



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

“DIVERSIDAD DE ZOOPLANCTON (ROTÍFEROS, COPÉPODOS Y CLADÓCEROS) DURANTE UN CICLO ANUAL EN LA PRESA DEL LLANO, VILLA DEL CARBÓN”.

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:
BIOL. MANUEL EDUARDO MUÑOZ COLMENARES

TUTOR PRINCIPAL:
DR. SINGARAJU SRI SUBRAHMANYA SARMA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTORAL:
DR. GOPAL MURUGAN
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE (CIBNOR) IPN

DR. MARCELO SILVA BRIANO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

DRA. MARTHA GUTIERREZ AGUIRRE
UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DR. PEDRO RAMIREZ GARCIA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
UNAM

CIUDAD DE MEXICO. FEBRERO 2017



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.



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



**“Diversidad de zooplancton (Rotíferos, Copépodos y Cladóceros)
durante un ciclo anual en la Presa del Llano, Villa del Carbón”.**

T E S I S

Que para obtener el grado académico

Maestro en Ciencias
(Limnología)

Presenta

Biol. Manuel Eduardo Muñoz Colmenares

Director de tesis: Dr. S. S. S. Sarma

Comité tutorial: Dr. Gopal Murugan
Dr. Marcelo Silva Briano
Dra. Martha Gutiérrez Aguirre
Dr. Pedro Ramírez García

México, Ciudad de México, Febrero 2017

Dedicatoria:

Al motor de mi vida, la única persona que siempre ha visto por mí y por la cual sigo adelante, mi madre. Gracias por apoyarme en esta etapa de mi vida, te amo.

“Born to lose, live to win!”

-Lemmy Kilmister

Agradecimientos:

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme sus puertas desde hace 11 años. La FES-Iztacala donde se realice mi formación profesional y al Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología por la formación dada en la investigación.

A CONACYT por la beca por otorgar la beca número 447079 para cursar la maestría.

Al Dr. Sarma, por dirigir este trabajo, ser mi tutor durante estos años y ver por mi desarrollo académico, así como a la Dra. Nandini, por su guía desde que ingrese al laboratorio, y la valiosa contribución al conocimiento a nivel nacional dentro del área de limnología por parte de ambos.

A los integrantes de mi comité, que aportaron de gran manera a realización de este trabajo, con sus comentarios y observaciones a lo largo de los semestres y las facilidades otorgadas para las salidas a congresos y estancia; al Dr. Gopal Murugan, Dr. Marcelo Silva Briano, Dra. Martha Gutiérrez Aguirre y Dr. Pedro Ramírez García.

Al personal del Posgrado, Dra. Vilaclara, Dra, Cecilia, Gabriela, Lupita y Chantal, por su ayuda en la realización de trámites y salidas al extranjero.

A la Dra. Rosa Miracle y el Dr. Eduardo Vicente de la Universidad de Valencia, por todos los conocimientos compartidos, enseñanzas, trabajo en campo y laboratorio, pero sobre todo su valioso apoyo durante mi estancia, que junto con Mariloli y Xabi me hicieron sentir como en casa.

A los encargados de la Presa del Llano, por las facilidades para ingresar y la prestación de algunos materiales y recursos.

A las personas que me acompañaron durante los muestreos, toño, mich, naupliis, saida, vago, pero en especial a Juan Tzoni que estuvo presente en casi todo el año de muestreo, su ayuda fue invaluable y no lo hubiera logrado sin ella.

A mis compañeros del laboratorio de zoología acuática, Cristian, Ligia, Cesar, Rosa, Sergio, Jorge, Saida, Beto, Mich, Toño y Brenda Nauplii por su amistad, enseñanzas y hacer más amenos esos días de trabajo interminable. A Antonio Jiménez por su ayuda dentro de los muestreos, por su amistad durante el posgrado y enseñarme acerca de los rotíferos sésiles.

A mis amigos, Héctor Padilla, Ivonne Chavarría y Laura Montes, que empiezan una nueva etapa de su vida con sus respectivas familias, pero en especial a Fernando Moreno y Anahí González, que se han convertido en una parte importante de mi vida, y que ahora toman un nuevo camino con su pequeño bodoque.

A Alejandra Quijano, por todo su invaluable apoyo durante mi último año de maestría, y gracias a éste eh podido alcanzar nuevos objetivos, y finalmente a todas aquellas personas que han ayudado a mi formación tanto académica como personal de alguna u otra manera, ¡mil gracias!

Índice

Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	10
Justificación	12
Objetivos	13
Área de estudio	14
Materiales y Métodos	16
Trabajo de campo	16
Trabajo de laboratorio	17
Resultados	20
Variables fisicoquímicas	20
Riqueza específica	24
Densidad poblacional	28
Dominancia de especies	35
Diversidad	41
Análisis de Correlación Canónica	47
Discusión	50
Variables fisicoquímicas	50
Riqueza específica	53
Sucesión	56
Análisis de Correlación Canónica	58
Diversidad	61
Macrofitas	62
Conclusiones	66
Literatura Citada	67
Anexos	78

Resumen

Se analizó la diversidad del zooplancton (rotíferos, copépodos y cladóceros) en la Presa del Llano (2600 msnm), localizada en el municipio de Villa del Carbón, Estado de México. Se realizaron muestreos mensuales por un periodo de un año (agosto 2014 a julio 2015) de 5 zonas litorales diferentes. Se hizo la medición de algunos parámetros fisicoquímicos seleccionados, tanto en campo como en laboratorio (oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad, dureza, turbidez, nitratos y fosfatos). Se obtuvieron muestras zooplanctónicas filtrando 80 litros de agua a través de una red de 50 μ y fijadas con formaldehído al 4%. Los diferentes grupos se identificaron hasta a nivel de especie, para la cuantificación se utilizaron la cámara de Sedgwick-Rafter, así como conteos en caja Petri bajo microscopio óptico y estereoscópico. Las variables fisicoquímicas presentaron valores promedio de: oxígeno disuelto 7.89 mg/L, temperatura 15.45 °C, pH 6.32, conductividad 69.16 μ s, turbidez 2.56 ntu, nitratos 0.74 NO₃ y fosfatos 0.4 PO₄. Se identificaron 101 especies de zooplancton, 86 de rotíferos, 13 de cladóceros y 2 copépodos. La diversidad se estimó con el índice de Shannon-Wiener, teniendo 2.98 bits/ind en promedio. Se realizó un análisis de correspondencia canónica siendo que la clorofila a, los nutrimentos, la temperatura y el pH tuvieron una fuerte relación con las especies de zooplancton. Se aplicaron diferentes índices para evaluar el estado trófico siendo oligotrófica la mayor parte del año. Los meses de lluvias presentan mayor número de especies y diversidad que los de secas. Mientras que los sitios 2 y 4 presentaron las mayores densidades para todos los grupos. *Polyarthra vulgaris*, *Keratella cochlearis*, *Chydorus brevilabris* y *Macrocyclus albidus* fueron de las especies dominantes durante el año. *Aspelta angusta*, *Eosphora thoa*, *Trichocerca insulana* y *Lepadella punctata* son nuevos registros para México.

Introducción

México tiene alrededor de 70 grandes lagos y cerca de 14,000 cuerpos de agua, gracias a su accidentada topografía los cuerpos de agua localizados en el país se encuentran en un rango muy amplio en altitud, ya que se pueden encontrar al nivel del mar (0 msnm) o hasta los 4200 msnm, de los cuales el 80% del total se encuentran localizados a menos de 500 msnm y solo el 5% se encuentran arriba de los 2000 msnm, debido a este amplio rango de altitud las características de cada sistema acuático difiere uno de otro (De la Lanza & García 2002). Los cuerpos de agua dulce que se encuentran cerca del nivel del mar generalmente presentan temperaturas cercanas a los 28°C la mayor parte del año, pero por otro lado los que están a una elevada altitud llegan a alcanzar temperaturas por debajo de los 10°C en invierno (Dimas-Flores et al. 2008).

Dentro de los sistemas acuáticos existen organismos típicos y conocidos (por ejemplo, los peces) hasta los organismos pequeños a los cuales se les denomina plancton, estos interactúan con su ambiente de forma física, química y biológica, el plancton está representado por todas las formas de vida que viven suspendidas en el agua, que son independientes del fondo y que no pueden nadar contra corriente (Lalli & 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 animales heterótrofos que no pueden sintetizar su propio alimento, lo obtienen principalmente por la ingesta del fitoplancton (Robles-Jaredo & 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 animales pseudocelomados que presentan simetría bilateral, eutelia (mismo número de células) (Wallace et al. 2016), este phylum comprende más de 2000 especies hasta el momento (Segers 2007). Poseen un tamaño aproximado de 50 a 2000 μm , se les puede encontrar en básicamente todos los ambientes que posean agua, desde el océano, lagos y grades ríos, hasta pequeños charcos temporales e inclusive sobre los musgos y líquenes (Wallace et al. 2006). Este grupo tiene tres características principales, una corona ciliada en la parte anterior que le sirve tanto de locomoción como para filtrar su alimento, un mastax especializado, con un trophi, y un cuerpo que puede ser suave o duro (lorica). Su medio de reproducción generalmente es la partenogénesis, aunque también cuentan con reproducción sexual (Nogrady et al. 1993).

Mientras que los crustáceos planctónicos que terminan de conformar principalmente al zooplancton se dividen en cladóceros y copépodos. Los primeros, comúnmente conocidos como pulgas de agua miden de 200 a 1800 μm , poseen un cuerpo protegido por dos valvas de quitina, en ellas protegen su cuerpo blando. Dentro de las valvas presentan de 4 a 6 pares de apéndices torácicos, los cuales usan para filtrar su alimento. La cabeza también protegida por quitina presenta dos ojos, y un ocelo, también dos pares de apéndices (las anténulas y las antenas) los cuales les sirven como órganos sensoriales. El cuerpo presenta un postabdomen que les sirve de locomoción (Frey 1988; Dodson & Frey 1991). El orden Cladóceras se divide generalmente en 11 familias, incluyendo Daphniidae, Moinidae, Bosminidae, Macrothricidae, Chydoridae, Sididae y Holopedidae, todas las familias en conjunto incluyen arriba de 80 géneros (Flössner 2000). Al igual que los rotíferos presentan tanto reproducción sexual como partenogénesis en su forma asexual (Campbell et al. 1999).

Los copépodos son crustáceos más complejos que se pueden localizar tanto en aguas continentales como en aguas marinas. Estos crustáceos son más abundantes y diversos en aguas marinas, teniendo más de 10,000 especies. En aguas dulces se tienen arriba de 1500 especies pertenecientes a los órdenes Calanoidea, Cyclopoidea y Harpacticoida. Tienen de la mayor oscilación de

tamaño dentro del zooplancton, ya que van desde los 0.5 mm en su forma adulta hasta los 5 mm. Su cuerpo es de forma cilíndrica, segmentada con numerosos pares de apéndices en la cabeza y el tórax, su parte posterior cuenta con un rami que termina en dos setas caudales, cuentan con un ojo simple localizado en la cabeza, en la cual se encuentran las antenas y anténulas. Su reproducción es sexual, poniendo huevos, comprende diferentes estadios, el primero nauplio, posterior copepodito, finalmente llegando al estadio adulto (Williamson & Reid 1991).

Tanto los factores bióticos, como la disponibilidad de alimento, la competencia y la depredación, como los abióticos (parámetros fisicoquímicos tales como temperatura, pH, oxígeno disuelto etc.) afectan la densidad y diversidad del plancton (Wallace & Smith 2013). Para poder entender el impacto de estos factores bióticos y abióticos en las comunidades del zooplancton es necesario hacer muestreos tanto de la diversidad del mismo como de los parámetros fisicoquímicos del sistema durante un largo periodo de tiempo (por ejemplo, un año) (Wallace et al. 2006). Sin embargo, solo pocos cuerpos de agua mexicanos han sido muestreados regularmente tanto como para zooplancton como para variables ambientales, tales casos son Valle de Bravo y Alchichica (Jiménez Contreras et al. 2009; Alcocer & Bernal-Brooks 2010; Nandini et al. 2016).

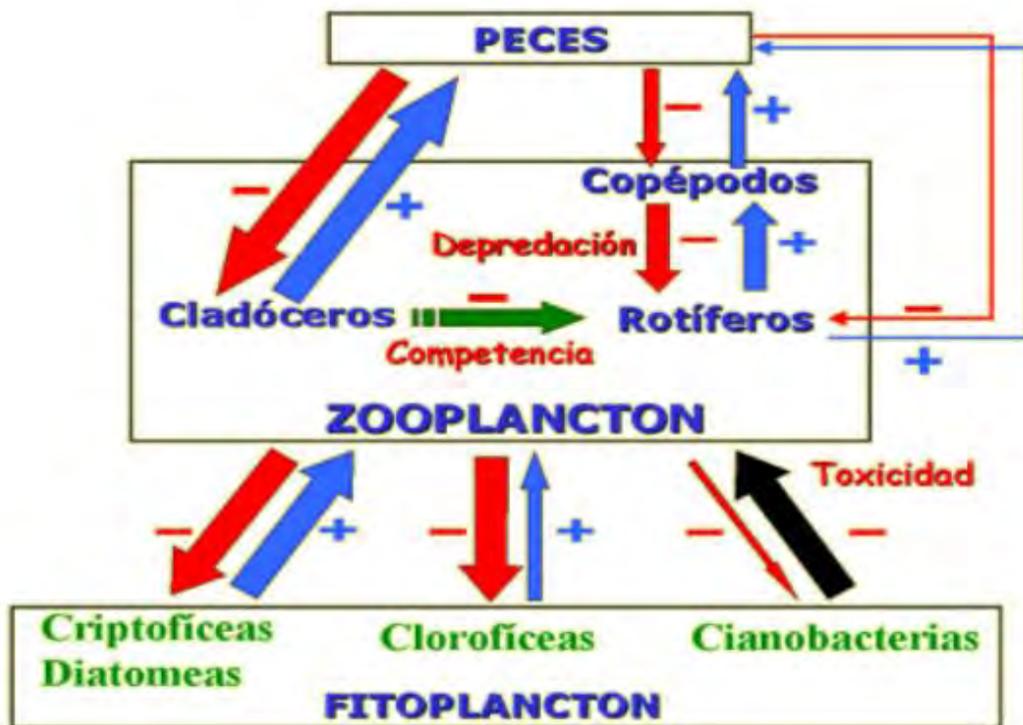


Fig. 1: Esquema general de las interacciones biológicas que implican al zooplancton (tomado de Conde-Porcuna et al. 2004).

Los estudios en la diversidad como en la densidad del zooplancton son importantes para conocer su papel en los sistemas acuáticos, manejo y calidad de agua y en ocasiones para la clasificación del estado trófico (Gulati et al. 1990; Ejsmont-Karabin 2012). En regiones templadas se tienen estudios de largo plazo (por ejemplo, hasta de 25 años) de la diversidad de zooplancton (Herzig 1987). Esto contrasta ampliamente con las regiones tropicales y subtropicales, en los cuales apenas se empiezan a tomar en cuenta estos estudios a largo plazo (Suárez-Morales 1993; Ramírez-García et al. 2002; Wallace et al. 2006).

Mientras que los primeros estudios enfocados en la limnología en México se centraban principalmente en las pesquerías y su producción, en la actualidad las investigaciones científicas de aguas dulces incluyen muchos componentes de los sistemas (Alcocer & Sarma 2002). En adición, durante la última década, a los

estudios limnológicos se les ha dado una mayor importancia debido a los problemas de desabastecimiento y pobre calidad de agua, estos estudios se utilizan para manejo de las cuencas y protección de los recursos naturales (Alcocer & Bernal-Brooks 2010).

Sin embargo, para muchos cuerpos de agua mexicanos la información en la composición de la fauna es incompleta, la cual tiene una especial importancia para el manejo de todos los componentes que los integran, en especial en lo que zooplancton se refiere (Alcocer & Bernal-Brooks 2010). La mayoría de los cuerpos de agua en la parte central de México contienen aproximadamente 30 especies de rotíferos y una docena de crustáceos (Sarma & Elías-Gutiérrez 2000; Figueroa-Sánchez et al. 2014). Sin embargo, se ha estimado que en las regiones tropicales el número de especies de rotíferos puede superar las 200 por cuerpo de agua (Dumont & Segers 1996), siendo que tal cantidad aún se encuentra lejos de ser reportada para México (Sarma & Elías-Gutiérrez 1998).

Importancia

El zooplancton es importante para el ecosistema ya que es la unión de la energía entre los productores primarios, como el fitoplancton y organismos en niveles más altos, como los consumidores secundarios (Fig. 1). El zooplancton puede afectar la biomasa, densidad, diversidad y producción del fitoplancton al ser uno de sus principales alimentos (Sterner 1989), las bacterias y el detritus también son consumidas por el zooplancton.

Los productores primarios que dominan los cuerpos de agua son el fitoplancton, este incorpora los nutrientes inorgánicos usando la energía solar, proveyendo carbón y energía. El detritus puede llegar a sustituir al fitoplancton cuando este no tenga la biomasa necesaria, aunque favorecería a las especies que son especializadas en consumir detritus, mismo pasa con las bacterias, que pueden ser una fuente importante de alimento. El conjunto de todos estos mueve la energía y carbón a los niveles superiores través de la ingesta del zooplancton

(Persson 2007). Entonces, todo esto indica que el zooplancton tiene un papel clave en mover la energía de los ecosistemas acuáticos a los niveles superiores, por lo mismo es importante saber quiénes son los que representan a este nivel y cómo funcionan en su entorno natural (Conde-Porcuna et al. 2004).

Pero no todo queda ahí dentro de la importancia del zooplancton, ya que también los grupos zoo planctónicos son probablemente los que se han utilizado en mayor medida en la acuicultura como fuente de alimento natural para muy diversas especies, principalmente de peces y de crustáceos (Busch et al. 2010). La mayoría de las especies de peces que se cultivan en el mundo son zooplanctófagas, en sus primeras etapas de vida, aun cuando sus hábitos alimenticios en etapas adultas puedan cambiar (Prieto & Atencio 2008).

Los rotíferos (*Brachionus*) y los cladóceros (*Daphnia* y *Moina*) han sido ampliamente utilizados en bioensayos para pruebas de ecotoxicología (Sarma & Nandini 2006; Snell & Joaquim-Justo 2007), ya que algunos cuerpos de agua se encuentran contaminados por diferentes tipos de desechos industriales e incluso de carácter farmacológico, afectando severamente la calidad de agua y propiciando desde cambios en la estructura de los organismos, hasta la muerte de las comunidades si están en gran cantidad (Sarma et al. 2014).

Los organismos que conforman al zooplancton son particularmente sensibles a los cambios en los parámetros fisicoquímicos (Wallace et al. 2015), estas variaciones que se presentan tienen una relación con los organismos, 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). Esta sensibilidad nos da un buena referencia para conocer el estado trófico de un cuerpo de agua, ya que hay especies asociadas a los diferentes niveles tróficos (Berziņš & Pejler 1989), a lo cual se han creado algunos índices, por ejemplo, uno de los mas usados dentro de las aguas templadas es el de Sládeček (1983), ya que en éste indica que hay generos de rotíferos que estan fuertemente asociados tanto a la oligotrofia como a la eutrofia, de una forma sencilla propone dividir el numero de especies de estos

géneros encontrados para conocer el estado trófico. Por otro lado, se ha propuesto que con base a las densidades totales, mostradas por los rotíferos se puede también caracterizar el estado trófico (May & O'Hare 2005; Ji et al. 2013).

Macrofitas

La importancia de las macrofitas como arquitectas en la complejidad tanto del hábitat, así como la creación de microhábitats en los sistemas acuáticos ha sido ampliamente reconocida. Dentro de ciertos límites, la comparación de un cuerpo de agua sin plantas (como la zona pelágica), con uno con abundantes, (zona litoral), sería como comparar una duna de arena con un bosque tropical (Scheffer 2004).

Las características de los micro hábitats son determinantes para la estructura de la mayor parte de las comunidades que viven en un sistema acuático. El ecosistema provee diversos hábitats con diferentes complejidades (Chick & McIvor 1994). La heterogeneidad de estos puede no solo ser caracterizadas por los factores abióticos, ya que las estructuras bióticas como los troncos, ramas, hojas, raíces y tallos de las plantas acuáticas también lo conforman (Benke & Wallace 2003; Padial et al. 2009). Las macrofitas juegan un papel importante entre las cadenas de energía de muchos sistemas acuáticos, además de que los espacios, entre los complejos de las plantas proveen hábitats favorables para las comunidades del zooplancton (Keast 1984; Manatunge et al. 2000).

Las plantas acuáticas pueden ser un refugio efectivo del zooplancton contra los depredadores (fig. 2), esta efectividad puede depender mucho de que especies estén relacionadas a ellas, así como los diferentes tipos de macrofitas que se encuentren tales como las emergentes, sumergidas y flotadoras (Anna & Kuczyńska-Kippen 2009).

Las macrofitas se pueden distribuir ya sea completamente a lo largo de toda la orilla o por parches tanto en zonas abiertas como en la zona litoral (Padial et al. 2009). Se ha encontrado evidencia que la coexistencia de diferentes plantas

acuáticas incrementa la complejidad del hábitat, en especial aquellas que son sumergidas, lo que también modifican los factores bióticos y abióticos del sistema. Trabajos en campo como en laboratorio concluyen que las mayores densidades del zooplancton se encuentran en los lugares que cuentan con presencia de macrofitas sumergidas (Jeppesen et al. 1994; Schriver et al. 1995).

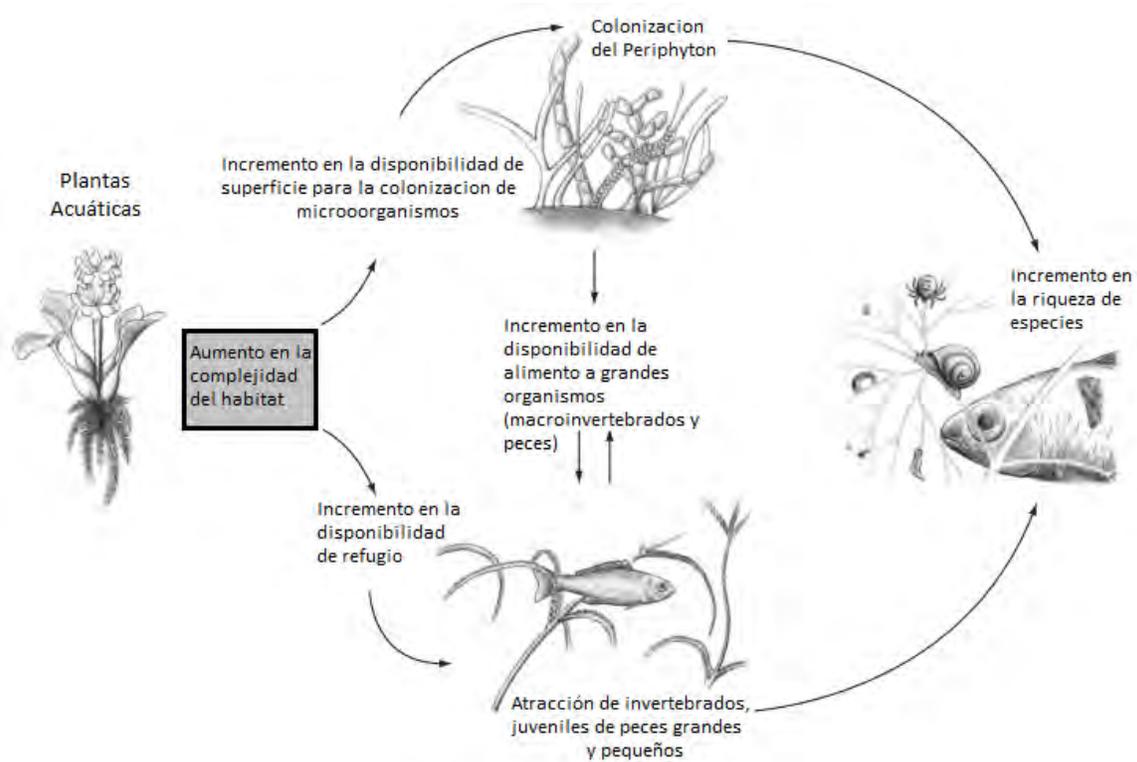


Fig. 2. Esquema general de la interacción del zooplancton y macrofitas. Tomado y modificado de Thomaz & Ribeiro da Cunha (2010).

Antecedentes

Probablemente la presa más importante en el Estado de México, sea la de Valle de Bravo (VB), ya que es la principal surtidora de agua para la ciudad de México este por el sistema Cuitzamala. Ramírez-García y colaboradores (2002) vieron las variaciones del zooplancton, encontrando 16 familias y 25 especies de rotíferos. Las especies más comunes de ese estudio fueron *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca capucina*, mientras que *Bosmina longirostris* fue el cladóceros con la mayor densidad (>105 ind/L), se reportan especies de la familia Daphniidae y Chydoridae, mientras que los copépodos fueron representados en su mayoría por *Mesocyclops* y *Megacyclops*, los calanoideos fueron raros.

