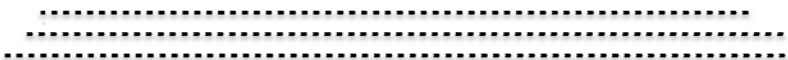




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL ZOOPLANCTON  
EN EL BORDO HUITCHILA, MOR.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

GALLARDO-PINEDA VERONICA

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ



MÉXICO, D.F.

MAYO, 2013



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
 "ZARAGOZA"  
 DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
 PRESENTE.

Comunico a usted que la alumna **GALLARDO PINEDA VERONICA**, con número de cuenta **405012011**, de la carrera de Biología se le ha fijado el día **7** del mes de **mayo** de 2013 a las **14:00 hrs.** para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

- PRESIDENTE M. en C. ERNESTO MENDOZA VALLEJO \_\_\_\_\_
- VOCAL DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ \_\_\_\_\_
- SECRETARIO BIÓL. ANGÉLICA ELAINE GONZÁLEZ SCHAFF *Angélica Elaine González Schaff*
- SUPLENTE DRA. BERTHA PEÑA MENDOZA \_\_\_\_\_
- SUPLENTE BIÓL. JOSÉ LUIS GUZMÁN SANTIAGO \_\_\_\_\_

El título de la tesis que presenta es: **COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL ZOOPLANCTON EN EL BORDO HUITCHILA, MOR.**

Opción de titulación: tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
 México, D. F., a 2 de abril de 2013.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ  
 DIRECTOR  
 ZARAGOZA  
 DIRECCIÓN

RECIBÍ  
 OFICINA DE EXÁMENES  
 PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.  
 DR. CARLOS CASTILLEJOS CRUZ  
 JEFE DE CARRERA

AGRADEZCO:

A la Universidad Nacional Autónoma de México que a través de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II apoyo a mi formación académica y la realización de este trabajo, aportándome los conocimientos académicos y permitirme usar sus instalaciones.

Dr. José Luis Gómez Márquez por darme la oportunidad de incorporarme a su equipo de trabajo, por dirigir esta tesis, compartir sus conocimientos, paciencia, dedicación y su apoyo que enriquecieron mi formación profesional.

Dra. Bertha Peña Mendoza por su gran amistad, pero sobre todo sus enseñanzas, conocimientos y consejos para enriquecer y mejorar este escrito.

Biól. José Luis Guzmán Santiago por sus valiosas aportaciones, observaciones, sugerencias y por su tiempo disponible.

GRACIAS a los sinodales Biól. Angélica Elaine González Schaff y M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo, por su tiempo, sus conocimientos y cuyos comentarios mejoraron este trabajo.

Biól. Yeriquendi Gallardo Pineda por sus sugerencias y valiosas aportaciones y a José Luis Gallardo Pineda por su apoyo GRACIAS.

A mi familia por su apoyo incondicional y comprensión para la realización de este trabajo.

A los miembros del Laboratorio de Limnología y amigos por compartir momentos inolvidables y en especial a ti por los momentos compartidos y por las amenas charlas GRACIAS por su amistad.

## DEDICATORIAS

A DIOS por darme unos padres maravillosos y permitirme llegar al final de esta etapa de mi vida con salud, satisfacción y alegría.

A las personas más importantes de mi vida Mis Padres: Rosa Elena Pineda Rosales y José Luis Gallardo Hernández por darme la vida, amor, apoyo incondicional, comprensión y enseñanzas a lo largo de toda mi vida, han sido el motor de mi vida, así como parte esencial de este logro mil GRACIAS por creer y confiar siempre en mí . LOS AMO

A mis hermanos Yeri, Luis, Héctor, por compartir cada una de las etapas de mi vida. Y Ameyalli que con sus ocurrencias hicieron menos pesado el trabajo. LOS QUIERO.

## RESUMEN

Se realizó un estudio sobre la composición y abundancia del zooplancton en el bordo Huitchila, Morelos y su relación con los parámetros físicos y químicos del agua. Se realizaron muestreos mensuales de septiembre del 2010 a septiembre del 2011. Se identificaron un total de 16 especies pertenecientes a los grupos Copépoda, Cladocera y Rotífera, siendo la clase Maxillopoda la que representó el 79% de la densidad total del zooplancton (2 especies), seguido por los organismos de la clase Eurotatoria, del grupo de los rotíferos (11 especies) con el 16 % y por último los cladóceros de la clase Branchiopoda (3 especies) con el (5%) siendo el de menor abundancia durante todo el muestreo.

La especie más frecuente fue el copépodo *Arctodiaptomus dorsalis* con densidad promedio de 413 org/L. En el grupos de los cladóceros la especie más frecuente con el 100% y abundante con 79 org/L fue *Diaphanosoma birgei*. En el caso de los rotíferos, la especie más frecuente fue *Brachionus caudatus* (100%) y la más abundante fue *Brachionus falcatus* (96 Org/L), siendo la familia Brachionidae la que registró la mayor riqueza de especies.

Se registraron cinco componentes principales que representan el 93.0178% de la variación total de las variables, observando que la cantidad de zooplancton está relacionada con el factor edáfico. Así mismo el análisis de cluster agrupa a las variables físicas, químicas y biológicas en tres grupos: uno en la temporada de secas cálidas, el segundo en la temporada de secas frías y otro en la temporada de lluvias. Siendo en la época de secas cuando se registró mayor riqueza de especies y abundancia de zooplancton.

El microreservorio se considera eutrófico, ligeramente alcalino, con aguas cálidas (25 °C), bien oxigenadas (6.9 mg/L), con aguas duras. Este sistema presenta buena productividad y alta disponibilidad de alimento necesario para la alimentación de *Oreochromis niloticus*, especie que es explotada por los pescadores de la región.

