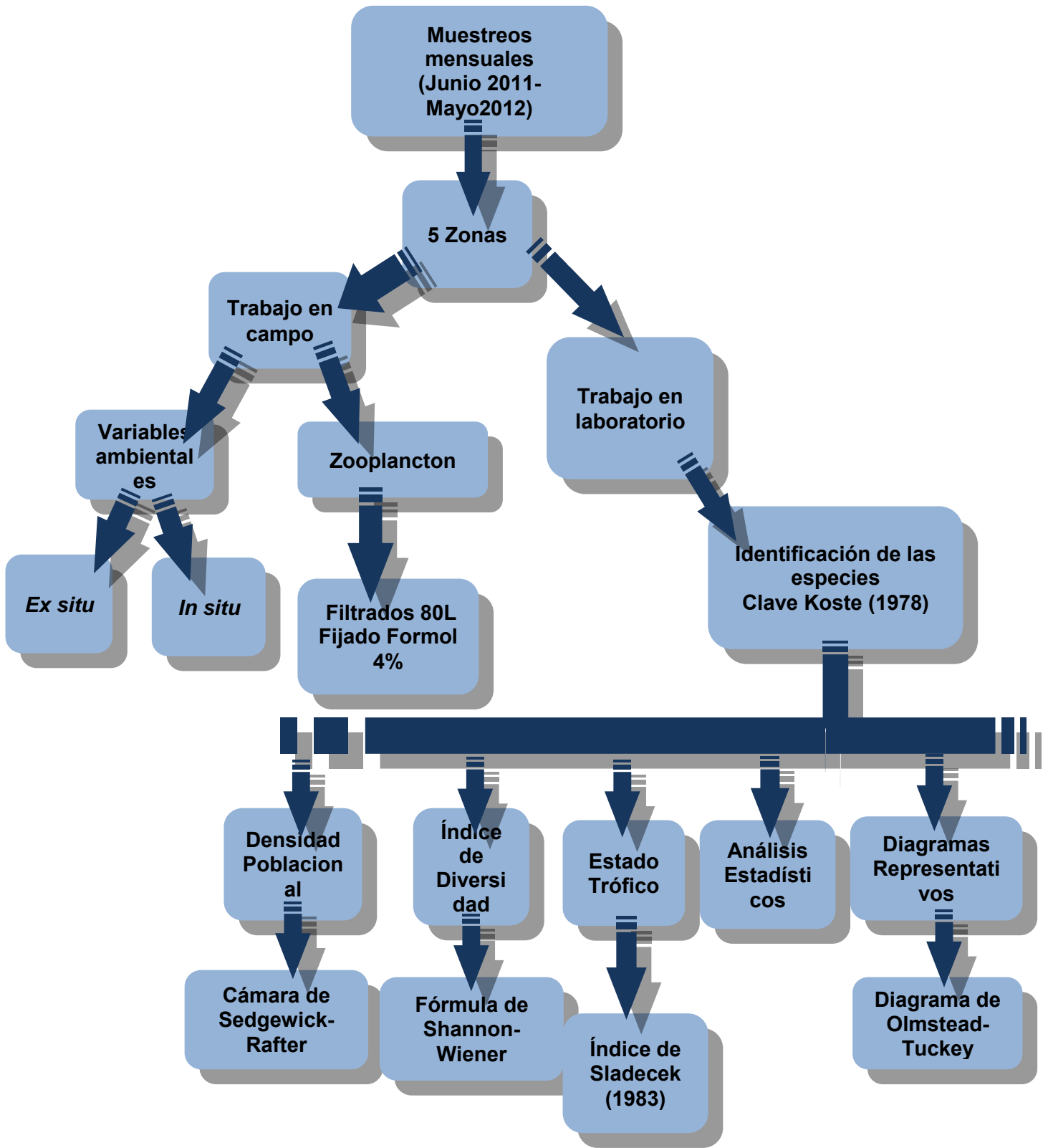


Figura 7. Diagrama de flujo de los Materiales y Métodos

## Resultados

En el análisis de las muestras de los 5 puntos en el Lago Zempoala se obtuvo como resultado el registro de 64 especies distribuidas en 2 órdenes 19 familias y 31 géneros.

Las familias con mayor número de especies son: *Brachionidae* (9 especies), *Lecanidae* (8), *Notommatidae* (8), *Trichocercidae* (8) y *Colurellidae* con 7 especies.

*Asplanchna*, *Asplanchnopus* y *Notommata* son géneros comúnmente depredadores encontrados en este estudio.

Algunas especies de las mas dominantes se pueden ver en el Anexo 3.

Tabla 1. Listado de especies de Rotíferos encontradas durante un ciclo anual en Lago Zempoala, Morelos

Orden Ploimida	<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943
Familia Brachionidae	<i>K. quadrata</i> (Muller, 1786)
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	<i>K. tropica</i> (Apstein, 1907)
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)	<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenber, 1832)
<i>B. calyciflorus</i> Pallas 1766	
<i>B. caudatus</i> Barrois Daday, 1894	Familia Euchlanidae
<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908)	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832
	<i>E. incisa</i> Carlin, 1938

Familia Mytilinidae

*Mytilina mucronata* ( Muller, 1773)

*M. ventralis* (Ehrenberg, 1832)

Familia Trichotriidae

*Macrochaetus subquadratus* (Perty, 1850)

*Trichotria pocillum* (Muller, 1773)

*T. tetractris* (Ehrenberg, 1830)

Familia Colurellidae

*Colurella uncinata* (O. F. Muller, 1773)

*Lepadella acuminata* (Ehrenberg, 1834)

*L. ovalis* ( Muller, 1786)

*L. patella* ( Muller, 1786)

*L. rhomboides* (Gosse, 1886)

*L. triptera* (Ehrenberg, 1830)

*Squatinella mutica* (Ehrenberg, 1832)

Familia Lecanidae

*Lecane bulla* (Gosse, 1851)

*L. closterocerca* (Schmarda, 1859)

*L. flexilis* (Gosse, 1886)

*L. inermis* (Bryce, 1892)

*L. ludwigii* (Eckstein, 1883)

*L. luna* ( Muller, 1776)

*L. lunaris* (Ehrenbreg, 1832)

*L. ohioensis* (Herrick, 1885)

Familia Proalidae

*Proales decipiens* (Ehrenberg, 1831)

Familia Notommatidae

*Cephalodella catellina* ( Muller, 1786)

*C. gibba* (Ehrenberg, 1838)

*C. panarista* Myers, 1924

*Cephalodella* sp.

*Monommata arndti* Remane, 1933

*Notommata copeus* Ehrenberg, 1834

*N. glyphura* Wulfert, 1935

*N. tripus* Ehrenberg, 1838

Familia Scaridlidae

1832

*Scaridium longicaudum* (Muller, 1786)

Familia Trichocercidae

*Trichocerca bidens* (Lucks, 1912)

*T. capucina* (Wierzejski & Zacharias 1893)

*T. cylindrica* (Imhoff, 1891)

*T. dixonnutalli* (Jennings, 1903)

*T. elongata* (Gosse, 1886)

*T. porcellus* (Gosse, 1886)

*T. similis* (Wierzejski, 1893)

*T. weberi* (Jennings, 1903)

Familia Gastropodidae

*Ascomorpha ovalis* (Bergendal, 1892)

Familia Synchaetidae

*Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925

*P. vulgaris* Carlin, 1943

*Synchaeta pectinata* Ehrenberg

Familia Asplanchnidae

*Asplanchna girodi* (De Guerne, 1888)

*A. priodonta* (Gosse, 1850)

*Asplachnopus multiceps* (Schrank, 1793)

Familia Dicranophoridae

*Dicranophorus forcipatus* (Muller, 1786)

Orden Gnesiotrocha

Familia Testudinellidae

*Pompholyx sulcata* (Hudson, 1885)

*Testudinella incisa* (Tarnetz, 1892)

*T. mucronata* (Gosse, 1886)

Familia Conochilidae

*Conochilus unicornis* Rousselet, 1892

Familia Hexarthridae

*Hexarthra intermedia* Wiszniewski,

1929

Familia Filiniidae

*Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834)

Familia Collothecidae

*Collotheca* sp

## Abundancias.

*Polyarthra vulgaris* fue la especie más frecuente y abundante de todo el estudio, solo estuvo ausente en muy pocos meses. Tuvo una densidad poblacional diferente en cada sitio, en la zona 2 es donde obtuvo su mayor densidad con conteos de hasta  $630 \text{ ind/L}^{-1}$  esto durante el mes de mayo, mientras que en la zona 3 se registraron las menores abundancias, inclusive en algunos meses no se llega a presentar esta especie.

El resto de las zonas mostró variaciones mensuales donde generalmente subían sus densidades y al siguiente mes volvían a bajar, esto durante la época fría y al llegar las temperaturas cálidas no había muchas variaciones.

*Asplanchna priodonta*, tuvo presencia constante todo el año de muestreo, a excepción de la zona 3 donde hubo poca densidad u nula presencia. Esta especie mostró su pico máximo durante el mes de noviembre en la zona 4, en época fría, donde llegó hasta a  $315 \text{ ind/L}^{-1}$ . Mientras que el resto del año tuvo abundancias máximas de  $35 \text{ ind/L}^{-1}$  para esta zona, en el resto de las zonas tuvo un incremento de su población durante el mes de enero teniendo  $222 \text{ ind/L}^{-1}$  (zona 2),  $101 \text{ ind/L}^{-1}$  (zona 1) y  $68 \text{ ind/L}^{-1}$  (zona 5).

*Kellicottia bostoniensis* fue la especie dominante que llegó a tener la mayor densidad durante todo el año en una de las zonas de todo el año estudiado, esto ocurrió durante enero en la zona 2 donde tuvo una densidad de  $1500 \text{ ind/L}^{-1}$ . En el resto de las zonas sus picos máximos de densidad fueron 63, 2, 2, y  $63 \text{ ind/L}^{-1}$  (zona 1, 3, 4 y 5 respectivamente). El resto de los meses se registraban pocos organismos por zona y en muchos de los casos no había presencia de esta especie.

*Trichocerca similis*; las poblaciones de esta especie nunca fueron muy altas casi siempre estaban presentes por lo tanto la convierte en una de las especies más frecuentes del estudio. Sus máximas densidades poblacionales fueron durante la época de secas en junio de 2011 en la zona 5 con  $58 \text{ ind/L}^{-1}$  y en mayo de 2012 en

la zona 2 con 69 ind/L<sup>-1</sup>. Durante la época fría la densidad de esta especie disminuía en comparación con la época cálida donde sus números aumentaban.

*Ascomorpha ovalis* al igual que *K. bostoniensis*, mostró sus mayores densidades durante enero la zona 2 fue la mayor con 95 ind/L<sup>-1</sup>. El resto de las zonas tuvieron densidades de 24, 3, 23 y 47 ind/L<sup>-1</sup> para las zonas 1, 3, 4 y 5.

*Asplanchna girodi*, *Tricotria tectratis*, *Lepadella patella*, *Synchaeta pectinata*, y *Polyarthra dolichoptera* son el resto de especies que mostraron una alta densidad y mayor frecuencia durante todo el estudio.

*Asplanchnopus multiceps*, *Cephalodella panarista*, *Keratella quadrata*, *Notommata glyphura*, *N. pachyura*, *Platyias quadricornis* y *Proales decipiens* fueron las especies más raras ya que de estas solo se encontraron de 1 a 5 individuos máximo, durante todos los conteos (Tabla 1).

De entre las especies más dominantes se observa que durante el mes de enero sin importar la especie hay un aumento considerable en sus abundancias en el sitio 2, a diferencia del sitio 3 que durante todo el muestreo las abundancias fueron bajas, mientras que en los sitios 4 y 5 hubo variación entre cada especie (Fig 14).



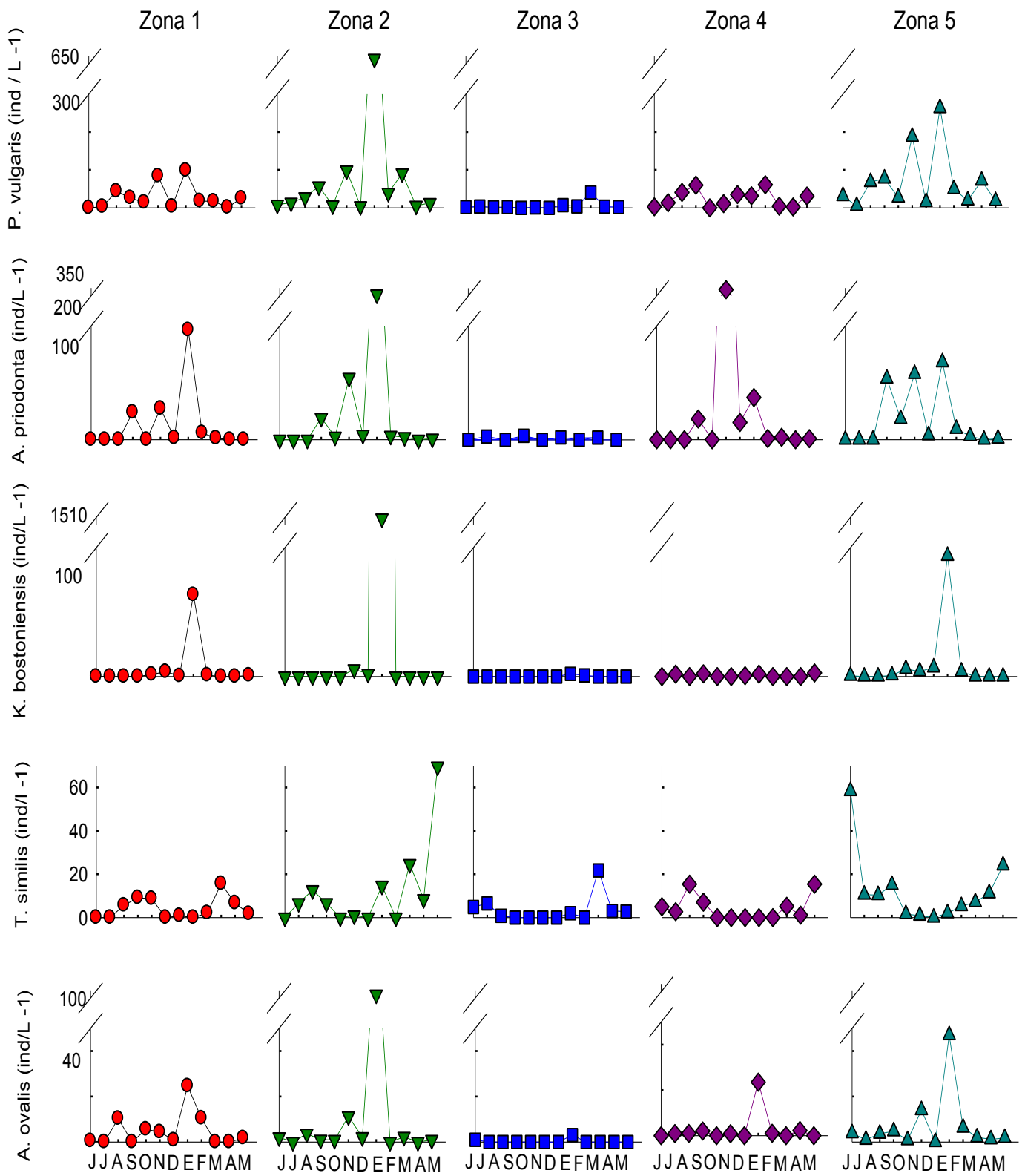


Fig 14: Abundancias (ind/L<sup>-1</sup>) de las 5 especies más dominantes durante un ciclo anual.

## **Diversidad**

Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener con los datos obtenidos de los muestreos a través de los conteos. La zona 3 durante junio fue el valor más alto durante todo el estudio con 3.83 bits/individuo, mientras que la zona 4 de noviembre la más baja con 0.24 bits/individuo

Durante junio en la zona 1 y en octubre en la zona 3 y 4 no se pudo realizar el índice ya que solo se encontraron 1 o 2 especies en toda la zona, y para poder realizar el índice se necesitan más especies.