Nandini y colaboradores (2008), registraron para esta presa (VB) 27 especies de rotíferos, distribuidos en 14 familias, esto a diferentes profundidades. Las familias que tuvieron una mayor cantidad de especies fueron Trichocercidae y Brachionidae, los cladóceros con mayor presencia en el sistema fueron *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, y *Daphnia laevis*. Para los copépodos solo se registró la presencia de ciclopoideos y calanoideos.

Con esta misma forma de trabajar a diferentes profundidades en la misma presa Jiménez-Contreras y colaboradores (2009) registraron 23 especies de rotíferos siendo las especies más abundantes *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca elongata* y *Anuraeopsis fissa*. Se menciona la presencia de crustáceos, pero sin determinar.

Sarma y colaboradores (2011) 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 el mayor número de especies (7 spp.) 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, se registraron también 9 especies de cladóceros, siendo

Chydorus brevilabris, *Macrothrix triserialis* los más abundantes, para el caso de los copépodos se observaron calanoideos y ciclopoideos.

La Presa Valeriano Trujillo en el estado de Guerrero fue estudiada por Vázquez-Sánchez y colaboradores (2014), analizaron la diversidad de los rotíferos de zonas litorales y pelágicas, registraron 62 especies, pertenecientes a 28 géneros y 19 familias. Los rotíferos más abundantes fueron *Brachionus caudatus*, *B. falcatus*, *Horaëlla thomassoni*, *Filinia longiseta*, *Conochilus dossuarius* y *Keratella cochlearis*. La mayor diferencia de esta presa con el resto es la baja altitud a la que se encuentra (820 msnm) y que presenta temperaturas de hasta 30°C.

Mientras que González-Gutiérrez (2014) presenta el único trabajo que se tiene reporte para la Presa del Llano en cuanto a zooplancton se refiere, se analizaron muestras de 8 meses, encontrando 36 especies de rotíferos, en 18 géneros y 13 familias. *Polyarthra vulgaris* fue de los rotíferos más frecuentes.

Justificación

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; Elías-Gutiérrez et al. 2008).

En el Estado de México 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 son someros y de tamaño muy variable (10 hasta 10,000 hectáreas). En muchos de estos reservorios aún se desconoce la composición faunística, en especial lo referente al zooplancton, así como su ecología, los factores a los cuales están ligados y sus fluctuaciones estacionales. Actualmente algunos de estos cuerpos de agua se utilizan para pesquerías o recreación turística, reserva para riego y en el abastecimiento de agua potable (Elías- Gutiérrez 1995; Aguilar-Acosta 2013).

Objetivo General

Reconocer la diversidad de rotíferos, copépodos y cladóceros en la Presa del Llano (Estado de México) durante un ciclo anual.

Objetivos Particulares

Cuantificar las variables físico-químicas seleccionadas (oxígeno disuelto, temperatura, pH, % saturación de oxígeno, conductividad, dureza, turbidez, nitratos, fosfatos).

Conocer la riqueza específica de las especies zooplanctónicas (rotíferos, copépodos y cladóceros).

Cuantificar las abundancias de las especies de los tres grupos del zooplancton (Rotíferos, copépodos y cladóceros).

Determinar la influencia de las variables fisicoquímicas a la abundancia de los grupos del zooplancton estudiado.

Área de Estudio

El municipio de Villa del Carbón se localiza al Noroeste del Estado de México, en las coordenadas 19° 54' 24" N y 99° 39' 07" O, el municipio tiene una extensión de 331.02 kilómetros cuadrados. (Fig. 3). Villa del carbón se encuentra a 2595 msnm, cuenta con un paisaje boscoso y de relieve montañoso. Posee un clima subhúmedo con invierno frío; durante el año se registran dos épocas climáticas: Lluvias (mayo-septiembre) y Secas (octubre-abril). La temperatura media anual es de 20°C, con humedad constante; su densidad de población es de 136 habitantes por kilómetro cuadrado.

La presa del Llano se encuentra en la región hidrológica del Alto Panuco y es una de las joyas ecológicas más preciadas de villa del Carbón y del Estado de México, esta presa artificial tiene una actividad actual plenamente turística y se encuentra a 20 kilómetros del centro de Villa del Carbón.



Fig. 3. Ubicación de la presa del Llano, en el municipio de Villa del Carbón, Estado de México.



Fig. 4. Presa del Llano con los puntos de muestreo. Tomado de google maps 2016

Sitio 2



Sitio 4



Sitio 3



Sitio 5



*Fotografías del autor

Materiales y Métodos.

Trabajo de campo.

Los muestreos se realizaron mensualmente de 5 zonas litorales diferentes (fig. 4) 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. El periodo de muestreo fue de agosto de 2014 a Julio de 2015.

1. Zooplancton

Las muestras de zooplancton fueron tomadas de la parte superficial de cada una de las zonas litorales. Para cada una de las muestras se filtraron 80 litros de agua, el filtrado fue a través de una red de plancton de 50 μm . Posteriormente las muestras se concentraron a un volumen final de 250 ml y se fijaron inmediatamente con formaldehído al 4% (Norgrady et al. 1993) para su posterior traslado.

2. Variables ambientales

En los sitios de muestreo se tomaron las mediciones de algunos parámetros fisicoquímicos *in situ*; Oxígeno disuelto, % saturación de oxígeno y temperatura utilizando un Oxímetro modelo YSI 55, pH, conductividad (K_{25}) con un Conductímetro PC-18, para clorofila a y ficocianinas se usó el Fluorómetro Aqua.

Se tomó una muestra de agua superficial con botellas de cristal color ámbar de 500 ml de capacidad para parámetros fisicoquímicos *ex-situ*. Para su transporte se envolvieron en papel aluminio para evitar el contacto con la

luz solar y se transportaron en hieleras a bajas temperaturas, aproximadamente a 4°C. Posteriormente en el laboratorio se realizaron las pruebas para dureza mediante métodos de titulométricos de acuerdo a lo referido en (APHA, 1998). La turbidez se midió en NTU utilizando un turbidímetro marca Cole Parmer. Los Nitratos y Fosfatos se midieron utilizando el equipo fotométrico YSI 9500.

Trabajo de Laboratorio

Identificación de especies

La identificación de las especies de los rotíferos se realizó con las claves especializadas 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 verificó la presencia o ausencia de la loriga, las espinas anteriores, posteriores, placas, pie y dedos. En el caso de los bdelloideos se identificaron como grupo, ya que al momento de ser fijados contraen la corona, así como el pie y dedos imposibilitando una correcta identificación.

Para copépodos y cladóceros se utilizaron las claves taxonómicas disponibles (Smirnov 1974; Korovchinsky 1993; Dumont y Negrea 2002; Elías-Gutiérrez et al. 2008).

Las especies se observaron en microscopio estereoscópico (Nikon SMZ645) en caja Petri para luego ser observados en microscopio óptico (Nikon eclipse E600) para su correcta identificación, en el caso de rotíferos algunas veces se necesitó la observación del trophi en ciertos géneros para

llegar a nivel de especie y en caso de copépodos y cladóceros estructuras como anténulas y apéndices.

También se obtuvo una muestra sin fijar, filtrando 20 litros de la presa con la finalidad de observar a las especies vivas, ya que en algunos casos se necesitó observarlos vivos para su correcta identificación.

Abundancias de las especies

La cuantificación de las diferentes especies de rotíferos se obtuvo en individuos por litro (ind/L). Se utilizó la cámara de Sedgewick-Rafter bajo un microscopio óptico agregando alícuotas de 1 ml por muestra a la cámara. En el caso de micro crustáceos se tomaron 3 alícuotas de 5 ml cada una para sus respectivos conteos en caja Petri bajo microscopio estereoscópico. Para cada conteo se realizó por triplicado, contando el número de individuos de cada especie encontrada.

Índice de Diversidad

Se realizó el índice de diversidad 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.

Graficas Abundancias y parámetros fisicoquímicos.

Con el programa computacional Sigma Plot 11.0 se obtuvieron las gráficas correspondientes para representar las abundancias de las especies del zooplancton, así como las gráficas de los diferentes parámetros físico-químicos a lo largo del año.

Diagramas de Olmstead-Tukey

La realización de estos diagramas es en base a los datos de las frecuencias graficando en contra con los logaritmos de las abundancias de cada especie, este acomoda a las especies en 4 categorías: dominantes, comunes, temporales y raras (programa sigma plot ver. 11.0).

Análisis de correspondencia canónica

Se empleó un análisis de correspondencia canónica (CCA) para ligar las diferentes variables físicas y químicas medidas con las diferentes especies encontradas de zooplancton, este se realizó con el programa computacional CANOCO ver. 4.5.

Resultados

Variables fisicoquímicas.

La temperatura de la Presa del Llano se puede observar bien el inicio y termino de las temporadas de frio y calor, ya que a partir de septiembre se puede ver una disminución gradual de los 16°C hasta la temperatura más baja registrada en enero (9°C), teniendo que aumenta en febrero hasta su pico máximo en mayo-junio alrededor de los 20°C.

Esta presa durante la mayor parte del año de estudio tuvo aguas bien oxigenadas, teniendo en promedio 7 mg/L en la mayoría de los meses, los valores más altos los tuvo generalmente la zona 4 (>10 mg/L), y solamente durante un mes en donde bajo considerablemente para todas las zonas (febrero, 2-3 mg/L). El porcentaje de saturación de oxígeno tuvo un promedio general de 76%, siendo febrero el mes donde tuvo el pico más bajo con 20% y los meses de marzo-junio superando el 100% (Fig. 5).

El pH, se mantuvo de neutro a ligeramente ácido, teniendo un promedio general de 6.4, el punto máximo se presentó en diciembre con valores de hasta 8, seguido con un descenso abrupto en enero-marzo con valores mínimos de 5.2.

La turbidez presento valores bajos todo el año, > 4 NTU (unidades nefelométricas de turbidez, o NTU por sus siglas en inglés), típico de aguas claras, sin embargo, un par de meses dos zonas presentaron valores altos comparados con los demás, la zona 2 en los meses de septiembre y octubre (8.6 y 10.5 NTU, respectivamente) y la zona 4 en diciembre con 10.5 NTU.

En cuanto a los nutrimentos, los nitratos (NO_3^{-1}) presentaron valores semejantes durante todo el año (>1.5 mg/L) sin importar la zona, a excepción del mes de febrero en la zona 3 donde tuvieron un pico de hasta 5 mg/L. La misma tendencia se observaron para los fosfatos (PO_4^{-3}), donde la mayor parte del año fueron constantes (> 1 $\mu\text{g/L}$) a excepción del mes de enero en la zona 2 donde se registró un valor de 4.5 $\mu\text{g/L}$ (Fig. 5).

La conductividad (K_{25}) todo el año tuvo valores muy bajos, ya que siempre estuvo en un rango entre los 60 y 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$, lo cual corresponde a aguas dulces. En el

caso de la dureza, los valores máximos que presento fue de 20 a 40 en los meses de septiembre a diciembre, el resto de los meses se mantuvo entre 5 y 20.

Los valores de clorofila a, muestran un aumento dentro de los primeros meses de estudio (de 3 a 5 $\mu\text{g/L}$) mientras que disminuyen y se estabilizan de enero a junio teniendo valores en promedio de 4 $\mu\text{g/L}$ sin importar la zona. Para el caso de las ficocianinas muestran una disminución en los meses más fríos (diciembre-febrero) subiendo gradualmente de nuevo hacia los meses cálidos, sin embargo, durante el todo el año muestreado los valores siempre se mantuvieron por debajo de los 0.7.

El disco de Secchi no se tomó en cuenta, ya que al ser una zona litoral poco profunda (no más de 40 cm de profundidad) y debido a las aguas transparentes de la presa, en ningún momento se dejó de ver la cara blanca del disco, en contra parte se tomaron valores del disco en la zona pelágica en algunos meses en los que se pudo tener acceso a una lancha. El valor durante la mezcla (enero 2015) fue de 2.2 metros mientras que durante la estratificación (junio 2015) fue de 4.3 m. Para una idea de los valores máximos, mínimos y promedios de los parámetros medidos ver Tabla 1.

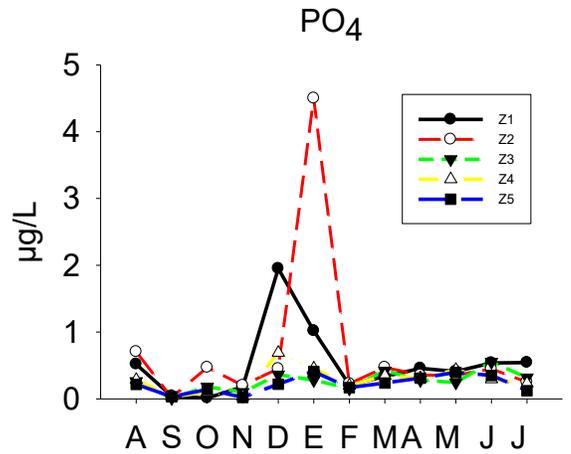
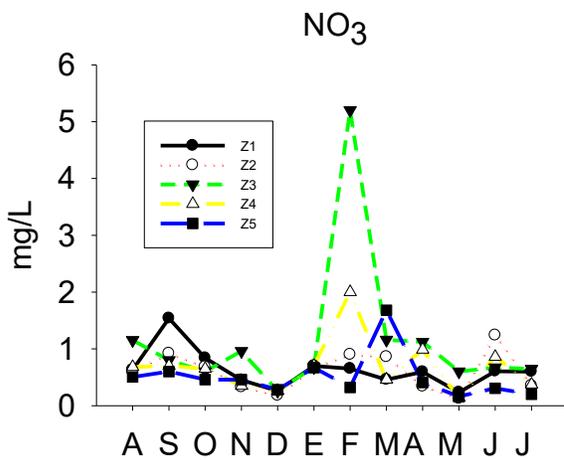
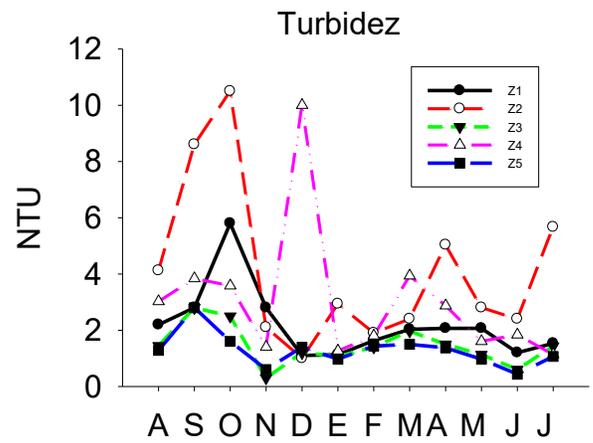
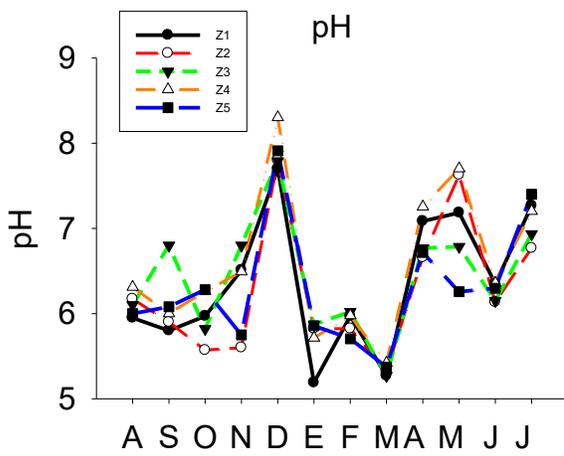
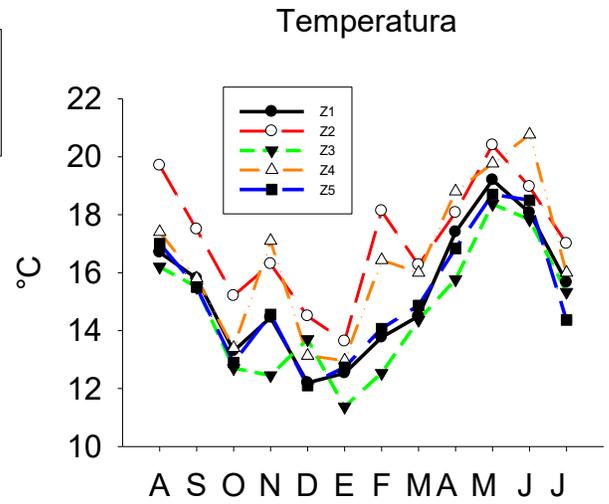
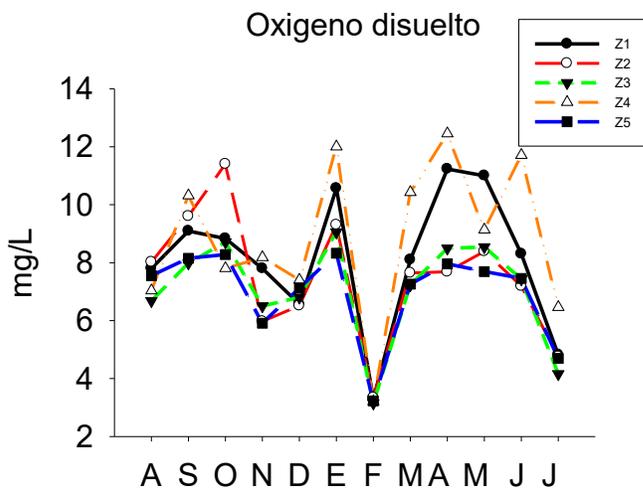


Fig. 5. Parámetros físicos y químicos de la Presa del Llano durante un año.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de la Presa del Llano (agosto 2014 a septiembre 2015).

Parámetro	Rango	Promedio General
Oxígeno Disuelto mg/L	3.1 a 12.4	7.7
Temperatura °C	11.3 a 20.4	15.7
Saturación oxígeno %	28 a 142.4	76.7
pH	5.2 a 8.3	6.4
Conductividad $\mu\text{S cm}^{-1}$	59 a 93.5	69.6
Turbidez NTU	0.3 a 10.5	2.4
Dureza	8 a 40	17.7
Nitratos (NO_3^{-1}) mg/L	0.12 a 5.2	0.7
Fosfatos (PO_4^{-3}) mg/L	0.01 a 4.5	0.39
Ficocianinas	0.1 a 0.71	0.38

Riqueza específica

Del presente trabajo se obtuvo un total de 101 especies identificadas de zooplancton, de los cuales la mejor representación la tuvo los rotíferos, de los cuales son 86 especies, 39 géneros y 19 familias. Seguido de los cladóceros con 13 especies, 10 géneros y 3 familias. Los copépodos tuvieron 2 especies, en 2 géneros y un orden (Tabla 2).

Dentro de todas las especies identificadas la familia que estuvo mejor representada dentro de los rotíferos fue Lecanidae con 11 spp., seguido de las familias Brachionidae, Trichocercidae y Notommatidae todas con 10 spp. En el caso de los cladóceros la familia Chydoridae fue la mejor representada con 8 especies, seguida de los daphniidos con 4 especies. Los copépodos registraron 2 especies, ambas pertenecientes al orden Cyclopoidea. Además, se observó y contó la presencia de larva de dípteros, así como los ostrácodos presentes.

Dentro de los diferentes sitios de muestreo hubo diferencias con respecto a la ocurrencia de las especies, así como sus densidades, las zonas donde hubo presencia de macrofitas tuvieron una mayor densidad en comparación con las que no. La zona 1 se le llamo de “transición” ya que durante algunos meses presentó una baja cantidad de macrofitas teniendo zooplancton típico de las dos zonas con presencia de estas. Los sitios con mayor densidad fueron Z2 y Z4, en promedio todo el año tuvieron arriba de 320 ind/L, mientras que los sitios sin plantas menos de 190 ind/L (Z3 y Z5). El sitio 1 en promedio presento 240 ind/L teniendo variaciones a lo largo del año (fig. 6).

Se elaboró una tabla donde se puede observar la ausencia-presencia de las especies de zooplancton en las diferentes zonas, siendo la zona 4 donde se presentó el mayor número de especies (84) mientras que la zona 5 tuvo el menor (69) (ver anexo 2).

En este trabajo se reportan 4 nuevos registros de rotíferos para el país, *Eosphora thoa*, *Aspelta angusta*, *Trichocerca insulana* y *Lepadella punctata*.

Tabla 2. Listado taxonómico del zooplancton presente durante el periodo de estudio en la Presa del Llano. Los nombres marcados con * significan nuevos registros para México.

Rotifera	Notommatidae
Clase Bdelloidea	<i>Cephalodella catellina</i> (O. F. Müller, 1786)
<i>Bdelloidea</i> spp.	<i>C. forficula</i> (Ehrenberg, 1830)
	<i>C. gibba</i> (Ehrenberg, 1838)
Clase Monogononta	<i>C. stenroosi</i> Wulfert, 1937
Brachionidae	* <i>Eosphora thoa</i> Haring & Myers, 1924
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	<i>Monommata arndti</i> Remane, 1933
<i>B. calyciflorus</i> Pallas, 1766	<i>Notommata copeus</i> Ehrenberg, 1838
<i>B. havanaensis</i> Rousselet, 1911	<i>N. glyphura</i> Wulfert, 1935
<i>B. quadridentatus</i> (Hermann, 1783)	<i>N. tripus</i> Ehrenberg, 1838
<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rouselet, 1908)	<i>Pleurotrocha petromyzon</i> (Ehrenberg, 1830)
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943	Familia Scarididae
<i>K. cochlearis</i> (Gosse, 1851)	<i>Scaridium longicaudum</i> (O. F. Müller, 1786)
<i>K. tropica</i> (Apstein, 1907)	Trichocercidae
<i>Plationus patulus</i> (O. F. Müller, 1786)	<i>Trichocerca bidens</i> (Lucks, 1912)
<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenber, 1832)	<i>T. capucina</i> (Wierzejski & Zacharias 1893)
Euchlanidae	<i>T. cylindrica</i> (Imhof, 1891)
<i>Beauchampiella eudactylota</i> (Gosse, 1886)	<i>T. elongata</i> (Gosse, 1886)
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	* <i>T. insulana</i> (Hauer, 1937)
<i>E. incisa</i> Carlin, 1939	<i>T. porcellus</i> (Gosse, 1851)
Mytilinidae	<i>T. pusilla</i> (Jennings, 1903)
<i>Lophocharis oxysternon</i> (Gosse, 1851)	<i>T. similis</i> (Wierzejski, 1893)
<i>L. salpina</i> (Ehrenberg 1834).	<i>T. tenuior</i> (Gosse, 1886)

Mytilina bisulcata (Lucks, 1912)

M. mucronata (O. F. Müller, 1773)

M. ventralis (Ehrenberg, 1830)

Trichotriidae

Macrochaetus subquadratus (Perty 1850)

Trichotria pocillum (O. F. Müller, 1776)

T. tetractis (Ehrenberg, 1830)

Colurellidae

Colurella obtusa (Gosse, 1886)

C. uncinata (O. F. Müller, 1773)

Lepadella acuminata (Ehrenberg, 1834)

L. ovalis (O. F. Müller, 1786)

L. patella (O. F. Müller, 1786)

**L. punctata* Wulfert, 1939

L. rhomboides (Gosse, 1886)

L. triptera (Ehrenberg, 1830)

Squatinella mutica (Ehrenberg, 1832)

Lecanidae

Lecane bulla (Gosse, 1851)

L. closterocerca (Schmarda, 1859)

L. decipiens (Murray, 1913)

L. hamata (Stokes, 1896)

L. inermis (Bryce, 1892)

L. ludwigi (Eckstein, 1883)

L. luna (O. F. Müller, 1776)

T. weberi (Jennings, 1903)

Gastropodidae

Ascomorpha eucadis Perty, 1850

A. ovalis (Bergendal, 1892)

Gastropus hyptopus (Ehrenberg, 1838)

Synchaetidae

Polyarthra dolichoptera Idelson, 1925

P. vulgaris Carlin, 1943

Synchaeta oblonga Ehrenberg, 1831

Asplanchnidae

Asplanchna girodi De Guerne, 1888

A. priodonta Gosse, 1850

Dicranophoridae

**Aspelta angusta* Harring & Myers, 1928

Dicranophoroides caudatus (Ehrenberg, 1834)

Dicranophorus grandis (Ehrenberg, 1832)

Testudinellidae

Pompholyx sulcata Hudson, 1885

Testudinella patina (Hermann, 1783)

Flosculariidae

Floscularia sp

Ptygura brachiata (Hudson, 1886)

P. crystallina (Ehrenberg, 1834)

Limnias melicerta Weisse, 1848

Hexarthridae

L. lunaris (Ehrenberg, 1832)

L. ohioensis (Herrick, 1885)

L. quadridentata (Ehrenberg 1830)

Lecane sp.