**ÍNDICE**

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
<b>GRUPOS PRINCIPALES DE ZOOPLANCTON</b> .....	<b>14</b>
<b>ROTÍFEROS</b> .....	<b>14</b>
<b>CLADÓCEROS</b> .....	<b>16</b>
<b>COPÉPODOS</b> .....	<b>17</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>19</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>24</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>25</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b> .....	<b>25</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b> .....	<b>26</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	<b>29</b>
<i>Trabajo de campo</i> .....	<b>29</b>
➤ <i>Muestreo de material biológico</i> :.....	<b>30</b>
<i>Trabajo de laboratorio</i> .....	<b>30</b>
➤ <i>Densidad poblacional</i> .....	<b>30</b>
➤ <i>Determinación Taxonómica</i> .....	<b>31</b>
➤ <i>Clorofila “a”</i> .....	<b>31</b>
<i>Fase de Gabinete</i> .....	<b>32</b>
➤ <b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> .....	<b>32</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
➤ <i>Riqueza específica</i> .....	<b>34</b>
➤ <i>Variación temporal del zooplancton</i> .....	<b>41</b>
➤ <i>Dominancia de especies</i> .....	<b>43</b>
➤ <i>Densidad poblacional</i> .....	<b>44</b>
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> .....	<b>56</b>
➤ <i>Diversidad</i> .....	<b>56</b>

➤ <i>Componentes Principales</i> .....	57
➤ <i>Análisis de Cluster</i> .....	59
<i>DISCUSIÓN</i> .....	61
<i>CONCLUSIONES</i> .....	71
<i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	72



## INTRODUCCIÓN

México cuenta con 320 cuencas hidrográficas, de los cuales 49 512 km<sup>2</sup> son aguas interiores (Sugunan, 1997; Tamayo, 1998) y cubren menos del 2% de la superficie de la tierra (Hernández y García, 2007). En nuestro país los recursos hídricos están constituidos por ríos, arroyos, lagos y lagunas, llamados aguas epicontinentales o superficiales, así como almacenamientos subterráneos y grandes masas de agua oceánica (García-Calderón y De la Lanza-Espino, 2002).

Gracias a la ubicación geográfica y accidentada topografía que presenta el país, se favorece el desarrollo de una gran variedad de cuerpos de agua, diversidad de climas, tipos de vegetación, fauna y una alta productividad agrícola. Además, posee un gran potencial en cuanto a cuerpos de agua, tanto por su distribución como por su número. Estos sistemas acuáticos desempeñan un papel fundamental desde el punto de vista ecológico, ya que la biodiversidad de las aguas continentales forma parte importante del patrimonio nacional y se encuentra en la actualidad muy degradada por un manejo ineficiente y la falta de planeación (Namihira-Santillán *et al.*, 2002; Aguilar, 2003).

En cuanto a los ambientes de carácter léntico o sin movimiento, se han reconocido aproximadamente 14 000 cuerpos de agua localizados en la República Mexicana (Athié, 1987); los microembalses o bordos representan el 67.13% de los cuerpos hídricos y cubren 188 781 hectáreas, que representan el 14.74% de la superficie inundada de aguas epicontinentales, la mayoría de estos embalses tienen una superficie entre una y diez hectáreas (Hernández-Avilés *et al.*, 2002). Cabe destacar que los microembalses menores a 10 hectáreas, aproximadamente constituyen el 90% del número total de cuerpos de agua en México y son sistemas temporales (Rojas-Hoyo, J., 1986; Arredondo-Figueroa y García-Calderón 1982). Se encuentran ampliamente distribuidos en la región centro-occidente de México, particularmente en los estados de Guanajuato, Michoacán y Jalisco (Athié, 1987); estos sitios se consideran nichos ecológicos, que permiten la dispersión y sobrevivencia de diferentes organismos dulceacuícolas como peces, reptiles y anfibios (López-Blanco y Zambrano-González, 2001), por lo que son receptores de una gran diversidad de animales endémicos del país (Zambrano y Macías, 1999).

“Los bordos son reservorios artificiales de agua temporal o permanente, con una cortina rústica construida de tierra, generalmente está constituido por aguas turbias debido a la abundancia de los sólidos en suspensión y a la materia orgánica; la calidad del agua está en función de la región hidrológica a la que pertenece y de las sales disueltas que contenga. La forma que presentan estos microembalses generalmente es circular, pero puede variar en función a las características del terreno y por sus dimensiones se favorece un mayor intercambio de materiales con la cuenca y un incremento en la tasa de sedimentación. Estos sistemas se encuentran localizados en zonas con pendientes pronunciadas o están comunicados por medio de afluentes, lo que asegura un llenado en la época de precipitación pluvial. En general se les considera como embalses someros con profundidades máximas entre uno y cinco metros, que se forman en la época de lluvias” (Hernández-Avilés *et al.*, 2002; Hernández-Avilés *et al.*, 2007).

Las variaciones de nivel de los microembalses se incrementan por la marcada influencia del entorno, especialmente con la temperatura, por lo que la permanencia de agua depende de los procesos de precipitación, evaporación así como de otros factores secundarios de ganancia de agua: escurrimientos, flujos de agua subterránea, pérdidas por filtración y captación por parte de la vegetación aledaña (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Hernández Avilés *et al.*, 2002). En función a la permanencia de agua, estos microembalses se clasifican de la siguiente manera: sistemas **permanentes**, presentan un volumen remanente constante cada año, **semipermanentes**; aquellos que se llegan a secar en forma esporádica; y los **temporales**, con duración de agua entre seis y ocho meses al año (Hernández-Avilés *et al.*, 2002).

En general los cambios del nivel de agua en cuerpos acuáticos ocurren estacionalmente y coinciden con los cambios de temperatura (Wallace *et al.*, 2006). Por lo tanto, se producen cambios en las propiedades físicas, químicas, estructura biológica y la dinámica de los entornos en los ecosistemas. Con frecuencia las comunidades experimentan un proceso de reestructuración durante un ciclo anual (Azevedo y Costa-Bonecker, 2003). En aguas subtropicales las variaciones estacionales más significativas están relacionadas con las épocas de secas y de lluvias, lo que resulta una clara distinción con los sistemas templados (Wallace *et al.*, 2006).

Estos sistemas se caracterizan por dos etapas: de dilución de los materiales en solución y suspensión, con el decremento en la alcalinidad, dureza y conductividad, consecuencia de la época de lluvias y la fase de concentración durante la época de secas, en la cual se incrementan estos componentes, al reducirse el volumen por evaporación, infiltración, uso del agua para riego y abrevadero (Hernández-Avilés *et al.*, 2007). En la fase de dilución se favorece la cadena del pastoreo, al presentarse una zona fótica o de penetración de luz entre los 0.8 y 2 metros y una concentración de nutrientes que permite una mayor diversidad fitoplanctónica (bacilarioficeas, cloroficeas y cianoficeas) y zooplanctónica (cladóceros, copépodos, rotíferos). Mientras en la fase de concentración predomina la cadena de detrito, debido al incremento de plancton (cianofitas y rotíferos) (Hernández-Avilés *et al.*, 2002).