Abril fue en promedio el mes con la mayor diversidad de las 5 zonas con un valor de 2.85 bits/individuo, esto durante la época cálida, por otro lado octubre fue el mes con una diversidad menor con 1.36 bits/individuo durante la época fría.

Al hablar con respecto en promedio a las zonas, la zona 2 fue la que tuvo la mayor diversidad con 2.29 bits/individuo, mientras que la zona 3 fue la menor durante todo el año con 2.03 bits/individuo.

El promedio general de todo el año fue de 2.31 bits/individuo

<b>Meses</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>	<b>Zona 5</b>
<b>Junio</b>	-	3.11	3.83	3.07	1.24
<b>Julio</b>	1.37	1.14	2.29	3.23	3.29
<b>Agosto</b>	2.45	3.20	2.82	2.33	1.89
<b>Septiembre</b>	3.14	2.57	2.06	2.20	2.24
<b>Octubre</b>	2.28	1.87	--	-	2.68
<b>Noviembre</b>	1.81	2.07	1.25	0.24	1.51
<b>Diciembre</b>	2.73	2.98	1.59	2.00	2.33
<b>Enero</b>	2.35	1.57	3.05	2.43	1.84
<b>Febrero</b>	2.86	1.95	1.25	1.66	2.71
<b>Marzo</b>	1.76	1.94	1.84	2.89	1.90
<b>Abril</b>	3.45	2.75	2.53	3.17	2.38
<b>Mayo</b>	3.06	2.33	1.91	2.31	3.18

Tabla 2. Diversidades de Shannon-Wiener

### **Índice de Sládeček (1983)**

El índice de Sládeček derivado de la relación entre las especies de *Brachionus* y las de *Trichocerca* nos da como resultado un valor de 0.375. La interpretación de esto nos indica que el Lago Zempoala es oligotrófico

$$\frac{Brachionus (3)}{Trichocerca (8)} = 0.375$$

### **CANOCO**

El análisis de CANOCO muestra que las especies de rotíferos están muy distribuidas en el plano y que pueden o no estar ligadas a alguna variable ambiental, y en caso de que, si estas no dependen completamente de alguna de estas variables. Los nitratos y fosfatos están muy relacionados entre sí, además de que agrupan a un número considerable de rotíferos. La conductividad y dureza son otros parámetros que están ligados entre sí, y que algunas especies presentan afinidad a estos. Temperatura y pH son independientes y se relacionan con pocas especies, mientras que por último al oxígeno disuelto se le asocian una gran cantidad de especies. Las especies dominantes de rotíferos no se muestran claramente asociadas a alguna variable ya que todas estas se localizan en el centro de la gráfica de la ordenación y se encuentran muy próximas unas de otras (Fig. 16).

### **Listado General de especies de Rotíferos para el estado de Morelos.**

Se realizó un listado de especies reportadas para el estado de Morelos en base a los trabajos de (Flores-Burgos 1998, Serranía-Soto 2006, Elías-Gutiérrez 2006, Granados-Ramírez 2007 y Palacios-Albarran 2013) A este listado se le agregó las especies registradas con este estudio, dando un total de 126 especies en conjunto para el estado. (Tabla 3)

Tabla 3: Listado de todas las especies registradas para el estado de Morelos (126 especies en total).

Orden Plomida

Familia: Brachionidae

- Anuraeopsis fissa* (Gosse, 1851)
- Brachionus angularis* (Gosse, 1851)
- B. bidentatus* Anderson, 1889
- B. calyciflorus* Pallas 1766
- B. caudatus* Barrois Daday, 1894
- B. falcatus* Zacharias, 1898
- B. havanensis* Rousselet, 1911
- B. patulus* (O. Muller, 1786)
- B. plicatilis* (Muller 1786)
- B. rubens* (Ehrenber, 1838)
- B. quadridentatus* (Hermann, 1783)
- B. urceolaris* ( O. F. Muller, 1773)
- Kellicottia bostoniensis* (Rous elet, 1908)
- Keratella americana* Carlin, 1943
- K. cochlearis* (Gosse, 1851)
- K. lenzi* (Hauer, 1953)
- K. tropica* (Apstein, 1907)
- K. quadrata* (O. F. Muller, 1786)
- Platyias quadricornis* (Ehrenber, 1832)

Familia: Euchlanidae

- Dipleuchlanis propatula* (Gosse, 1886)
- Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1832
- E. incisa* Carlin, 1938
- Tripleuchlanis plicata* (Levander, 1894)

Familia Mytilinidae

- Lophocharis salpina* (Ehrenberg 1834).
- Mytilina mucronata* (O. F. Muller, 1773)
- M. ventralis* (Ehrenberg, 1832)

Familia: Trichotriidae

- Macrochaetus subquadratus* Perty 1850
- Trichotria pocillum* (O. F. Müller, 1776)
- T. tetractis* (Ehrenberg, 1830)

Familia: Colurellidae

- Colurella obtusa* (Gosse, 1886)
- C. uncinata* (O. F. Müller, 1773)
- Lepadella acuminata* (Ehrenberg, 1834)

*L. ovalis* (O. F. Muller, 1786)  
*L. patella* (O. F. Müller, 1786)  
*L. rhomboides* (Gosse, 1886)  
*L. triptera* (Ehrenberg, 1830)  
*Squatinella mutica* (Ehrenberg, 1832)

Familia: Lecanidae

*Lecane aculeata* (Jakubski, 1912)  
*L. bulla* (Gosse, 1851)  
*L. closterocerca* (Schmarda, 1859)  
*L. cornuta* (Müller, 1786)  
*L. curvicornis* (Murray, 1913)  
*L. decipiens* (Murray, 1913)  
*L. flexilis* (Gosse, 1886)  
*L. hamata* (Stokes, 1896)  
*L. hastata* (Murray 1913)  
*L. hornemanni* (Ehrenberg, 1834)  
*L. inermis* (Bryce, 1892)  
*L. ludwigi* (Eckstein, 1883)  
*L. luna* (O. F. Muller, 1776)  
*L. lunaris* (Ehrenberg, 1832)  
*L. nana* (Murray 1913)  
*L. ohioensis* (Herrick, 1885)  
*L. papuana* (Murray, 1913)  
*L. pyriformis* (Daday 1905)  
*L. quadridentata* (Ehrenberg 1832)  
*L. spinulifera* (Edmondson,

1935)

Familia: Proalidae

*Proales decipiens* (Ehrenberg, 1831)  
*P. fallaciosa* Wulfert, 1937

Familia: Notommatidae

*Cephalodella catellina* (O. F. Müller, 1786)  
*C. forficula* (Ehrenberg, 1832)  
*C. gibba* (Ehrenberg, 1838)  
*Cephalodella hollowdayi* (Koste, 1986)  
*C. megalcephala* (Glascott, 1893)  
*C. panarista* Myers, 1924  
*Cephalodella sp*  
*C. physalis* Myers, 1924  
*Itura myersi* Wulfert, 1935  
*Monommata arndti* Remane, 1933  
*M. dentata* Wulfert, 1940  
*Notommata copeus* Ehrenberg, 1834  
*N. glyphura* Wulfert, 1935  
*N. pachyura* (Gosse, 1886)  
*N. tripus* Ehrenberg, 1838

Familia Scarididae

*Scaridium longicaudum* (Muller, 1786)

Familia: Trichocercidae

- Trichocerca bidens* (Lucks, 1912)  
*T. capucina* (Wierzejski & Zacharias 1893)  
*T. cylindrica* (Imhoff, 1891)  
*T. dixonnuttalli* Jennings, 1903  
*T. elongata* (Gosse, 1886)  
*T. longiseta* (Schrank, 1802)  
*T. montana* Hauer 1956  
*T. porcellus* (Gosse, 1886)  
*T. pusilla* (Latterbourn, 1898)  
*T. rosea* (Stenroos, 1898)  
*T. similis* (Wierzejski, 1893)  
*T. stylata* (Gosse 1851)  
*T. tenuior* (Gosse 1886)  
*T. weberi* (Jennings, 1903)

Familia: Gastropodidae

- Ascomorpha ovalis* (Bergendal, 1892)  
*A. eucadis* (Perty, 1850)  
*A. saltans* Bartsch, 1870

Familia: Synchaetidae

- Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925  
*P. remata* Skorikov, 1896  
*P. vulgaris* Carlin, 1943  
*Synchaeta bicornis* Smith, 1904  
*S. longipes* (Gosse, 1887)

*S. pectinata* Ehrenberg, 1832

Familia: Asplanchnidae

- Asplanchna girodi* (De Guerne, 1888)  
*A. siboldi* (leydig, 1854)  
*A. priodonta* (Gosse, 1850)  
*A. silvestrii* Daday, 1902  
*Asplachnopus multiceps* (Schrank, 1793)

Familia: Dicranophoridae

- Aspelta lestes* Haring & Myers, 1928  
*Dicranophorus forcipatus* (O. F. Muller, 1786)

Orden: Gnesiotrocha

Familia: Testudinellidae

- Pompholyx sulcata* (Hudson, 1885)  
*Testudinella caeca* (Parsons, 1892)  
*T. emerginula* (Stenroos, 1898)  
*T. incisa* (Ternetz, 1892)  
*T. mucronata* (Gosse, 1886)  
*T. parva* (Ternetz, 1892)  
*T. patina* (Hermann, 1783)

Familia: Flosculariidae

- Ptygura melicerta* (Ehrenberg, 1832)  
*P. furcillata* (Kellicott, 1889)

Familia Conochilidae

*Conochilus. dossuarius* (Hudson,  
1875

*C. hippocrepis* (Schrank, 1803)

*C. unicornis* Rousselet, 1892

Familia: Hexarthridae

*Hexarthra fenica* (Levander, 1892)

*H. intermedia* Wiszniewski, 1929

*H. mira* (Hudson, 1871)

Familia Filiniidae

*Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834)

*F. terminalis* (Plate, 1886)

*F. novaezealandiae* (Shiel &  
Sanoamuang, 1993)

*F. opoliensis* (Zacharias, 1898)

Familia Trochosphaeridae

*Hoarella thomassoni* Koste 1973

Orden Collothecacea

Familia Collothecidae

*Collotheca* sp



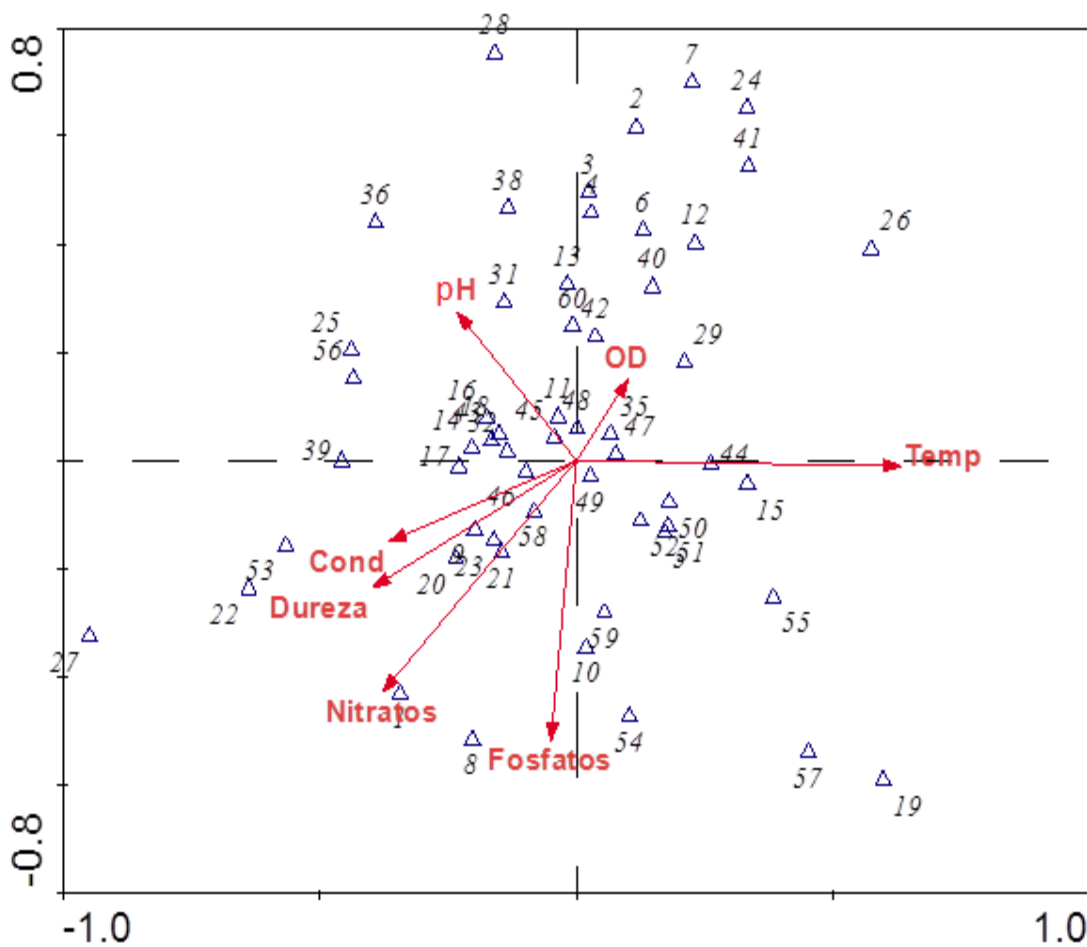


Figura. 16: Resultados analisis CANOCO. 1- *Anuraeopsis fissa*, 2.-*Brachionus angularis*, 3.- *B. calyciflorus*, 4.- *B. caudatus*, 5. *Kellicottia bostoniensis*, 6.- *Keratella americana*, 7.- *Keratella quadrata*, 8.- *Euchlanis dilatata*, 9.- *E. incisa*, 10.- *Mytilina mucronata*, 11.- *M. ventralis*, 12.- *Macrochaetus subquadratus*, 13.- *Trichotria pocillum*, 14.- *T. tetractris*, 15.- *Colurella uncinata*, 16.- *Lepadella acuminata*, 17.- *L. ovalis*, 18.- *L. patella*, 19.- *L. rhomboides*, 20.- *L. triptera*, 21.- *Squatinella mutica*, 22.- *Lecane bulla*, 23.- *L. closterocerca*, 24.- *L. flexilis*, 25.- *L. inermis*, 26.- *L. ludwigi*, 27.- *L. luna*, 28.- *L. lunaris*, 29.- *L. ohioensis*, 30.- *Proales decipiens*, 31.- *Cephalodella catellina*, 32.- *C. gibba*, 33.- *C. panarista*, 34.- *Cephalodella. sp*, 35.- *Monommata arndti*, 36.- *Notommata copeus*, 37.- *N. tripus*, 38.- *Scaridium longicaudum*, 39.- *Trichocerca bidens*, 40.- *T. capucina*, 41.- *T. cylindrica*, 42.- *T. dixonnutalli*, 43.- *T. elongata*, 44.- *T. porcellus*, 45.- *T. similis*, 46.- *T. weberi*, 47.- *Ascomorpha ovalis*, 48.- *Polyarthra dolichoptera*, 49.- *P. vulgaris*, 50.- *Synchaeta pectinata*, 51.- *Asplanchna girodi*, 52.- *A. priodonta*, 53.- *Dicranophorus forcipatus*, 54.- *Pompholyx sulcata*, 55.- *Testudinella incisa*, 56.- *T. mucronata*, 57.- *Conochilus unicornis* 58.- *Hexarthra intermedia*, 59.- *Filinia longiseta*, 60.-*Collotheca sp*

## Diagramas.

En base al Logaritmo de las abundancias graficado en contra del porcentaje de frecuencia se obtiene el diagrama de Olmstead-Tukey, este acomoda a las especies en 4 categorías: dominantes, comunes, temporales y raras.

Del diagrama de todas las zonas en conjunto se obtuvo que 19 especies fueron dominantes, sin embargo 8 de estas tuvieron una mayor frecuencia que las demás, 8 se registraron como temporales, mientras que 29 fueron raras y no se encontraron especies comunes. Las especies que tuvieron una mayor frecuencia y abundancia fueron *Polyarthra vulgaris*, *Tricocherca similis*, *Asplanchna priodonta*, *Polyarthra dolichoptera*, *Ascomorpha ovalis*, *Kellicottia bostoniensis*, *Asplanchna girodi*, *Trichotria tectratis*, *Lepadella patella* y *Synchaeta pectinata*.