Proalidae

Proales decipiens (Ehrenberg, 1832)

Cladocera

Daphniidae

Daphnia mendotae (Birge, 1918)

Ceriodaphnia dubia Richard, 1894

Simocephalus latirostris Stingelin, 1906

Scapholeberis armata freyi
Dumont and Pensaert, 1983

Bosminidae

Bosmina longirostris (O. F. Müller, 1785)

Chydoridae

Pleuroxus denticulatus Birge, 1879

Pleuroxus varidentatus Frey, 1993

Pleuroxus quasidentulatus Smirnov, 1996

Hexarthra mira (Hudson, 1871)

Filiniidae

Filinia longiseta (Ehrenberg, 1834)

F. pejleri Hutchinson, 1964

Collothecidae

Collotheca campanulata (Dobie, 1849)

Collotheca pelagica (Rousselet, 1893)

Collotheca sp.

Pleuroxus trigonellus (O. F. Müller, 1776)

Chydorus brevilabris Frey, 1980

Alona guttata Sars, 1872

Camptocercus dadayi Stingelin, 1913

Leydigia cf. lousi mexicana Kotov, Elías-Gutiérrez y Nieto, 2005

Copepoda

Macrocyclops albidus (Jurine, 1820)

Tropocyclops prasinus aztequi Lindberg, 1955

Ostracoda spp.

Diptera spp.

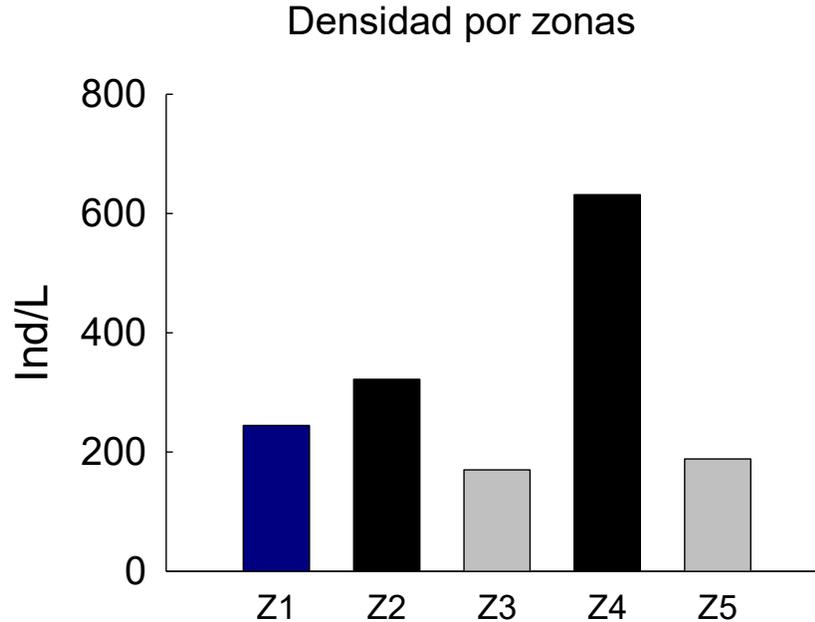


Fig 6. Densidad promedio del total de zooplancton, en negro las zonas con alta presencia de macrofitas, en azul baja presencia de macrofitas y en gris las zonas sin plantas.

Densidad poblacional

A continuación, se muestran las densidades de las especies más dominantes del zooplancton registrado en la presa del llano, para rotíferos se muestran 6 especies dominantes (Fig. 7), para cladóceros 3, en el caso de los copépodos se muestran sus dos primeros estadios (nauplios y copepoditos) y las larvas de dípteros que fueron frecuentes a lo largo del estudio (fig. 8).

La abundancia máxima registrada del estudio corresponde al rotífero *Keratella cochlearis* con arriba de 1500 ind/L, esto en el mes de abril en la zona 4, así mismo este pico se mostró en el resto de las zonas durante ese mes. El resto del año las densidades del rotífero rara vez superaron los 50 ind/L. El rotífero más dominante fue *Polyarthra vulgaris* el cual presentó densidades menores durante los meses fríos (>100 ind/L), teniendo un aumento hacia la época más cálida, teniendo en promedio arriba de 200 ind/L, estas tendencias se mostraron sin

importar la zona. Para el caso del grupo Bdelloidea muestra un comportamiento semejante, teniendo en la época cálida sus mayores densidades, sin embargo, no son tan grandes como los dos rotíferos anteriores, en todo el año oscilaron de 1 hasta 50 ind/L. El mejor representante de la familia Trichocercidae fue *Trichocerca bidens* el cual sin importar la época del año mostró una densidad de 5-40 ind/L, rara vez superándola (148 ind/L), seguido de *T. porcellus* con un mismo patrón, pero en densidades de 1 a 20 ind/L, siendo las zonas 2 y 4 en las que tuvo mayor abundancia. Por último *Trichotria tectractis* tuvo su pico máximo en septiembre (150 ind/L) en la zona 4, después de eso bajo sus densidades en todos los sitios (>20 ind/L) pero siempre teniendo una alta frecuencia. El resto de los rotíferos se presentaron en bajas densidades y frecuencias, teniendo algunos picos máximos, pero sin tener tanta importancia como los descritos anteriormente (fig. 7).

El cladóceros *Chydorus brevilabris* tuvo sus mayores densidades en la zona 4 (hasta 60 ind/L), el resto de los meses tuvo abundancias por debajo de 10 ind/L, a excepción del mes de julio donde presentó su pico máximo en la zona 2 (78 ind/L). Todas las especies de *Pleuroxus* se contaron como grupo en general, para estos sus densidades generalmente fueron menores a 20 ind/L, siendo su pico máximo en enero con 50 ind/L. *Ceriodaphnia dubia* todo el año mostró densidades bajas (>10 ind/L) sin embargo para los últimos dos meses de muestreo aumentaron sus abundancias considerablemente en todas las zonas, llegando hasta 120 ind/L en la zona 4. Las larvas de dípteros presentaron densidades bajas todo el año (>4 ind/L) a excepción del mes de diciembre donde aumentaron hasta 14 ind/L (fig. 8).

Tanto nauplios como copepoditos mostraron tendencias semejantes, aumentando sus densidades hacia los últimos meses del proyecto, en especial en julio donde presentaron sus picos máximos (455 y 47 ind/L, respectivamente), esto en la zona 4. Esta misma tendencia se puede apreciar cuando se suman las abundancias de los tres estadios (fig. 9). Teniendo en cuenta las abundancias totales de los estadios se convirtieron a porcentajes, esto es cada mes independiente uno del otro. Se observa que durante todo el año los nauplii conforman del 80 al 90% de la estructura de la población, seguido de los copepoditos del 5 al 10%, mientras que

los adultos ocupan la menor proporción, siendo que su porcentaje más bajo represento el 1% mientras que en contra parte el valor máximo fue de 5% (fig. 10).

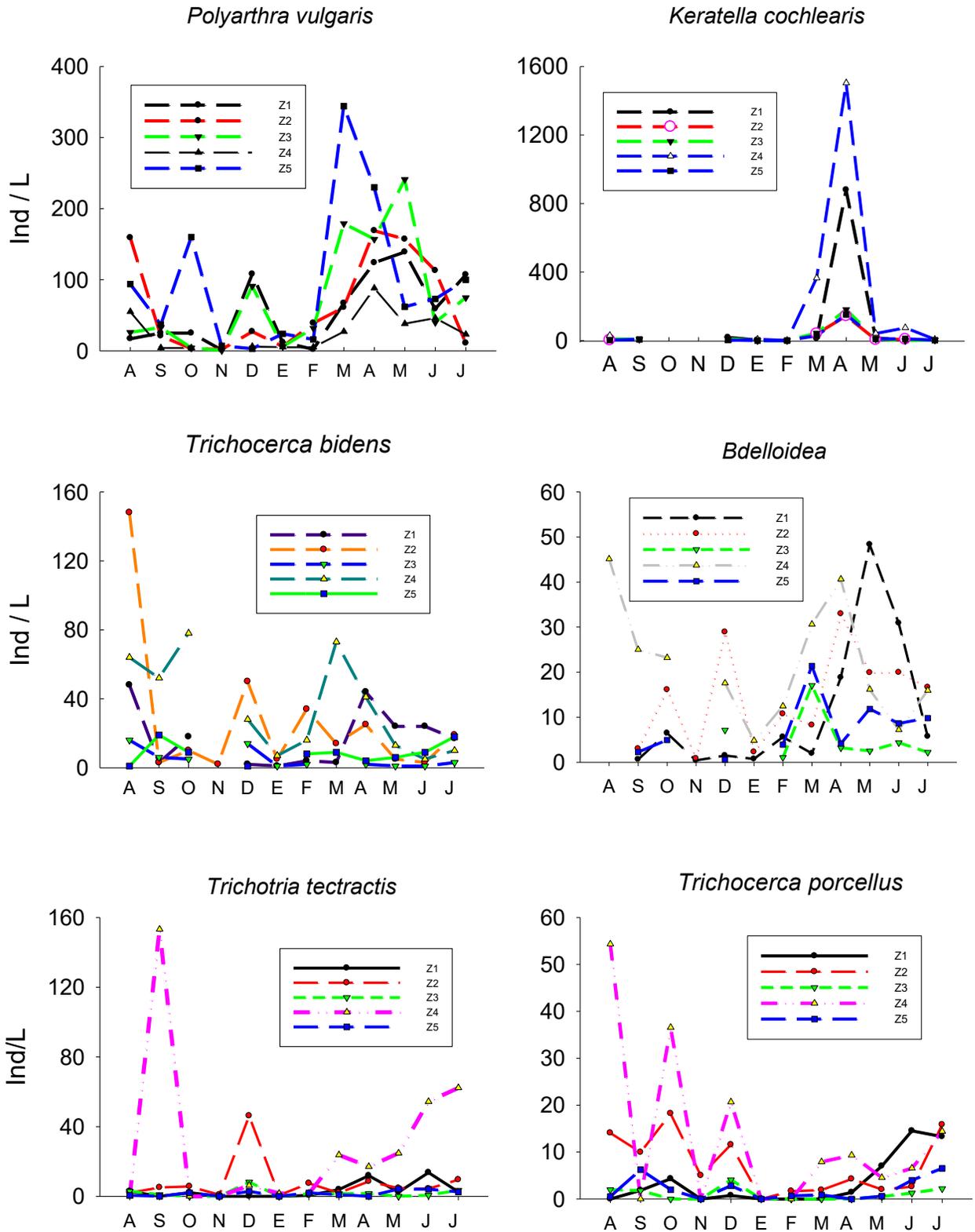


Fig. 7. Abundancias de las especies más dominantes de rotíferos en la Presa del Llano.

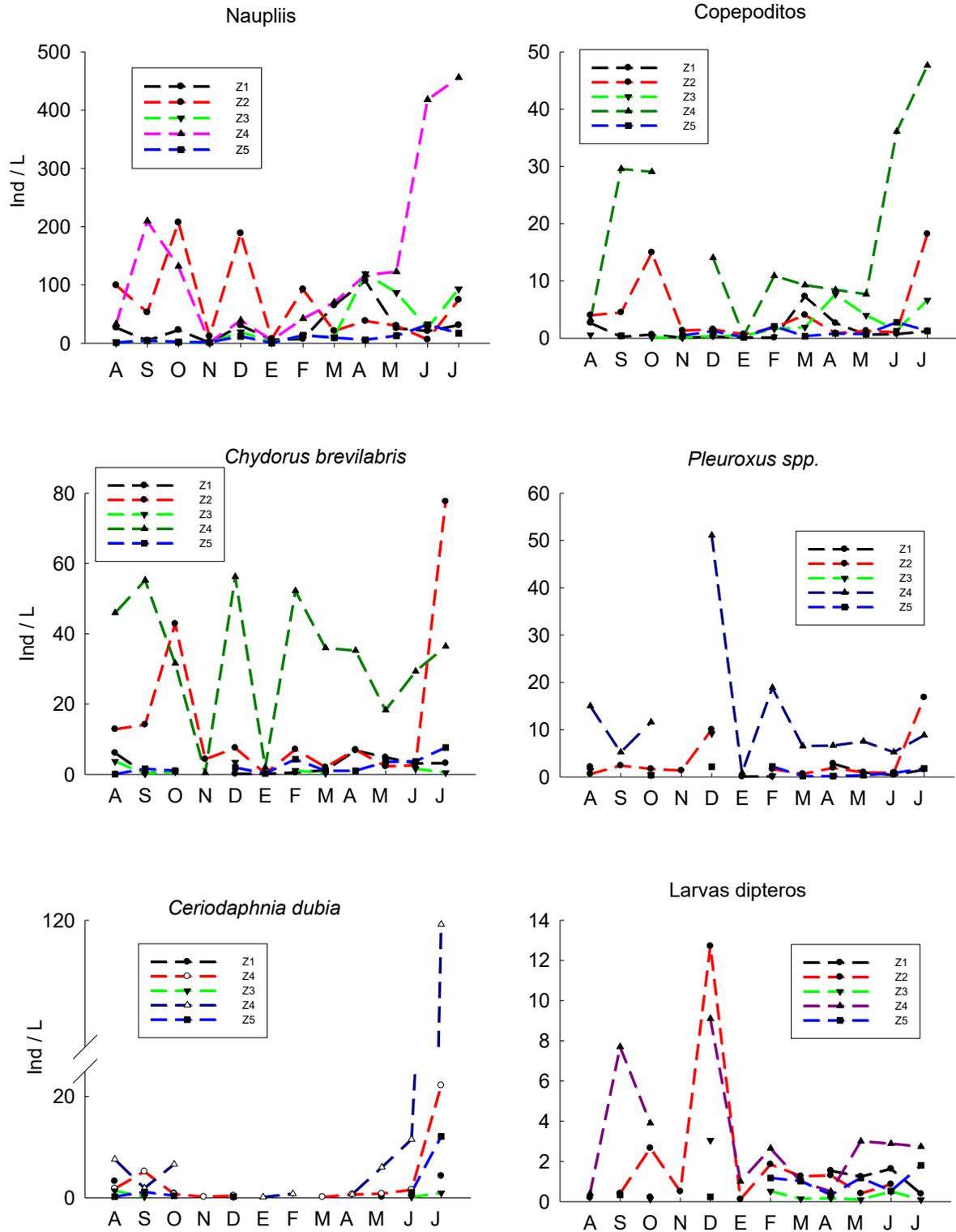


Fig. 8. Densidades de algunas especies de micro crustáceos y larvas de dípteros en la Presa de Llano.

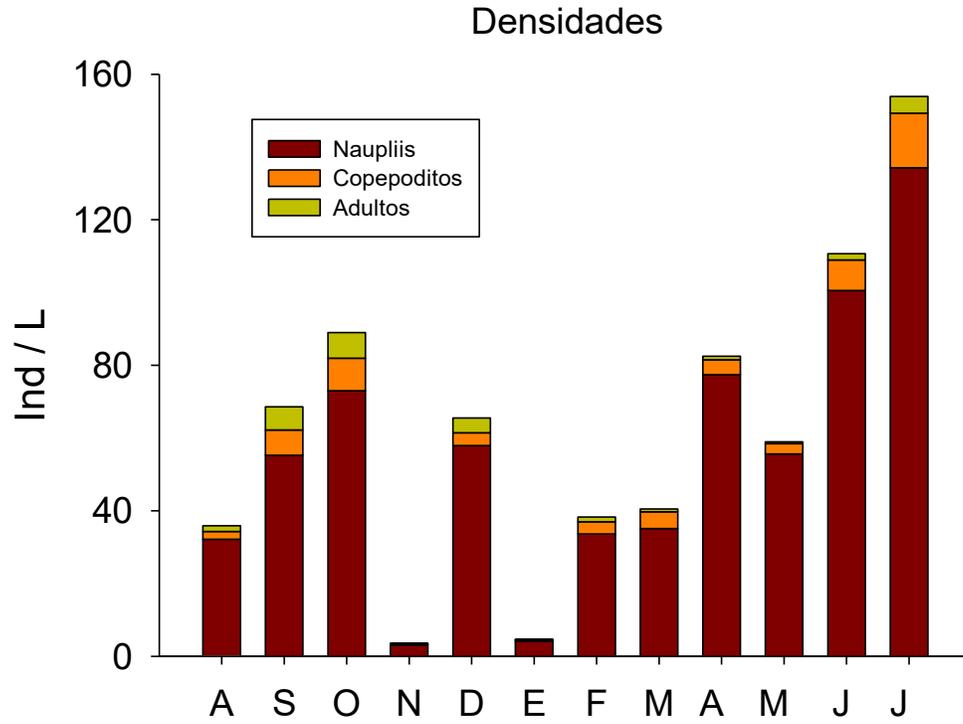


Fig. 9. Densidades totales de los tres estadios del grupo copépoda.

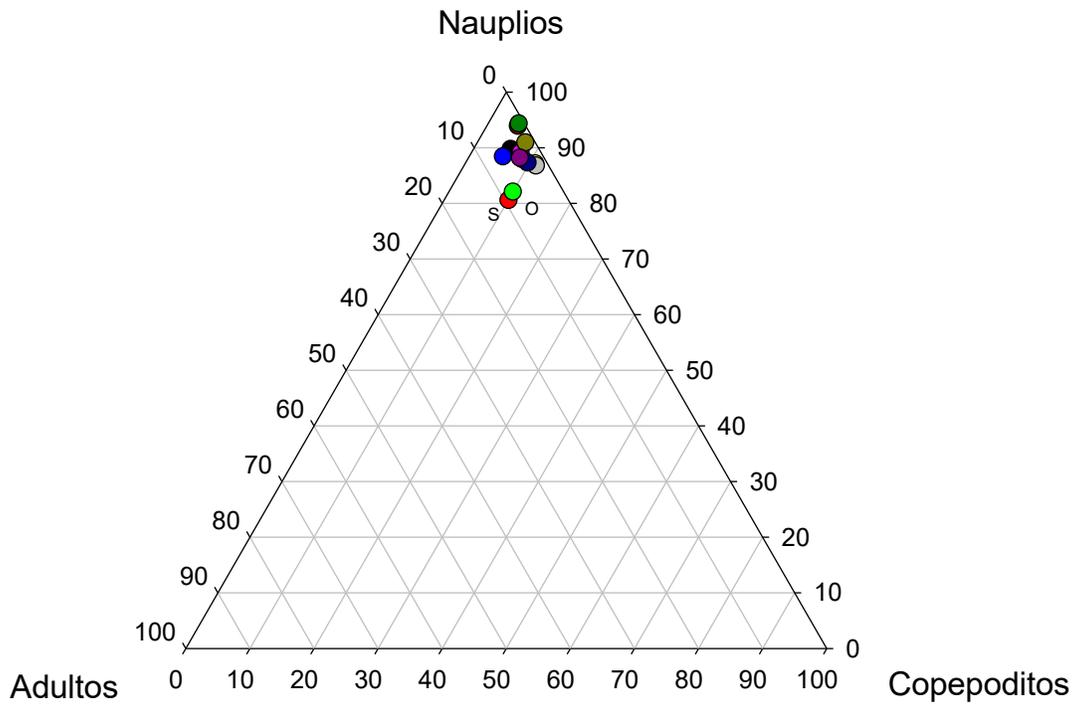


Fig. 10. Estructura de la población de copéodos en porcentajes, entre más cercano a un ángulo mayor dominancia, S: septiembre, O: octubre.

Porcentajes por grupo

Los datos totales de las abundancias se convirtieron a porcentajes para conocer la distribución de cada grupo del zooplancton. Se obtiene que en 6 meses los rotíferos representan más del 80% de los individuos que habitan en la presa, siendo que los primeros meses de 2015 el mayor porcentaje para este grupo. Durante el mes de julio los copépodos representan un poco más del 30% de todo el zooplancton, seguido de febrero y octubre. Los cladóceros en términos de individuos fueron el grupo con menos representantes durante todo el año, ya que su máximo fue cercano al 20% durante febrero y julio del total. No se nota una diferencia entre las épocas del año.

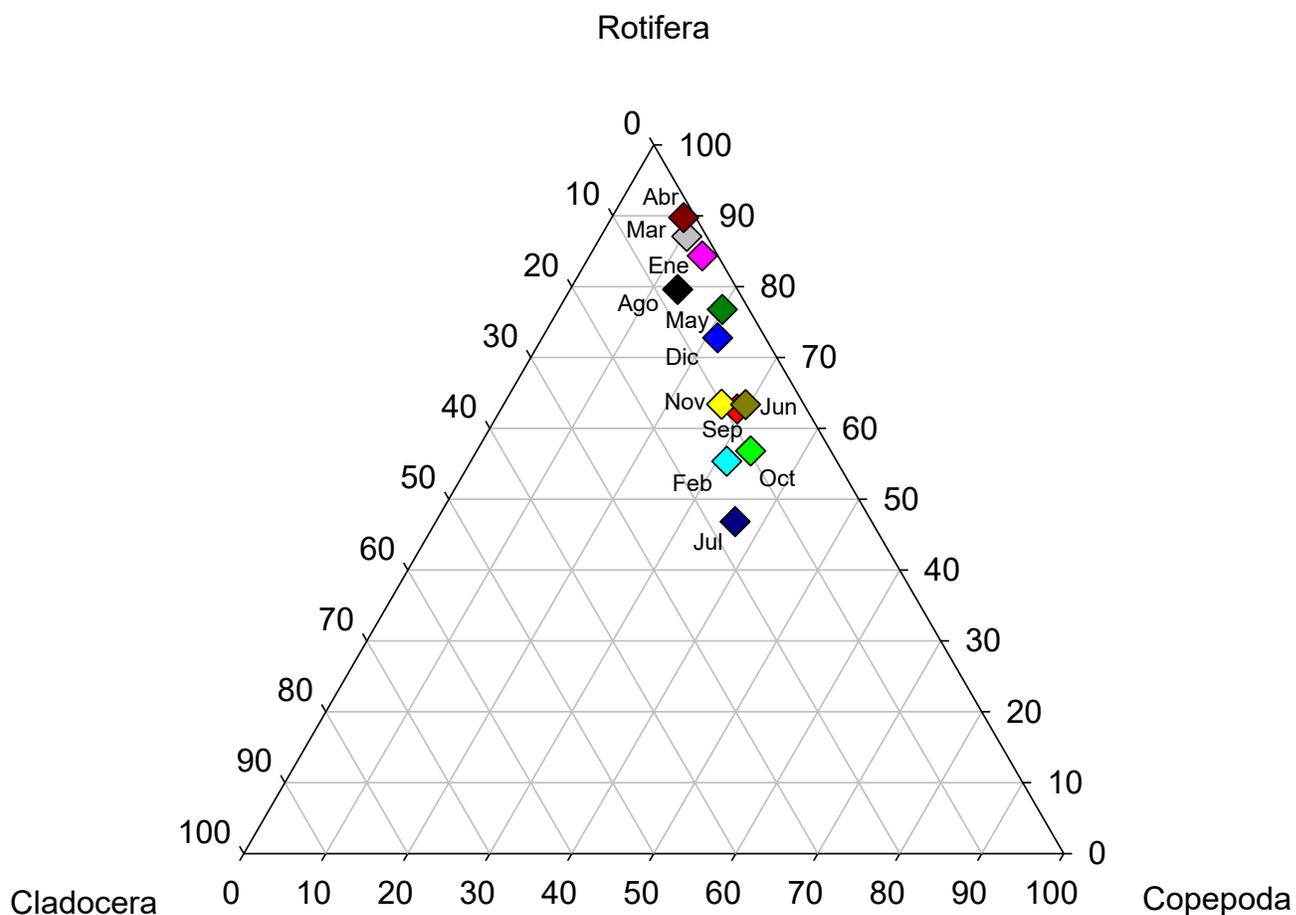


Fig. 11. Grafica de tercias o ternarias de los tres grupos de zooplancton de la presa del llano.

Dominancia de especies

Las variaciones en las abundancias y las frecuencias a lo largo del tiempo nos permiten conocer la dominancia de las diferentes especies, esto se puede dividir en 4 categorías, las dominantes (que tienen alta frecuencia y densidad), las comunes (alta frecuencia y baja densidad), temporales (alta densidad y baja frecuencia) y las raras (baja densidad y frecuencia).

Se realizaron tres análisis, el primero solo con los datos obtenidos con los rotíferos, el segundo, con los copépodos, cladóceros, ostrácodos y larvas de dípteros, y el tercero y último integrando todos los componentes del zooplancton.

En el primer análisis, donde se utilizaron los datos de los rotíferos se obtiene que 26 especies entran en el rango de dominantes (34%) siendo la más dominante *P. vulgaris*, 14 especies temporales (18%), encabezadas por *T. weberi*. Mientras que de las raras se obtuvieron 36 (48%), siendo *L. triptera* la primera de ellas, y *F. longiseta* de las menores. No se presentaron especies constantes (fig. 12).

En el caso de micro crustáceos, 7 especies son dominantes (43.5%), teniendo en esta a los primeros estadios de los copépodos y el adulto de *Macrocyclops albidus*, así como las larvas de dípteros y algunos cladóceros. Como especie constante está el grupo de los ostrácodos (6.25%), mientras que en la categoría de temporal se encuentra el cladóceros *Simocephalus latirostris* (6.25%) el resto de las especies se encuentran como raras (43.5%) (fig. 13).