En estos pequeños cuerpos acuáticos existe una estrecha relación de la temperatura del agua con la temperatura ambiental, además, por la acción del viento se presenta la misma condición térmica a lo largo de toda la columna de agua; aunque en ciertos momentos del día existe una discontinuidad térmica que con el trabajo producido por el viento se rompe con facilidad. Estos embalses se encuentran dentro de la clasificación de polimícticos cálidos continuos o discontinuos, por ser someros y encontrarse en latitudes tropicales (Lewis, 1983).

Entre los principales usos que se les dá, está la generación de energía eléctrica, riego de cultivos en los periodos críticos del temporal, suministro de agua para la ganadería, asentamientos humanos, usos industriales (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; De la Lanza y García, 2002) y para actividades de extensionismo acuícola, sobre todo con la siembra de alevines para la producción piscícola, principalmente de especies exóticas (Hernández-Avilés *et al.*, 2007). Los usos actuales de los embalses son consecuencia del incremento de la población, que en las últimas cinco décadas se cuadruplicó, al mismo tiempo que pasó de ser predominante rural (54%) a principalmente urbana (76.5%), en el mismo periodo del tiempo (CNA, 2007).

La mayoría de estos microembalses presentan un gradiente desde la típica eutrofia hasta la hipereutrofia y se mantienen en ese estado ya que no pueden compensar el proceso debido a que son someros y tienen una estrecha relación con el sedimento, el clima de la zona y la morfometría de la cubeta (Ponce y Arredondo-Figueroa, 1986; Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992); además reciben en forma constante el aporte de nutrimentos procedentes de la cuenca de

captación, donde generalmente se llevan a cabo actividades antropogénicas (descargas de desechos biodegradables procedentes de la industria y urbanas, así como el uso intensivo de fertilizantes en la agricultura, generando sustancias tóxicas, lluvia ácida, los aportes causados por la deforestación y los desechos de la ganadería que ocurren al abreviar a estos sitios, etc.) por lo que estos sistemas trabajan a un ritmo acelerado (Arredondo–Figueroa y Flores-Nava, 1992; Alcocer y Lugo, 1995; Lugo *et al.*, 1998; Quiroz *et al.*, 2006; Roldán y Ramírez, 2008), al verse roto el equilibrio y dando lugar a la degradación de la calidad de sus aguas, lo que ocasiona daños y zonas contaminadas que resulta difícil recuperar a no ser que sea de forma lenta y/o artificial, limitando todos los usos posteriores del agua, o causando efectos negativos al ser usada, por las elevadas concentraciones de contaminantes como son el nitrógeno y el fósforo (De la Lanza y García, 2002).

En los últimos años se ha demostrado que los microembalses tienen una gran importancia ecológica y alta potencialidad de recursos (Margalef, 1983; Scheffer, 1997; Zambrano y Macías, 1999) en las áreas rurales de México desde el punto de vista económico, al ser sistemas productivos ricos en nutrimentos, la mayoría de ellos son eutróficos y por ende, adecuados para la acuicultura (Hernández-Avilés *et al.*, 2007).

Ante esto, se hace necesario complementar el monitoreo rutinario de la calidad del agua tomando en cuenta la presencia y abundancia de los organismos presentes en ambientes contaminados (De la Lanza *et al.*, 2000), ya que las elevadas concentraciones de nutrimentos, resultan en una densidad alta de fitoplancton y cambios de composición y/o florecimiento que puede ocurrir en ciertas épocas o durante todo el año en sistemas acuáticos (Harper, 1992). Los altos niveles y los cambios en productividad primaria modifican las condiciones bióticas y abióticas del sistema, alterando las redes tróficas y la distribución espacial y temporal del zooplancton, así como el aumento en la demanda bioquímica de oxígeno, fluctuaciones en el pH y disminución de la transparencia en la columna de agua (Scholten *et al.*, 2005).

En la evaluación de la calidad de agua, generalmente se relacionan las concentraciones de diferentes parámetros físico-químicos y su efecto favorable o adverso en las comunidades acuáticas. La Comisión Nacional del Agua, aplica el Índice de Calidad del Agua (ICA) que conjunta un total de 15, 18 e incluso 35 variables físico-químicas, contaminantes y microbiológicas (CNA, 2002).

Los principales contaminantes que modifican la calidad de agua natural de las corrientes de agua son: materia orgánica, que ocasiona la disminución de oxígeno disuelto; nutrientes, que provoca la eutrofización, grasas y aceites que ocluyen las agallas de los peces y disminuyen la transferencia de oxígeno; organismos patógenos, metales pesados, detergentes y plaguicidas que afectan a la salud humana, a la flora y fauna acuática (Chávez Aguilar, 2000).

Con base en lo anterior, en el presente estudio se evaluaron las condiciones físicas, químicas y biológicas (zooplancton) en el embalse Huitchila con el fin de analizar la situación actual, ya que es de vital importancia para las actividades que se llevan a cabo en el sistema, como son: uso de agua de riego y como aspecto secundario, la acuicultura.

## MARCO TEÓRICO

Los microembalses de agua dulce constituyen un excelente hábitat para las comunidades bénticas, nécticas y pláncticas dependiendo de las cantidades de nutrientes que contenga el medio (Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel, 2003; Navarrete-Salgado *et al.*, 2008). El plancton es la comunidad que vive suspendida en la columna de agua, son transportados por las corrientes (movimiento pasivo) (Wetzel, 2001; Aguilar, 2003); presenta un comportamiento temporal relacionado con factores ambientales como: la luz, que provoca y dirige los movimientos propios de los organismos y regula su distribución vertical; la temperatura, que afecta la densidad del agua y tiene una influencia directa sobre la velocidad de los procesos fisiológicos y el oxígeno disuelto, cuya concentración influye en la distribución y abundancia del zooplancton, pues la gran mayoría de los organismos son aerobios (Moss, 1980).

El plancton puede dividirse en dos grupos, el primero constituido por organismos autótrofos llamado fitoplancton (productores primarios), mientras que el segundo grupo denominado zooplancton (consumidores primarios) alberga a los animales (Wetzel, 2001; Aguilar, 2003).