En las zona 1, 2, 4 y 5 se encontraron de 23 a 25 a especies raras, siendo la zona 3 donde hubo el mayor número de éstas (15). Las especies dominantes fueron alrededor de 12 con un intervalo de 4 a 8, las especies temporales de 4 a 9 mientras que las comunes con un máximo de 3 (Figuras 8 a 13).

## Todas las zonas

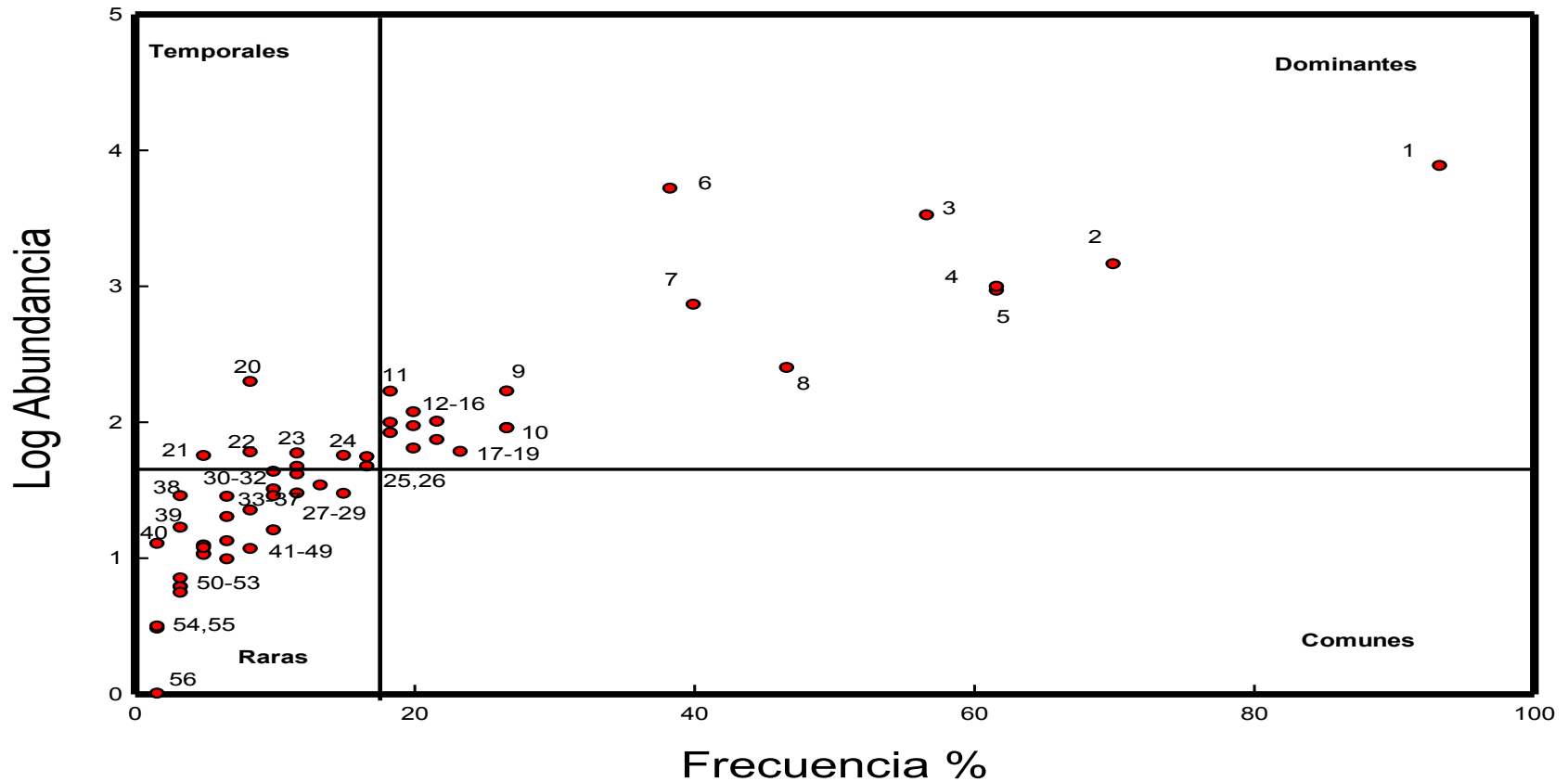


Fig. 8 Diagrama de Olmstead-Tukey **Todas las zonas.** **Dominantes** 1.- *Polyarthra vulgaris* 2.-*Trichocerca similis* 3.-*Asplanchna priodonta* 4.-*P. dolichopectera* 5.-*Ascomorpha ovalis* 6.-*Kellicottia bostoniensis* 7.-*A. girodi* 8.- *Trichotria tectratis* 9.- *Synchaeta pectinata* 10.-*Lepadella patella* 11.-*T. dixonnutalli* 12.-*Squatinella mutica* 13.-*Cephalodella gibba* 14.-*T. capucina* 15.-*L. ovalis* 16.-*Euchlanis incisa* 17.-*T. porcellus* 18.-*T. elongata* 19.-*T. pocillum* **Temporales** 20.-*Collotheca* sp 21.-*L. inermis* 22.-*T. cylindrica* 23.-*Cononchilus unicornis* 24.-*T. bidens* 25.-*L. closterocerca* 26.-*L. acuminata* **Raras** 27.-*Monommata ardniti* 28.-*Mytilina ventralis* 29.-*M. mucronata* 30.- *L. bulla* 31.-*Dicranophorus forcipatus* 32.-*Keratella americana* 33.-*Brachionus caudatus* 34.-*Macrochaetus subquadratus* 35.- *Anuraeopsis fissa* 36.-*Cephalodella catellina* 37.-*E. dilatata* 38.-*B. calyciflorus* 39.-*L. luna* 40.-*B. angularis* 41.-*L. flexilis* 42.- *L. ohioensis* 43.-*Pompholyx sulcata* 44.-*T. mucronata* 45.-*Colurella uncinata* 46.-*Scaridium longicaudum* 47.-*L. rhomboides* 48.-*Filinia longiseta* 49.-*T. weberi* 50.-*Hexarthra intermedia* 51.-*Notommata copeus* 52.-*L. lunaris* 53.-*L. triptera* 54.-*K. queadrata* 55.-*L. ludwigii* 56.-*Testudinella incisa*.

## Zona 1

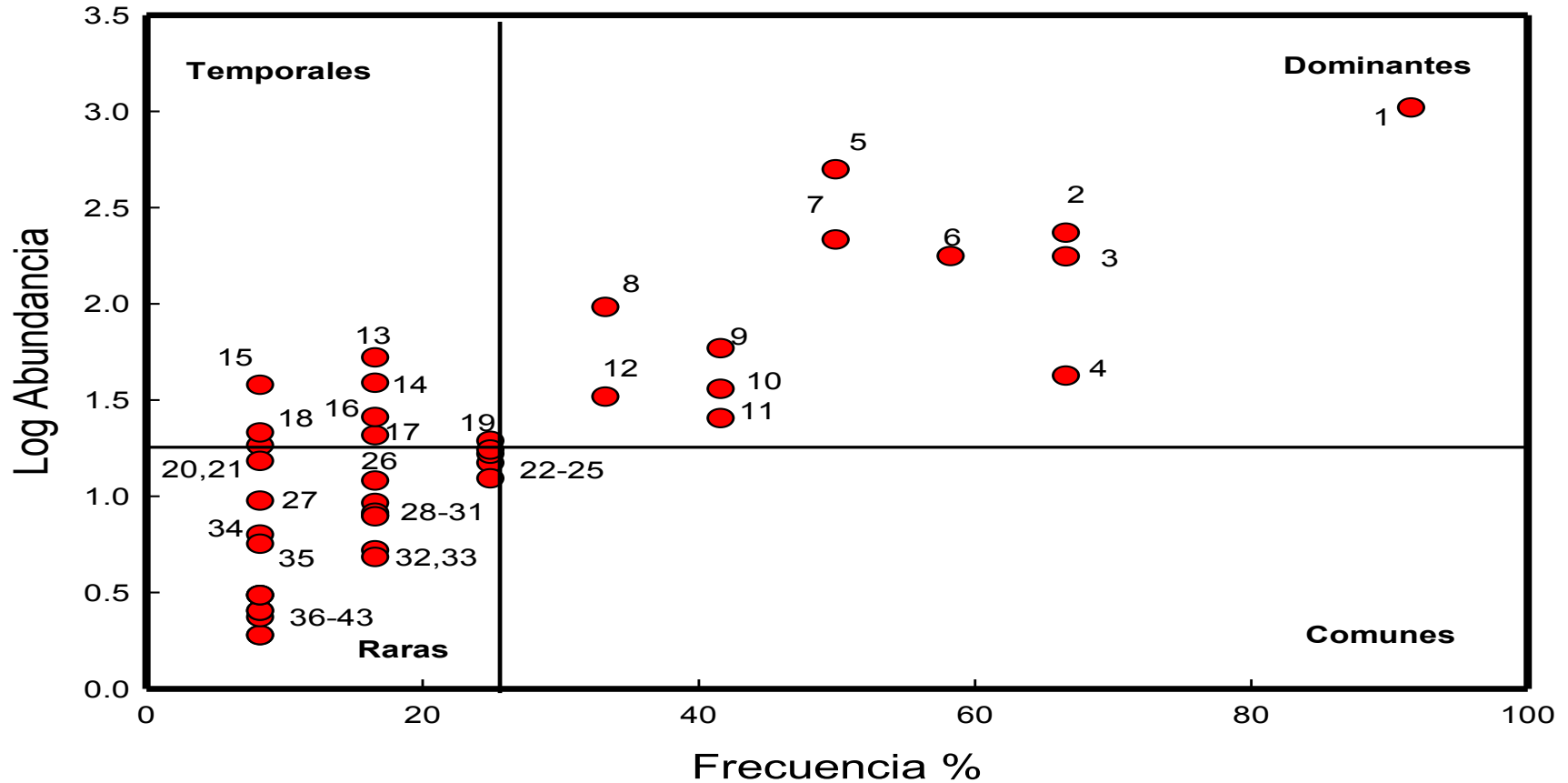


Figura 9 Diagrama de Olmstead-Tukey **Zona 1 Dominantes** 1.- *Polyarthra vulgaris* 2.- *Trichocerca similis* 3.- *Ascomorpha ovalis* 4.- *Trichotria tectratis* 5.- *Asplanchna priodonta* 6.- *P. dolichoptera* 7.- *Kellicottia bostoniensis* 8.- *A. girodi* 9.- *Synchaeta pectinata* 10.- *T. weberi* 11.- *L. patella* 12.- *T. porcellus* **Temporales** 13.- *Cephalodella gibba* 14.- *T. dixonnutalli* 15.- *Collotheca* sp. 16.- *T. capucina* 17.- *L. acuminata* 18.- *L. inermis* 19.- *L. closterocerca* 20.- *Euchlanis incisa* **Raras** 21.- *T. cylindrica* 22.- *T. pocillum* 23.- *L. ovalis* 24.- *C. catellina* 25.- *T. elongata* 26.- *Monommata ardnti* 27.- *Cononchilus unicornis* 28.- *Keratella americana* 29.- *Colurella uncinata* 30.- *Mytilina ventralis* 31.- *M. mucronata* 32.- *E. dilatata* 33.- *Filinia longiseta* 34.- *Brachionus calyciflorus* 35.- *L. bulla* 36.- *Scardium longicaudum* 37.- *L. flexilis* 38.- *L. ohioensis* 39.- *T. bidens* 40.- *Squatinella mutica* 41.- *T. mucronata* 42.- *L. rhomboides* 43. *Anuaeropsis fissa*

## Zona 2

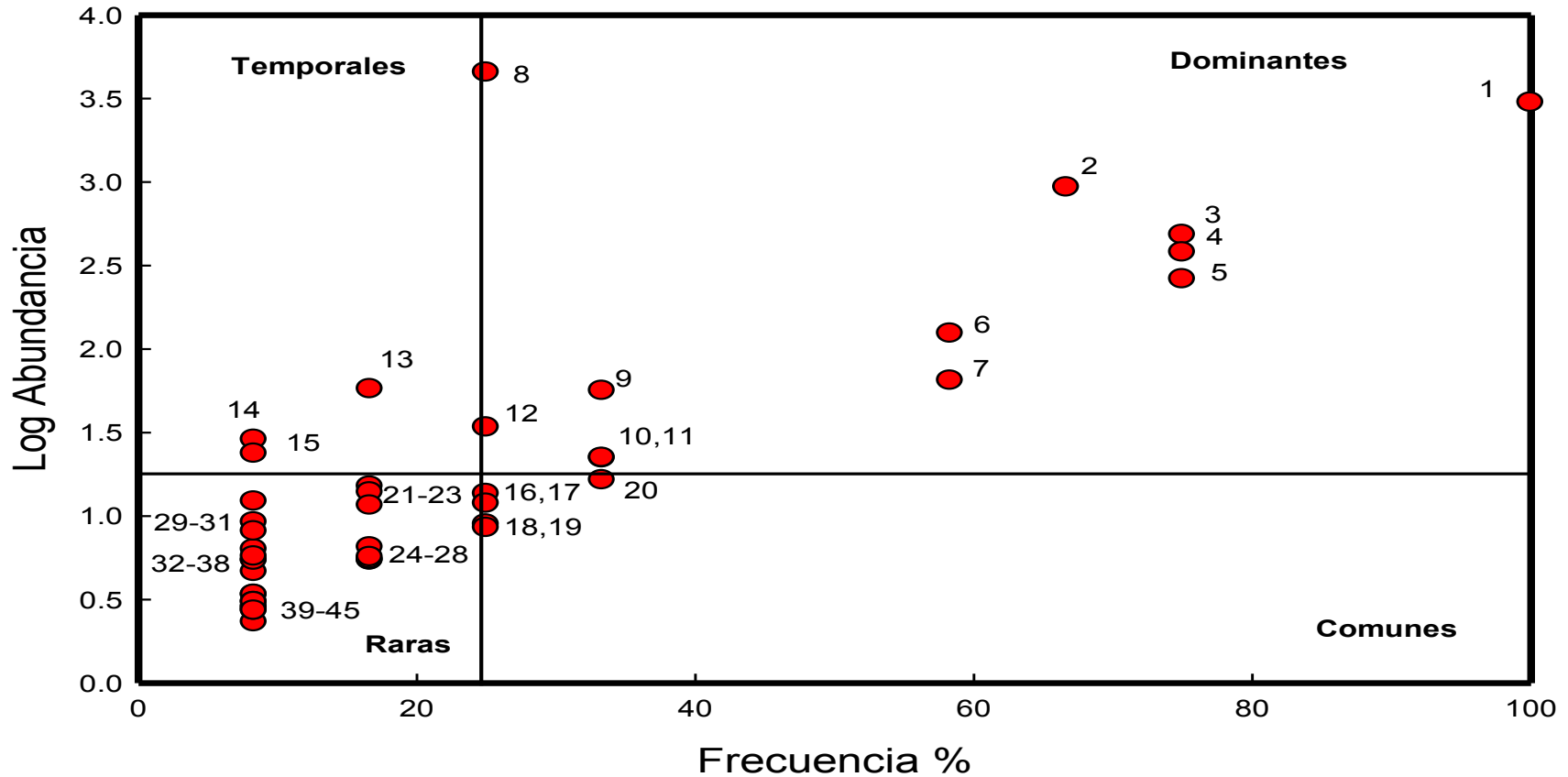


Figura 10 Diagrama de Olmstead-Tukey **Zona 2. Dominantes** 1.- *Polyarthra vulgaris* 2.- *Asplanchna priodonta* 3.- *Trichocerca similis* 4.- *Ascomorpha ovalis* 5.- *P. dolichoptera* 6.- *Asplanchna priodonta* 7.- *Trichotria tectratis* 8.- *Kellicottia bostoniensis* 9.- *Synchaeta pectinata* 10.- *Lepadella patella* 11.- *T. elongata* 12.- *T. capucina* **Temporales** 13.- *T. Dixon-nutalli* 14.- *Lecane inermis* 15.- *Collotheca* sp. **Comunes** 16.- *Euchlanis incisa* 17.- *T. weberi* 18.- *Squatinella mutica* 19.- *Cephalodella gibba* 20.- *L. ovalis* **Raras** 21.- *T. pocillum* 22.- *L. closterocerca* 23.- *Cononchilus unicornis* 24.- *Mytilina mucronata* 25.- *T. porcellus* 26.- *Hexarthra intermedia* 27.- *Filinia longiseta* 28.- *L. acuminata* 29.- *Macrochaetus subquadratus* 30.- *T. bidens* 31.- *Dicranophorus forcipatus* 32.- *Monommata ardti* 33.- *T. mucronata* 34.- *L. ohioensis* 35.- *Phompolyx sulcata* 36.- *T. cylindrica* 37.- *Scaridium longicaudum* 38.- *Chepalodella catellina* 39.- *Brachionus caudatus* 40.- *L. triptera* 41.- *E. dilatata* 42.- *Anuraeopsis fissa* 43.- *L. bulla* 44.- *L. lunaris* 45.- *Colurella uncinata*