Para el último análisis se combinaron los datos de los dos anteriores en una sola matriz, 37 especies fueron dominantes (39%), de las cuales 25 pertenecen a los rotíferos, 3 copépodos (2 primeros estadios y dos especies) y el resto a cladóceros. Se registraron dos especies constantes (2%) ambas cladóceros; *Alona guttata* y *Daphnia mendotae*. De las temporales se registraron 13 especies (14%) todas estas de rotíferos, y por último en la categoría de raras se registraron 42 especies (45%) estando una especie de copépodos, dos especies de cladóceros y el resto de rotíferos (fig. 14).

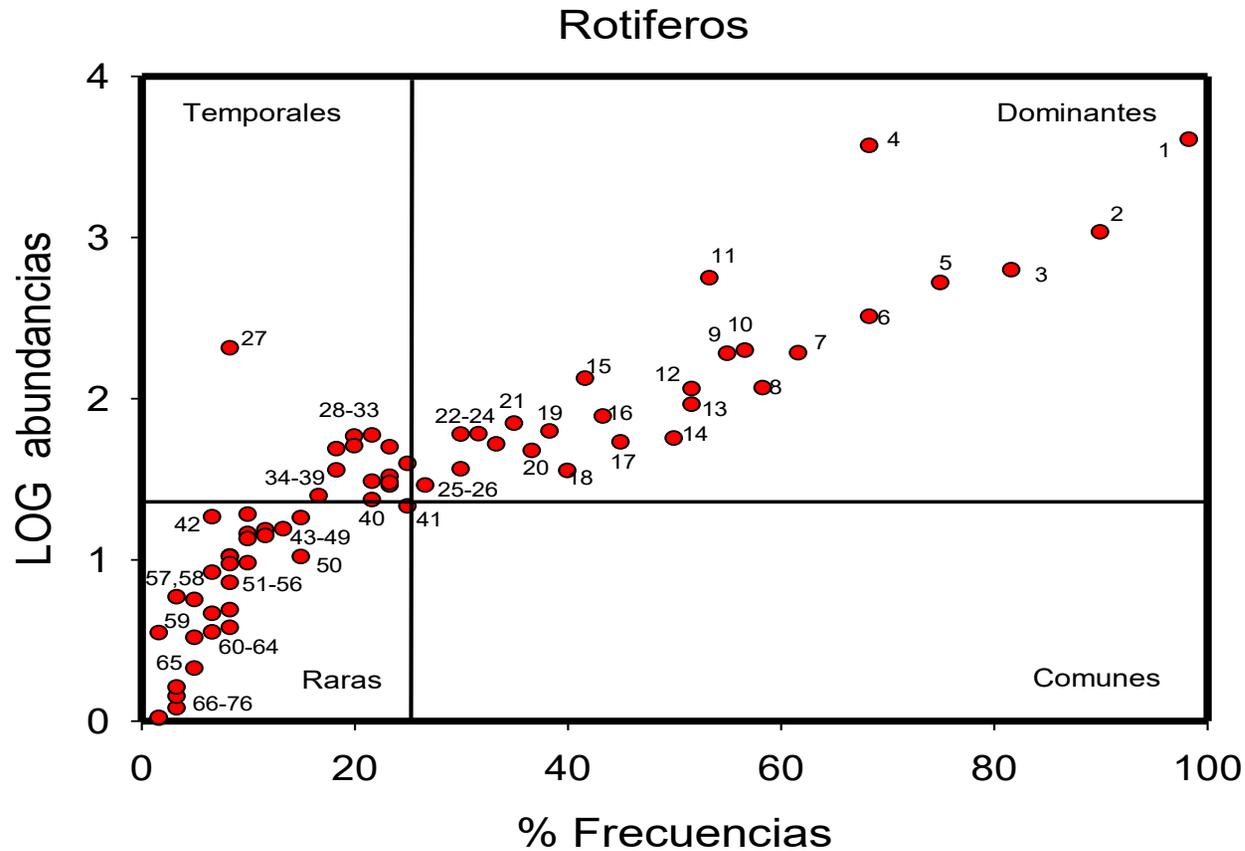


Fig. 12. Diagrama de Olmstead-Tukey de las especies de rotíferos de la presa del llano. **Dominantes:** 1.-*P. vulgaris* 2.-*T. bidens* 3.-*Bdelloidea* 4.-*K. cochlearis* 5.-*Tr. tetractis* 6.-*T. porcellus* 7.-*A. ovalis* 8.-*P. dolichoptera* 9.-*L. ovalis* 10.-*L. patella* 11.-*T. similis* 12.-*L. lunaris* 13.-*T. cylindrica* 14.-*S. oblonga* 15.-*C. uncinata* 16.-*A. fissa* 17.-*T. patina* 18.-*C. gibba* 19.-*Sq. mutica* 20.-*M. ardniti* 21.-*C. obtusa* 22.-*A. priodontia* 23.-*L. closterocerca* 24.-*T. tenuior* 25.-*M. ventralis* 26.-*T. capucina* **Temporales:** 27.-*Lecane* sp. 28.-*T. weberi* 29.-*T. insulana* 30.-*T. Pocillum* 31.-*E. incisa* 32.-*K. bostoniensis* 33.-*L. acuminata* 34.-*P. patulus* 35.-*L. bulla* 36.-*D. grandis* 37.-*A. eucadis* 38.-*T. elongata* 39.-*C. catellina* 40.-*M. mucronata*. **Raras:** 41.-*L. triptera* 42.-*C. forficula* 43.-*A. angusta* 44.-*K. americana* 45.-*L. rhomboides* 46.-*G. hyptopus* 47.-*L. ohioensis* 48.-*L. oxysternon* 49.-*A. girodi* 50.-*Pl. quadricornis* 51.-*T. pusilla* 52.-*E. dilatata* 53.-*D. caudatus* 54.-*L. luna* 55.-*S. longicaudum* 56.-*M. bisulcata* 57.-*L. punctata* 58.-*B. quadridentatus* 59.-*E. thoa* 60.-*L. ludwigi* 61.-*B. calcyflorus* 62.-*C. sp* 63.-*C. steenrosi* 64.-*M. subquadratus* 65.-*L. salpina* 66.-*P. sulcata* 67.-*F. pejleri* 68.-*B. eudactylota* 69.-*N. copeus* 70.-*L. inermis* 71.-*L. hamata* 72.-*B. havanaensis* 73.-*K. tropica* 74.-*L. quadridentata* 75.-*N. tripus* 76.-*F. longiseta*

Microcrustaceos

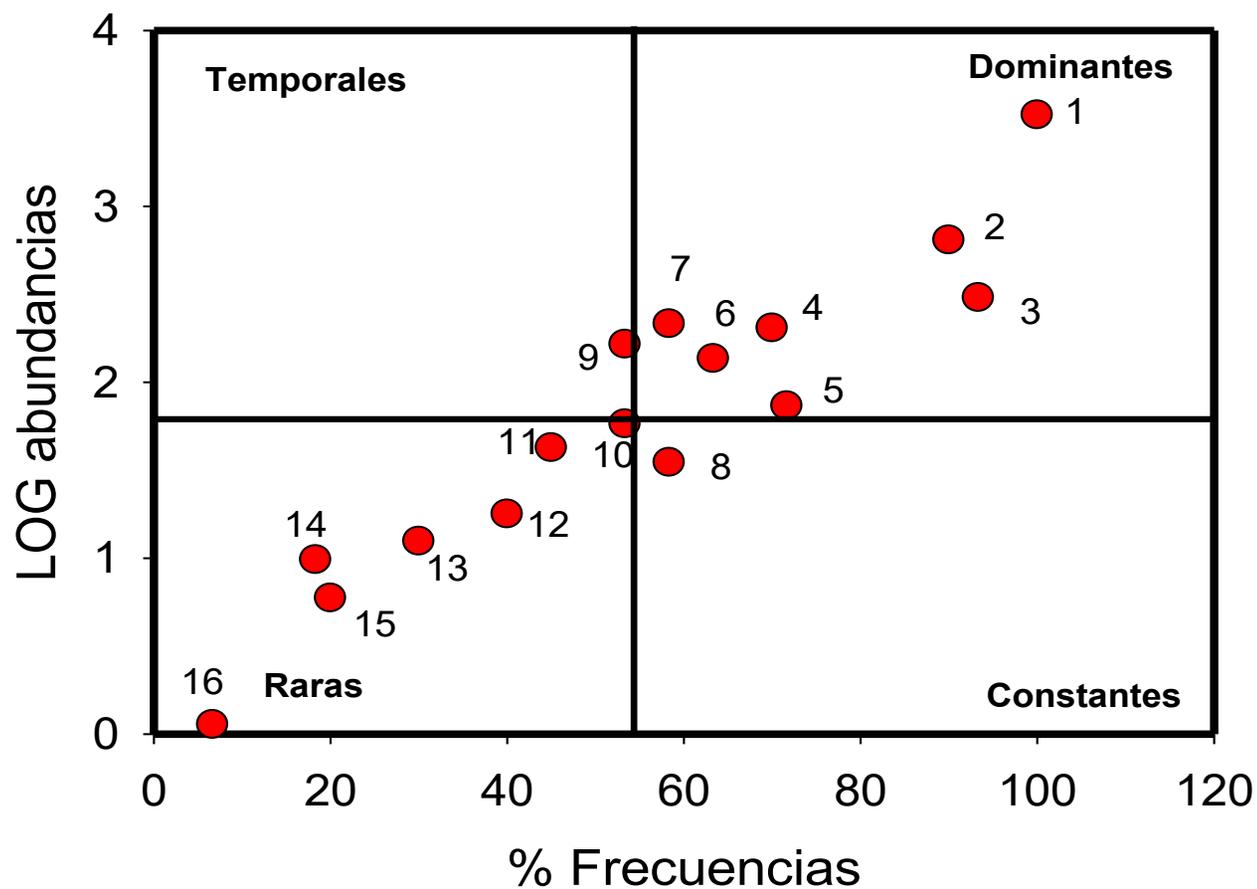


Fig. 13. Diagrama de Olmstead-Tukey de las especies de microcrustáceos de la presa del llano. **Dominantes:** 1. Naupliis; 2. *Chydorus brevilabris*; 3. Copepoditos; 4. *Pleuroxus spp.*; 5. Larvas de dípteros; 6. *Macrocyclus albidus* 7. *Ceriodaphnia dubia*. **Constantes** 8. *Ostracoda spp.* **Temporales:** 9. *Simocephalus lastirostris*; **Raras;** 10. *Bosmina longirostris*. 11. *Camptocercus dadayi* 12. *Alona guttata*; 13. *Daphnia mendotae*; 14. *Tropocyclops prasinus aztequi*; 15. *Scapholeberis armata freyi*; 16. *Leydigia lousi mexicana*

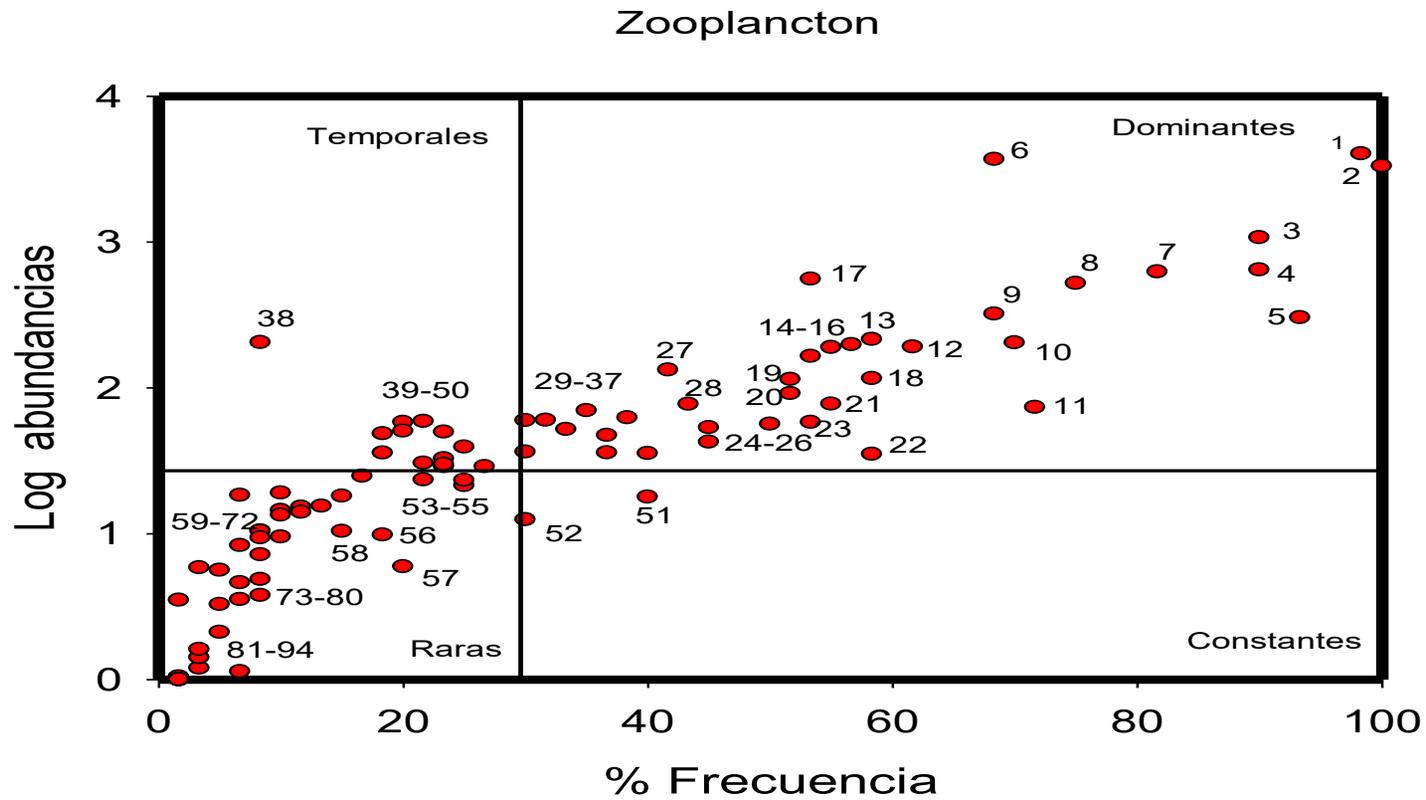


Fig. 14. Diagrama de Olmstead-Tuckey de las especies de zooplancton de la presa del llano.

Dominantes: 1.-*Polyarthra vulgaris* 2.- Naupliis 3.-*T. bidens* 4. *Chydorus brevilabris* 5.- Copepoditos 6.-*K. cochlearis* 7.-*Bdelloidea* 8.-*Tr. tectractis* 9.-*T. porcellus* 10.-*Pleuroxus spp*; 11.-Larvas de dípteros 12.-*A. ovalis* 13.-*Ceriodaphnia dubia* 14.- *Simocephalus lastirostris* 15.-*L. ovalis* 16.-*L. patella* 17.-*T. similis* 18.-*P. dolichoptera* 19.-*L. lunaris* 20.-*T. cylindrica* 21.-*Macrocyclus albidus* 22.-*Ostracoda spp* 23.-*Bosmina longirostris* 24.-*S. oblonga* 25.-*T. patina* 26.- *Camptocercus dadayi* 27.-*C. uncinata* 28.-*A. fissa* 29.-*N. copeus* 30.-*C. gibba* 31.-*Sq. mutica* 32.-*M. ardnti* 33.-*C. obtusa* 34.-*A. priodonta* 35.-*L. closteroerca* 36.-*T. tenuior*.- 37.-*T. capucina* **Temporales:** 38.-*L. sp* 39.-*M. ventralis*. 40.-*T. weberi* 41.-*T. insulana* 42.-*Tr. Pocillum* 43.-*E. incisa* 44.-*K. bostoniensis* 45.-*L. acuminata* 46.-*L. bulla* 47.-*D. grandis* 48.-*A. eucadis* 49.-*T. elongata* 50.-*C. catellina*. **Constantes:** 51.- *Alona guttata* 52.-*Daphnia mendotae* **Raras:** 53.-*L. triptera* 54.-*Tropocyclops prasinus* 55.-*M. mucronata* 56.-*Scapholeberis armata freyi* 57.- *Pl. quadricornis* 58.-*P. patulus*. 59.-*C. forficula* 60.-*A. angusta* 61.-*K. americana* 62.-*L. rhomboides* 63.-*G. hyptopus* 64.-*L. ohioensis* 65.-*L. oxysternon* 66.-*A. girodi* 67.-*T. pusilla* 68.-*E. dilatata* 69.-*D. caudatus* 70.-*L. luna* 71.-*S. longicaudum* 72.-*M. bisulcata* 73.-*L. punctata* 74.-*B. quadridentatus* 75.-*E. thoa* 76.-*L. ludwigi* 77.-*B. calcyflorus* 78.-*C. sp* 79.-*C. steenrosi* 80.-*M. subquadratus* 81.-*L. salpina* 82.- *P. sulcata* 83.-*F. pejleri* 84.-*Leydigia lousi mexicana* 85.-*B. eudactylota* 86.-*N. glyphura* 87.-*L. inermis* 88.-*L. hamata* 89.-*B. havaensis* 90.-*K. tropica* 91.-*L. quadridentata* 92.-*N. tripus* 93.- *F. longiseta* 94. *C. pelagica*

Especies presentes por mes

Con los datos obtenidos se realizó una gráfica para la presencia del número de especies de zooplancton por mes, estos se dividieron en dos épocas, secas (octubre-abril) y lluvias (mayo-agosto). En promedio se presentan 54 especies por mes. El mes con el valor más alto se presentó en marzo (63 spp.). Los meses de temporada de lluvias tuvieron valores generalmente arriba del promedio, a excepción de agosto con 53 spp. Los meses de noviembre y enero son los que presentan los valores mínimos (32 y 41), correspondientes a la época seca, esta temporada presenta 3 meses que sobrepasan el promedio (octubre, diciembre y marzo) (fig. 15).

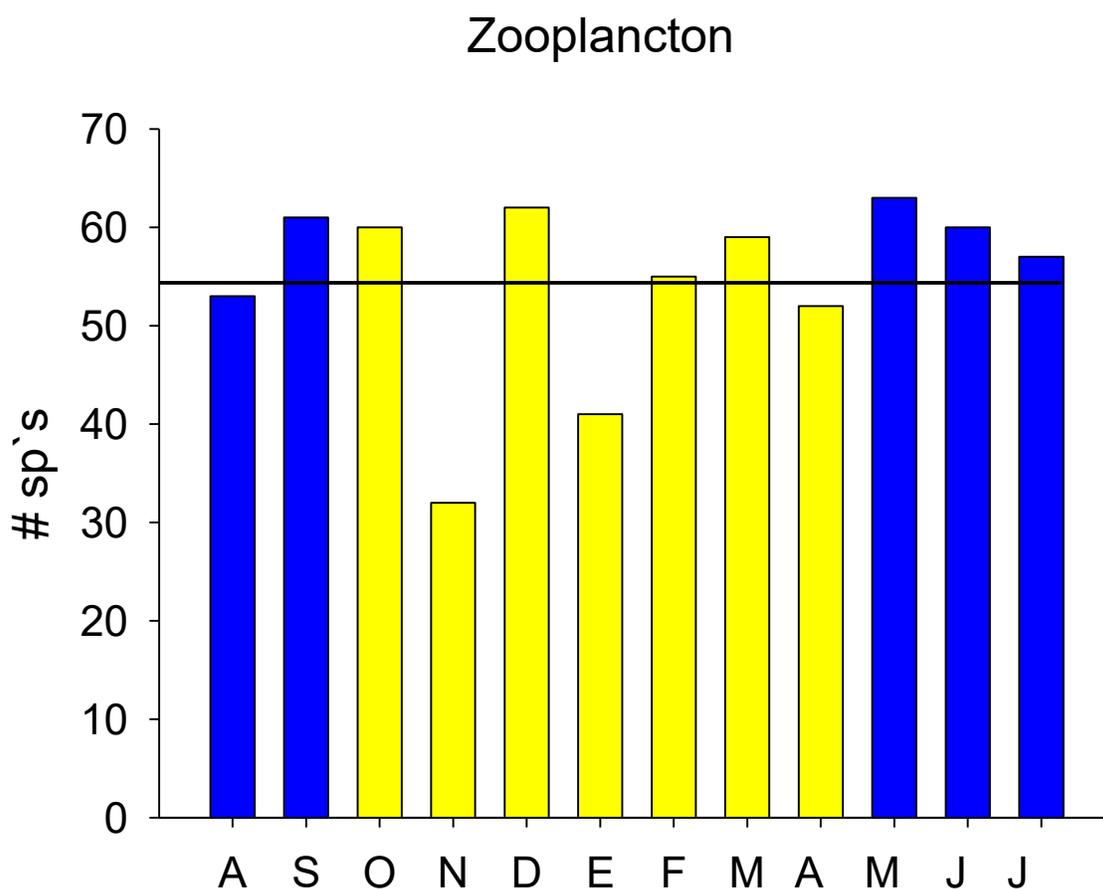


Fig. 15. Número de especies por mes, en azul los meses que conforman la temporada de lluvias mientras que en amarillo los meses de temporada de secas.

Acumulación de especies

Se encontraron 53 especies de zooplancton en el primer mes de muestreo incluyendo las 5 zonas de muestreo, para el siguiente mes de muestreo se registraron 14 especies más para alcanzar 67, para octubre se obtienen 7 más, y en los subsecuentes 1 y 4 (noviembre y diciembre, respectivamente), a partir de ese mes, aumenta en promedio 4 especies por mes hasta llegar a junio a un total de 96 especies, no habiendo ningún aumento para el último mes de muestreo (julio) (fig. 16).

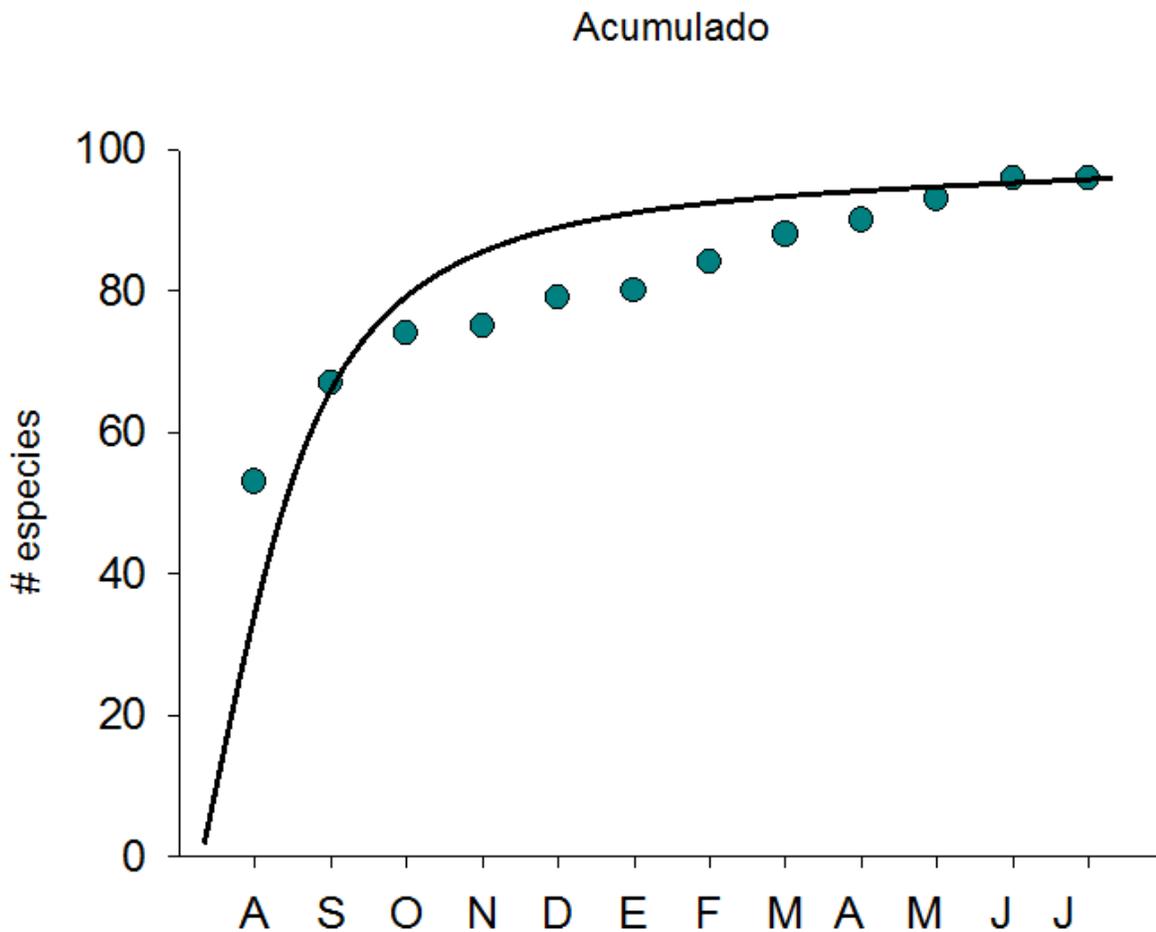


Fig. 16. Curva de especies acumuladas de Zooplancton en la presa del Llano en relación a la cantidad de esfuerzo (meses)

Diversidad

Se analizó la diversidad del zooplancton presente en la presa, para calcular el índice de Shannon-Wiener se tomó en cuenta solamente las densidades de las especies de rotíferos y cladóceros, se excluyeron a los copépodos ya que al presentar tres estadios diferentes (incluyendo los adultos de cada especie) (nauplios, copepoditos y adultos) y no como cada estadio como especie, esto puede subestimar su diversidad real.