El zooplancton constituye un eslabón clave en la trama trófica de los sistemas acuáticos (López *et al.*, 2001); su composición específica puede ser un excelente criterio para caracterizar el estado trófico de estos sistemas acuáticos, gracias a que comprende una gran variedad de organismos con periodos de vida cortos, altas tasas de crecimiento, reproducción rápida, así como su limitado poder de locomoción (Conde-Porcuna *et al.*, 2004) y por poseer una alta sensibilidad a los cambios en las características físico-químicas, estos organismos suelen ser buenos indicadores biológicos y pueden proporcionar información sobre el estado de la biota referente a parámetros como biodiversidad o grado de intervención humana (Adams y Greeley, 2000; Sánchez *et al.*, 2001; Iannacone *et al.*, 2002; Mac Nally y Fleishman, 2004; Kati *et al.*, 2004; Pinto-Coelho *et al.* 2005; Iannacone y Alvaríño, 2007).

La importancia del zooplancton radica en que está colocado en la cadena trófica desde bacterias, detritos y fitoplancton hasta los niveles tróficos superiores, ya que son el eslabón entre productores primarios y los consumidores secundarios. Asimismo, son la presa preferida para vertebrados e invertebrados. Resulta ser alimento fundamental y fuente de energía para los peces durante las etapas cruciales de reclutamiento (Brooks y Dodson; 1965; Smith, 1979; Wallace *et al.*, 2006); también desempeñan otras funciones como: la recirculación del agua (mejorando su calidad), la generación de heterogeneidad ambiental con la creación de corrientes, difusión de elementos químicos (biocatálisis) y la estabilización y regulación del ecosistema (Ostroumov, 2005).

Por otra parte el zooplancton como consumidor primario es responsable de la producción secundaria del sistema acuático, por lo que estos sistemas acuáticos dependen básicamente del zooplancton, debido al papel principal que desempeñan en la transferencia de energía de productores primarios a los niveles tróficos más altos, un claro ejemplo son los Copépodos, Cladóceros y Rotíferos (Yurista y O'Brien, 2001).

## GRUPOS PRINCIPALES DE ZOOPLANCTON

El zooplancton de aguas dulceacuícolas está compuesto principalmente por tres comunidades (por su cantidad de biomasa y diversidad), los rotíferos y dos subclases de los crustáceos, los cladóceros y los copépodos (Margalef, 1983; Conde-Porcuna *et al.*, 2004; Elías -Gutiérrez, 2006). En México, la mayoría de los cuerpos de agua tienen estos grupos bien representados (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2001).

### **ROTÍFEROS**

El Phylum Rotifera constituye un grupo de metazoos microscópicos, existen aproximadamente 2000 especies descritas en tres clases: Seisonidea, Bdelloidea y Monogononta, de las cuales México cuenta con 300 sp. (Sarma y Elías-Gutiérrez, 1999; García-Morales y Elías-Gutiérrez, 2004), la mayoría de ellas conocidas por la presencia de las hembras, que son el estadio dominante durante la mayor parte del ciclo de vida de estos organismos (Elías-Gutiérrez, 2006). Estos organismos llegan a medir entre 50 y 2000  $\mu\text{m}$  (Barnes, 1989; García-Morales, 2000; Segers, 2008; Sarma *et al.*, 2009).

Estos organismos están constituidos por un número fijo de células (Nogrady *et al.*, 1993), en general poseen dos características distintivas: la región **apical** (cabeza) con una zona ciliada llamada **corona**, que es usada en la locomoción y en la obtención de alimento. La otra característica es que poseen faringe muscular, el llamado **mastax**, una estructura formada por un complejo de mandíbulas rígidas hechas de quitina, llamado **trofi**, la cual es usada para agarrar, desgarrar, triturar o macerar el alimento; también poseen un tronco y finalmente el pie, éste se encuentra en organismos que están asociados a un sustrato (organismos sésiles) y las especies que no lo presentan son libres-nadadoras (Margalef, 1983; Douglas-Grant, 2001) (Figura 1).



Figura 1. Morfología general de un rotífero

La alimentación en la mayoría de las especies de rotíferos, es por filtración (bacterias, detritus y pequeñas algas) aunque existen especies con hábitos carnívoros (Wallace *et al.*, 2006). Su estrategia de reproducción asexual es por partenogénesis cíclica y la reproducción sexual se presenta en condiciones desfavorables, generándose huevos de resistencia manteniendo su viabilidad durante largos periodos (García-Roger *et al.*, 2006). Los factores que afectan la reproducción, la supervivencia y el crecimiento del zooplancton son la temperatura así como la cantidad y calidad nutricional de alimento (Sarma *et al.*, 2002), ya que han demostrado que un incremento en la temperatura acelera la eclosión de



huevos, reduce la edad de reproducción y la densidad de alimento, causa un incremento en la producción de huevos y reduce la longevidad (Sarma y Nandini, 2002).

## CLADÓCEROS

Estos organismos son conocidos comúnmente como pulgas de agua, existen más de 500 especies, agrupadas en 3 órdenes: Anomopoda, Ctenopoda y Onychopoda, México presenta actualmente unas 150 especies. Los cladóceros pertenecen a una subclase de los crustáceos, cuyo tamaño es de 0.2 a 3.0 mm de longitud. Su cuerpo está dividido en cabeza, tórax y abdomen, este último cubierto por un caparazón bivalvo que se prolonga hasta la cabeza cubriéndola y en las hembras forma una cámara incubadora en la parte dorsal. La cabeza presenta un ojo compuesto, anténulas y antenas, el tórax presenta cinco o seis pares de apéndices torácicos denominados torácopodos, con funciones respiratorias filtradoras (Margalef, 1983; Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008) (Figura 2).