## Zona 3

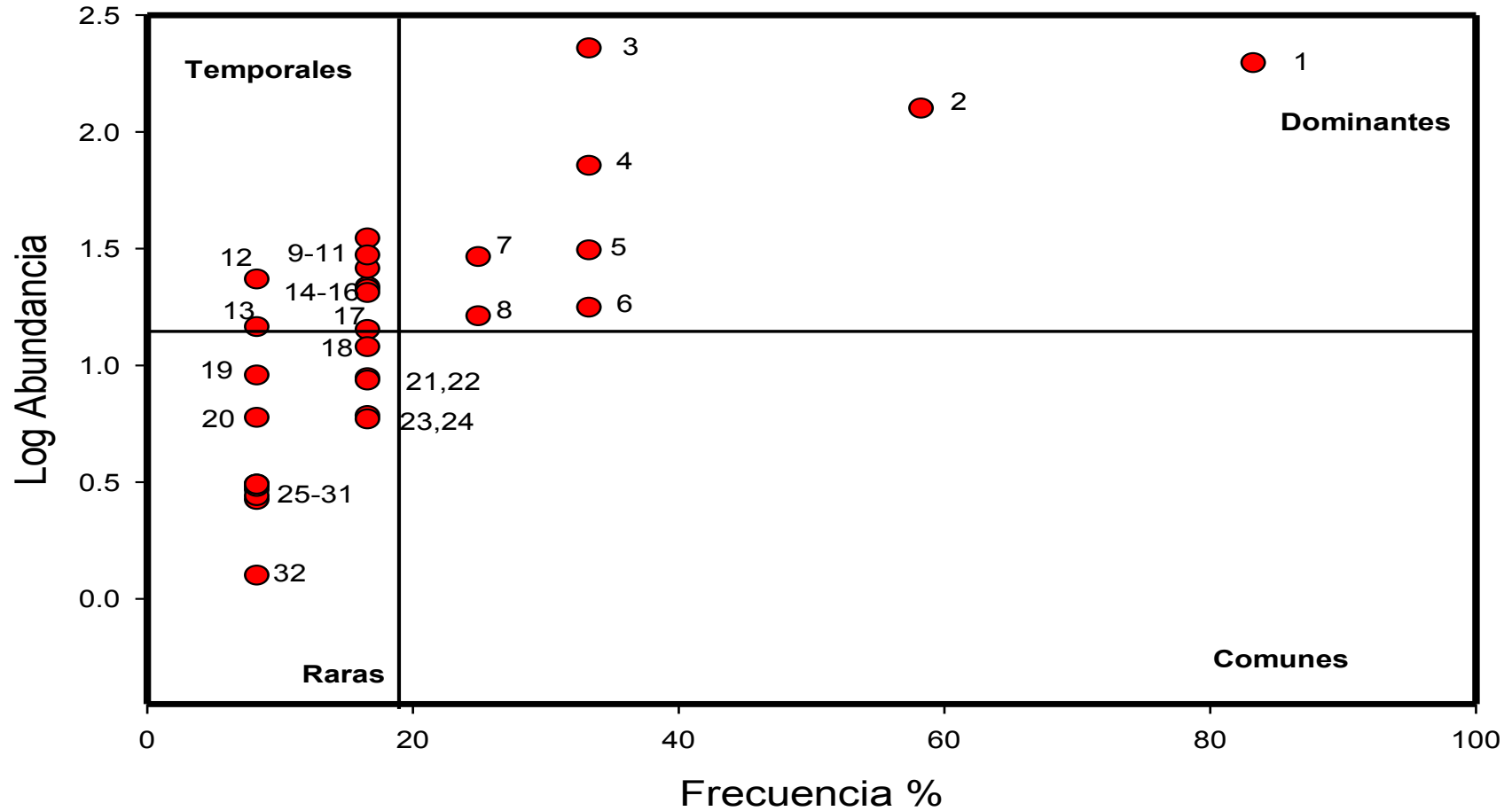


Figura 11. Diagrama de Olmstead-Tukey **Zona 3 Dominantes** 1.- *Polyarthra vulgaris*. 2.- *Trichocerca similis* 3.- *P. dolichoptera* 4.- *Squatinella mutica* 5.- *Asplanchna priodonta* 6.- *Cephalodella gibba* 7.- *Dicranophorus forcipatus* 8.- *Lecane closterocerca* **Temporales** 9.- *Lepadella ovalis* 10.- *L. bulla* 11.- *Trichotria tectratis* 12.- *L. patella* 13.- *L. bulla* 14.- *Anuraeopsis fissa* 15.- *Trichocerca bidens* 16.- *T. dixonnutalli* 17.- *Euchlanis incisa* **Raras** 18.- *Ascomorpha ovalis* 19.- *Keratella americana* 20.- *T. capucina* 21.- *Kellicotia bostoniensis* 22.- *Mytilina ventralis* 23.- *T. porcellus* 24.- *T. weberi* 25.- *Macrochaetus subquadratus* 26.- *L. acuminata* 27.- *T. pocillum* 28.- *E. dilatata* 29.- *C. catellina* 30.- *M. mucronata* 31.- *T. elongata* 32.- *Notommata copeus*

## Zona 4

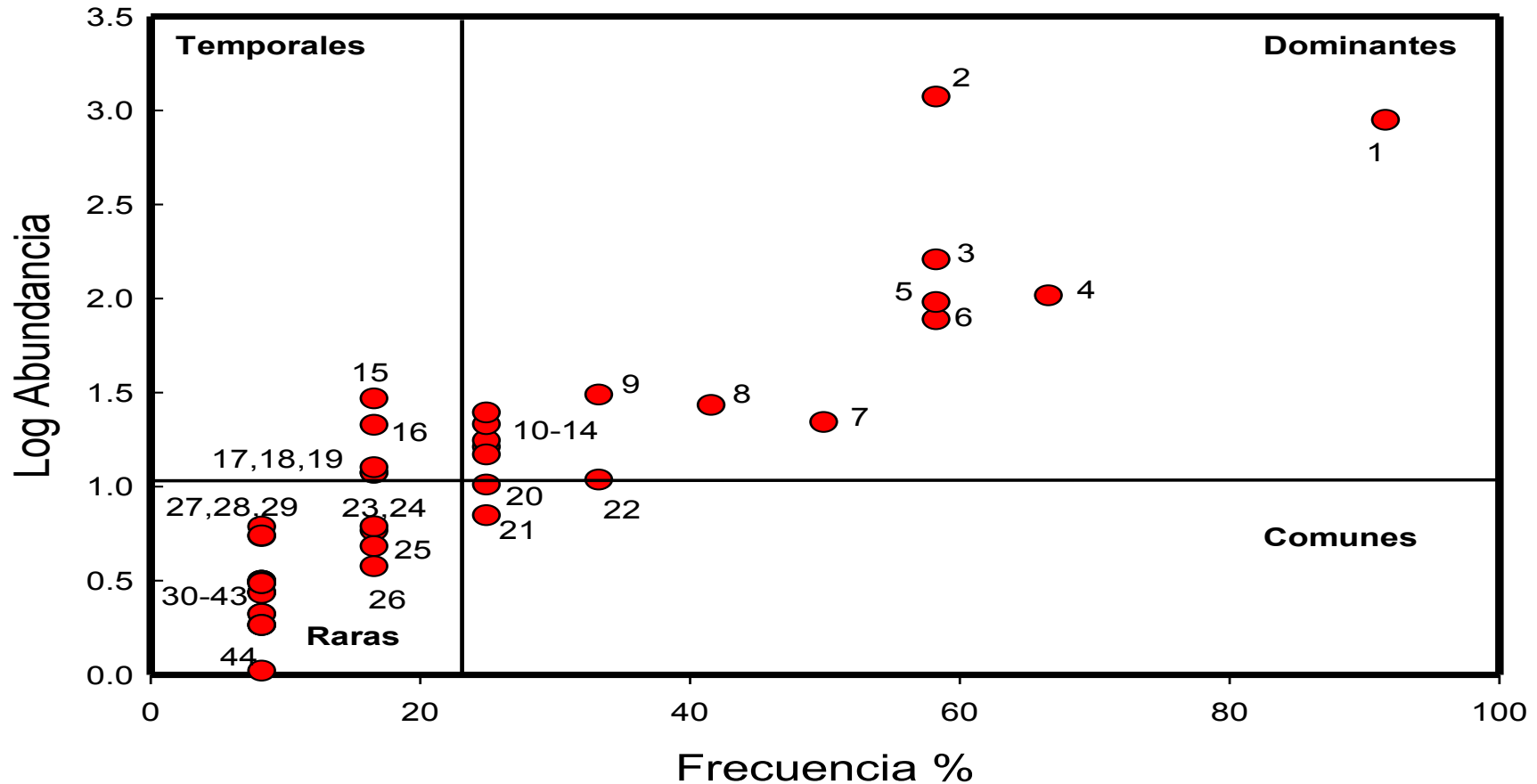


Figura 12 Diagrama de Olmstead-Tukey **Zona 4. Dominantes** 1.-*Polyarthra vulgaris* 2.- *Asplanchna priodonta* 3.-*Trichocerca similis* 4.-*P. dolichopectera* 5.-*Ascomorpha ovalis* 6.- *Trichotria tectratis* 7.-*T. pocillum* 8.- *Kellicottia bostoniensis* 9.- *A. girodi* 10.- *Synchaeta pectinata* 11.-*T. weberi* 12.-*T. bidens* 13.-*T. capucina* 14.-*Keratella americana* **Temporales** 15.-*T. dixonnutalli* 16.-*Collotheca* sp. 17.-*Squatinella mutica* 18.-*Lepadella acuminata* 19.- *Euchlanis incisa* **Comunes** 20.-*Mytilina mucronata* 21.-*T. elongata* 22.- *L. patella* **Raras** 23.-*M. ventralis* 24.- *Brachionus caudatus* 25.-*L. bulla* 26.- *D. forcipatus* 27.-*L. inermis* 28.- *T. cylindrica* 29.-*L. ovalis* 30.- *Anuraeopsis fissa* 31.-*Colurella uncinata* 32.-*L. ovalis* 33.- *L. ludwigii* 34.-*T. mucronata* 35.-*T. porcellus* 36.-*Scardium longicaudum* 37.- *Pompholyx sulcata* 38.-*Filinia longisetata* 39.-*L. triptera* 40.-*L. luna* 41.-*Monommata ardnti* 42.-*L. closterocerca* 43.-*L. rhomboides* 44.-*Cephalodella gibba*

## Zona 5

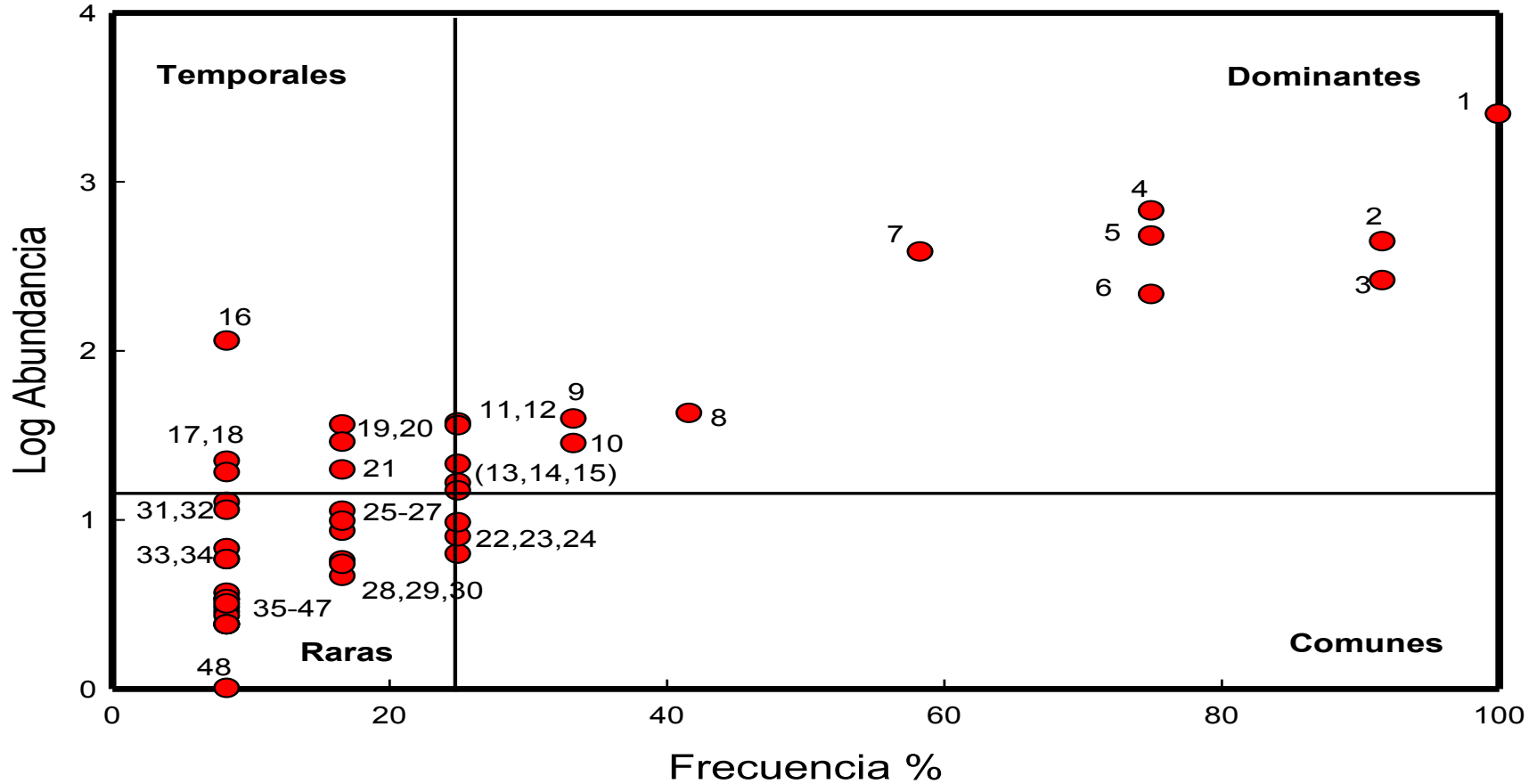


Figura 13 Diagrama de Olmstead-Tukey **Zona 5**. **Dominantes** 1.- *Polyarthra vulgaris*. 2.- *Trichocerca similis* 3.- *Ascomorpha ovalis* 4.- *Asplanchna priodonta* 5.- *A. girodi* 6.- *P. dolichoptera* 7.- *Kellicottia bostoniensis* 8.- *Euchlanis incisa* 9.- *Trichotria tectratis* 10.- *Synchaeta pectinata* 11.- *T. capucina* 12.- *Cononchilus unicornis* 13.- *T. dixon-nutalli* 14.- *T. porcellus* 15.- *T. weberi* **Temporales** 16.- *Collotheca* sp. 17.- *Brachionus calyciflorus* 18.- *B. caudatus* 19.- *T. cylindrica* 20.- *T. elongata* 21.- *Lepadella ovalis* **Comunes** 22.- *Monommata ardnti* 23.- *L. rhomboides* 24.- *L. acuminata* **Raras** 25.- *M. ventralis* 26.- *Lecane flexilis* 27.- *L. patella* 28.- *T. pocillum* 29.- *T. bidens* 30.- *Macrochaetus subquadratus* 31.- *B. angularis*. 32.- *E. dilatata* 33.- *Keratella americana* 34.- *Notommata copeus* 35.- *L. closteroerca* 36.- *L. lunaris* 37.- *K. quadrata* 38.- *Squatinella mutica* 39.- *L. ohioensis* 40.- *Cephalodella catellina* 41.- *M. mucronata* 42.- *C. gibba* 43.- *Dicranophorus forcipatus* 44.- *Filinia longiseta* 45.- *Pompholyx sulcata* 46.- *Anuraeopsis fissa* 47.- *Scardium longicaudum* 48.- *Testudinella incisa*



## **Parametros Fisicoquímicos**

### pH

Durante el mes de junio de 2011 se registraron los valores más altos de pH, siendo estos de 9 mientras que los valores más bajos se obtuvieron en abril de 2012 con un promedio de 6.