Se observa que para éste índice tomando en cuenta rotíferos y cladóceros, el promedio del índice es de 2.92 bits/ind, mientras que las zonas que presentaron los valores más altos fueron las zonas 2 y 4 ambas en octubre (4.39 y 4.36 bits/ind, respectivamente), mientras que los menores valores los presentaron las zonas 3 (1.19 bits/ind, mayo) y 5 (0.98 bits/ind, agosto) (fig. 17).

También se realizó el mismo índice solo para rotíferos y otro para microcrustáceos, en el caso de los rotíferos el promedio del índice fue de 2.68 bits/ind y vario de 0.9 a 4.2 dependiendo la época del año (valores máximos en el mes de octubre y mínimos en abril). Mientras que para los microcrustáceos fue de 1.59 bits/ind en promedio, teniendo una variación de 0.37 hasta 2.86, siendo el mes de diciembre el más diverso y mayo el de menor diversidad.

Estado trófico

Índice de Sládeček

Este índice funciona dividiendo el número de especies presentes de la familia Brachonidae entre el número de las especies de Trichocercidae. El resultado puede indicar el estado trófico de un cuerpo de agua. Resultados de 1 o menores pertenecen a ambientes oligotróficos, 1 a 2 mesotróficos, y mayores a 2 eutrófico.

Todo el año este índice muestra valores de oligotrofia, mientras que en un mes (enero, 2015) muestra ser mesotrófico (fig. 18).

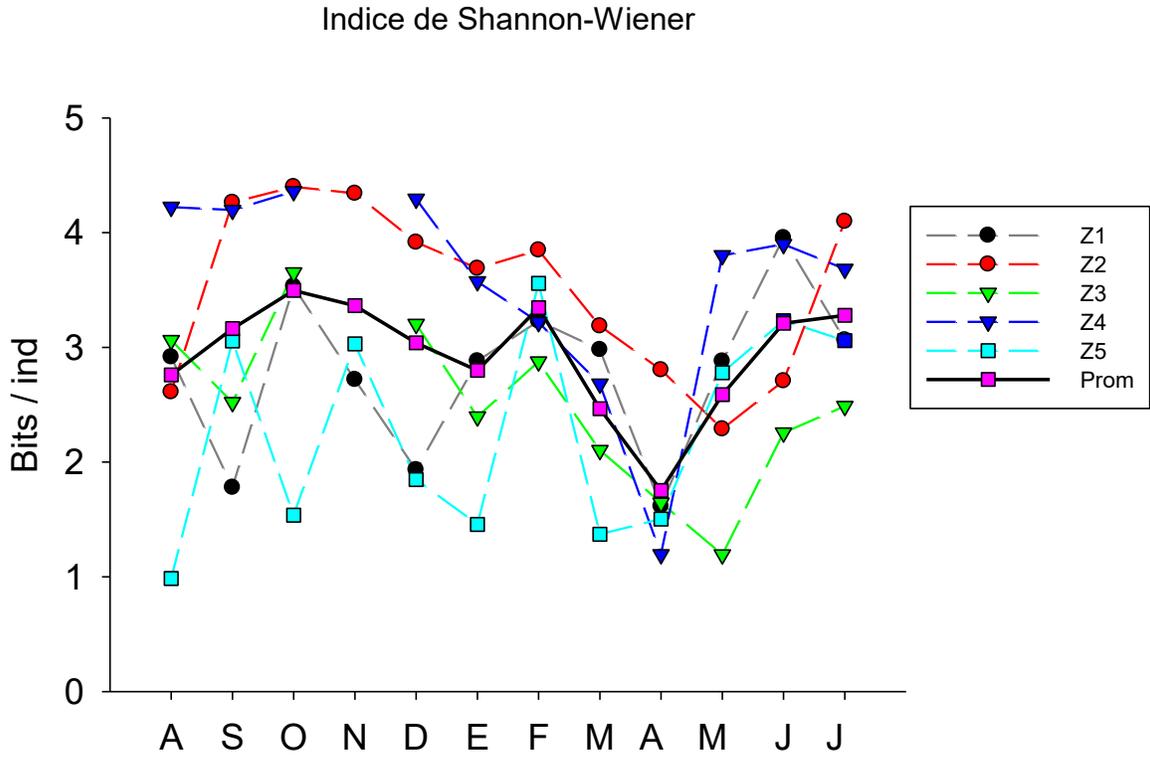


Fig. 17. Variación de la diversidad del zooplancton presente a lo largo del periodo de estudio (Prom = promedio).

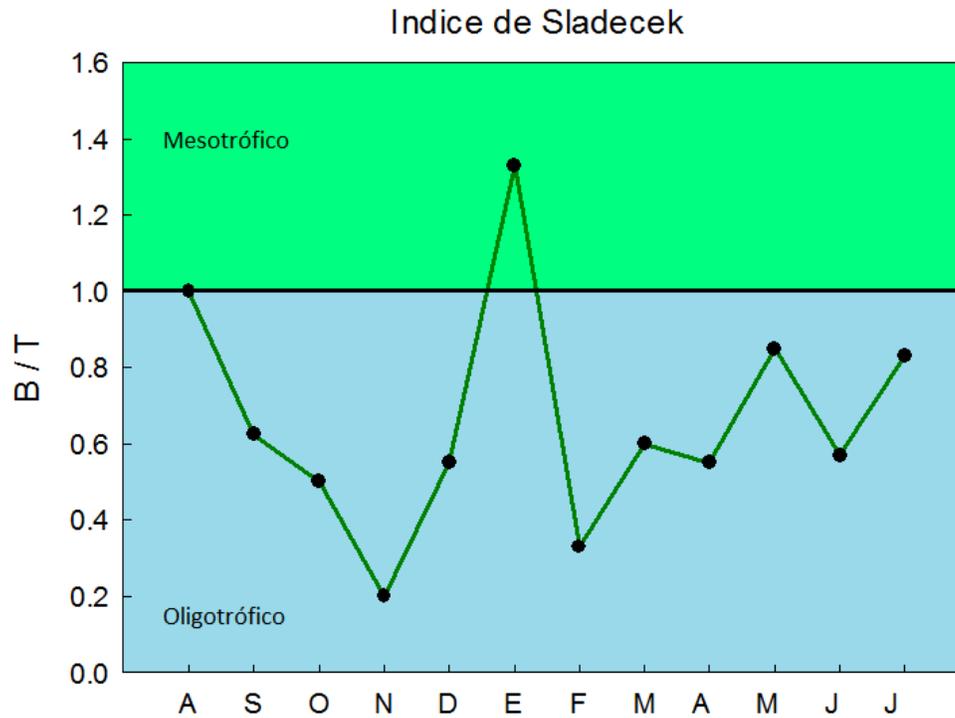


Fig. 18. Representación del Índice de Sládeček en base a dos familias de rotíferos (Q/T)

Indices de Carlson y Cunha

Para la medición del estado trófico se utilizaron los índices con base a los niveles de fosforo total. Para la presa del llano se obtiene que: 8 meses presentan niveles de oligotrofia, 3 entran en la categoría de mesotrofia (noviembre, mayo y junio) y solo uno en el nivel de eutrófico (diciembre) esto con base a Carlson (1977). En contra parte 10 meses corresponden al nivel de ultraoligotrofico, un mes a oligotrófico (noviembre) y al igual que en el anterior diciembre sigue siendo eutrófico.

Esto nos da a la idea de que la presa se comporta generalmente oligotrófica, mientras que durante un par de meses tiende a la mesotrofia.

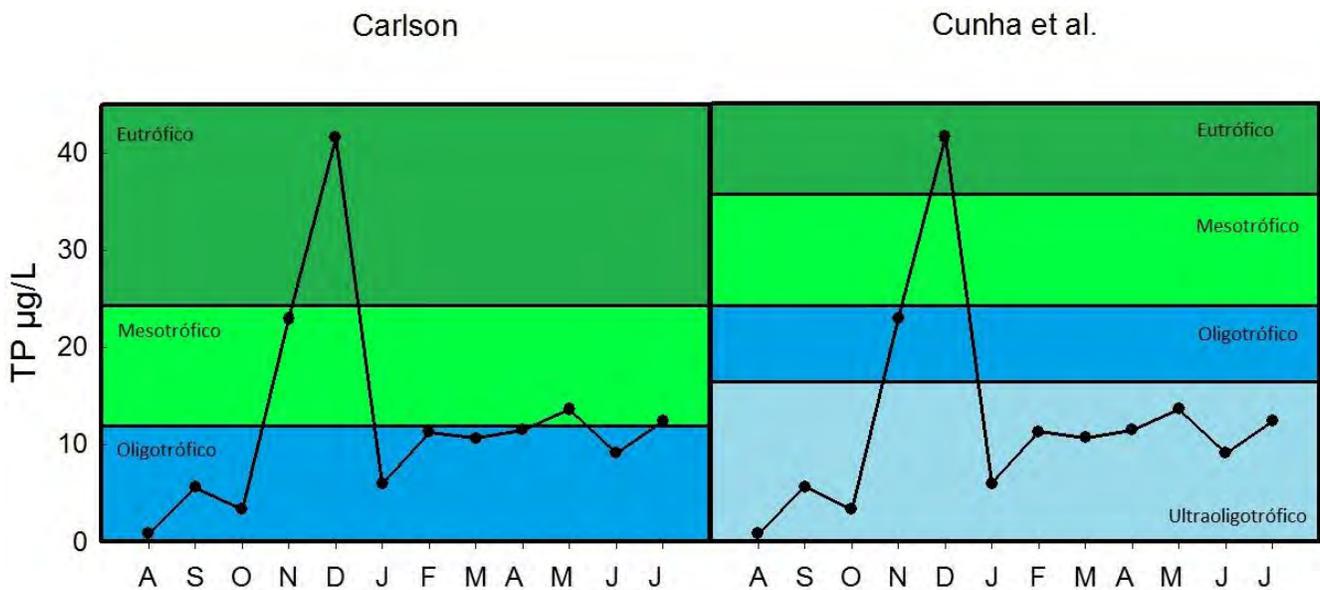


Fig. 19. Estado trófico de la presa del Llano durante un año con base a dos índices.

Densidades totales

Se calculó la densidad total de los rotíferos y de los cladóceros, tomando en cuenta las 5 zonas y todos los individuos de todas las especies, se obtuvo el valor promedio para cada mes. Los rotíferos tuvieron valores generalmente por debajo de los 250 ind/L, mientras que en el mes de abril se dispararon superando los 800 ind/L. Los meses de noviembre y enero son los que tuvieron menos abundancias (>30 ind/L) (fig. 20).

Los resultados de los cladóceros muestran que su valor promedio ronda los 20 ind/L, mientras que al igual que los rotíferos los meses de noviembre y enero son los que tuvieron menores densidades (>2 ind/L), el mes con la mayor densidad total fue julio (70 ind/L) (fig. 21).

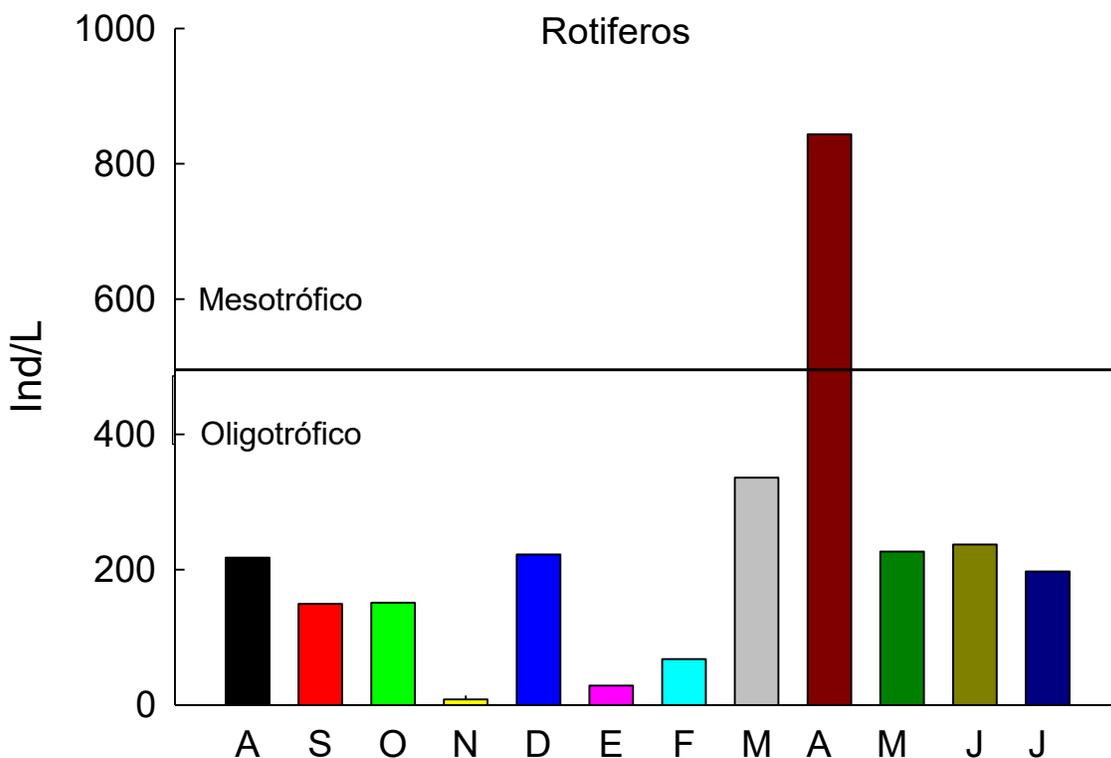


Fig. 20. Densidades totales de los rotíferos presentes en la Presa del Llano.

Cladoceros

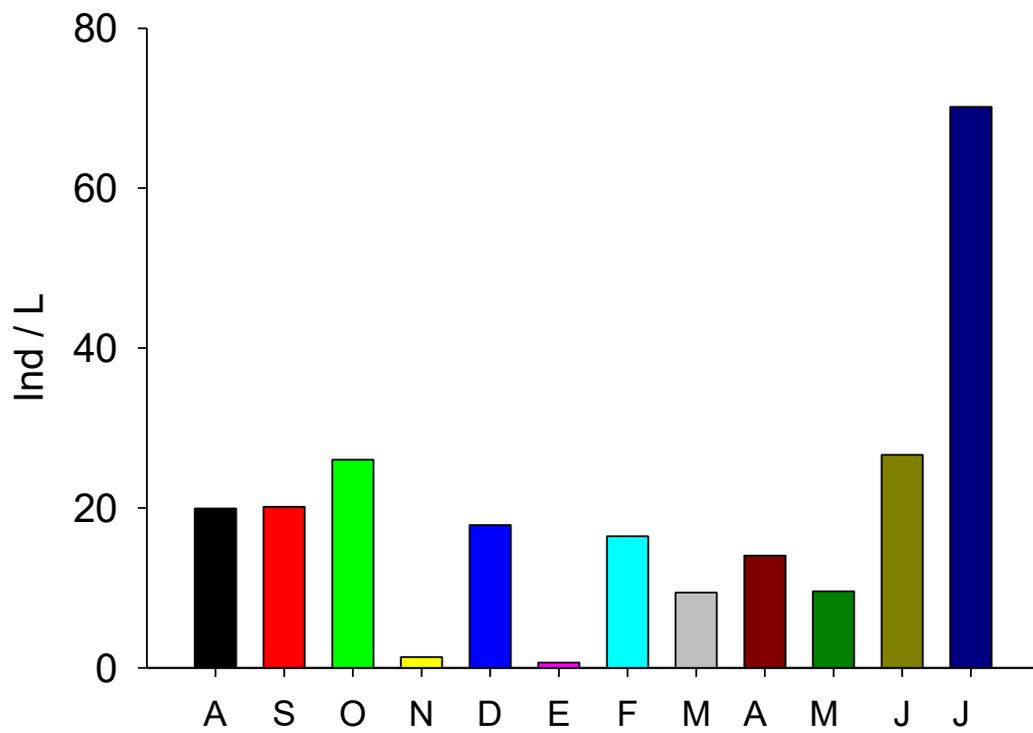


Fig. 21. Densidad de cladóceros durante un ciclo anual

Relación en las densidades

Se graficó las densidades de los rotíferos contra los cladóceros durante los doce meses, no se encontró ninguna relación entre estos, también se hizo una relación lineal sin diferencias significativas (fig. 22).

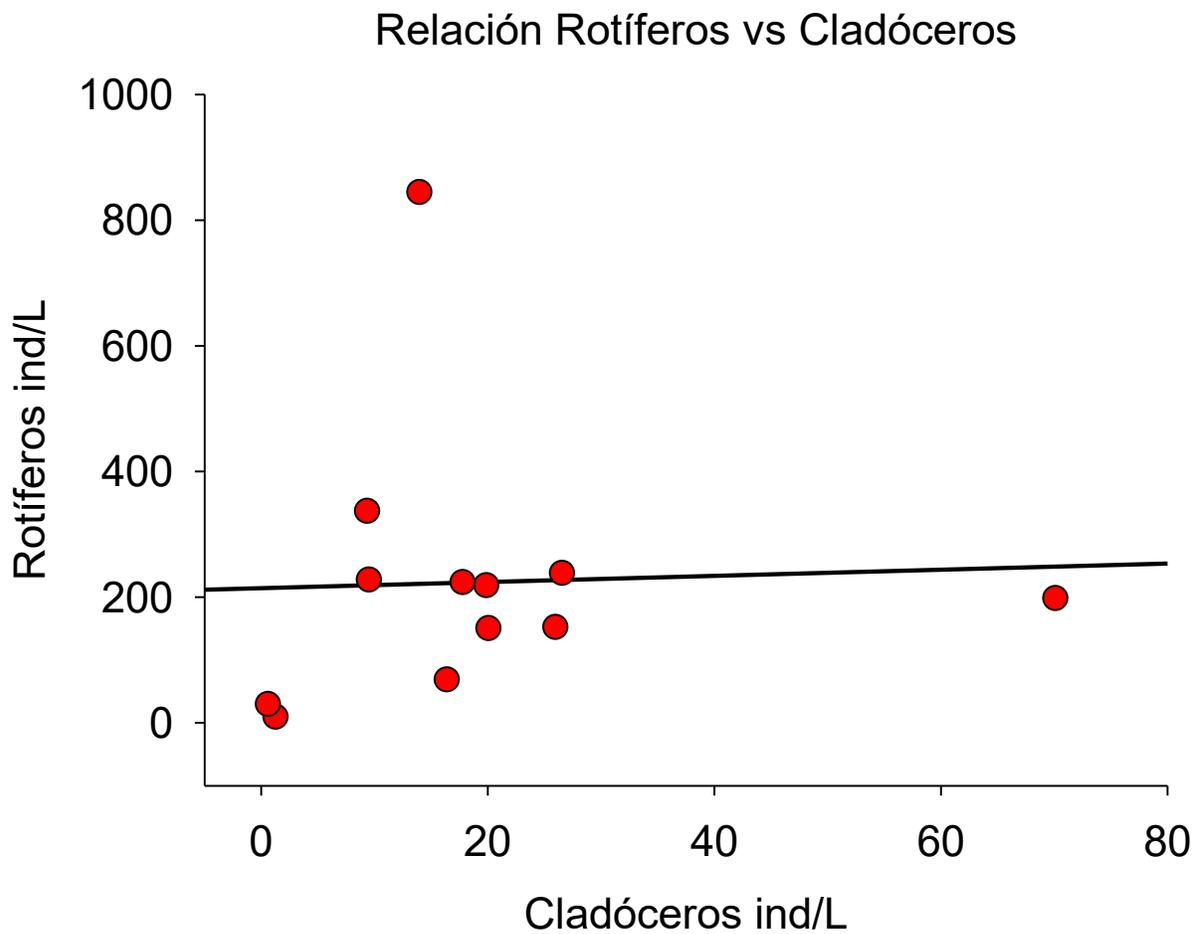


Fig. 22. Relación de las densidades totales de los rotíferos contra la de los cladóceros.

Análisis de Correspondencia Canónica

Se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) para ver la influencia de los parámetros ambientales más importantes en las diferentes especies de zooplancton, se corrieron dos de estos análisis, uno para las especies de rotíferos y otras para la de microcrustáceos, en ambos casos se utilizaron solamente las especies dominantes.

En el caso de la primera correlación fueron 26 especies de rotíferos, con los dos primeros ejes se explica el 64.7% de la varianza acumulada. Se pueden observar diferentes grupos de especies relacionadas a los fisicoquímicos, por ejemplo, las especies del género *Trichocerca* están directamente relacionadas con la turbidez, mientras que las especies de la familia Colurellidae y *T. porcellus* se ven más asociadas al aumento de la Clorofila a. Los nutrientes (nitratos y fosfatos) tuvieron relación directa con los integrantes de la familia Synchaetidae, *A. fissa* y *A. priodonta*. La temperatura tuvo cierta influencia sobre *K. cochlearis*, mientras que el oxígeno disuelto y el pH tuvieron un efecto directo sobre *M. ventralis* y *L. closterocerca*. El grupo de los bdelloideos se situó en medio de todos los parámetros. *Ascomorpha ovalis* no se relacionó a ningún parámetro medido (fig. 23).

Para la segunda correlación se utilizaron las 16 especies, con los dos primeros ejes se explica el 65.3% de la varianza acumulada. Los dos primeros estadios de copépodos y las larvas de dípteros se correlacionan con los nutrientes, mientras que el pH y la temperatura se relacionan con *Chydorus brevilabris*, el grupo de *Pleuroxus*, *Simocephalus latirostris* y *Ceriodaphnia dubia*. El oxígeno disuelto y la clorofila a no tuvieron mucha influencia sobre alguna de estas especies. *Bosmina longirostris* no se relacionó a alguna variable medida (fig. 24).

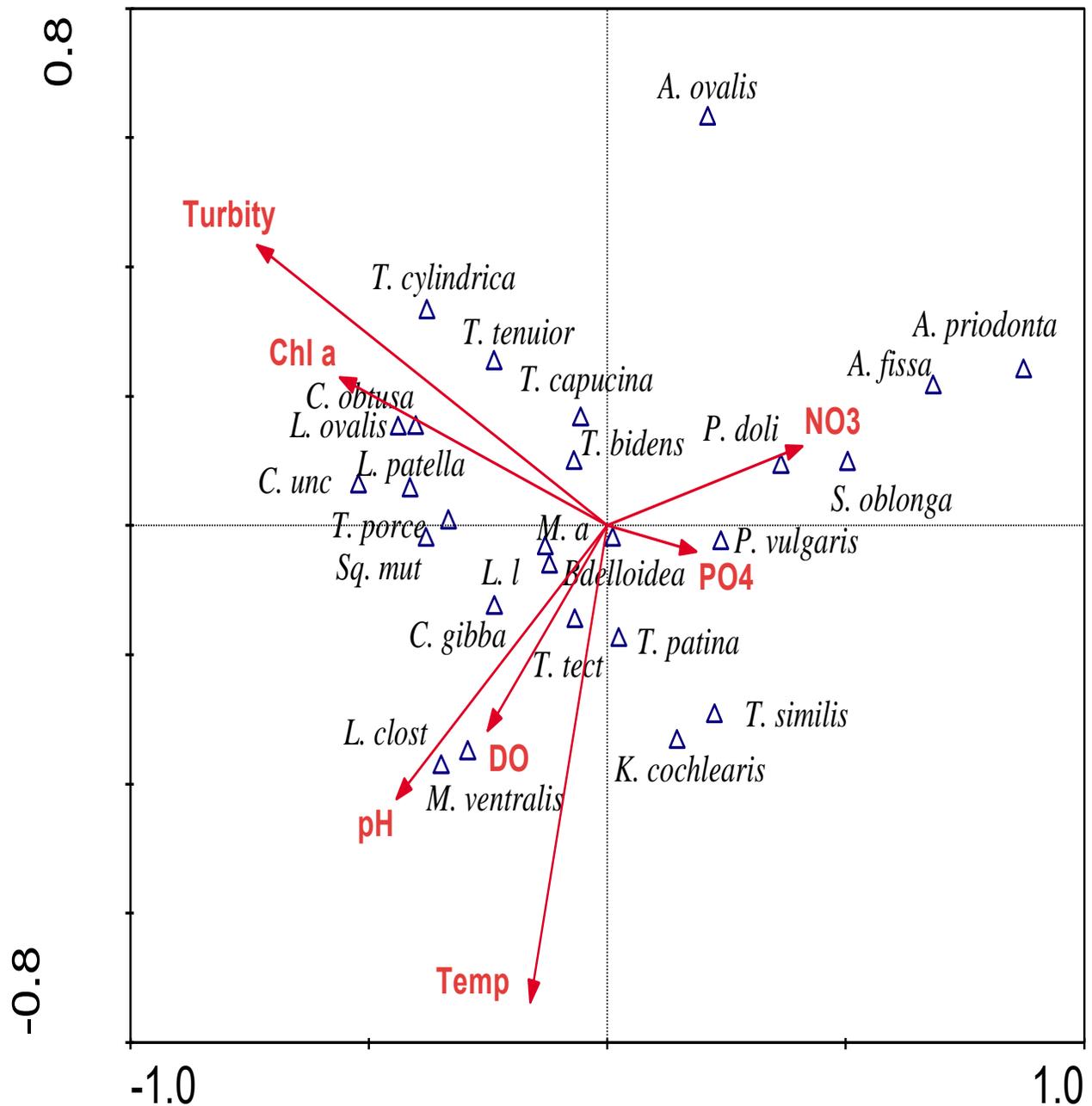


Fig. 23. Correlación canónica de las especies dominantes de Rotíferos, los dos primeros ejes explican el 64.7% de la varianza acumulada: Sq. mut; Squatinella mutica, T. tect; Trichotria tectractis, P. doli; Polyarthra dolichoptera, M. a; Monommata arndti, L. l; Lecane lunaris, T. porce; Trichocerca porcellus, C. unc; Colurella uncinata.