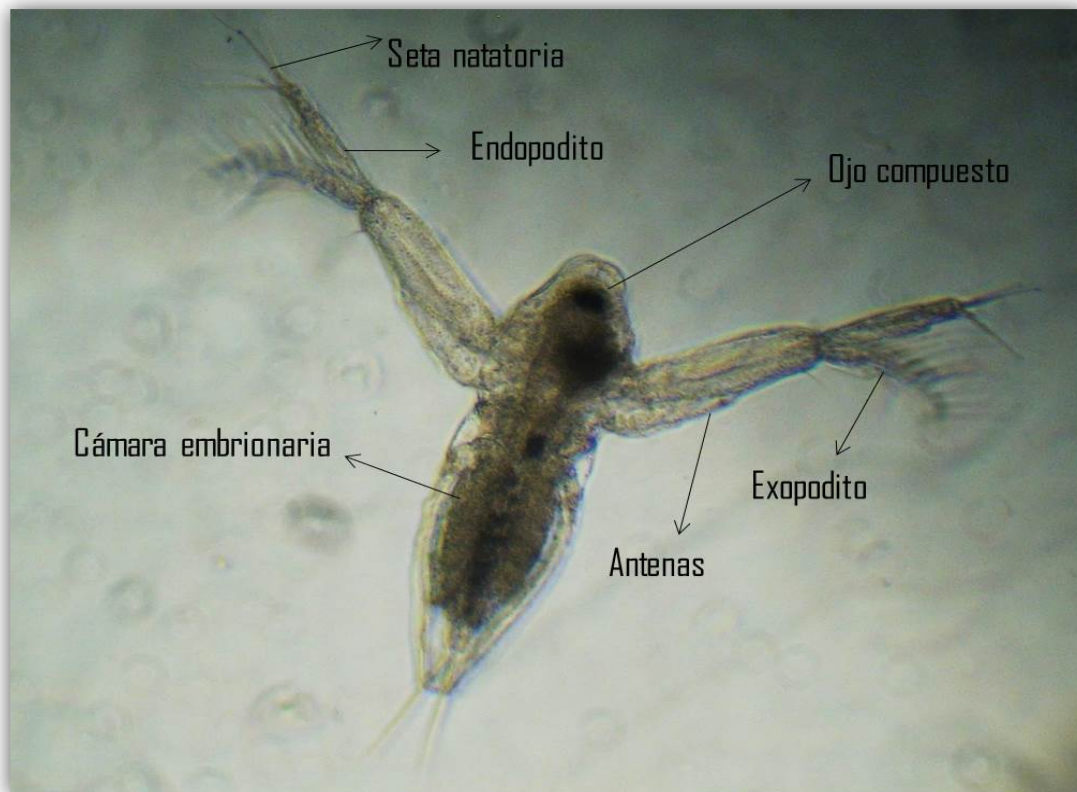


Figura 2. Morfología general de un cladóceros

En su mayoría estos organismos son filtradores y tienen la capacidad de alimentarse de fitoplancton y residuos orgánicos, presentan altos coeficientes de reproducción y amplia tolerancia ambiental (Peña-Aguado, 2003). Una de las características que comparten los cladóceros con los rotíferos es el de combinar en sus ciclos de vida la partenogénesis y la reproducción sexual. La partenogénesis les permite colonizar rápidamente nuevos nichos gracias a la rápida generación de nuevos individuos (Dodson y Frey, 2001) y la reproducción sexual promueve la diversificación genotípica ayudando a la permanencia de la especie (Margalef, 1983).

## **COPÉPODOS**

El grupo más importante por su abundancia dentro del zooplancton son los copépodos, ya que pueden representar entre un 60% y 80% de la biomasa zooplanctónica y miden aproximadamente 0.5 y 2.0 mm (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). Representan más de 2000 especies con una tasa de endemismos relativamente alta y, se destacan tres órdenes: Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida. En México se tienen registradas unas 100 especies de agua dulce (Suárez-Morales y Elías-Gutiérrez, 2003), la mayoría de estos registros de copépodos son de vida libre (Suárez-Morales *et al.*, 2000).

Los copépodos están conformados por 16 somitas, arreglados en dos grandes regiones: el cefalotórax o prosoma que posee seis pares de apéndices (los cuatro primeros nadadores y el último modificado para la reproducción y de carácter taxonómico), que incluyen las anténulas, antenas, mandíbulas, maxílulas y las maxilas. Y por último el abdomen o urosoma, más corto y angosto y tiene como máximo cinco segmentos que pueden estar fusionados, en el extremo posterior se encuentra la rama caudal formada por un grupo de setas plumosas de longitud y grosor variable (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008) (Figura 3).

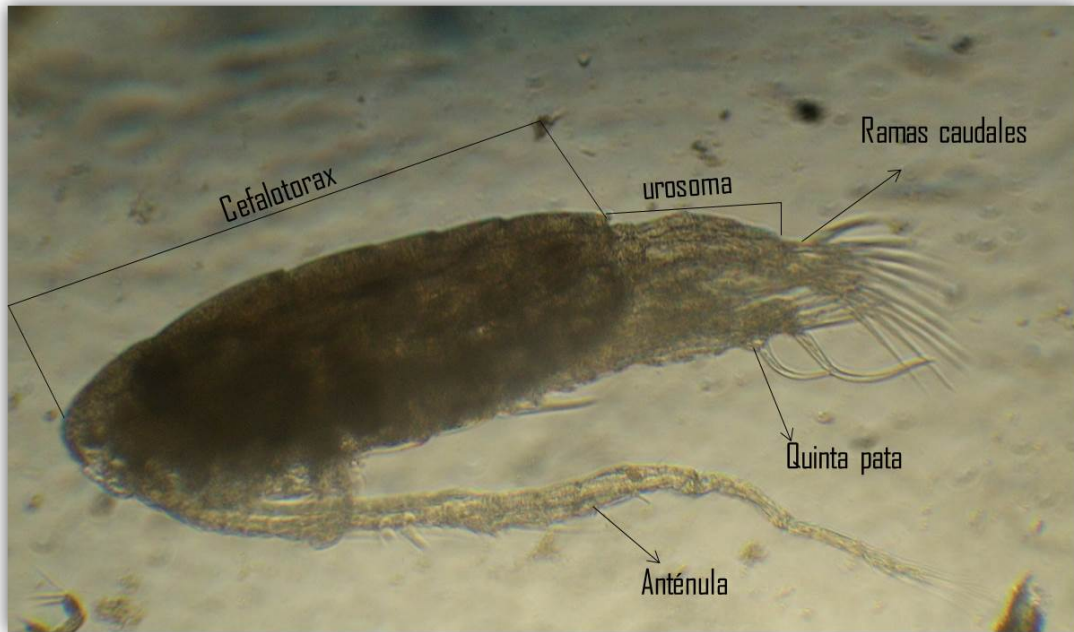


Figura 3. Morfología general de un copépodo

Estos organismos se alimentan de diferentes fuentes (algas, detritus, bacterias rotíferos y a veces larvas de pez, se pueden encontrar especies detritívoras, herbívoras, omnívoras y carnívoras (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). La diversidad de estos organismos se debe a la adaptación y adecuación de sus partes bucales, lo que les permite desarrollar los hábitos mencionados (Suárez *et al.*, 1996). La reproducción que presentan es sexual, el macho presenta un testículo comunicado a la vesícula con un conducto deferente, mientras que la hembra presenta un solo ovario que puede estar separado por un oviducto que esta comunicado mediante un gonoporo (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

## ANTECEDENTES

En México existe una carencia casi absoluta de trabajos faunísticos sobre copépodos, cladóceros y rotíferos, y los pocos que existen al respecto son básicamente de índole descriptiva (Gutiérrez y Sarma, 1999). Gracias al gran uso que se les da en la acuacultura y como indicadores de la calidad del agua, el estudio biológico se ha incrementado, pero autores como Sarma y Elías-Gutiérrez (1999) hacen énfasis de que aún faltan características particulares de su biología, ecología, taxonomía, riqueza y distribución por conocer.