El promedio anual general de pH fue de 7.1, mientras que los promedios para las zonas 1, 2, 3, 4 y 5 fueron respectivamente 7.2, 7.1, 7.1, 7.3 y 7.0, es decir, que es de neutro a ligeramente alcalino a lo largo del año de estudio.

### Temperatura.

La temperatura promedio anual de los primeros 20 centímetros del agua superficial fue de 15.8 °C. Los promedios anuales de las zonas de muestreo fueron; zona 1 (16.2°C), zona 2 (16.0°C), zona 3 (15.6°C), zona 4 (15.6°C) y zona 5 (15.8°C), siendo las zonas 1 y 2 las que presentaron un grado por arriba durante todo el estudio con respecto a las zonas 3, 4 y 5 que fueron las más frías.

El mes con la temperatura más alta fue el mes de Mayo de 2012 con un promedio de todas las zonas de muestreo de 20.1°C, por otro lado el mes más frío fue Enero de 2012 con 11.3°C en promedio.

### Oxígeno Disuelto.

El oxígeno disuelto de los primeros 20 centímetros de la columna de agua tuvo un promedio anual de 6.8 mg/L. El sitio con el valor más alto de oxígeno disuelto fue en la zona 2 durante enero de 2012 con 8.7 mg/L, en contra parte el valor más bajo se presentó durante octubre de 2011 en la zona 5 con 4.5 mg/L.

El mes en promedio con el valor mayor de oxígeno disuelto fue Febrero de 2012 con 7.8 mg/L, mientras que abril de 2012 registró en promedio los valores más bajos con 5.6 mg/L.

## Dureza Total.

Para los datos de dureza se tiene solamente registro de los primeros 9 meses, de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Los valores oscilaron entre 45.2 mg/L (Junio 2011 zona 5) que fue el más alto, y 8 mg/L (enero 2012, zonas 2 y 4) que fueron los más bajos. El promedio con todos los datos obtenidos fue de 24.8 mg/L.

El mes que obtuvo una mayor dureza en promedio fue Junio (39.8 mg/L) y en contra parte el mes con los menores valores fue Enero (8.8 mg/L).

## Conductividad

Del parámetro de conductividad solo se obtuvieron datos de 7 meses de muestreo, estos fueron de junio 2011 a octubre 2011 y de enero a febrero 2012.

El promedio general con los datos obtenidos es de 60  $\mu$ S para el lago, mientras que para las zonas fue de 60  $\mu$ S (zona 1), 58  $\mu$ S (zona 2), 54  $\mu$ S (zona 3), 71  $\mu$ S (zona 4) y finalmente 57  $\mu$ S (zona 5).

En la zona 4 durante octubre de 2011 se presentó el valor más alto de conductividad con 138  $\mu$ S, en cambio el valor más bajo durante los meses de registro fue 34  $\mu$ S en la zona 2 durante septiembre.

Junio fue el mes que presentó la mayor conductividad en promedio con 81  $\mu$ S, por otro lado el mes que obtuvo los menores valores fue enero con 48  $\mu$ S.

## Nitratos ( $\text{NO}_3$ mg/l)

El valor promedio anual de nitratos fue de 0.29 mg/L. Los valores para las diferentes zonas mostraron poca variación presentando valores de entre 0.25 mg/L y 0.33 mg/L.

En febrero en la zona 5 se obtuvo un valor cercano a 0, siendo este el valor más bajo para todo el año, mientras que el valor más alto fue de 1.9 esto durante enero en la zona 3.

Así mismo durante el mes de enero sin importar la zona los nitratos mostraron un incremento considerable o tuvieron sus picos máximos durante ese mes.

### Fosfatos

Los valores de fosfatos oscilaron entre 14 mg/L  $\text{PO}_4$  (zona 3, diciembre 2011) y 1 mg/L  $\text{PO}_4$  (zona 4, mayo 2012), el valor promedio anual de los fosfatos fue de 6.38 mg/L  $\text{PO}_4$ .

Con respecto a las zonas el valor promedio (en  $\text{PO}_4$ , mg/L) anual fue de 6.54 (zona 1), 6.36 (zona 2), 7.72 (zona 3), 5.72 (zona 4) y finalmente 5.54 (zona 5).

El mes con el registro del valor promedio más alto fue diciembre con 9.2 mg/L  $\text{PO}_4$ , mientras que mayo 2012 tuvo el registro más bajo con 2.4 mg/L  $\text{PO}_4$ .

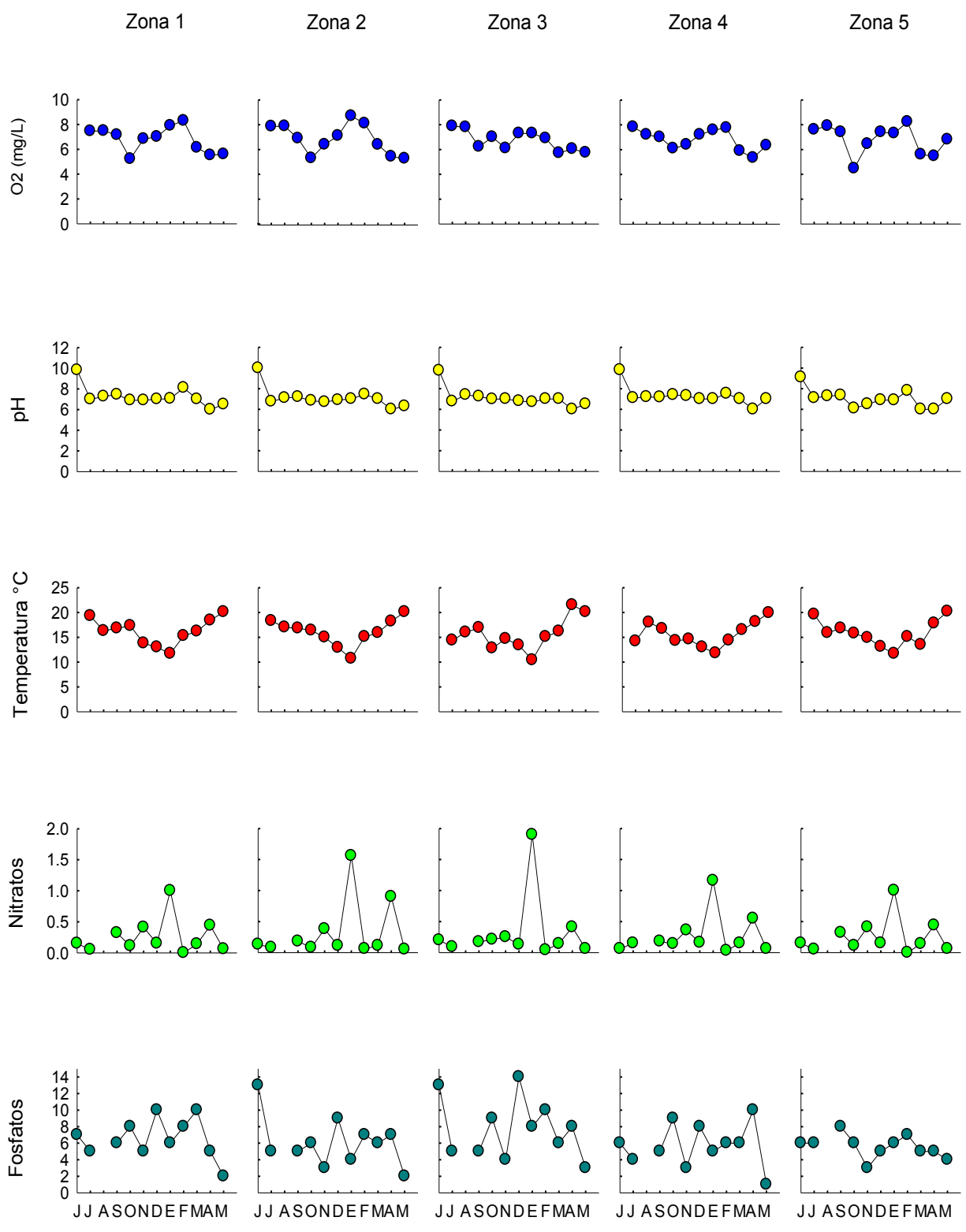


Figura 15: Datos fisicoquímicos durante todo el muestreo.

## **Discusión.**

### **Fisicoquímicos.**

Uno de los mayores aspectos dentro de los sistemas acuáticos son las características físicas y químicas que presenta el agua, éstas pueden estar influenciadas por el medio que rodea al cuerpo de agua, ya sea el sustrato en el fondo o los ingresos y salidas de agua hasta toda la cuenca en que se encuentra el cuerpo de agua; sin embargo algunas pueden tener variaciones relacionadas con el incremento de la materia orgánica (ya que esta puede utilizar el oxígeno en grandes cantidades para su descomposición), estos parámetros inciden dentro de las condiciones bióticas ya que en los cuerpos de agua se presentan organismos tanto autótrofos como heterótrofos que son susceptibles a las variaciones, de esta forma los organismos que presentan una mayor sensibilidad a los cambios dentro del ambiente son los presentes en plancton (fito y zooplancton), estos cambios pueden deberse principalmente al pH, conductividad, temperatura, dureza total, alcalinidad entre otros principalmente, estos presentan una relación entre los organismos y las variaciones ambientales, ya que tales parámetros ayudan a la interpretación de la capacidad productiva de los recursos acuáticos y su comportamiento. (Margalef, 1983; De la Lanza, 2002).

En cuanto a la circulación de agua, trabajos anteriores (Díaz-Vargas 2005; Quiroz Castelan 2008, Alcocer y Brooks 2010) mencionan que clasifican al lago Zempoala como monomictico cálido, ya que este nunca se congela y la mayor parte del año permanece estratificado, aunque a pesar de sus 5 metros de profundidad permite la formación de la termoclina en los metros superficiales. Moss (1992) hace referencia a que la mezcla que se da dentro de un lago es provocada en gran parte por la acción del viento sobre el agua, ya que este puede mover y mezclar las capas de aguas superficiales lo que produce la transferencia de calor de la superficie a las capas de agua más bajas, y que la estratificación es producida por la temperatura ambiental y la incidencia de la luz solar, lo cual influye en el calentamiento de la capa superficial propiciando una diferencia de temperatura entre la capa superficial y la del fondo.

El oxígeno disuelto es fundamental ya que es generado por los productores primarios y captado por el intercambio atmosférico por un lado y consumido por los organismos aeróbicos por el otro, los cuales lo utilizan para su síntesis de energía, esto puede ocasionar que limite o favorezca la abundancia de los organismos acuáticos (Margalef, 1983).

Díaz-Vargas (2005) registró valores con respecto al oxígeno disuelto de la parte superficial del agua los cuales tuvieron unos valores de entre 4.4 a 7.4 mg/L mientras que Quiroz-Castelán (2008) presento valores de 4 a 10, Alcocer y Brooks (2010) muestran ambitos más amplios de 1 a 8.6 mg/l. Los valores a pesar de la diferencia de los años entre los estudios no variaron considerablemente ya que los valores registrados en nuestro estudio estuvieron entre 5.6 y 7.8 mg/L, valores mínimos y máximos que dependieron de la etapa del año; esto puede darnos una referencia de que la dinámica del oxígeno disuelto no ha variado considerablemente en estos años y que tampoco ha sido afectada por las actividades humanas como lo son la pesca y paseos en bote.

La temperatura es un factor de suma importancia en un sistema acuático; Díaz-Vargas (2005) registra temperaturas mínimas de 6°C en temporadas frías mientras que en las cálidas de hasta de 24°C, Quiroz-Castelán (2008) de 12 a 22°C, mientras que Alcocer y Brooks 2010, temperaturas de 15 a 22°C. La temperatura que puede modificar el metabolismo de los organismos, lo que esto se ve reflejado en la producción del sistema. Así mismo influye en el proceso de estratificación, y por esto mismo se puede agotar el oxígeno de una forma más rápida, sin importa que la producción primaria sea baja (Palacios-Albarran, 2013). Este factor en este estudio fue en promedio de 15.8°C, concordando con los trabajos anteriores, y teniendo minimas de 11 y máximas de 22°C, al parecer la temperatura no ha variado de manera significativa en alrededor de 10 años.

Con respecto al pH se determino un promedio de 7 por lo tanto se puede considerar como agua neutra, en los trabajos citados anteriormente este valor es semejante y no muestra cambios en las diferentes épocas del año y zonas. Este valor es idóneo para que muchos microorganismos tengan condiciones para un

buen desarrollo. Dimas-Flores (2005) menciona que entre otros factores que determinan la estructura del zooplancton en este tipo de cuerpos acuáticos destacan las variaciones en el pH, las cuales provocan la extinción y reemplazo de especies sensibles, particularmente entre las 5 y 6 unidades de pH. Existe una correlación negativa entre la acidez, densidades poblacionales y la riqueza específica del zooplancton, en este caso la presencia de un pH neutro favorece a una alta riqueza y una alta abundancia de especies (Dimas-Flores 2005).

Los valores de dureza total mostraron que corresponden a aguas suaves o blandas ya que se obtuvo un promedio general de 45, Flores-Burgos (1997) indica que los valores permisibles para la protección de la vida es de hasta 150 mg/L así que los valores obtenidos son aceptables. Mientras que la conductancia tuvo un promedio general de 60  $\mu$ s, ambos valores concuerdan con los registrados por Quiroz-Castelán (2008), pero para otro cuerpo de agua de una gran altitud como es Valle de Bravo (1830 msnm) son valores menores ya que ahí se han registrado mínimos de 90 hasta 210  $\mu$ s. (Ramírez-García, 2002).

#### Nitratos ( $\text{NO}_3$ mg/L)

Las formas dominantes de nitrógeno en aguas dulce incluyen: nitrógeno molecular disuelto ( $\text{N}_2$ ), nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ), nitritos en su forma reducida ( $\text{NO}_2$ ), la forma oxidada de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y un gran número de compuestos orgánicos (aminoácidos, aminas, proteínas etc.) (Wetzel, 1981). De acuerdo con Arrignon (1979) los límites permisibles para la protección de la vida en concentración de los nitratos es de < 11 mg/L, con respecto a esto los valores obtenidos para este trabajo están dentro de los permisibles, ya que en general se encontraron con 0.25 mg/L y el máximo durante todo el año muestreado fue de 1.9 mg/l, así que quedan muy por debajo del límite superior permisible.

Algunas características fisicoquímicas de los lagos de alta montaña de regiones templadas son, que, la mayoría son oligotróficos, bien oxigenados, con valores de pH de ligero a fuertemente ácido y con bajas concentraciones de compuestos iónicos disueltos (Löffler, 1972), estas características encajan dentro de los

parámetros medidos para el Lago Zempoala en este trabajo, ya que por el índice de Sládeček (1983) se le denomina oligotrófico, una buena cantidad de oxígeno disuelto y con un pH neutro, así mismo otros trabajos como los de Díaz-Vargas (2005) y Alcocer-Brooks (2010) denotan los mismos resultados para este cuerpo de agua.