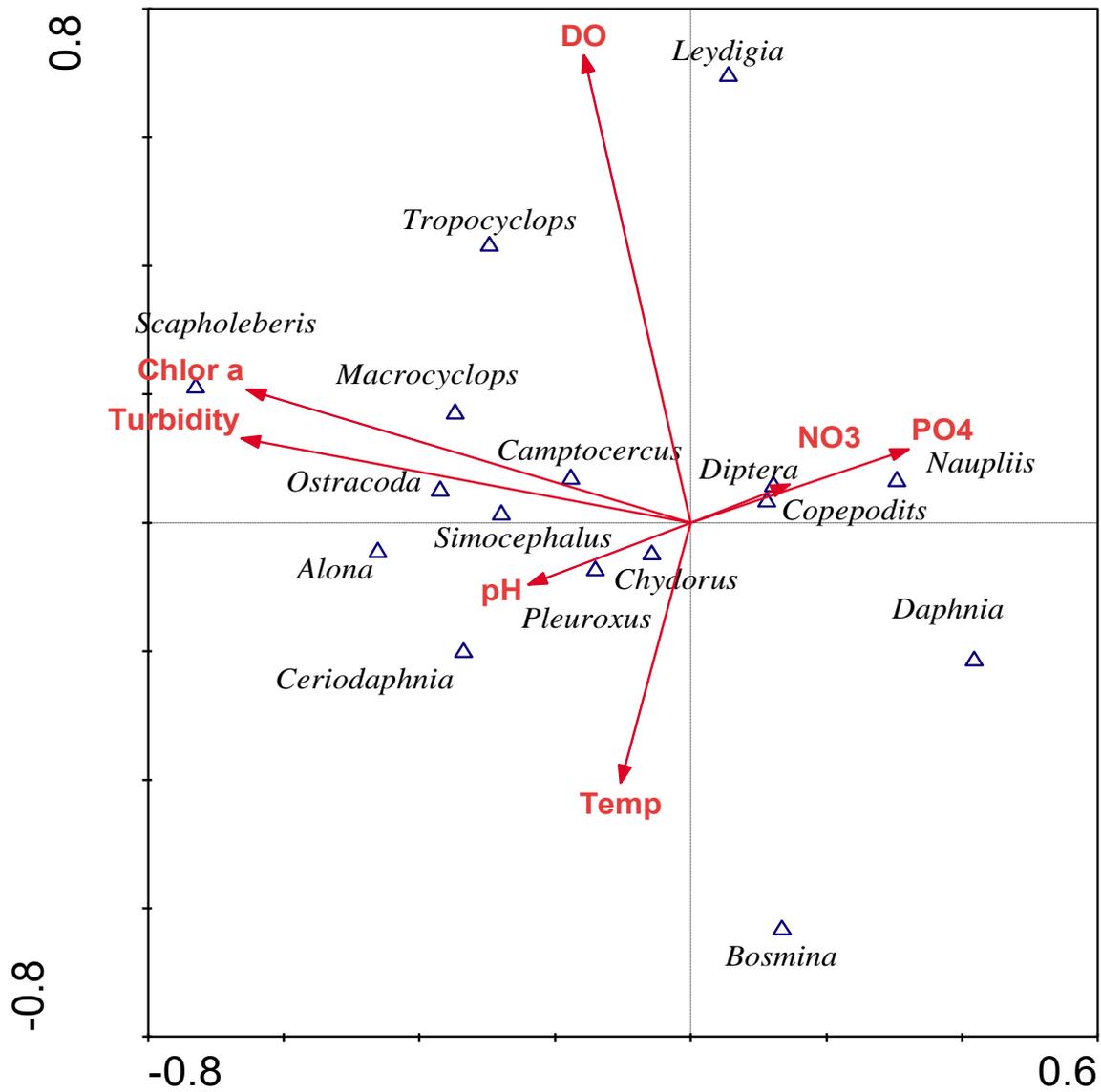


Fig. 24. Análisis de correspondencia canónica (CANOCO) de las especies de microcrustaceos y larvas de dípteros. Los dos primeros ejes explican el 65.3% de la varianza

Discusión

Variables Fisicoquímicas

La Presa muestra aguas bien oxigenadas en la parte superficial (ca. 7 mg/L), y entran en un valor promedio comparable con otras presas del país; Presa Iturbide (11-18 mg/L), Valle de bravo (2-8 mg/L), Presa Madín (5-10 mg/L) (Jiménez-Contreras et al. 2009; Aguilar-Acosta, 2013; Figueroa-Sánchez, 2015), mientras que el porcentaje de oxígeno disuelto estuvo cercano al 100%, es decir, la cantidad de oxígeno que se produce es la misma a la que consume durante el día. Así mismo los niveles constantes que presento a lo largo del año son valores idóneos para muchos tipos de organismos (Margalef 1983; Sládeček 1983).

Una de las variables más importantes para los organismos es la temperatura, ya que está bien documentado que modifica el metabolismo (Snell et al. 1987) así como puede generar cambios en la riqueza. Los rangos de temperatura presentados en este estudio son similares a presas cercanas, como lo son Valle de Bravo (18-24°C) y Presa Iturbide (9-20°C), teniendo variaciones dentro de las diferentes épocas del año (Nandini et al. 2008; Sarma et al. 2011). Dentro de la región del Valle de México el clima es semejante, con excepción de las zonas arriba de los 3300 msnm en donde el agua llega a tener valores menores (7-15°C), como lo son Las Lagunas de Zempoala y el Nevado de Toluca (Dimas-Flores et al. 2008; Quiroz-Castelán et al. 2008). Los valores presentados en este trabajo presentan valores semejantes, a pesar de estar 700 msnm debajo de los 3300, esto durante la época fría, sumado al factor de la profundidad, ya que se pierde el calor superficial a lo largo de la columna de agua, a diferencia de cuerpos de agua someros donde no poseen gradientes térmicos marcados. Todos estos cuerpos de agua se comportan como los templados esto, debido a su que se encuentran en una elevada altitud, a diferencia del resto que tienen una temperatura mayor, típica de las aguas tropicales y de bajas altitudes.

El pH es uno de los mayores parámetros que ha sido relacionado con la distribución del zooplancton. Siendo que el pH neutro (7) es ideal para la mayoría

de las especies, también se han reportado que hay especies que viven idóneamente en valores ácidos (3) y otras en alcalinos (10) (Berziņš & Pejler 1987). Mientras que la mayoría de los cuerpos de agua de la región presentan valores alcalinos (Valle de bravo >7.4; Isidro Fabela >8; Xochimilco >8.5 y Presa Madín 9) (Jiménez-Contreras et al. 2009; Aguilar-Acosta 2013; Figueroa-Sánchez 2015; Nandini et al. 2016) la presa del Llano presentó valores acido-neutro (6.5), al igual que otros cuerpos dentro de la región que presentan acidez, los cuales son localizados a una gran altitud y considerados oligotróficos, como el Nevado de Toluca y Las Lagunas de Zempoala (Sarma & Elías-Gutiérrez 1998; Dimas-Flores et al. 2008; García-Rodríguez et al. 2010; Muñoz-Colmenares 2014).

Los valores de dureza muestran aguas blandas, sin superar los 40 puntos de los mismos, esto típico de ambientes no salinos o sin mucha contaminación. Para los reservorios de agua la turbidez recomendada es <5 NTU (WHO 2006), pero la mayoría de los estos cuerpos de agua mexicanos los sobrepasan (Ramírez García et al. 2002; Alcocer & Bernal-Brooks 2010), sin embargo, esta presa muestra valores promedio por debajo de esta recomendación (2.4 NTU), siendo apta para un futuro consumo humano bajo este parámetro.

Los niveles de nitratos promedio obtenidos durante el tiempo de muestreo (0.7 mg/L) muestran similitudes a otras presas del centro del país, valle de bravo (0.3 – 3.5 mg/L) presa Isidro Fabela (0.01-0.17 mg/L), Presa Madín (1.5 mg/L) Valeriano Trujillo (<0.5 mg/L), sin embargo en cuanto los niveles de fosfatos, la presa del Llano presentó 0.39 mg/L en promedio, presentando valores menores o iguales en comparación con las demás; Presa Isidro Fabela (0.09-0.03 mg/L), Valeriano Trujillo (0.5-4 mg/L), Valle de bravo (3.4 mg/L) y Presa Madín (8 mg/L) (Nandini et al. 2008; Sarma et al. 2011; Vázquez-Sánchez et al. 2014; Figueroa-Sánchez 2015), esto probablemente se deba a que las actividades humanas no han impactado tanto en la carga de nutrientes como en las demás presas, que llegan a presentar diferentes grados en su estado trófico. Por otro lado, los niveles más alto de nutrimentos que presentó el Llano se dieron en enero-febrero, durante los cuales la creciente del río que alimenta la presa se incrementó, esto pudo haber

lavado zonas de cultivo y transportado fertilizantes de zonas aledañas donde la agricultura es una de las principales actividades de la población, esto junto con la mezcla, que se presenta durante los mismos meses.

Los nutrimentos de un cuerpo de agua generalmente son la forma más aceptada para la evaluación del estado trófico, Carlson (1977) propone un índice para lagos templados considerando las relaciones entre la Clorofila a (Cl a), el fosforo total (FT) y el disco de Secchi. Este índice es el más usado por investigadores y gobiernos para medir el estado trófico. Salas y Martino (1991), proponen un modelo simplificado del fosforo total y el estado trófico para aguas tropicales. En su trabajo proponen los límites máximos del FT para los diferentes niveles de clasificación (oligotrófico, mesotrófico y eutrófico) en relación a las concentraciones de clorofila, la clasificación de estos autores ha sido considerada apropiada para las aguas subtropicales y tropicales de Brasil (Cunha et. al. 2013). Siguiendo este modelo Cunha y colaboradores (2013) modifican el índice agregando más categorías para una mejor clasificación.

En el presente estudio se utilizaron los modelos de Carlson (1977) y Cunha (2013) para evaluar el estado trófico de la Presa del Llano, los resultados obtenidos indican que este cuerpo de agua tiende a ser ultra oligotrófico-oligotrófico (dependiendo del índice que se utilice), y solo en unos meses tiende a la mesotrofia, a excepción del mes de enero donde los niveles del FT se disparan (fig. 19), esto debido a la mezcla.

Sin embargo, los resultados obtenidos de oligotrofia deben ser utilizados solo como guía, ya que no hay ningún índice que pueda ser aplicados a todas las aguas mexicanas, lo cual debería ser una prioridad para futuras investigaciones, ya que el país presenta lagos a gran altura con comportamientos templados, así como típicos tropicales a baja altitud.

Lewis (1983) propone la clasificación de los cuerpos de agua en base a la latitud, altitud y profundidad, siguiendo esto la presa es monomicta cálida, siendo que nunca se congela y tiene solo un periodo de mezcla, el cual se presenta durante

los meses de diciembre y enero, y su periodo de estratificación máximo se da aproximadamente en junio (Alcocer & Bernal-Brooks 2010).

Riqueza específica

Generalmente los estudios de zooplancton en los cuerpos de agua mexicanos localizados a gran altitud reportan de 30 a 70 especies de rotíferos y rara vez arriba de 15 especies de micro crustáceos (Sarma & Elías-Gutiérrez 1998). En el presente estudio reportamos 86 especies de rotíferos, 13 cladóceros y 2 de copépodos, siendo uno de los cuerpos de agua más diversos en este aspecto del país, en especial contra otras presas cercanas o dentro del Estado de México, donde el número de especies de zooplancton son bajas, por ejemplo la presa Ignacio allende (Guanajuato) reporta menos de 40 especies de rotíferos (López-López & Serna-Hernández 1999), la presa Álzate solo se reportan 7 especies (Suárez-Morales 1993), Valle de bravo presenta generalmente alrededor de 25 especies de zooplancton (Ramírez García et al. 2002; Nandini et al. 2008; Jiménez-Contreras et al. 2009), Isidro Fabela hasta el momento con 55 especies de rotíferos, 9 cladóceros y 2 copépodos (Sarma et al. 2011), Presa Madín con 32, 9 y 2 especies, respectivamente (Figuroa-Sánchez 2015) y para el único registro previo para esta presa que se tiene (González-Gutiérrez 2015) se registraron tan solo 36 especies de rotíferos. El número tan diferente dentro de las especies obtenidas con este trabajo (86) se puede deber a la metodología utilizada, ya que en el previo solo se obtuvieron muestras de 8 meses, pocos sitios de muestreo y su semejanza entre los mismos, a diferencia del actual, en el cual se abarcaron zonas con alta vegetación acuática, a su vez lo cual destaca la importancia de los trabajos con una larga duración de tiempo y muestreando las zonas representativas del sistema, de lo contrario se puede subestimar la diversidad real (Walsh et al. 2007).

En cuestión de número de especies de zooplancton registradas para cuerpos de agua para el país, se tiene que el lago de Xochimilco es uno de los que tiene

mayor presencia, ya que presenta arriba de 60 especies de zooplancton (constituida en su mayoría por rotíferos, seguido de cladóceros) (Nandini et al. 2005; Enríquez-García et al. 2009). En otras partes del país, como en la Presa Valeriano Trujillo presentan también una alta cantidad de especies, aunque solo se tomaron en cuenta rotíferos (62 spp.) (Vázquez-Sánchez et al. 2014). Además del lago Zempoala con alrededor de 70 especies de zooplancton (Muñoz-Colmenares 2014; Palomino-Álvarez 2014), todos estos estudios a través de mínimo un año de estudio con muestreos mensuales. Dichas investigaciones presentan un mayor número de especies que aquellos que son de un solo muestreo o de corto plazo. Por otro lado, la posición geográfica del país así como los diferentes gradientes altitudinales y climas provocan innumerables cuerpos de agua temporales con diferentes factores tanto abióticos como bióticos, donde se pueden encontrar inclusive hasta 78 especies de rotíferos registrados en un solo muestreo (Sarma & Elías-Gutiérrez 1998) esto es un número considerablemente alto comparado con los estudios citados, esto hace que la diversidad real del zooplancton en el país sea una gran incógnita.

Dentro de las especies de los diferentes grupos que conforman el zooplancton, hay algunas que muestran una distribución geográfica claramente restringida (particularmente con los copépodos calanoideos y en el caso de los trópicos por ejemplo el cyclopoideo *Thermocyclops crassus*) y otras que por el contrario tienen una amplia distribución (Gutiérrez-Aguirre et al. 2006), en el caso de la Presa del Llano, las especies como *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca similis*, *Asplanchna priodonta* y *Ascomorpha ovalis* son cosmopolitas además de que van asociadas a cuerpos de agua oligotróficos (Sládeček 1983; Segers 2007).

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 biogeográficas, éstas generalmente están presentes en más de 5 regiones (Anexo 1).

Las especies del género *Brachionus* son usadas para la medición del estado trófico por medio del índice de Sládeček (1983). La relación de entre especies de

Brachionus y *Trichocerca* ($Q_{B/T}$), los resultados de <1 indican oligotrofia, 1-2 mesotrófia, y arriba de 2 eutrofia. Sin embargo, este índice no ha sido ampliamente aceptado para aguas tropicales ya que fue creado para aguas templadas (Nandini et al. 2008). Sumado a la dificultad en la identificación de los organismos y pocos taxónomos en las regiones tropicales y subtropicales hace que el uso de rotíferos como bioindicadores sea aun limitado (Snell & Joaquim-Justo 2007). El resultado obtenido a través de éste no fue diferente al resto de los índices medidos en este trabajo, ya que mostro oligotrofia por 11 meses, y solo enero de 2014 se le considero mesotrofico.

Densidades

En cuerpos de agua dominados por *K. cochlearis* y *P. vulgaris*, la densidad de los brachionidos es baja (Devetter 1998), el cual es el caso en esta presa, donde solo se registraron tres especies de *Brachionus*, generalmente con abundancias bajas (<50 ind /L). Normalmente en aguas tropicales las especies de este género son dominantes (Athibai et al. 2013). Sin embargo, en cuerpos de agua tropicales de gran altitud este género es menos dominante, posiblemente por las bajas temperaturas que presentan una gran parte del año.

Las densidades del zooplancton no son iguales para cada cuerpo de agua, ya que en algunos se pueden encontrar densidades bajas, estas generalmente en lugares considerados con poca perturbación y niveles de clorofila bajos. En contra parte, los cuerpos de agua con una notable eutrofización presentan en general densidades altas y niveles de clorofilas mayores (Haberman & Haldna 2014).

Algunos autores señalan que la densidad total de los rotíferos es un buen parámetro para determinar el estado trófico (Ejsmont-Karabin 1995, 2012; May & O'Hare 2005; Wen et al. 2011), ya que al ir aumentando el estado trófico aumenta la concentración de fitoplancton en el medio beneficiando a las densidades de los rotíferos consumidores, teniendo en cuenta esto, algunos de estos autores proponen un índice para medir el estado trófico, el cual consiste en que; < 500

ind/L oligotrófico, 500 a 1000 Mesotrófico, 1000-2500 Eutrófico, >2500 ind/L Hipertrofico (May & O'Hare 2005; Ji et al. 2013), para el presente estudio durante 11 de los 12 meses las densidades totales de los rotíferos fueron menores a los 500 ind/L, a lo cual con base a este índice se considera a la Presa con carácter Oligotrófico.

Con base a este índice y los demás implementados en este trabajo, se sugiere que la Presa El Llano es oligotrófica, sin embargo la mayoría de estos índices se han desarrollado para aguas templadas europeas, aunque este cuerpo de agua sea tropical y se comporte como templado por su elevada altitud llegando a presentar semejanzas con las aguas templadas, aun de esta forma se deberá seguir evaluando tanto el índice de Cuhna (2014) y el de densidades de rotíferos (May & O'Hare 2005; Ji et al. 2013) para evaluar su funcionabilidad dentro de los cuerpos de agua mexicanos o incluso la creación de algún otro método para una determinación más exacta para estas latitudes.

Sucesión

Pasando del marco general de las especies de zooplancton distribuidas en el país a las reportadas en este estudio tenemos, que no todas se registraron al mismo tiempo, ya que a través de las épocas y por diferencias en el ambiente pueden favorecer o delimitar a las poblaciones, esto es parte de un proceso llamado sucesión, en el cual se van sustituyendo unas especies por otras gradualmente, es decir, es un proceso dinámico en donde las especies se van adaptando a las condiciones llegándose a presentar la competencia y el establecimiento del equilibrio (Lampert & Sommer 1997). En este caso tenemos especies como *Polyartha vulgaris*, *Trichocerca bidens*, el grupo de los bdelloideos, junto con los nauplios se presentaron básicamente todo el año en todas las zonas, este tipo de comportamiento se les puede considerar como “dominantes” en el sistema, en contra parte especies que solo se presentaron con frecuencias y densidades bajas se les denomina como “raras”, esto se puede ver reflejado en el diagrama de

Olsmead-Tukey (figs. 11-13). La mayoría de las especies de los rotíferos ocupan tres de las cuatro categorías (dominantes, temporales y raras), esto se puede deber en parte a un conjunto de factores, entre los cuales el ciclo de vida es uno de los más importantes, ya que estos organismos viven en promedio 15 días y junto con su rápida tasa de reproducción y su pequeño tamaño hacen que aprovechen rápidamente el alimento disponible teniendo densidades mucho más altas que los demás componentes del zooplancton (Wallace et al. 2015). Por otro lado los cladóceros *Alona guttata* y *Daphnia mendotae* son especies constantes, ya que sus frecuencias fueron más altas que el promedio, pero densidades por debajo de este, esto se puede deber a que el tiempo de vida de los cladóceros es mayor que el de los rotíferos, variando desde los 15 días hasta los 2 meses (Dodson & Frey 1991). El primer estadio de los copépodos, los nauplios fueron de los componentes más dominantes, ya que estos siempre se presentaron en grandes cantidades en todas las muestras (fig. 12 y 13), en contra parte los adultos son más fácilmente depredados por su gran tamaño (comparado con nauplios, rotíferos y algunos cladóceros) lo cual podría ser una de las razones de su baja densidad. Dentro de los organismos que depredan a este grupo, se encuentran diferentes especies de peces, entre ellas la trucha arcoíris, la cual fue introducida en muchos cuerpos de agua de la zona para acuicultura (Trujillo-Jiménez et al. 2006) y se cultiva dentro de El Llano. Por otro lado, también algunos géneros de cyclopidos tiene hábitos alimenticios omnívoros y caníbales, se pueden alimentar de multitud de organismos como micro algas, rotíferos, cladóceros e incluso de sus propios nauplios (García-Chicote et al. 2007), lo cual puede modificar severamente sus densidades.

El copépodo *M. albidus* ha sido probado como un buen controlador biológico sobre las larvas de mosquito (Rey et al. 2004), esto debido a que tiene un comportamiento depredador y en el presente estudio se encontró en altas densidades en las zonas con presencia de plantas, probablemente porque este hábitat proporciona alimento suficiente como refugio contra los depredadores. Mientras que en el caso de *T. prasinus* se sabe que puede tener hábitos tanto depredadores como omnívoros, y que si es necesario puede complementar su

ingesta con una gran cantidad de fitoplancton (Adrian & Frost 1992). Las densidades de estos dos copépodos nos indican que el mayor depredador dentro del zooplancton es *M. albidus*, mientras que *T. prasinus* evita la competencia directa y gracias a su amplia dieta puede obtener el suficiente alimento en otros nichos. Esto ocurre generalmente en cuerpos de agua con dos o más especies de copépodos, donde una especie es depredadora activa y las demás tienen que ocupar diferentes nichos (Miracle R. comunicación personal).

Durante todo el estudio no se registró la presencia de copépodos calanoideos, esto se puede deber a diferentes factores; la alta competencia y/o depredación con las dos especies de copépodos que ya se encuentran bien establecidas, la depredación de los diferentes peces que están en el sistema, que la mayoría del fitoplancton no sea adecuado para el establecimiento de una población, o que los mismos parámetros fisicoquímicos no sean los idóneos.

Los parámetros físicos y químicos, pueden llegar a moldear la estructura de las comunidades, ya que todas y cada una de las especies del zooplancton tienen diferentes rangos de tolerancia, algunos amplios y otros muy bajos, como lo son con la temperatura, oxígeno disuelto y pH (Berziņš & Pejler 1987; 1989), mientras que los nutrientes, disponibilidad de alimento, nivel del embalse, ausencia o presencia de competidores o depredadores pueden estimular la aparición de las especies por cortos periodos de tiempo, siendo raras o temporales (Devetter 1998; Zohary & Ostrovsky 2011).

Análisis de Correlación Canónica.

En la figura 22 se puede apreciar que la familia Collurelidae (*Colurella obtusa*, *C. uncinata*, *Lepadella ovalis*, *L. patella* y *Sq. mutica*) típicos de zonas litorales están asociados a los niveles de clorofila, prefieren los lugares someros y bajos en pH (Berziņš & Pejler, 1987), la mayoría de las especies de *Trichocerca* se ven afectados de forma positiva conforme a la turbidez, la cual puede ser por niveles

altos de materia orgánica disuelta, lo cual concluye Kuczyńska-Kippen (2014) durante su investigación.

Los rotíferos de la familia Synchaetidae (*P. vulgaris*, *P. dolichoptera* y *S. oblonga*) y *A. fissa* son asociados a la cantidad de nutrientes, mismo patrón que Devetter (1998) observa, ya que estos casi no presentan variaciones a lo largo del año, lo cual podría beneficiar de alguna forma indirecta a estas especies, esto podría ser a que algunas especies de fitoplancton se encuentren en su punto óptimo con estos niveles de nutrientes, y este fitoplancton sea consumido específicamente por los integrantes de la familia mencionada anteriormente.