Entre los estudios realizados en el Estado de Morelos se encuentran el de Pillado (1982), quién realizó un estudio para conocer las características hidrobiológicas así como las fluctuaciones de algunos crustáceos microscópicos de la presa Palo Blanco, Morelos. Los resultados muestran que el grupo de las dafnias y los copépodos resultaron ser los dominantes dentro de los que destacan *Daphnia pulex* y *Diaptomus novamexicanus* y las fluctuaciones en las poblaciones de los crustáceos son debidas a cambios externos producidos por los cambios climáticos.

Porras (1984) integró en un estudio el conjunto de datos morfométricos de embalses situados en la Cuenca Oriental del Estado de Morelos; encontró que la configuración de los embalses varió considerablemente de circular a elipsoidal, con una cubeta tipo parabólico y conos elípticos, además describió la importancia de amplias fluctuaciones a lo largo del período de estudio.

Porras (1986) llevó a cabo un estudio en varios bordos y embalses temporales del estado, en el que se determinaron los factores morfométricos, la calidad del agua con base en parámetros físico y químicos y el metabolismo de la comunidad (fitoplancton, zooplancton y peces). Registró dos fases: de dilución y concentración con una correlación estrecha con el aporte de agua de la barranca y del canal que los abastece; además, menciona que estos sistemas están en un estado de oligotrofia y uno en el límite de la eutrofia.

Granados (1990), realizó un estudio sobre la calidad de agua, productividad primaria, composición y variación temporal de zooplancton y fitoplancton de la presa Emiliano Zapata, bordo Zacualpan y lago Coatetelco. Concluyó con base en estos análisis que estos sistemas se clasifican de la siguiente manera: Lago Coatetelco (ambiente eutrófico), Presa Emiliano Zapata (ambiente mesotrófico) y bordo Zacualpan (ambiente eutrófico).

Hernández-Avilés y Peña (1992), encontraron dos bordos semi-permanentes chavarría y Michapa, localizados en el Municipio de Coatlán del Río, Estado de Morelos,, caracterizados por localizarse sobre rocas fácilmente erosionables, formas circulares y con un escaso desarrollado en las comunidades litorales. Asimismo, de acuerdo con el desarrollo del volumen los sistemas tenían una forma sinusoide elíptica, cuya conformación permitió una mayor acumulación de sedimentos, con profundidades relativas inferiores al 2%, y una baja pendiente de las paredes, que provocó una inestabilidad térmica de la columna de agua. El zooplancton estuvo conformado por cladóceros, copépodos y rotíferos, presentando mayor abundancia este último.

González y López (1997) realizaron un estudio en la Presa Emiliano Zapata, determinaron la morfometría, la batimetría, la composición química, física y biológica, para establecer la calidad de este cuerpo acuático. Reportaron que existe una gran diversidad de especies de fitoplancton, mientras que la diversidad del zooplancton fue menor. Como resultado obtienen que la calidad del agua es óptima para la vida acuática, el riego y el abrevadero.

López-López y Serna-Hernández (1999). Reportan un total de 57 especies de fitoplancton en el embalse Ignacio Allende, con una floración algas verdes-azules en el verano, seguido por el dominio de diatomeas en los meses más fríos. Chlorophyceae llegó a ser dominante por registros altos de temperatura. Bacillariophyceae y Cyanophyceae tuvo la mayor riqueza de especies, mientras Dinophyceae y Euglenophyceae tuvieron los valores más bajos. La floración de *Anabaena variabilis* y la abundancia de *Ceratium hirundinella*, *Aulacoseira granulata* y *Fragilaria crotonensis* están asociados con aguas eutróficas tropicales. Para el zooplancton registraron 39 especies, por su alta frecuencia y gran densidad fueron dominantes las siguientes especies: *Diaphanosoma birgei*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia parvula*, *Diaptomus (Mastigodiptomus) montezumae*, *Acanthocyclops vernalis*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris* y *Asplanchna priodonta*. La riqueza de especies más bajo se produjo durante la estación seca, en los meses fríos.

Díaz (2000) llevó a cabo un análisis de la diversidad y distribución de los organismos bentónicos en el lago Zempoala, así como su relación con algunos parámetros físicos y químicos del agua y del sedimento, indicando una mayor abundancia de éstos organismos en la zona litoral presentando una mayor relación con el oxígeno y la temperatura.

Trejo-Albarran *et al.* (2000) reportan para el lago de Zempoala, 26 especies de zooplancton: dos de copépodos, 3 de Cladóceros y 21 especies de rotíferos; este último ocupa el 47 %, seguido de los cladóceros con 30.8% y los copépodos con 21.9%. La especie mejor representada fue *Daphnia laevis* con densidad de 13 032 org/l, de los rotíferos *Polyarthra vulgaris* con 11 822 org/l y *Keratella cochlearis* 6 442 org/l. La variación temporal de las poblaciones está sujeta a ciertas alteraciones periódicas e irregulares, lo que provoca cambios en la vitalidad de las relaciones numéricas entre especies que se encuentran ligadas a cambios físicos y químicos que se producen en el ambiente.

Dorantes y Zavala (2003) llevaron a cabo muestreos mensuales en la Presa Emiliano Zapata, el Lago el Rodeo y el Lago Coatetelco. La Presa Emiliano Zapata y el Lago El Rodeo se clasificaron como sistemas monomícticos cálidos y el Lago Coatetelco como cálido polimíctico continuo. Se analizaron los factores físicos y químicos de cada sistema mencionado. Respecto al fitoplancton de la Presa Emiliano Zapata y el Lago Coatetelco se determinaron un total de 26 especies, en el Lago El Rodeo se identificaron 30 especies. El zooplancton estuvo constituido por copépodos (*Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*), cladóceros (*Moina micrura* y *Diaphanosoma birgei*) y rotíferos (*Brachionus sp.*, *Filinia sp.* y *Keratella sp.*); en la Presa Emiliano Zapata se registraron 7 especies, en el Lago el Rodeo y Coatetelco solo se determinaron 6 especies. La Presa Emiliano Zapata se clasificó como eutrófico durante la estación de secas e hipertrófico durante las lluvias. El Lago Coatetelco se consideró como un sistema en estado eutrófico a hipertrófico, mientras el lago El Rodeo se clasificó como mesotrófico.