## **Rotíferos**

Flores Burgos (1997) identifica 36 especies en el lago Zempoala, mientras Serranía-Soto (2006) identificó 50 especies de rotíferos en el mismo cuerpo de agua, entre los dos trabajos anteriores 27 coincidieron con las especies encontradas en este actual trabajo (64) mientras que 37 especies restantes son nuevos registros para el lago.

En la última década hay un incremento en el estado de Morelos con respecto al estudio del zooplancton pero la mayoría de estos trabajos solo llegan a la identificación de los organismos a nivel de género ( Granados-Ramírez 1990; Trejo, 1990; Gómez-Márquez, 2003; Díaz-Vargas, 2005 y Garcia-Rodriguez, 2010) mientras que solo cinco trabajos dan el reporte completo de las especies de rotíferos encontradas (Flores-Burgos 1998, Serranía-Soto 2006, Elías-Gutiérrez 2006, Granados-Ramírez 2007 y Palacios-Albarran 2013), así que con base a estos trabajos se realizó un listado de las especies reportadas para este estado aumentándole las especies registradas en este trabajo, por lo que se llega a 126 especies reportadas en conjunto para el estado de Morelos (Tabla 3).

A la lista mencionada de 126 especies, este trabajo contribuye con 21 nuevos registros para el estado de Morelos, estas especies son: *Keratella quadrata*, *Euchlanis incisa*, *Mytilina ventralis*, *Lecane inermis*, *L. ohioensis*, *Proales decipiens*, *Cephalodella panarista*, *Cephalodella* sp., *Monommata arndti*, *Notommata copeus*, *N. tripus*, *Scardium longicaudum*, *Trichocerca capucina*, *T. dixonnuttalli*, *T. weberi*, *Ascomorpha ovalis*, *Polyarthra vulgaris*, *Asplanchnopus multiceps*, *Dicranophorus forcipatus*, *Pompholyx sulcata* y *Conochilus unicornis*.



De acuerdo a Elías-Gutiérrez (2006) hay 305 especies reportadas para México, de lo que se calcula que el 21 % del total de especies se pueden encontrar en el Lago Zempoala (64). Mientras que con base en el listado realizado con el registro de todas las especies para el estado de Morelos (126) corresponden 41 % del total de las especies del país. Sarma et al. (2009) mencionan que en el Estado de México se han registrado 203 especies (divididas en 54 géneros, 23 familias y 2 órdenes), esto representa el 66 % de todas las especies registradas para México, esto nos indica dos cosas, primera que los estados de México y Morelos tienen una alta diversidad dentro del Phylum Rotifera, esto se puede deber a la topografía de estos estados, ya que presentan una gran cantidad de cuerpos de agua a diferentes altitudes y en diferentes tipos de climas y grados de eutrofización. El segundo aspecto que se puede tomar en cuenta es que la mayoría de los estudios sobre este tipo de organismos se concentran en la parte central del país, y otras zonas de interés no han sido tan estudiadas en las que probablemente presenten nuevos registros para el país e inclusive descripciones de nuevas especies.

### **Biogeografía.**

Hay algunas especies de rotíferos que muestran una distribución geográfica claramente restringida y otras que por el contrario tienen una amplia distribución (Segers, 1994; 1995), en el caso de este cuerpo de agua las especies dominantes como *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca similis*, *Asplanchna priodonta* y *Ascomorpha ovalis* son cosmopolitas además de que van asociadas algunas a cuerpos de agua oligotróficos (Sládeček 1983; Segers 2007).

Granados-Ramírez (2007) cita al género *Brachionus* como uno de los grupos más dominantes de los embalses de la región oriente del estado de Morelos, pero estos también se presentan dentro del Lago Zempoala que se ubica en el lado poniente del estado así que se les pueden considerar dominantes en todo el

estado de Morelos. Así mismo este género está asociado a ambientes eutrofizados además de que tienen una distribución cosmopolita.

*Kellicottia bostoniensis* fue una de las especies dominantes para el lago, esto gracias a que en un cierto periodo de tiempo tuvo un gran abundancia, esta especie tiene una distribución en las regiones Neártica y Neotropical (Segers 2007), una de las regiones donde se localizo el Lago Zempoala, sin embargo se han tenido registros de esta especie en regiones de Europa como Finlandia, Francia y Rusia (Eloranta, 1988; Balvay, 1994 y Zhdanova, 2011), la zona europea comprende lo que es la región Paleártica, donde esta especie que se creía solo del continente americano se empieza a distribuir, por lo tanto se lo podría empezar a considerar cosmopolita. (ANEXO 3).

En relación con organismos cosmopolitas la mayoría de las familias que se registraron para este trabajo contienen especies muy bien representadas para las diferentes regiones biogeografías, estas generalmente están presentes en más de 5 regiones (ANEXO 1 y 2)

En zonas tropicales, el zooplancton presenta mayor diversidad o especies con una distribución restringida (particularmente con los copépodos calanoideos) que en el fitoplancton y un número importante de especies que son únicamente tropicales (por ejemplo *Keratella tropica* y el copépodo *Mesocyclops crassus*). El género *Brachionus* tiene una mayor presencia en los lagos tropicales que en los templados. También son comunes las especies cosmopolitas conocidas en zonas templadas, particularmente rotíferos como el caso de *Keratella americana* y *Polyarthra vulgaris*, por ejemplo, son comunes en lagos tropicales, (Lewis, 1996) en el caso de este trabajo se presentan comúnmente el género *Brachionus* además de que *Polyarthra vulgaris* fue el rotífero que tuvo una mayor abundancia y frecuencia a lo largo de todo el año, en cambio *Keratella americana* tuvo presencia en ciertos meses, esto nos reafirma que este cuerpo de agua se encuentra dentro de los lagos tropicales.

En este trabajo se encontró *Brachionus calyciflorus*, esta especie es muy utilizada para diferentes tipos de estudios (Francis, 2006) como los son la acuicultura, ecotoxicología, morfometría entre otros, este rotífero se encontró principalmente durante la época de frío hasta los primeros meses de calor, de noviembre a marzo principalmente. Las especies del género *Brachionus* son muy utilizadas para todas las líneas de trabajo mencionadas anteriormente, además de que son útiles para realizar estudios demográficos e interacciones de depredador-presa (Gamma, 2004) además de que este género es uno de los mayores indicadores de eutrofia en los cuerpos de agua (Sládeček, 1983).

### **Estado Trófico.**

Sládeček (1983) propone un índice con base en las especies de dos géneros de rotíferos (*Brachionus/Trichocerca*) para saber el estado trófico de un cuerpo de agua. En el caso del lago estudiado en cuestión su resultado es de 0.38. Este resultado nos indica que el Lago Zempoala es oligotrófico, a diferencia de algunos cuerpos de agua cercanos que se muestran eutrofizados como los son Xochimilco (Jiménez-Contreras, 2007) y Valle de Bravo (Jiménez-Contreras, 2009), mientras que la presa Isidro Fabela situada a una altitud de 3300 msnm muestra una tendencia de mesotrofia a eutrofia, observándose densidades bajas del zooplancton cuando es eutrófico (Aguilar-Acosta, 2013).

En relación a las especies encontradas, Sládeček (1983) comenta que hay especies indicadoras de oligotrofia, en este estudio tenemos al género *Anuraeopsis* y *Trichocerca* principalmente, mientras que se registraron otras dentro del género *Brachionus* que son indicadoras de eutrofia. Por otro lado, se tiene la presencia de organismos considerados como especies de transición ya que pueden encontrarse en cuerpos de agua oligotróficos como eutróficos tal es el caso del género *Lepadella* este tipo de organismos presentan un amplio rango de variabilidad a las diferentes condiciones ambientales (Serranía-Soto 1996).

Se ha considerado de forma general que el estado trófico de cualquier ambiente acuático es un factor que puede causar cambios en la composición de especies tanto en sistemas temporales como en sistemas permanentes, (Sládeček, 1983) al ser los rotíferos cosmopolitas estos pueden ser un factor o un parámetro para conocer el estado del cuerpo de agua con base en sus grados de saprobiedad (Flores-Burgos, 1998).

En la figura 3 se observa que durante el mes de enero en el sitio 2, cuatro especies de las más dominantes *Polyarthra vulgaris*, *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia bostoniensis* y *Ascomorpha ovalis* tuvieron altas densidades, con 633, 222, 1500, y 94 ind/L respectivamente, esto representa un salto muy grande de estas especies en comparación con el mes anterior en la misma zona, este incremento puede estar relacionado con los nitratos ya que durante el mes de enero tuvieron sus picos máximos, esto puede deberse a que probablemente en el mes de diciembre de 2011 o enero de 2012 fue cuando ocurrió la mezcla y estos nutrimentos que estaban en la parte del fondo por la mezcla se re-suspendieron, en los cuerpos de agua oligotróficos existe limitación en la cantidad de N y P (Flores-Burgos 1998) y al aumentar estos nutrientes pudieron ocasionar el aumento en la densidad del fitoplancton, ya que estos lo aprovecharon durante este corto periodo de tiempo en el lago, al ocurrir esto los rotíferos dominantes elevaron sus densidades al haber mucha disponibilidad de fitoplancton que podían consumir (García y Tavera, 1998). Al bajar las densidades de fitoplancton al siguiente mes, esto a causa de que los nitratos bajaron, estas especies dominantes de rotíferos también bajaron sus densidades, al no haber ya tanto fitoplancton que consumir.

## **Diversidad**

Los índices de diversidad nos permiten caracterizar la relación especie-abundancia dentro de la comunidad, esta relación se compone de dos elementos que son la riqueza de especies y la equitividad (Magurran, 2003). En el caso del

Índice de Shannon-Wiener cuenta con la ventaja que toma en cuenta a las especies raras o poco abundantes, este se toma en bits/ind (Krebs, 1993)

El Lago Zempoala tuvo un promedio de 2.31 bits/ind en todo el trabajo y según Margalef (1983), la diversidad más frecuente en el zooplancton de lagos que se encuentran bajo condiciones climáticas rigurosas es entre 1.5 y 2.5 bits/ind., lo que incluye a este lago dentro de esta regla. Las mayores diversidades se encontraron durante la época de secas, mientras que en la época de mezcla (diciembre) no fueron diferentes a los demás meses que comprendieron la época fría, así que por lo tanto la mezcla no afectó en la diversidad del lago a diferencia de otros cuerpos como el de Valle de Bravo (Jiménez-Contreras, 2009) localizado en el Estado de México, donde hay una marcada diferencia en las diversidades entre la época de mezcla donde aumentaba la diversidad (2.5 bits/ind) y la de estratificación en donde disminuía (2.0 bits/ind). En comparación con otro cuerpo de agua dentro del estado tenemos el trabajo de (Granados-Ramírez, 2007) muestra un promedio de 2.0 bits/ind en todo el estudio, lo cual es cercano al promedio de este trabajo.

### **Sucesión o recambio de especies.**

La sucesión es el desarrollo de la comunidad a través del tiempo en donde se van sustituyendo unas especies por otras gradualmente, es un proceso dinámico en donde las especies se van adaptando a las condiciones ambientales llegándose a presentar la competencia y el establecimiento del equilibrio (Lampert y Sommer, 1997).

Jiménez-Contreras (2007) menciona que el recambio de especies se da en diferentes épocas del año ya que algunas están mejor asociadas a diferentes condiciones ambientales como lo pueden ser disponibilidad de alimento o algunos factores fisicoquímicos, esto hace que se tenga el registro de algunas especies en solo unos cuantos meses, como ocurre en este estudio en el que se registró un número considerable de especies dentro de la categoría “raras”, esto se puede observar en los diagramas de Olmstead-Tukey de las diferentes zonas y en el diagrama general, en estos mismos se observan que pocas especies son

consideradas como dominantes, estas por el contrario al no estar asociadas con ciertos parámetros específicos no les afecta en gran medida los cambios en el ambiente. Así que esta sucesión estacional o recambio de especies planctónicas determinadas por factores ambientales como en el caso de nutrientes y temperatura puede (Margalef 1983; Lampert, 1997) ser observado en algunas especies durante el mes de enero, aunque la influencia de los factores abióticos en lagos neotropicales o tropicales puede ser más específica para cada especie.

Hay patrones que se presentan en varios cuerpos de agua localizados en la zona templada como son la estacionalidad del clima y la sucesión de especies, sin embargo estos patrones no se llegan a presentar en lagos de la zona tropical o neotropical, ya que el régimen climático es diferente llegando a ser incluso inestable e impredecible, por ello, es necesario realizar análisis más profundos de los cambios de temperatura, pH, conductividad, parámetros físicos y químicos, y de nutrientes en relación con las especies de zooplancton presentes (Wetzel, 1981; Margalef, 1983; Enriquez-García, 2009).

## Conclusiones

- El índice de diversidad de Shannon-wiener fue de 2.31 bits/ind., por todo el año, y de entre las zonas vario de 0.24 a 3.83 bits/ind., dependiendo mes y zona
- Se identificaron basandose en un muestreo de un ciclo anual 64 especies de rotíferos distribuidos en 2 órdenes 19 familias y 31 géneros.
- Las especies de rotíferos dominantes fueron 19; de estas las mas frecuentes fueron *Polyarthra vulgaris*, *Trichochecha similis*, *Asplanchna priodonta*, *Polyarthra dolichoptera*, *Ascomorpha ovalis*, *Kellicottia bostoniensis*, *Asplanchna girodii*, *Trichotria tectratis*, *Lepadella patella* y *Synchaeta pectinata*.
- En base al índice de Sládeček (1983) el Lago Zempoala debe ser tratado como oligotrófico ya que de este se obtuvo un valor de 0.38 en la relación entre *Brachionus/Trichocerca*.
- *Polyarthra vulgaris* es el más abundante en el lago durante los muestreos, además de que en otros cuerpos de agua del centro del país muestra una alta abundancia y dominancia.
- Se obtuvieron 21 nuevos registros para el estado de Morelos, Mexico.
- Se recomienda hacer un estudio acerca del fitoplancton, como también seguir con la colecta de zooplancton a diferentes profundidades para conocer su estructura vertical, así como la implementación de índices del estado de calidad de agua (Carlson) para contrastar el estado trófico del lago con el índice de saprobiedad de Sládeček.

- La mayoría de los estudios del zooplancton están enfocados en la parte central del país, por lo cual es importante realizar investigaciones en las diferentes zonas de la República Mexicana para aumentar el conocimiento acerca de los rotíferos que se encuentran en esta y el posible uso de ellos en las diferentes actividades en las que son utilizados.



## Referencias

- APHA. 1998. Standard methods for the examination of water and waste water (American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation); 17<sup>th</sup> ed. APHA Washington D.C. 1197 pp.
- Aguilar-Acosta C.R. 2013. Estudio de la comunidad del zooplancton (Rotíferos, Cladóceros y Copépodos) en la zona litoral de la presa Iturbide, estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 73 pp.
- Alcocer J., Bernal-Brooks F. W. 2010. Limnology in Mexico. *Hydrobiologia* (2010) 644:15–68.
- Arrignon, 1979. *Ecología y Piscicultura de aguas dulces*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España, 365 pp.
- Balvay G. 1994. First record of the rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) in France. *Journal of Plankton Research*. Volume 16, issue 8. 1071-1074.
- Banderas-Tarabay A., Gonzalez Villela R. y De la Lanza Espino G. 1991. Limnological aspects of a high-mountain lake in Mexico *Hydrobiologia* 224: 1-10, 1991.
- Berzins B. y Pejler B. 1987. Rotifer occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia* 147: 107-116 (1987).
- Berzins B y Pejler B. 1989. Rotifer occurrence in relation to temperature. *Hydrobiologia* 175: 223-231, (1989).