Las especies *M. ventralis* y *L. clostercerca* se encuentran asociadas al pH, mientras que *K. cochlearis* muestra una relación positiva a la temperatura, de igual forma se aprecia que sus mayores densidades fueron registradas en la época cálida. Sin embargo, el pH y la temperatura junto con el oxígeno disuelto no presentaron una gran cantidad de especies asociadas, esto a pesar de ser los mayores factores fisicoquímicos que moldean la estructura de la comunidad zooplanctónica (Berziņš & Pejler 1987;1989b;1989c). Una explicación podría ser que al igual que los nutrientes, no tuvieron una gran variación durante todo el año de estudio, y permaneciendo en rangos óptimos para el desarrollo de la mayoría de las especies.

El grupo de los bdelloideos se encuentran en el centro del análisis, esto indica que, aunque son afectados por todos los parámetros fisicoquímicos, tienen una alta tolerancia a los cambios que se presenten, ya que pueden desecarse e incluso congelarse y volver a la normalidad cuando las condiciones sean apropiadas (Dartall & Hollowday 1985).

Ascomorpha ovalis y *Asplachna priodonta* son los rotíferos que menos relación tuvieron con los parámetros que se midieron, en el caso del asplachnido se localizó en todos los sitios de muestreo, a pesar de ser los rotíferos de mayor tamaño y por lo tanto a una mayor depredación, este posee una de las defensas más interesantes de todo el grupo, ya que aparte de poder modificar su forma

(Koste 1978) presenta en su cuerpo una menor cantidad de pigmentos, volviéndolo extremadamente transparente, lo cual lo hace a sus depredadores prácticamente invisible. Por otro lado, esta especie se alimenta de fitoplancton, haciendo que la cantidad de alimento disponible sea probablemente el mayor factor que este asociado a él (Wallace et al. 2015).

En el caso de los micro crustáceos, los cladóceros están generalmente asociados a la temperatura y al pH, sin embargo, en la figura 23, muestran que estos parámetros no tienen un peso específico tan alto, como los valores de clorofila a, ya que esta puede delimitar las poblaciones de ciertos micro crustáceos filtradores por la disponibilidad de alimento (Maia-Barbosa et al. 2008). Los nauplios y los copepoditos mostraron una relación igual que las especies más dominantes de los rotíferos a los nutrimentos, debido de igual forma a que son constantes tanto estos parámetros como los organismos. Los adultos de las dos especies de copépodos no mostraron una relación directa con algún parámetro, en todo caso dependerían más de la cantidad de alimento y que tan depredados llegue a ser.

Mientras que *Bosmina longirostris* no se relacionó a ningún parámetro, esto debido a su capacidad de ocupación de nichos y amplia tolerancia a los cambios fisicoquímicos, esto lo demuestra con su distribución cosmopolita. Así mismo se ha encontrado en zonas pelágicas como en Valle de Bravo (Jiménez-Contreras et al. 2009), así como relacionado a zonas litorales con macrofitas (Thomaz & Ribeiro da Cunha 2010).

Para la segunda correlación se utilizaron las 16 especies, con los dos primeros ejes se explica el 65.3% de la varianza acumulada. Los dos primeros estadios de copépodos y las larvas de dípteros se correlacionan con los nutrimentos, mientras que el pH y la temperatura se relacionan con *Chydorus*, el grupo de *Pleuroxus*, *Simocephalus latirostris*, y *Ceriodaphnia dubia*. El oxígeno disuelto y la clorofila a no tuvieron mucha influencia sobre alguna de estas especies.

El porcentaje de la varianza de los dos primeros ejes en estas dos correspondencias fueron 65 y 70%, esto indica que los parámetros fisicoquímicos

explican la mayor parte de la variabilidad, y la ocurrencia de los organismos, sin embargo, el porcentaje restante explicaría completamente la variación, dentro de este faltante se encuentran factores como la competencia, depredación, aleloquímicos, nivel del embalse entre muchos otros factores que terminan de moldear la estructura de las comunidades del zooplancton y que serían virtualmente imposibles de medir en campo (Devetter 1998).

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).

La Presa del Llano tuvo un promedio de 2.68 bits/ind en todo el trabajo y según Margalef (1983), la diversidad más frecuente en el zooplancton en cuerpos de agua que se encuentran bajo condiciones climáticas rigurosas es entre 1.5 y 2.5 bits/ind., siendo más alto que eso. La diversidad no vario mucho a lo largo del año, a excepción del mes de abril donde bajo, mientras que durante la época de mezcla (diciembre-enero) no fueron diferentes a los demás meses que comprendieron la época fría, así que por lo tanto la mezcla no afectó en la diversidad, a diferencia de la Presa Valle de Bravo, 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) (Jiménez-Contreras et al. 2009). La Presa Isidro Fabela mostro valores arriba de 3 bits/ind, a pesar de contar con un número menor de especies (Sarma et al. 2011).

La diversidad fue más alta en los sitios con presencia de plantas acuáticas (sitios 2 y 4) los cuales variaron de 2.5 a 4.5 bits/ind. Se ha reportado que los sitios con coberturas de plantas acuáticas tienen mayores diversidades a aquellas que no como las aguas abiertas, esto mismo esto sugiere que la diversidad, así como la

riqueza específica del zooplancton va guiada a la heterogeneidad del sistema (Anna & Kuczyńska-kippen 2009; Paturej et al. 2012).

Cladóceros vs Rotíferos

Los trabajos clásicos de Gilbert (1988; 1989) mencionan que los cladóceros de talla grande como *Daphnia* (> 1 mm) son competidores excluyentes de los rotíferos y que sus densidades tienen una relación inversamente proporcional con la de los rotíferos, ya que cuando los cladóceros tienen altas abundancias los rotíferos muestran pocas, esto ya que compiten directamente por el alimento. Los cladóceros son mejores filtradores que los rotíferos, además de que provocan una interferencia mecánica, la cual es que los rotíferos se pueden quedar atorados entre las valvas de los cladóceros, esto les puede ocasionar daños en el cuerpo o inclusive la muerte, por lo cual los cladóceros desplazan a los rotíferos. Sin embargo, los datos obtenidos de este trabajo no muestran ninguna relación entre sus densidades (fig. 22), esto se debe a que este estudio se enfocó en las zonas litorales, donde hay muchos nichos disponibles, por su compleja configuración entre presencia de plantas, además de una interacción más directa con los sedimentos, permitiendo una mayor concentración de nutrientes (a diferencia de la zona pelágica donde se encuentran más disueltos), todo esto permite una mayor cantidad de alimento disponible para todos los organismos y no presentan una competencia alta como tal por el recurso, además de que las mayores densidades las presentaron cladóceros de talla pequeña como *Chydorus brevilabris*, *Simocephalus latirostris* y *Ceriodaphnia dubia*, que en su caso no presentarían una competencia tan rigurosa como aquellos de tamaño mayor.

Efecto de las macrofitas sobre el zooplancton.

Difonzo y Campbell (1998) encontraron que la abundancia relativa y la composición de los grupos de invertebrados varían dependiendo del tipo del micro

hábitat en donde se encuentren, por ejemplo, el incremento en la diversidad y densidad en las zonas litorales que se encuentran con diferentes plantas acuáticas, se debe a una serie de factores. El primero de ellos, las estructuras sumergidas como lo son hojas, tallos y raíces, proveen sustrato para que se fijen diferentes tipos de organismos, como algas e invertebrados (Dibble et al., 1996; Rodrigues et al., 2003).

Segundo, los hábitats estructurados proveen refugios para muchos tipos de invertebrados (desde fitoplancton hasta consumidores secundarios), lo cual puede ser un factor que explica porque las zonas en donde se presentan gran cantidad de macrofitas, (zonas 2 y 4) las densidades de diferentes especies tanto de rotíferos como de cladóceros fueron mayores que aquellas en las que no tenían presencia de plantas (zonas 3 y 5) (fig. 6). Finalmente, estas mayores densidades atraen a depredadores, como los copépodos, que a su vez mostraron al igual que los otros dos grupos un aumento en sus abundancias, al tener más alimento disponible y refugio, pero, no solo este tipo de depredadores son atraídos a estos hábitats, ya que se observaron en campo diferentes tipos de insectos cazadores, así como juveniles de varias especies de peces que habitan en la presa.

En el presente estudio la mayoría de las especies del genero *Lecane* (11 spp.) prefirieron los sitios dominados por macrofitas, lo cual podría deberse a su propia constitución, ya que poseen dedos y cuerpo pequeño, los cuales les sirven para adherirse a las plantas. Los rotíferos sésiles como, *Floscularia sp*, *Ptygura spp.*, *Limnias melicerta*, *Collotheca spp.* a su vez prefieren adherirse también a las macrofitas, inclusive pueden seguir pegados a ellas, después de sacudir la planta inclusive por más de 50 veces. Estas macrofitas les sirve de refugio y con esto evitan a sus depredadores (Ali et al. 2007). Así mismo, estos géneros de rotíferos colocan sus huevos en las diferentes estructuras de estas plantas sumergidas, haciendo estas de función de guardería. Otros géneros que generalmente son planctónicos como *Brachionus* y *Keratella*, también se llegan a encontrar adheridos a la vegetación (Arora & Mehra 2003).

Las densidades de los cladóceros como *Alona guttata*, *Chydorus brevilabris* y *Simocephalus latirostris* muestran que estas especies de cladóceros prefirieron estar en las zonas de vegetación. Esto podría ser atribuido al micro hábitat que proporcionan las plantas, además de que estas especies son micro filtradoras y ramoneadoras sobre el perifiton (Mastrantuono & Mancinelli 2005).

Hann (1995) menciona que los estadios adultos de los copépodos son buenos nadadores y que prefieren las zonas pelágicas como hábitat, sin embargo, en este trabajo se muestra lo contrario (pocas densidades en zonas abiertas), la explicación podría ser como menciona De Stasio (1993), que los copépodos migran hacia zonas más profundas durante el día para escapar de los depredadores. Los muestreos se realizaron siempre en horas de luz, se necesitaría realizar recolecciones durante la noche para conocer si las densidades en las zonas abiertas son realmente mayores que los sitios con presencia de macrofitas.

Una de las especies de macrofitas que hay en la presa del Llano es *Egeria densa*, la cual es originaria de América del sur (Uruguay, Paraguay y Brasil), la cual ha sido introducida debido a la acuacultura en varios lugares del mundo (Lot & Novelo 2004; Santos et al. 2011), debido a su gran tasa de crecimiento y gran tolerancia ha podido establecerse en sistemas templados, subtropicales y tropicales (Duarte et al. 1999). Sin embargo, esta rápida colonización no es lo único preocupante, ya que esta planta produce sustancias alelopáticas, las cuales afectan tanto al fitoplancton como al zooplancton (Nakai et al. 1999; Mulderij et al. 2007; Cerbin et al. 2007), esta planta ya está asentada en varios cuerpos de agua mexicanos, como lo es en la Presa Benito Juárez, en el estado de México (Espinosa-Rodríguez et al. 2016), además de que la hemos podidos observar en Las Lagunas de Zempoala, la presa Isidro Fabela y Xochimilco en la región central de México. Una de las problemáticas que se tiene es la de controlar a esta especie invasora, ya que puede llegar a cubrir todo el cuerpo de agua, afectando no solo a las especies del plancton, si no modificando negativamente la calidad del agua. Ya que al tener una gran cobertura evita el libre movimiento de agua, disminuyendo el

nivel de oxígeno disuelto disponible a los demás organismos y compitiendo directamente con el fitoplancton, como se ha comprobado en experimentos de laboratorio con especies de la presa Benito Juárez en el Estado de México (Espinosa-Rodríguez et al. 2016). Actualmente el único medio que se ha implementado para esta planta es la de remoción directa, el problema es que al momento de removerla del agua se re suspenden los sedimentos aumentando la concentración de nutrientes y todas las implicaciones que esto trae (como por ejemplo blooms algales), por lo cual futuras investigaciones dentro de la limnología mexicana deberán enfocarse en el control o la eliminación de esta planta con las menos afectaciones posibles a los ambientes en donde se ha establecido.

Conclusiones

Se identificaron 101 especies de zooplancton durante un ciclo anual, 86 de rotíferos, 13 de cladóceros y 2 copépodos.

Se reportan nuevos registros de Rotíferos para el país; *Eosphora thoa*, *Trichocerca insulana*, *Aspelta angusta* y *Lepadella punctata*.

El índice de Shannon-Wiener fue de 2.98 bits/ind en promedio.

La temperatura del agua superficial vario de los 11 a 20°C, el oxígeno disuelto de 3 a 12 mg/l, mientras que el pH fue de 5.2 a 8.3

Los parámetros fisicoquímicos que tuvieron relación con la comunidad del zooplancton fueron la clorofila a, los nutrimentos, la temperatura y el pH.

Las macrofitas tuvieron un papel importante en la diversidad del zooplancton de la presa del llano, ya que en aquellas zonas en donde se presentaron aumentaba tanto la riqueza específica como la densidad.

Se aplicaron diferentes índices para evaluar el estado trófico de la presa del llano, con base a estos se sugiere que la Presa del Llano es de carácter oligotrófico, pero con algunos meses tendiente a mesotrófico.

Se sugiere continuar muestreando la Presa en diferentes épocas del año, así como a diferentes profundidades para entender de mejor la manera el comportamiento de la presa del Llano.

Es importante realizar estudios como el presente en más cuerpos de agua mexicanos para conocer la diversidad real que hay en el país.

Literatura Citada

- Adrian R. & Frost T. M. 1992. Comparative feeding ecology of *Tropocyclops prasinus mexicanus* (Copepoda, Cyclopoida). *Journal of Plankton Research* Vol.14 no.10 pp.1369-1382.
- 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 Que Para Obtener El Grado de Maestro En Ciencias. Posgrado En Ciencias Del Mar Y Limnología. UNAM., 73.
- Alcocer, J., & Bernal-Brooks, F. W. 2010. Limnology in Mexico. *Hydrobiologia*, 644(1), 15–68. <http://doi.org/10.1007/s10750-010-0211-1>.
- Alcocer, J. & S.S.S. Sarma, 2002. Preface. *Hydrobiologia* 467: page vii.
- Persson, J. 2007. Food quality effects on zooplankton growth and energy transfer in pelagic freshwater food webs. *Acta Universitatis Upsaliensis. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 292. 43 pp. Uppsala. ISBN 978-91-554-6859-0.
- Ali, M. M., Mageed, A. A., & Heikal, M. 2007. Importance of aquatic macrophyte for invertebrate diversity in large subtropical reservoir. *Limnologica*, 37, 155–169. <http://doi.org/10.1016/j.limno.2006.12.001>.
- 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); 17th ed. APHA Washington D.C. 1197 pp.
- Arora, J., & Mehra, N. K. 2003. Species diversity of planktonic and epiphytic rotifers in the Backwaters of the Delhi Segment of the Yamuna River, with remarks on new records.
- Athibai, S., H. Segers & L.-o. Sanoamuang, 2013 Diversity and distribution of Brachionidae (Rotifera) in Thailand, with a key to the species. *Journal of*

Limnology 72: 345–360.

Benke, A.C., & Wallace, J.B., 2003. Influence of wood on invertebrate communities in streams and rivers. In: Gregory, S.V., Boyer, K.L., Gurnell, A.M. (Eds.). The ecology and management of wood in world rivers. American Fisheries Society Symposium, Bethesda, Maryland, pp. 149–177. Beyst, B., Buysse, D., Dewicke, A., Mees, J., 2001.

Berziņš, B., & Pejler, B. 1987. Rotifers occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia*, 147(1), 107– 116.

Berziņš, B., & Pejler, B. 1989a. Rotifer occurrence and trophic degree. *Hydrobiologia*, 182, 171–180. <http://doi.org/10.1007/BF00006043>.

Berziņš, B., & Pejler, B. 1989b. Rotifer occurrence in relation to temperature. *Hydrobiologia*, 184(1-2), 23–28. <http://doi.org/10.1007/BF00014298>.

Berzins B y Pejler B. 1989c. Rotifer occurrence in relation to oxygen content. *Hydrobiologia* 183: 165-172.

Busch, K.E.T., Falk-Petersen, I.B., Peruzzi, S., Rist, N.A., Hamre, K. 2010 Natural zooplankton as larval feed in intensive rearing systems for juvenile production of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquac Res.*, doi:10.1111/j.1365-2109.2009.02450.x

Campbell, N.A., Reece, J.B. and Mitchell, L.G. 1999. *Biology*. Addison Wesley Longman, Inc., New York. 1175 pp.

Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 361–369. <http://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361>

Cerbin S, van Donk E, Gulati R, 2007. The influence of *Myriophyllum verticillatum* and artificial plants on some life history parameters of *Daphnia magna*. *Aquat. Ecol.* 41:263-271.

Chick, J.H., & McIvor, C.C., 1994. Patterns in the abundance and composition of

fishes among beds of different macrophytes: viewing a littoral zone as a landscape. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51, 2873–2882.

Conde-Porcuna, J. M., Ramos-Rodríguez, E. y Morales-Baquero, R. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los sistemas acuáticos lenticos. *Ecosistemas* 2004/2 Mayo-Agosto. ISSN 1697-2473, pp. 23-29.

Cunha, D. G. F., Calijuri, M. do C., & Lamparelli, M. C. 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSItsr). *Ecological Engineering*, 60, 123–134. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.058>.

Dartnall H. J. G. y Hollowday E. D., 1985, Antarctic rotifers, *Br. Antarct. Surv. Sci. Rep.*, 100, 146pp.

De la Lanza, E.G. & C.J.L. García, 2002. *Lagos y presas de México*. AGT Editor S.A., México City, México.

De Stasio, B. T., Jr. (1993). Diel vertical and horizontal migration by zooplankton population budgets and the diurnal deficit. *Bulletin of Marine Science*, 53, 44-64.

Devetter, M. (1998). Influence of environmental factors on the rotifer assemblage in an artificial lake. *Hydrobiologia*, 387388, 171–178.

Dibble, ed., Killgore, K.J. & Dick, G. 1996. Measurement of plant architecture in seven aquatic plants. *Journal of Freshwater Ecology*, vol. 11, p. 311-318.

Difonzo, C. D., & Campbell, J. M. (1988). Spatial partitioning of microhabitats in littoral cladoceran communities. *Journal of Freshwater Ecology*, 4, 303–313.

Dimas-Flores, N., Alcocer, J., & Ciro-Pérez, J. (2008). The structure of the zooplankton assemblages from two neighboring tropical high mountain lakes. *Journal of Freshwater Ecology*, 23(1), 21–31. <http://doi.org/10.1080/02705060.2008.9664554>.

Dodson, S.I. & Frey, D.G. 1991. Cladocera and other Branchiopoda. In Thorpe,

- J.H. and Covich, A.P. (eds). Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, 723-786. Academic Press, San Diego.
- Dumont H.J. & H. Segers, 1996. Estimating lacustrine zooplankton species richness and complementarity. *Hydrobiologia* 341: 125–132.
- Dumont, H. y S. Negrea. 2002. Introduction to the Class Branchiopoda. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Backhuys Publishers. The Netherlands.
- Ejsmont-Karabin, J. 1995. Rotifer occurrence in relation to age, depth and trophic state of quarry lakes. *Hydrobiologia*, 313-314(1), 21–28. <http://doi.org/10.1007/BF00025927>.
- Ejsmont-Karabin, J. 2012. The usefulness of zooplankton as Lake Ecosystem indicators: Rotifer trophic state index. *Polish Journal of Ecology*, 60(2), 339-350.
- Enríquez-García, C., Nandini, S., & Sarma. S. S. S. (2009). Seasonal dynamics of zooplankton in Lake Huetzalín, Xochimilco (Mexico City, Mexico). *Limnologica*, 39, 283–291. <http://doi.org/10.1016/j.limno.2009.06.010>.
- Espinosa-rodríguez, C. A., Rivera-De La Parra, L., Martínez-Téllez, A., Gómez-cabral, G., Sarma, S. S. S., & Nandini, S. 2016. Allelopathic interactions between the macrophyte *Egeria densa* and plankton (alga, *Scenedesmus acutus* and cladocerans, *Simocephalus* spp.): a laboratory study. *Journal of Limnology*, 75(1), 151–160. <http://doi.org/10.4081/jlimnol.2016.1397>.
- Figuroa-Sanchez, M. A. 2015. Determinación de la estructura del zooplancton en presencia de cianobacterias: impacto de peces piscívoros sobre el zooplancton como alternativa en el manejo de sistemas dulceacuícolas en México. Tesis Que Para Obtener El Grado de Maestro En Ciencias. Posgrado En Ciencias Del Mar Y Limnología. UNAM., 91.
- Flössner, D. 2000. Die Haplopoda und Cladocera (ohne Bosminidae)

- Mitteleuropas. Backhuys Publishers, Leiden. 428 pp.
- Frey, D.G. 1988. Cladocera. In Higgins, R. and Thiel, H. (eds). Introduction to the Study of Meiofauna, 365-369. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- García-Chicote, J., Rojo, C., & M. A., R. 2007. Alimentación de *Acanthocyclops robustus*: Un caso de canibalismo. *Limnetica*, 26(2), 265–276.
- García-Rodríguez, J., Molina-Astudillo, F. I., Díaz Vargas, M., & Quiroz-Castelán, H. 2010. Componentes fitoplanctónicos y zoobentónicos en el lago Zempoala, México. *Acta Universitaria, Universidad de Guanajuato.*, 20(2), 23–30.
- Gilbert, J. J. 1988. Suppression of rotifer populations by *Daphnia*. Review of the evidence, the mechanisms, and the effects on zooplankton community structure¹. *Limnology and Oceanography*, 33, 1286–1303.
- Gilbert, J. J. 1989. The effect of *Daphnia* interference on a natural rotifer and ciliate community: Short-term bottle experiments. *Limnology and Oceanography*, 34(3), 606–617.
- González-Gutiérrez, S. 2015. Variación estacional de Rotíferos Monogonontos (Rotifera) en la zona litoral de los cuerpos de agua de la Cantera Oriente (México, D.F.) Durante 2013-2014. Tesis Que Para Obtener El Grado de Maestro En Ciencias. Posgrado En Ciencias Del Mar Y Limnología. UNAM., 110.
- Gulati, R.D., E.H.R.R. Lammens, M.-L. Meijer & E. van Donk, 1990. (eds), *Biomanipulation - Tool for Water Management*. *Hydrobiologia* 200/2001.
- Gutiérrez-Aguirre M. A., E. Suárez-Morales & A. Cervantes-Martínez. 2006. Distribución de las especies de *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopoida) en el sureste mexicano y región norte de Guatemala. *Hidrobiológica* 16 (3): 259-265.
- Haberman, J., & Haldna, M. 2014. Indices of zooplankton community as valuable tools in assessing the trophic state and water quality of eutrophic lakes: Long

- term study of Lake Vorstajarv. *Journal of Limnology*, 73(2), 263–273.
<http://doi.org/10.4081/jlimnol.2014.828>.
- Hann, B. J. 1995. Invertebrates associations with submersed aquatic plants in a prairie wetland. USF (Delta Marsh) Annual report, Vol. 30.
- Herzig, A., 1987. The analysis of planktonic rotifer populations: A plea for long-term investigations. *Hydrobiologia* 147: 163–180.
- Jeppesen, E., Søndergaard, M., Prtersen, B., Eriksen, R.B., Hammershøj, M., Mortensen, E., Jensen, J.P., Have, A., 1994. Does the impact of nutrients on the biological structure and function of brackish and freshwater lakes differ? *Hydrobiologia* 27 (5/276), 15–30.
- Ji, G., Wang, X., & Wang, L. 2013. Planktonic Rotifers in a Subtropical Shallow Lake: Succession, Relationship to Environmental Factors, and Use as Bioindicators. *The Scientific World Journal*, 14, 1–14.
- Jiménez-Contreras, J., Sarma, S. S. S., Merino-Ibarra, M., & Nandini, S. 2009. Seasonal changes in the rotifer (Rotifera) diversity from a tropical high altitude reservoir (Valle de Bravo, Mexico). *Journal of Environmental Biology*, 30(2), 191–195.
- Keast, A., 1984. The introduced aquatic macrophyte, *Myriophyllum spicatum*, as habitat for fish and their invertebrate prey. *Can. J. Zool.* 62, 1289–1303.
- Krebs J.R. 1993. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publ., New York.
- Kuczyńska-kippen, N., & Basi, A. 2009. Differentiated macrophyte types as a habitat for rotifers in small mid-forest water bodies, 1100–1107.
<http://doi.org/10.2478/s11756-009-0178-4>.
- Kuczyńska-kippen, N. 2014. Environmental Variables of Small Mid-Field Water Bodies and the Presence of Rotifera Groups of Different Ecological Requirements. *Pol. J. Environ Stud.*, 23(2), 373–378.