- Chacon-Torres, A., 1993. Lake Patzcuaro, Mexico: watershed and water quality deterioration in a tropical high-altitude Latin-American lake. *Lake and Reservoir Management*, 8(1), 37-47.
- Chacon-Torres A. y Rosas-Monge C. 1998 Water quality characteristics of a high altitude oligotrophic Mexican lake, *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 1:3-4, 237-243
- CNA, 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Cuernavaca, Estado de Morelos.
- CNA, 2009, Gerencia regional del Valle de México y sistema Cutzamala. Gerencia de organismos del agua, subgerencia de caracterización y programas micro regionales.
- Conde-Porcuna, J. M. 2000. Relative importance of competition with *Daphnia* (Cladocera) and nutrient limitation on *Anuraeopsis* (Rotifera) population dynamics in a laboratory study. *Freshwater Biology* 44: 423-430.
- Conde-Porcuna, J.M., Ramos-Rodríguez, E. y Pérez-Martínez, C. 2002. Correlations between nutrient limitation and zooplankton populations in a mesotrophic reservoir. *Freshwater Biology* 47: 1463-1473.
- Conde-Porcuna, J. M., Ramos-Rodríguez, E. y Morales-Baquero, R. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los sistemas acuáticos lentos. *Ecosistemas* 2004/2 Mayo-Agosto. ISSN 1697-2473, pp. 23-29
- Dartnall H. J. G., 1983, Rotifers of the Antarctic and Subantarctic, *Hydrobiologia*, 104, 57-60.

- Dartnall H. J. G. y Hollowday E. D., 1985, Antarctic rotifers, Br. Antarct. Surv. Sci. Rep., 100, 146pp.
- Dartnall H. J. G., 2005, Freshwater invertebrates of Subantarctic South Georgia, *Journal of Natural History*, 39, 3321-3342 pp.
- De la Lanza, E.G. y García, C.J.L. 2002. Lagos y presas de México. AGT Editor S.A., México City, México.
- Díaz Vargas M., Elizalde-Arriaga E. E., Quiroz Castelán H., García-Rodríguez J. y Molina Estudillo I. 2005. Caracterización de algunos parámetros fisicoquímicos del agua y sedimentos del Lago Zempoala, Morelos, México. *Acta Universitaria*, mayo-agosto, año/vol. 15, número 002. Universidad de Guanajuato. México. pp. 57-65.
- Dimas-Flores N. 2005. Dinámica y estructura del zooplancton de dos lagos de alta montaña, México. Tesis que para obtener el título de: Maestro en ciencias del mar y limnología (limnología). Universidad Nacional Autónoma de México. 73 pp.
- Dumont, H. J. 1994. Ancient lakes have simplified pelagic food webs. *Archiv für Hydrobiologie, Beihefte* 44: 223-234.
- Elías-Gutiérrez, M. y S. S. S. Sarma. 1999. Zooplancton de sistemas acuáticos epicontinentales mexicanos en la región central de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H112. México D. F.

- Elías-Gutiérrez, M. 2006. Estudio comparativo del zooplancton en dos regiones de México. El Colegio de la Frontera Sur, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. AS019 México D. F.
- Eloranta P. 1988. *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet), a planktonic rotifer species new to Finland. Ann. Zool. Fennici 25:249-252.
- Enríquez-García Cecilia. 2009. Interacciones de los copépodos dentro de la estructura de la comunidad planctónica del Lago Huetzalin, Xochimilco”. Tesis para obtener el grado en Doctora en Ciencias. Posgrado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Flores Burgos J. 1997 Estudio sobre los rotíferos como indicadores de calidad del agua. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Plantel Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 99 p.
- Fontaneto D., H. De Smet W. y Giulio M. 2008. Identification key to the genera of marine rotifers worldwide. Meiofauna Marina, Vol. 16, pp. 75-99, 109 figs.
- Francis O. A. 2006. Culture of the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus*, and its application in fish larviculture technology African Journal of Biotechnology Vol. 5 (7), pp. 536-541.
- Gama-Flores, J. L., S. S. S. Sarma y S. Nandini, 2004. Acute and chronic toxicity of the pesticide methyl parathion to the rotifer *Brachionus angularis* (Rotifera) at different algal (*Chlorella vulgaris*) food densities, Aquatic Ecology 38: 27-36.

- Garcia-Garcia G. 2011. Efecto de metales y parámetros fisicoquímicos sobre el zooplancton del humedal Ramsar, Chimaliapan: observaciones en campo y laboratorio. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Quimicobiológicas Instituto Politecnico Nacional Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. 94 pp.
- García-Rodríguez, J. y Tavera, R.L. 1998. Fitoplancton del lago Zempoala. Bol Soc Bot Mex 63:85-100.
- García, M.A. 1999. Análisis de la asociación de rotíferos en sistemas temporales y permanentes localizados en el centro-sur de México. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Plantel Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 72 p.
- García-Rodríguez J., F. Molina Astudillo I., Diaz Vargas M y Quiroz Castelan H. 2010. Componentes fitoplanctónicos y zoobentónicos en el lago Zempoala, Morelos, México. Acta Universitaria. Ciencias biológicas, agropecuarias y medio ambiente. Universidad de Guanajuato.
- Glime, J. M. 2013. Invertebrates: Rotifers. Chapt. 4-5. In: Glime, J. M. Bryophyte Ecology. Volume 2. Bryological Interaction. 4-5-1.Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- Granados-Ramírez J.G. 1990. El comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales del estado de Morelos, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F. 42p.

- Granados-Ramírez J.G. y Álvarez-del Ángel 2003. Rotíferos de embalses: Sub-Cuenca del río Cuautla, Morelos-México. *Scientiae Naturae* 6(1): 33-44 pp.
- Granados-Ramírez J.G., Álvarez-del Ángel C., Martínez-Alanís M., Romero-Aguilar M., Arteaga-Núñez L. M. y Zavala-Aragón J. I. 2007. Variación poblacional de los Rotíferos (clase: Monogononta) de tres cuerpos de agua de la subcuenca del río Cuautla, Morelos, México. (Ciclo enero-diciembre 2003) *Scientiae Naturae*. Volumen 9 número 2, enero-julio 2007. 5-21 pp.
- Goldman Charles R. y Horne Alexander J. Horene. 1983 *Limnology*. McGraw-Hill Publishing Company. pp 197-247.
- Gómez-Márquez J.L., Peña-Mendoza B., Salgado-Ugarte I. H., y Hernández-Avilés J. S., 2003. Zooplankton in Lake Coatetelco, a Eutrophic shallow tropic lake in Mexico, *Journal of Freshwater Ecology*, 18:4, 659-660 pp.
- Google Earth, 2013.
- Hernández-Avilés, J. S., García-Calderón J. L., Galindo-Santiago M. C. y Loera-Pérez J. 2007. Micro embalses: una alternativa de la limnicultura. p. 597-620. En: de la Lanza E. G. (compiladora). *Las Lagunas Interiores de México: conceptos y casos*. AGT Editor, S. A. México.
- Hyman, L. H., 1951. *The invertebrates: Acanthocephala, Aschelminthes and Entoprocta. The pseudocoelomate Bilateria*, Mc Graw-Hill, New York.
- I.N.E.G.I., 1995. *Estadísticas del Medio Ambiente*, 1994.

- Jiménez-Contreras Jorge. 2007. Diversidad y densidad de rotíferos monogonontos de algunos canales de Xochimilco. Tesis para obtener grado académico de Biólogo. UNAM. México. 66 pp.
- Jiménez-Contreras Jorge, 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). En J. Environ. Biol. 30(2), 191-195.
- Jiménez-Contreras Jorge. 2009. Evaluación de los cambios en la comunidad zooplanctónica durante tres ciclos anuales en un embalse profundo (Valle de bravo, México) con importantes variaciones en el nivel. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 70 pp.
- Koste, W. 1978. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt. Bornträger, Stuttgart. Vol. 1, Textband, 673 p. Vol. 2, Tafelband 234 pp.
- Krebs J.R. 1993. Ecological Methodology. Harper Collins Publ., New York.
- Kuticova L.A. y Silva B.M. 1995. Keratella mexicana sp. nov., a new planktonic rotifer from Aguascalientes, Mexico. Hydrobiologia 310: 119-122.
- Lalli, C. M y T. R. Parsons. 2002. Biological Oceanography. An introduction. 2nd Ed. Butterworth Heinemann, Oxford.
- Lampert, W.; Sommer, U. 1997. Limnoecology. The ecology of lakes and streams. Oxford 459 University Press, New York.

- Lewis, W. M., 1983. A revised classification of lakes based on mixing. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 1779–1787.
- Löffler, H., 1972. Contribution to the limnology of High-Mountain lakes in Central America. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 57: 397-408.
- Magurran, A. E. 2003. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. United Kingdom pp 179-184.
- Margalef R. (1983). *Limnologia*. Ed. Omega. España. 1010 p.
- Morales-Baquero, R. y Conde-Porcuna, J.M. 2000. Effect of the catchment areas on the abundance of zooplankton in high mountain lakes of Sierra Nevada (Spain). *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 27: 1-5.
- Moss, B (1992). *Ecology of fresh waters, man and medium*. Blackwell Scientific Publications, Great Britain. 417 p.
- Nandini S., Ramírez-García P. y S. S.S. Sarma. 2005. Seasonal Variation sin the Species Diversity of Planktonic Rotifers in Lake Xochimilco, Mexico, *Journal of Freshwater Ecology*, 20:2, 287-294.
- Nandini S., Martín Merino-Ibarra y S. S.S. Sarma. 2008. Seasonal changes in the zooplankton abundances of the reservoir Valle de Bravo (State of México, México), *Lake and Reservoir Management*, 24:4, 321-330.
- Nogrady, T, Wallace R.L. y Snell T. W. 1993. *Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World Rotifera*. Vol. 1. *Biology, Ecology and Systematics*. SBP Academic Publishers, The Hague, The Netherlands. 142p.



- Palacios-Albarran I. A. 2013. Zooplancton en los sistemas acuáticos “Amate Amarillo y Los Planes”, en el Estado de Morelos. Tesis para obtener el grado de Biólogo, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, 104 pp.
- Pennak, R. W. 1989. Fresh-water invertebrates of the United States: Protozoa to Molluscs. John Wiley Publishers, New York.
- Perez-Legaspi, I. A. y Rico-Martínez R. 2001. Acute toxicity tests on three species of the genus *Lecane* (Rotifera : Monogononta), *Hydrobiologia* 446: 375-381.
- Quiroz-Castelan H. Mondragon E. O., Molina A. I., Garcia R. J., y Diaz V. M. 2008. Dinámica espacio-temporal de oxígeno-temperatura en los lagos Zempoala y Tonatiahua. *Acta universitaria*, enero-abril, año/vol 18, número 001. Pp 57-65.
- Ramakrishna Rao T. 2000. The secret sex life of rotifers (Sex, Asex and Cannibalism). *Resonance*. December 2000. 44-47 pp.
- Ramirez-Garcia P., S. Nandini, S.S.S. Sarma, E. Robles-Valderrama, I. Cuestay M. Dolores-Hurtado. 2002. Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir. *Hydrobiologia* (467): 99-108.
- Ricci C. & Balsamo M. 2000. The biology and ecology of lotic rotifers and gastrotrichs. *Freshwater Biology* (2000), 44, 15-28 pp.
- Robles-Jarero E. G. y Esqueda-González M. C. 2008. Composición zooplanctónica en grandes embalses de México. *Avances en la investigación científica en el CUCBA*.

- Ruttner-Kolisko, A. 1974. Plankton rotifers: biology and ecology. Verlagbuchhandlung, Stuttgart, Germany.
- Sarma S.S.S., Elías Gutiérrez y Serranía Soto C. 1996. Rotifers from high altitude crater-lakes at Nevado de Toluca Volcano, México. *Hidrobiología* 6(1-2): 33-38.
- Sarma, S.S.S. y Elías-Gutiérrez, M. 1997. Taxonomic studies of freshwater rotifers (Rotifera) from Mexico. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 44:341-357.
- Sarma S. S. S. y Elías Gutiérrez Manuel 1998. Rotifer diversity in a central Mexican pond. *Hydrobiologia* 387/388: 47–54.
- Sarma S. S. S. y M. Elías-Gutiérrez 2000. Rotifers from Mexico: New Records in High Altitude Ponds. *The Southwestern Naturalist*, Vol. 45, No. 3 (Sep., 2000), pp. 366-373.
- Sarma S. S. S., Nandini S., y Serranía-Soto C. 2009. Rotíferos, 113-117. En: Gerardo Ceballos, Rurik List, Gloria Garduño, Rubén López Cano, María José Muñozcano Quintanar, Enrique Collado y Jaime Eivin San Román. (Ed.). *La diversidad biológica del Estado de México, estudio de estado*. Estado de México. México, 531 pp.
- Sarma S. S. S., Osnaya-Espinosa I. R., Aguilar-Acosta C. R. y Nandini S. 2011. Seasonal variations in zooplankton abundances in the Iturbide reservoir (Isidro Fabela, State of México, México) *J. Environ. Biol.* 32, 473-480.

- Secretaria de Programación y Presupuesto (SPP). (1979). Síntesis Gráfica y descriptiva, Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Parques Nacionales, México, D.F.
- Segers, H. 1992. Internacional training course zooplankton: a tool in a lake management. Introduction to the practice of identifying Rotifera. 3A Universiteit Gent. Belgium.
- Segers, H. 1994-1995. Zoogeography of litoral rotifer, with special reference to the Lecanidae. Part I & II. Morphology and Taxonomy of Lecane. Universiteit Gent Fakulteit van de Wetenschappen. SPB Acad. Publi. Belgica. 226 pp.
- Segers, H. 2007. Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera) with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. Zootaxa 1564: 1-104.
- Serranía-Soto C. 1996. Diversidad de rotíferos Monogonontos en algunos sistemas acuáticos del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Plantel Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 74 p.
- Serranía-Soto C. 2006. Diversidad de rotíferos Monogonontos de la parte central de México. Tesis que para obtener el grado académico de maestra en ciencias. UNAM. México. 84 pp.
- Schon, I. y K. Martens, 2003. No slave to sex, Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences 270: 827-833.
- Sládeček, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. Hydrobiol. 100: 169-201.

- Sterner R.W. & Hessen D.O. (1994) Algal nutrient limitation and the nutrition of aquatic herbivores. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 25, 1–29.
- Trejo, A.R. 1990. Biología del embalse temporal “El arco” municipio de Jantetelco. Durante su fase de producción, en el periodo de inundación de julio-enero 1988-1989. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 39 pp.
- Trujillo-Jiménez P. y Monteros Viveros E. E. 2006. La ecología alimentaria del pez endémico *Girardinichthys multiradiatus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae), en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 54 (4): 1247-1255.
- Vilaclara, G. y Sládecek V. 1989. Mexican rotifers as indicators of water quality with description of *Collotheca riverai* n. sp. *Arch. Hydrobiol.* 115(2): 257-263.
- Wallace, R. L. y T. W. Snell (2001). Rotifera. In: *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*, 2nd edition, Thorpe, J. & A. Covich (eds). Academic Press, New York: 195-254.
- 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, Belgium / Backhuys Publishers. The Netherlands.
- Walsh E. J., Schoröder T., Wallace R. L., Rios-Arana J. V., y Rico-Martinez R., 2008. Rotifers from selected inland saline waters in the Chihuahuan Desert of México. *Aquatic Biosystems*. Volume 4, 2008.

- Wetzel, R. G. 1981. Limnología. Omega. Madrid. España. 379 pp.
- Wetzel, R. G., 2001. Limnology: Lake and River Ecosystem Part 19: Land-water interface: Attached Microorganisms, Littoral Algae and Zooplankton. Academic Press, San Diego, 1006 pp.
- Wickstead J., 1979. Zooplancton Marino. Cuadernos de Biología. Ediciones Omega, S.A.- Casanova, 220- Barcelona-36.
- Zhdanova S.M.y Dobrynin A.E. 2011. *Kellicotia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) in Waterbodies of european Russi. Inland Water Biology, vol 4 No. 1. pp 39-46.

## ANEXOS

### 1) Mapa de las zonas biogeográficas

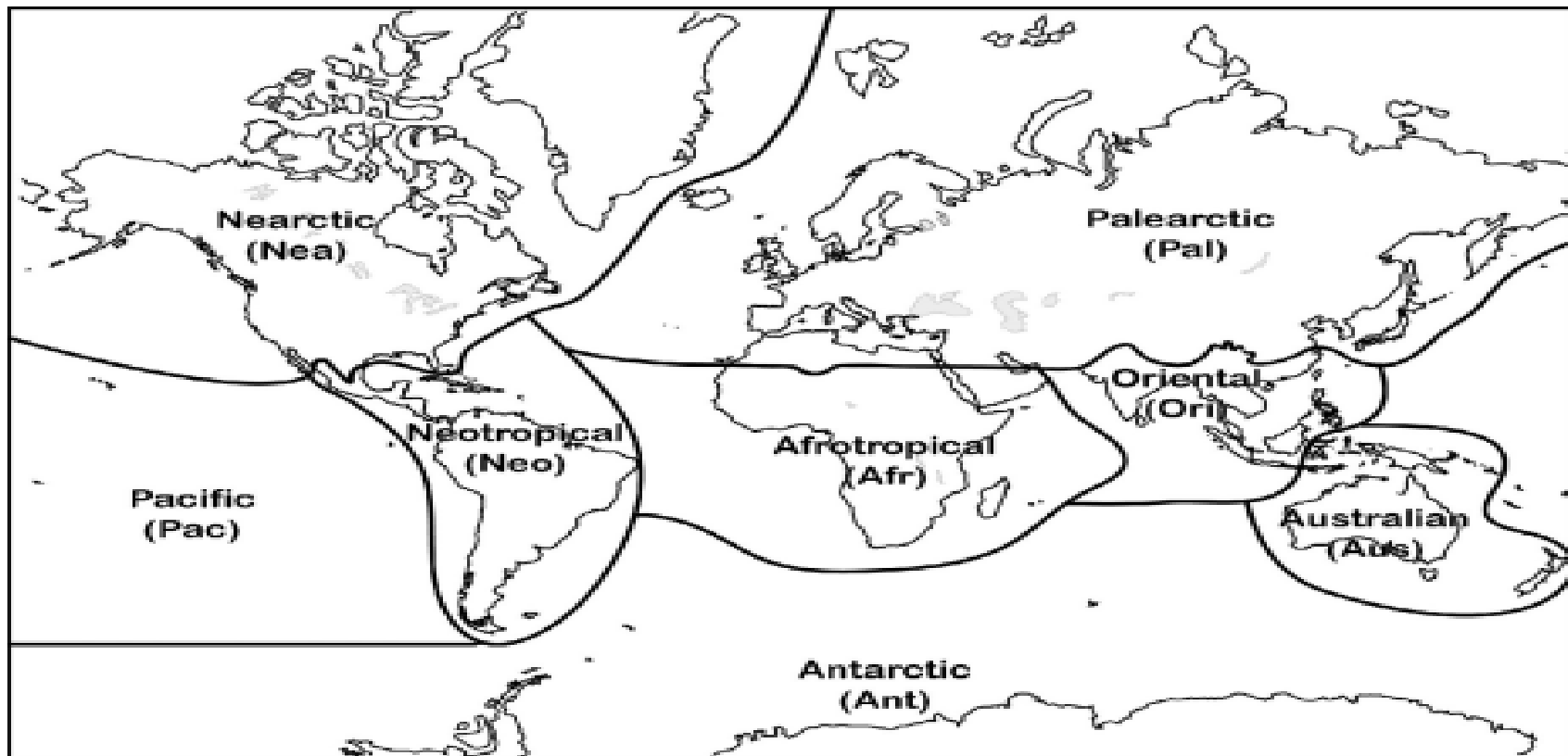


Fig. 17. Regiones Biogeográficas, tomado de Segers 2007. AFR: región Africotropical; ANT: región Antártica; AUS: región Australiana NEA: región Nearctica; NEO: región Neotropical; ORI: region Oriental; PAC: región pacífica; PAL: región Palearctica.

2) Tabla de las especies de Rotíferos encontradas en el lago Zempoala, con su Grado de saptobiedad y estado trofico (Sladeczek, 1983) y la región biogeografica donde se tiene registro (Segers, 2007).

	<b>Grado de saptobiedad</b>	<b>Estado Trófico</b>	<b>Biogeografía</b>
<b>Orden Ploimida</b>			
<b>Familia Brachionidae</b>			
<i>Anuraeopsis fissa</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>Brachionus angularis</i>	α mesosaprobio	Eutrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>B. calyciflorus</i>	α mesosaprobio	Eutrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>B. caudatus</i> Barrois	-	-	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>Kellicottia bostoniensis</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	NEA, NEO
<i>Keratella americana</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	ANT, NEA, NEO
<i>K. quadrata</i>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>K. tropica</i>	-	-	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>Platyas quadricornis</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b>Familia Euchlanidae</b>			
<i>Euchlanis dilatata</i>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<i>E. incisa</i>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b>Familia Mytilinidae</b>			
<i>Mytilina mucronata</i>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>M. ventralis</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL

---

**Familia Trichotriidae**

<b><i>Macrochaetus subquadratus</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b><i>Trichotria pocillum</i></b>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b><i>T. tetractris</i></b>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL

**Familia Colurellidae**

<b><i>Colurella uncinata</i></b>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b><i>Lepadella acuminata</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b><i>L. ovalis</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b><i>L. patella</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b><i>L. rhomboides</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b><i>L. triptera</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b><i>Squatinella mutica</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL

**Familia Lecanidae**

<b><i>Lecane bulla</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b><i>L. closterocerca</i></b>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b><i>L. flexilis</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b><i>L. inermis</i></b>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL

---



<i>L. ludwigii</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<i>L. luna</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<i>L. lunaris</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<i>L. ohioensis</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b>Familia Proalidae</b>			
<i>Proales decipiens</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b>Familia Notommatidae</b>			
<i>Cephalodella catellina</i>	$\beta$ mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>C. gibba</i>	$\beta$ mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<i>C. panarista</i>	-	-	AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>Cephalodella sp.</i>	-	-	
<i>Monommata arndti</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>Notommata copeus</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>N. glyphura</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>N. tripus</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b>Familia Scaridlidae</b>			
<i>Scaridium longicaudum</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b>Familia Trichocercidae</b>			
<i>Trichocerca bidens</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, ANT, AUS, NEA, NEO, ORI,

---

			PAC, PAL
<i>T. capucina</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>T. cylindrica</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>T. dixonnuttalli</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>T. elongata</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>T. porcellus</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>T. similis</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<i>T. weberi</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<b>Familia Gastropodidae</b>			
<i>Ascomorpha ovalis</i>	-	-	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b>Familia Synchaetidae</b>			
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, ORI, PAC, PAL
<i>P. vulgaris</i>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<i>Synchaeta pectinata</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b>Familia Asplanchnidae</b>			
<i>Asplanchna girodi</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAC, PAL
<i>A. priodonta</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<i>Asplachnopus multiceps</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b>Familia Dicranophoridae</b>			
<i>Dicranophorus forcipatus</i>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b>Orden Gnesiotrocha</b>			
<b>Familia Testudinellidae</b>			

---

---

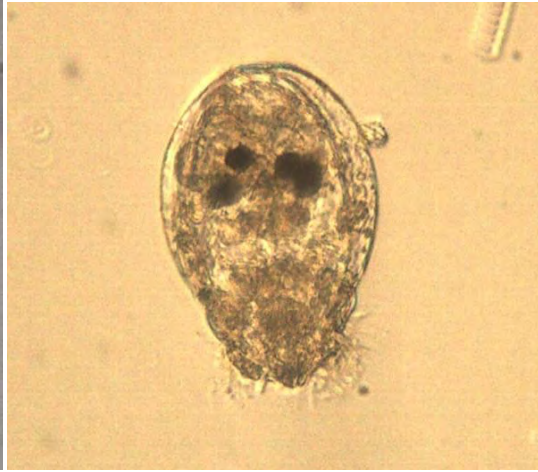
<b><i>Pompholyx sulcata</i></b>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, NEA, NEO, ORI, PAL
<b><i>Testudinella incisa</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b><i>T. mucronata</i></b>	-	-	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b>Familia Conochilidae</b>			
<b><i>Conochilus unicornis</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b>Familia Hexarthridae</b>			
<b><i>Hexarthra intermedia</i></b>	Oligosaprobio	Oligotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b>Familia Filiniidae</b>			
<b><i>Filinia longiseta</i></b>	β mesosaprobio	Mesotrófico	AFR, AUS, NEA, NEO, ORI, PAL
<b>Familia Collothecidae</b>			
<b><i>Collothea sp</i></b>			

---

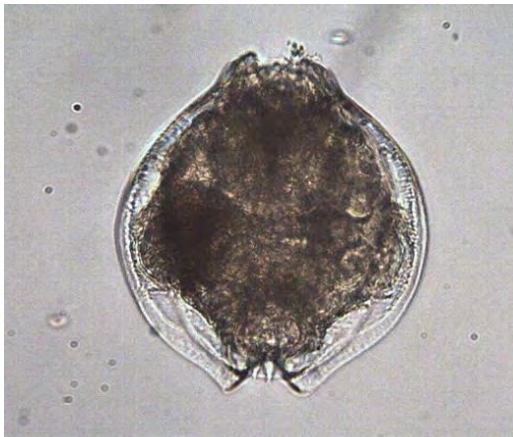
3) Fotos de algunos Rotíferos presentes en el Lago Zempoala



*Asplanchna priodonta*



*Ascomorpha ovalis*



*Euchlanis dilatata*



*Euchlanis incisa*



*Filinia longiseta*



*Kellicottia bostoniensis*



*Lecane closterocerca*



*Lecane bulla*



*Lepadella ovalis*



*Lepadella patella*



*Mytilina mucronata*



*Polyarthra vulgaris*



*Scaridium longicaudum*



*Synchaeta pectinata*



*Trichocerca bidens*



*T. elongata*



*T. similis*



*Trichotria tectratis*

#### 4) Distribucion en los puntos de muestreo

*Proales descipiens*, *Notommata glyphura*, *N. tripus*, *Cephalodella* sp y *C. panarista* no aparecen en algún sitio ya que estas especies fueron recolectadas de un sitio 6 del lago durante un bloom algal y sólo durante un muestreo.

Riqueza de especies en los puntos de muestreo.

Subclase Monogononta	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Orden Ploimida					
Familia Brachionidae					
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	x	X	x	x	x
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)					x
<i>B. calyciflorus</i> Pallas 1766	x				x
<i>B. caudatus</i> Barrois Daday, 1894		X		x	x
<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rous elet, 1908)	x	X	x	x	x
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943	x		x	x	x
<i>K. quadrata</i> (O. F. Muller, 1786)					x
<i>K. tropica</i> (Apstein, 1907)	x				
<i>Platytias quadricornis</i> (Ehrenber, 1832)		x			
Familia Euchlanidae					
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	x	x	x		x
<i>E. incisa</i> Carlin, 1938	x	x	x	x	x
Familia Mytilinidae					
<i>Mytilina mucronata</i> (O. F. Muller, 1773)	x	x	x	x	x
<i>M. ventralis</i> (Ehrenberg, 1832)	x		x	x	x
Familia Trichotriidae					
<i>Macrochaetus subquadratus</i> (Perty, 1850)		x	x		x
<i>Trichotria pocillum</i> (O. F. Muller, 1773)	x	x	x	x	x

<i>T. tetractris</i> (Ehrenberg, 1830)	x	x	x	x	x
Familia Colurellidae					
<i>Colurella uncinata</i> (O. F. Muller, 1773)	x	x		x	
<i>Lepadella acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)	x	x	x	x	x
<i>L. ovalis</i> (O. F. Muller, 1786)	x	x	x	x	x
<i>L. patella</i> (O. F. Muller, 1786)	x	x	x	x	x
<i>L. rhomboides</i> (Gosse, 1886)	x			x	x
<i>L. triptera</i> (Ehrenberg, 1830)		x		x	
<i>Squatinella mutica</i> (Ehrenberg, 1832)	x	x	x	x	x
Familia Lecanidae					
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	x	x	x	x	
<i>L. closterocerca</i> (Schmarda, 1859)		x	x	x	x
<i>L. flexilis</i> (Gosse, 1886)	x				x
<i>L. inermis</i> (Bryce, 1892)	x	x		x	
<i>L. ludwigi</i> (Eckstein, 1883)				x	
<i>L. luna</i> (O. F. Muller, 1776)			x	x	
<i>L. lunaris</i> (Ehrenbreg, 1832)		x			x
<i>L. ohioensis</i> (Herrick, 1885)	x	x			x
Familia Proalidae					
<i>Proales decipiens</i> (Ehrenberg, 1831)					
Familia Notommatidae					
<i>Cephalodella catellina</i> (O.F. Muller, 1786)	x	x	x		x
<i>C. gibba</i> (Ehrenberg, 1838)	x	x	x	x	x
<i>C. panarista</i> Myers, 1924					
<i>Cephalodella sp</i>					
<i>Monommata arndti</i> Remane, 1933	x	x		x	x
<i>Notommata copeus</i> Ehrenberg, 1834			x		x
<i>N. glyphura</i> Wulfert, 1935					
<i>N. tripus</i> Ehrenberg, 1838					



Familia Scaridlidae					
<i>Scaridium longicaudum</i> (O.F. Muller, 1786)	x	x		x	x
Familia Trichocercidae					
<i>Trichocerca bidens</i> (Lucks, 1912)	x	x	x	x	x
<i>T. capucina</i> (Wierzejski & Zacharias 1893)	x	x	x	x	x
<i>T. cylindrica</i> (Imhoff, 1891)	x	x		x	x
<i>T. dixonnuttalli</i> (Jennings, 1903)	x	x	x	x	x
<i>T. elongata</i> (Gosse, 1886)	x	x	x	x	x
<i>T. porcellus</i> (Gosse, 1886)	x	x	x	x	x
<i>T. similis</i> (Wierzejski, 1893)	x	x	x	x	x
<i>T. weberi</i> (Jennings, 1903)	x	x	x	x	x
Familia Gastropodidae					
<i>Ascomorpha ovalis</i> (Bergendal, 1892)	x	x	x	x	x
Familia Synchaetidae					
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	x	x	x	x	x
<i>P. vulgaris</i> Carlin, 1943	x	x		x	x
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg 1832	x	x		x	x
Familia Asplanchnidae					
<i>Asplanchna girodi</i> (De Guerne, 1888)	x	x		x	x
<i>A. priodonta</i> (Gosse, 1850)	x	x	x	x	x
<i>Asplanchnopus multiceps</i> (Schrank, 1793)					
Familia Dicranophoridae					
<i>Dicranophorus forcipatus</i> (O. F. Muller, 1786)		x	x	x	x
Orden Gnesiotrocha					
Familia Testudinellidae					
<i>Pompholyx sulcata</i> (Hudson, 1885)		x		x	x
<i>Testudinella incisa</i> (Tarnetz, 1892)					x

<i>T. mucronata</i> (Gosse, 1886)	x	x		x	
Familia Conochilidae					
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	x	x		x	x
Familia Hexarthridae					
<i>Hexarthra intermedia</i> Wiszniewski, 1929		x			
Familia Filiniidae					
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	x	x		x	x
Familia Collothecidae					
<i>Collotheca sp</i>	x	x		x	x

5) Datos de este trabajo fueron expuestos de manera oral en el congreso internacional "SIL 2013" en Budapest, Hungría del 4 al 9 de Agosto de 2013.



## Certificate of presentation

This is to certify that

*Manuel Eduardo  
Munoz-Colmenares*

presented:

***Rotifer diversity from the high altitude neovolcanic  
zone: Lake Zempoala (State of Morelos, Mexico)***

at the

SIL XXXII Congress  
4 –9 August, 2013  
Budapest, Hungary

*Ferenc Katalin*  
Ferenc Katalin  
Organiser

Conference Secretariat: Diamond Congress Ltd.  
H-1255 Budapest, POB 48  
Tel: +36 1 214 7701, Fax: +36 1 201 2680  
<http://www.sil2013.hu/>