- Lampert, W.; Sommer, U. 1997. *Limnoecology. The ecology of lakes and streams.* Oxford 459 University Press, New York.
- López-López E, Serna-Hernández JA. 1999. Seasonal variation of zooplankton in the reservoir Ignacio Allende, Guanajuato, Mexico, and its relationship with phytoplankton and environmental factors. *Rev. Biol. Trop.* 47:643–657
- Lot A, Novelo A, 2004. [Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México: 206 pp.
- Maia-Barbosa, P., Peixoto, R., & Guimaraes, A. 2008. Zooplankton in littoral waters of a tropical lake: a revisited biodiversity. *Braz. J. Biol.* 68(4), 1069–1078.
- Magurran, A. E. 2003. *Measuring Biological Diversity.* Blackwell Publishing. United Kingdom pp 179-184.
- Manatunge, J., Asaeda, & T., Priyadarshana, T., 2000. The influence of structural complexity on fish-zooplankton interactions: a study using artificial submerged macrophytes. *Environ. Biol. Fish* 58, 425–438.
- Margalef R. 1983. *Limnologia.* Ed. Omega. España. 1010 pp.
- Mastrantuono, L., & Mancinelli, T. 2005. Littoral invertebrates associated with aquatic plants and bioassessment of ecological status in Lake Bracciano (Central Italy). *Journal of Limnology*, 64(1), 43–53.
- May, L., & O'Hare, M. 2005. Changes in rotifer species composition and abundance along a trophic gradient in Loch Lomond, Scotland, UK. *Hydrobiologia*, 546, 397–404. <http://doi.org/10.1007/s10750-005-4282-3>.
- Mulderij G, Mau B, van Donk E, Gross E, 2007. Allelopathy activity of *Stratiotes aloides* on phytoplankton towards identification of allelopathic substances. *Hydrobiologia* 584:89-100.

- Muñoz-Colmenares, M. E. 2014. Diversidad estacional de Rotíferos de la Clase Monogonta en el Lago Zempoala, Morelos. Tesis Que Para Obtener El Grado de Biólogo. FES- Iztacala. UNAM., 98 pp.
- Nakai S. Inoue Y, Hosomi M, Murakami A, 1999. Growth inhibition of blue-green algae by allelopathic effects of macrophytes. *Water. Sci. Technol.* 8:47-53.
- Nandini, S., Merino-Ibarra, M., & Sarma, S. S. S. 2008. Seasonal changes in the zooplankton abundances of the reservoir Valle de Bravo (State of Mexico, Mexico). *Lake and Reservoir Management*, 24(4), 321–330. <http://doi.org/10.1080/07438140809354842>.
- Nandini, S., Ramírez García, P., & Sarma. S. S. S. 2005. Seasonal variations in the species of planktonic rotifers in Lake Xochimilco, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology*, 20(2), 287–294.
- Nandini S. Ramírez-García P & Sarma SSS. 2016. Water quality indicators in Lake Xochimilco, Mexico: zooplankton and *Vibrio cholera*. *Journal of Limnology* 75(1): 91-100. DOI: 10.4081/jlimnol.2015.1213
- 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.
- Padial, A.A., Thomaz, S.M., & Agostinho, A.A., 2009. Effects of structural heterogeneity provided by the floating macrophyte *Eichhornia azurea* on the predation efficiency and habitat use of the small Neotropical fish *Moenkhausia sanctaefilomenae*. *Hydrobiologia* 624, 161–170.
- Palomino-Alvarez, L. A. 2014. Variación estacional de la comunidad de microcrustáceos (copepoda y cladocera) en la laguna mayor, Parque Nacional “Lagunas de Zempoala”, Morelos. Tesis Que Para Obtener El Grado de Biólogo. FES- Iztacala. UNAM. 64 pp.

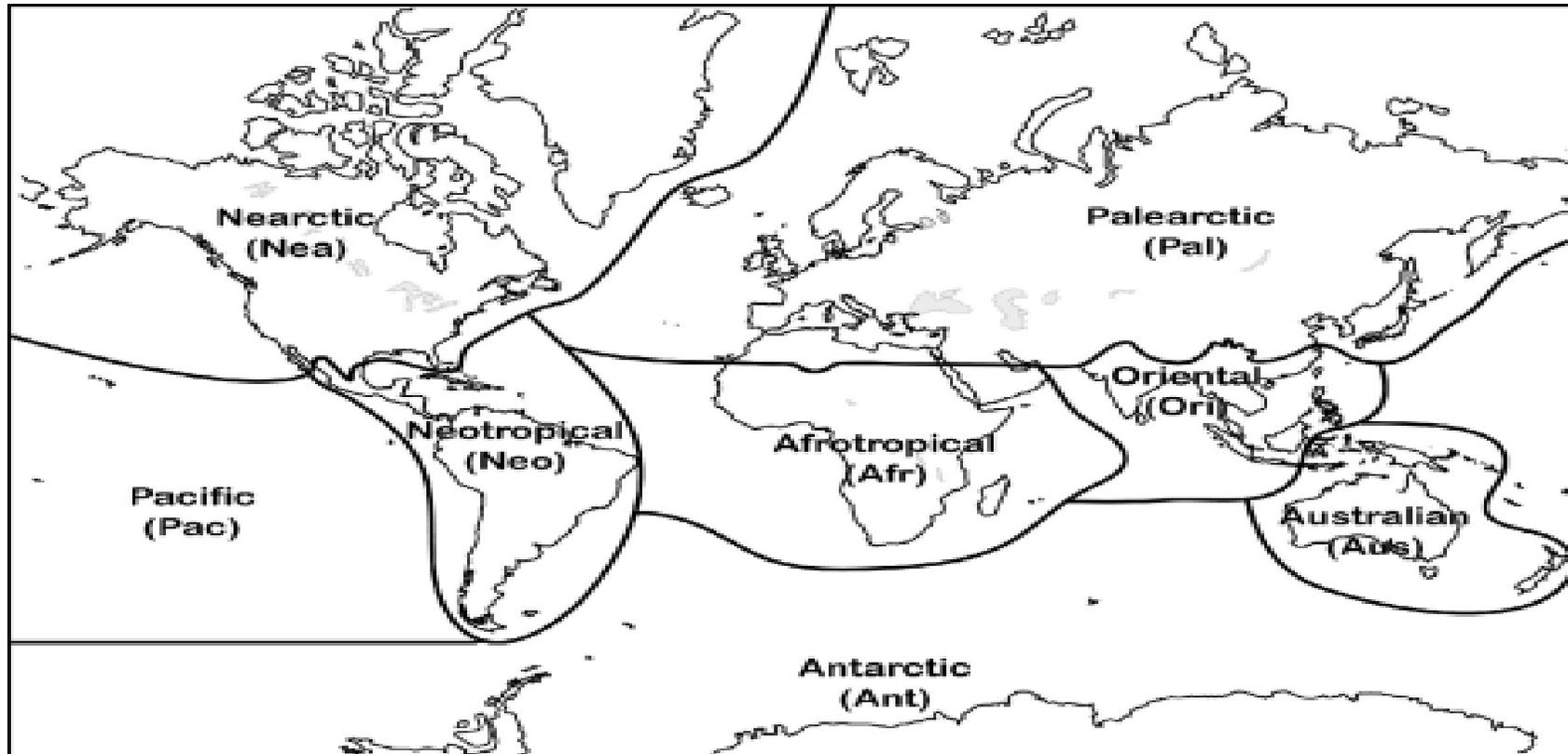
- Paturej, E., Gutkowska, A., & Durczak, K. 2012. Biodiversity and indicative role of zooplankton in the shallow macrophyte-dominated lake. *Polish Journal of Natural Sciences*, 27(1), 53–66 pp.
- Prieto M., Atencio, V.G. 2008. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. *Rev MVZ Córdoba.*, 13, 1415-1425 pp.
- Quiroz-Castelán, H., Mondragón, O., Molina, I., García, J., & Díaz, M. (2008). Dinámica espacio - temporal de oxígeno - temperatura en los lagos Zempoala y Tonatiahua. *Acta Universitaria, Universidad de Guanajuato.*, 18(1), 57–65 pp
- Ramírez García, P., Nandini, S., Sarma, S. S. S., Robles Valderrama, E., Cuesta, I., & Hurtado, M. D. 2002. Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir Valle de Bravo (Mexico). *Hydrobiologia*, 467, 99–108. <http://doi.org/10.1023/A:1014953119507>.
- Rey R. J., O`Connell S., Suárez S., Menéndez Z. & Lounibos P. 2004. Laboratory and field studies of *Macrocyclops albidus* (Crustacea:Copepoda) for biological control of mosquitoes in artificial containers in a subtropical environment. *Journal of Vector Ecology* 29 (1): 124-134. 2004.
- Rodrigues, L., Bicudo, dc. Y Moschini carlos, v. 2003. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. In thomaz, SM. and BINI, LM., ed. *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Maringá: Eduem. p. 211-230.
- Sarma, S. S. S., & Elías-Gutiérrez, M. 1998. Rotifer diversity in a central Mexican pond. *Hydrobiologia*, 387/388, 47–54.
- Sarma, S.S.S. & M. Elías-Gutiérrez. 2000. Rotifers from Mexico: new records in high altitude ponds. *The Southwestern Naturalist* 45: 366–373.
- Sarma, S.S.S. & S. Nandini. 2006. Review of recent ecotoxicological studies on cladocerans, *J. Environ. Sci. Hlth, Part B* 41, 1417-1430.
- Sarma, S. S. S., Osnaya-Espinosa, L. R., & Aguilar-Acosta, C. R. 2011. Seasonal variations in zooplankton abundances in the Iturbide reservoir (Isidro Fabela,

- State of Mexico, Mexico). *Journal of Environmental Biology*, 32(4), 473–480.
- Scheffer, M. 2004. *Ecology of shallow lakes*. Norwell: Kluwer Academic Publishers. 357 p.
- Schriver, P., Bøgstrand, J., Jeppesen, E., Søndergaard, M., 1995. Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankton–phytoplankton interactions: large-scale enclosure experiments in a shallow eutrophic lake. *Fresh w. Biol.* 33, 255–270.
- 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.
- Sládeček, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100(1), 169–201. <http://doi.org/10.1007/BF00027429>.
- Smirnov, N. N. 1974. Fauna of the U.S.S.R. Crustacea. Vol. 1 No. 2. Chydoridae.
- Snell, T. M., Childress, M. J. Boyer, E. M. y Hoff, F. H. 1987. Assesing the status of rotifer mass cultures. *Journal of the World Aquaculture Society*. 18: 270-277.
- Snell, T.W. & C. Joaquim-Justo, 2007. Workshop on rotifers in ecotoxicology. *Hydrobiologia* 593: Gyps Biology Letters 227–232.
- Suárez-Morales E. 1993. On the zooplankton community of a Mexican eutrophic reservoir, a seasonal survey. *Hidrobiologica*. 3:71–80.
- Thomaz, S. M., & Ribeiro da Cunha, E. 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(2), 218–236.
- Trujillo-Jiménez, P., Espinosa, E., & Viveros, D. L. M. 2006. (Cyprinidontiformes :

- Goodeidae), en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala , México. *Biol. Trop.*, 54(December), 1247–1255.
- Vázquez-Sánchez, A., Nandini, S., & Sarma, S. S. S. 2014. Diversity and abundance of rotifers during an annual cycle in the reservoir Valerio Trujano (Tepecoacuilco, Guerrero, Mexico). *Inland Waters*, 4, 293–302. <http://doi.org/10.5268/IW-4.3.564>.
- Wallace, R. L., T. W. Snell, C. Ricci & T. Nogrady, 2006. *Rotifera biology, ecology and systematics*. 2 ed. Kenobi Productions Ghent.
- Wallace, R. L. & A. H. Smith, 2013. *Rotifera*. eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- Wallace, R.L., Snell, T.W., and Smith, H.A., 2015. Phylum Rotifera. In: Thorp, J. & Rogers, D.C. (Eds.), *Ecology and General Biology: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*, Academic Press. pp. 225–271.
- Walsh, E. J., Schröder, T., Arroyo, M. L., & Wallace, R. L. 2007. How well do single samples reflect rotifer species diversity? A test based on interannual variation of rotifer communities in Big Bend National Park (Texas, USA). *Hydrobiologia*, 593(1), 39–47. <http://doi.org/10.1007/s10750-007-9048-7>.
- Wen, X.-L., Xi, Y.-L., Qian, F.-P., Zhang, G., & Xiang, X.-L. 2011. Comparative analysis of rotifer community structure in five subtropical shallow lakes in East China: role of physical and chemical conditions. *Hydrobiologia*, 611, 303–316. <http://doi.org/10.1007/s10750-010-0539-6>.
- Williamson, Craig E. & Reid, Janet W. 1991. Copepoda in Thorpe, J.H. and Covich, A.P. (eds). *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*, 723-786. Academic Press, San Diego.
- Zohary Tamar & Ostrovsky Ilia, 2011. Ecological impacts of excessive mater level fluctuations in stratified freshwater lakes. *Inland Waters*. 1, 47-59 pp. DOI: 10.5268/IW-1.1.406

ANEXOS

1) Mapa de las zonas biogeográficas



1) Regiones Biogeográficas, tomado de Segers 2007. AFR: región Africotropical; ANT: región Antártica; AUS: región australiana NEA: región Nearctica; NEO: región Neotropical; ORI: región Oriental; PAC: región pacífica; PAL: región Palaearctica.

Anexo 2. Ausencia-presencia de las especies de zooplancton de la presa del llano durante un ciclo anual.

Las siguientes especies de rotíferos no aparecen en la tabla ya que fueron observadas en vivo, de algún sitio de muestreo no incluido en los primeros 5 o en una revisión posterior de las muestras: *L. decipiens*, *P. decipiens*, *N. glyphura*, *P. petromyzon*, *Floscularia sp.*, *Ptygura brachiata*, *P. crystallina*, *Limnias melicerta*, *Hexarthra mira*, *Collotheca campanulata* y *C. pelágica*.

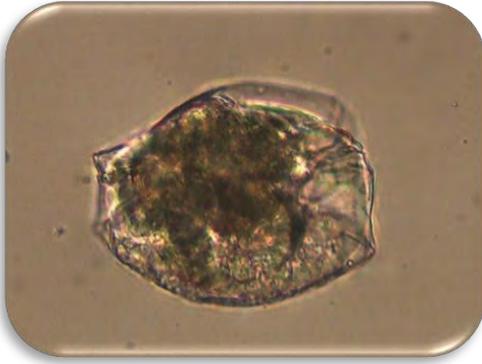
Especie	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
<i>Anuraeopsis fissa</i>	X	X	X	X	X
<i>B. calyciflorus</i>	X	X	X	X	
<i>B. havanaensis</i>	X				
<i>B. quadridentatus</i>			X	X	X
<i>Kellicotia bostoniensis</i>	X	X	X		
<i>Keratella americana</i>	X		X	X	
<i>K. cochlearis</i>	X	X	X	X	X
<i>K. tropica</i>					X
<i>Plationus patulus</i>	X	X		X	X
<i>Playtas quadricornis</i>	X		X	X	X
<i>Beauchampiella eudactylota</i>	X		X		
<i>Euchlanis dilatata</i>	X	X	X	X	
<i>E. incisa</i>	X	X	X	X	
<i>Lophocharis oxysternon</i>	X	X	X	X	X
<i>L. salpina</i>	X			X	X
<i>Mytilina bisulcata</i>	X	X		X	
<i>M. mucronata</i>	X	X	X	X	X
<i>M. ventralis</i>	X	X	X	X	X
<i>Macrochaetus subquadratus</i>	X	X			X
<i>Trichotria pocillum</i>	X	X	X	X	X
<i>T. tetractis</i>	X	X	X	X	X

<i>Colurella obtusa</i>	X	X	X	X	X
<i>C. uncinata</i>	X	X	X	X	X
<i>Lepadella acuminata</i>	X	X	X	X	
<i>L. ovalis</i>	X	X	X	X	X
<i>L. patella</i>	X	X	X	X	X
<i>L. punctata</i>	X			X	
<i>L. rhomboides</i>	X			X	X
<i>L. triptera</i>	X	X	X	X	X
<i>Squatinella mutica</i>	X	X	X	X	X
<i>Lecane bulla</i>		X	X	X	X
<i>L. closteroerca</i>	X	X	X	X	X
<i>L. hamata</i>				X	
<i>L. inermis</i>				X	
<i>L. ludwigi</i>		X		X	X
<i>L. luna</i>		X		X	
<i>L. lunaris</i>	X	X	X	X	X
<i>L. ohioensis</i>		X	X	X	X
<i>L. quadridentata</i>	X				
<i>Lecane sp.</i>		X		X	X
<i>Cephalodella catellina</i>	X	X	X	X	
<i>C. forficula</i>		X		X	X
<i>C. gibba</i>	X	X	X	X	X
<i>C. stenroosi</i>	X	X		X	
<i>Eosphora thoa</i>		X			
<i>Monommata arndti</i>	X	X	X	X	X
<i>Notommata copeus</i>	X			X	
<i>N. tripus</i>					X
<i>Scaridium longicaudum</i>		X		X	

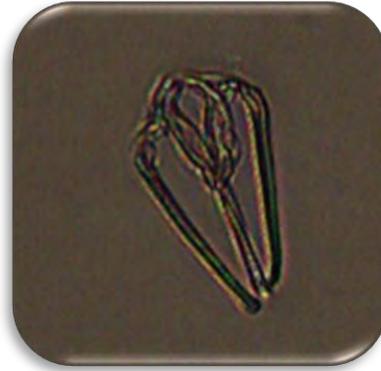
<i>Trichocerca bidens</i>	X	X	X	X	X
<i>T. capucina</i>	X	X	X	X	X
<i>T. cylindrica</i>	X	X	X	X	X
<i>T. elongata</i>	X	X		X	
<i>T. insulana</i>	X	X	X	X	X
<i>T. porcellus</i>	X	X	X	X	X
<i>T. pusilla</i>	X		X	X	
<i>T. similis</i>	X	X	X	X	X
<i>T. tenuior</i>	X	X	X	X	X
<i>T. weberi</i>		X	X	X	X
<i>Ascomorpha eucadis</i>	X	X	X	X	X
<i>A. ovalis</i>	X	X	X	X	X
<i>Gastropus hyptopus</i>	X	X	X	X	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	X	X	X	X	X
<i>P. vulgaris</i>	X	X	X	X	X
<i>Synchaeta oblonga</i>	X	X	X	X	X
<i>Asplanchna girodi</i>	X	X	X		X
<i>A. priodonta</i>	X	X	X	X	X
<i>Aspelta angusta</i>	X	X		X	X
<i>Dicranophoroides caudatus</i>	X	X		X	X
<i>Dicranophorus grandis</i>	X	X	X	X	X
<i>Pompholyx sulcata</i>				X	X
<i>Testudinella patina</i>	X	X	X	X	X
<i>Filinia longiseta</i>				X	
<i>F. pejleri</i>	X				
<i>Collotheca sp.</i>	X		X	X	X
<i>Bdelloideos</i>	X	X	X	X	X
<i>Daphnia mendotae</i>	X	X	X	X	X

<i>Ceriodahnia dubia</i>	X	X	X	X	X
<i>Simocephalus latirostris</i>	X	X	X	X	X
<i>Scapholeberis armata freyi</i>	X	X	X	X	X
<i>Bosmina longirostris</i>	X	X	X	X	X
<i>Alona guttata</i>	X	X	X	X	X
<i>Chydorus brevilabris</i>	X	X	X	X	X
<i>Camptocercus dadayi</i>	X	X	X	X	X
<i>Leydigia lousi</i>			X	X	
<i>Pleuroxus spp.</i>	X	X	X	X	X
<i>Naupliis</i>	X	X	X	X	X
<i>Copepoditos</i>	X	X	X	X	X
<i>Macrocylops albidus</i>	X	X	X	X	X
<i>Tropocyclops fuscus aztequi</i>	X	X	X	X	X
<i>Ostracoda spp.</i>	X	X	X	X	X
<i>Diptera spp.</i>	X	X	X	X	X
<i>Numero de sp´s total por zona</i>	75	73	65	82	67

3) Catalogo fotográfico de algunas especies de zooplancton presentes en la Presa del Llano.



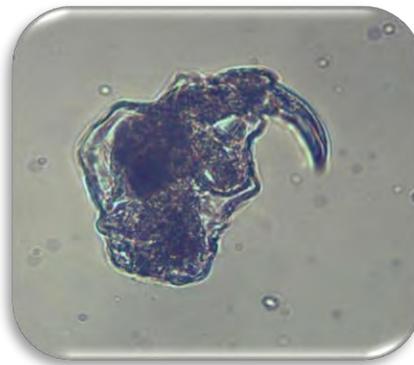
Aspelta angusta



trophi de A. angusta



Beuchampella eudactylota



Cephalodella forcícula



Notommata copeus



Trophi N. copeus



Lecane ohioensis



Lepadella punctata



Lecane closterocerca



Lecane bulla



Macrochaetus subquadratus



Mytilina bisulcata



Trichocerca insulana



trophi *T. insulana*



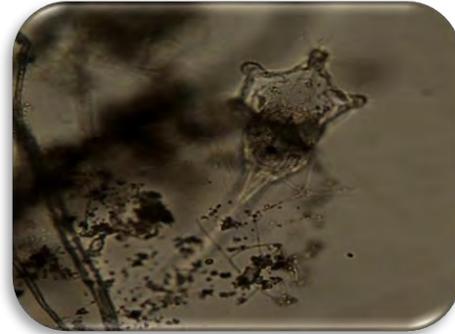
Mytilina mucronata



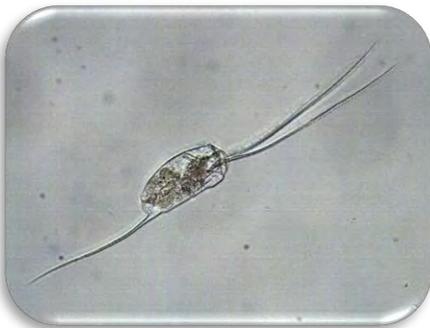
Polyarthra vulgaris



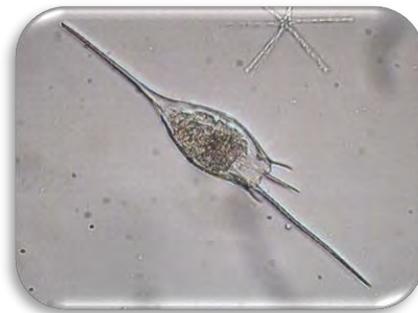
Lophocaris oxysternon



Collotheca ornata



Filinia longiseta



Kellicottia bostoniensis



Asplachna priodonta



Brachionus calcyflorus



Simochepalus latirostris



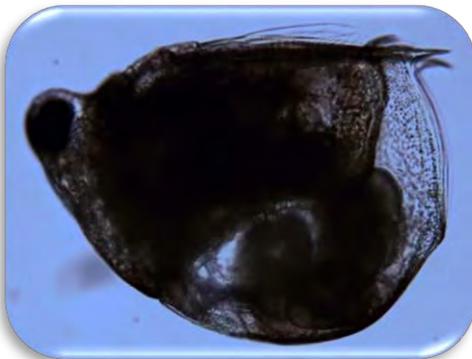
Chydorus brevilabris



Ceriodaphnia dubia



Bosmina longirostris



Scapholeberis armata freyi



Pleuroxus denituculastus



Antenula de *M. albidus*



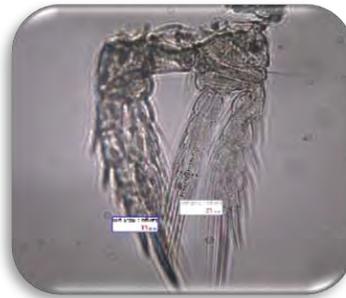
P4 *M albidus*



Hembra de Macrocyclus albidus



Antenula de *T. prasinus*



P4 *T. prasinus* con mediciones comparativas



Hembra de Tropocyclops prasinus aztequi

4) Datos de este trabajo fueron presentados en el Congreso Internacional de Rotífera XIII, celebrado en Ceske Budojovice, Republica Checa durante agosto de 2015. Así como en el congreso SIL 2016, celebrado en la ciudad de Turín Italia, en julio de 2016.



XIV. International Rotifer Symposium

30 August – 4 September 2015
České Budějovice, Czech Republic

České Budějovice, 30th August 2015

Confirmation letter

This is to confirm that **Manuel Eduardo Muñoz-Colmenares**, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico, participated at the XIV. International Rotifer Symposium held in České Budějovice, the Czech Republic, 30 August – 4 September 2015.

Manuel Eduardo Muñoz-Colmenares presented the poster presentation entitled "Seasonal variations of rotifers (Rotifera) from the high altitude water body, Llano Dam (State of Mexico, Mexico)".

We have received the total amount of 401 EUR.

On behalf of the Local organizing committee:


Rotifera
Nádražní 286, 373 12 Bohnovany
č. účtu: 2500423113/2010
www.rotifera.org
IČO: 1633619

Miloslav Devetter

Institute of Soil Biology, Biology Centre CAS, v. v. i., České Budějovice
Email: rotifera@prf.jcu.cz, devetter@upb.cas.cz