Gómez-Márquez *et al.*, (2003) realizaron un estudio de zooplancton en el lago Coatetelco, reconocieron cinco especies: el calanoideo *Arctodiaptomus dorsalis* como el más abundante con una densidad de 61,202 ind/m<sup>3</sup> seguido del cladóceros *Diaphanosoma birgei*.

Granados-Ramírez y Álvarez–Del Ángel (2003) presentan una contribución al conocimiento sobre la biodiversidad de la Subcuenca Cuautla, Morelos, abarcando los embalses Amate Amarillo, Las Teclas y Palo Blanco, donde se determinaron 16 especies de rotíferos encontrando como géneros dominantes a *Brachionus*, *Filinia* y *Horaella*, ya que en la actualidad son considerados de amplia distribución.

Díaz-Vargas *et al.*, (2005) analiza las condiciones físicas, químicas del agua y el sedimento en el Lago Zempoala, donde señala que las condiciones y dinámica del sedimento, se ven reflejadas en el resto de la columna de agua, considerándolo un sistema productivo con tendencias a la eutrofización.

Molina-Astudillo *et al.*, (2005) al trabajar en un estanque rústico en Cuautla, Morelos mencionan que el zooplancton estuvo dominado por dos copépodos (*Cyclops bicuspidatus* y *Diaptomus albuquerquensis*) y un cladóceros (*Diaphanosoma brachyurum*) y se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre la distribución del plancton y la temperatura.

Elías-Gutiérrez (2006) llevo a cabo un trabajo donde incluye un análisis taxonómico detallado del zooplancton limnético y litoral de 50 sistemas del Estado de Morelos que comprende desde la región de Zempoala a la cuenca del río Amacuzac, analizando la microfauna zooplanctónica de los tres grupos principales (Copépoda, Cladóceros y Rotífera). Trabajo en el cual se registraron 305 especies de rotíferos y 162 especies de cladóceros en ambientes dulceacuícolas del país.

Ortiz-Rivera (2006) analizó muestras de agua en sistemas acuáticos presentes en la parte centro poniente del estado de Morelos. Encontró que la composición del zooplancton está dada por los siguientes grupos: los cladóceros fueron el grupo más abundante, seguidos por los copépodos (Ciclopoideos y Calanoideos) y la menor abundancia para los grupos de ciliados y rotíferos. Determinó un total de 19 especies, 13 géneros y 9 familias. Las especies con mayor presencia fueron *Diaphanosoma birgei*, *Moina micrura* y *Arctodiaptomus dorsalis*. Los sistemas con mayor número de especies fueron Zempoala con 8 especies y la Joya 1 con 7 especies.

Parra *et al.*, (2006) identificaron en dos embalses (San Ignacio y Laguna de en medio) un total de 16 géneros con 16 especies de zooplancton indicando que no existe una gran diversidad en estos ambientes altamente productivos.

Granados-Ramírez *et al.*, (2007) reconocieron 30 especies de rotíferos en tres embalses de la Subcuenca Cuautla Morelos, México (Amate Amarillo, Las Teclas y Palo Blanco). El género *Brachionus* y las especies *Horaella thomassoni*, *Asplanchna sieboldi* y *Filinia longiseta* son las poblaciones mejor representadas en los tres ambientes acuáticos.

Gómez-Márquez *et al.*, (2007) mencionan que el lago Coatetelco es un sistema somero y puede clasificarse como eutrófico-hipertrófico, se considera productivo, ya que presenta valores de profundidad promedio menores a un metro, favoreciendo así la interrelación entre la columna de agua y los materiales del fondo. En cuanto al zooplancton registraron un total de cinco especies. Los copépodos (*Arctodiaptomus dorsalis*, *Thermocyclops inversus*) estuvieron presentes con altas abundancias relativas (78.27%); los cladóceros (*Diaphanosoma birgei*) fue el segundo grupo de importancia en cuanto a abundancia relativa (18.68%) y por último, los rotíferos (*Brachionus falcatus*, *Filinia terminalis*) sólo representaron el 3.04% del total del zooplancton.

Gómez-Márquez *et al.*, (2008) evaluaron la composición, abundancia y variación temporal de la comunidad del zooplancton durante un ciclo anual en el Lago El Rodeo y su relación con los factores físicos y químicos del agua. La comunidad zooplanctónica estuvo compuesta por copépodos pertenecientes a la clase Maxillopoda con dos especies (*Mastigodiptomus albuquerquensis*, *Thermocyclops inversus*) y representaron el 59% de la densidad total del zooplancton, seguida de la clase Brachiopoda con dos especies (*Diaphanosoma birgei*, *Moina micrura*) y por último los rotíferos con cuatro especies (*Brachionus falcatus*, *Brachionus quadridentatus*, *Asplanchna sp.* y *Zacharias sp.*) de la clase Eurotatoria. Indicaron que la cantidad de zooplancton se relaciona más con la cantidad de fitoplancton, la temperatura del agua y del ambiente y la cantidad de precipitación pluvial representando el 83.85 % de la variación total de las variables.

Quiroz-Castelán *et al.*, (2010) evaluaron las condiciones de la calidad del agua de la Presa "El Abrevadero" y señalan que hay diferencias significativas en los parámetros físico-químicos entre los diferentes muestreos para el cultivo de la mojarra tilapia.



## JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas dulceacuícolas son quizás de los más frágiles, porque el agua está comprometida con el avance de los asentamientos humanos, modificando los regímenes hidrológicos, la calidad y la disponibilidad de esta, ya que experimentan cambios físicos, químicos y que en consecuencia afectan la capacidad del agua para sustentar a las comunidades vegetal, animal y a la humana. Así el análisis de la variabilidad del zooplancton tiene un papel importante en la transferencia de energía, dinámica de alimentos, así como en la estabilidad, productividad secundaria y aumento de la biomasa disponible en la red trófica de los sistemas acuáticos que involucra a los recursos pesqueros y la dinámica de sus poblaciones. De esta manera estos organismos se consideran recursos biológicos potenciales ya que son fuente de alimento indispensable para el desarrollo larval de peces, lo que se traduce en un alto valor ecológico y de importancia económica pesquera.

## OBJETIVO GENERAL

Analizar la composición, abundancia y diversidad del zooplancton y su relación con la calidad de agua en el Bordo Huitchila, Mor.

## OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la variación temporal de la abundancia, composición y la diversidad del zooplancton.
- Analizar la variación de la conducta físico y química (pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, alcalinidad y dureza total) del sistema acuático y su relación con la abundancia del zooplancton.
- Evaluar la relación entre la calidad de agua con la abundancia del componente zooplanctónico.

## DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El microembalse Huitchila se encuentra en el municipio de Tepalcingo, estado de Morelos, entre los  $18^{\circ}39'40.35''$  y  $18^{\circ}38'55.74''$  latitud Norte y  $98^{\circ}54'50.25''$  y  $98^{\circ}55'37.34''$  longitud oeste, a 1160 metros sobre el nivel del mar (Figura 4 y 5) (INEGI, 2009). Tiene una longitud máxima de 605.38 m, ancho máximo de 283.36 m y profundidad máxima de 5 m aproximadamente.

El municipio limita al norte con los municipios de Ayala y Jonacatepec; al este con Jonacatepec, Axochiapan; al sur con Tlaquiltenango y el Estado de Puebla; al oeste con Ayala y Tlaquiltenango. Tiene una superficie de 349.713 kilómetros cuadrados que representa el 7.53% de la superficie del estado (INEGI, 2009).



**Figura 4. Microembalse Huitchila, Morelos**

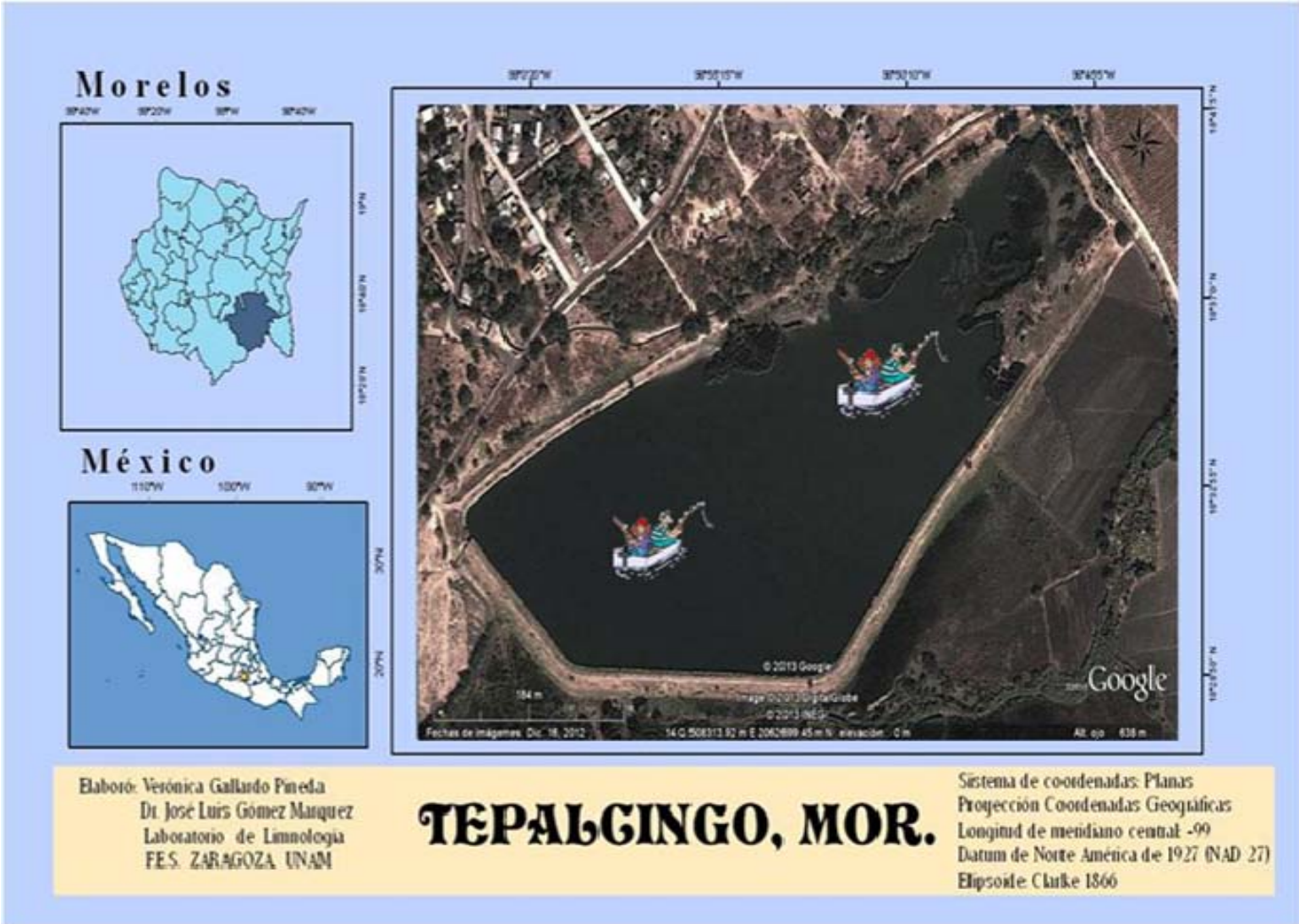


Figura 5. Ubicación del microembalse Huitchila en el Estado de Morelos

## CLIMA

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García (2004), el clima que predomina en esta zona es cálido sub-húmedo (Aw" (w) (i') g), con lluvias en verano, con precipitación y temperatura media anual de 800-1000 mm y 22 °C a 26 °C respectivamente (INEGI, 2009).

## VEGETACIÓN

La vegetación predominante es selva baja caducifolia con (*Jacaranda mimosifolia*), bugambilia (*Bougainvillea* spp.), tabachín, cazahuate (*Ipomosa wolcottina*). En cuanto a fauna se encuentran:

Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), jabalí de collar (*Pecari tajacu*), mapache (*Procyon lotor*), tejón (*Nasua narica*), zorrillo (*Spilogale putorius angustifrons*), armadillo (*Dasyus novemcinctus*), liebre (*Lepus*), conejo común (*Sylvilagus cunicularis*), gato montés (*Lynx rufus oaxacensis*), tlacuache (*Didelphys virginiana*), chachalaca (*Ortalis poliocephala*), urraca copetona (*Calocitta formosa*), zopilote (*Coragyps atratus*), áura (*Cathartes aura*), cuervo (*Corvus corax*), lechuza, aves canoras y de ornato.

## GEOLOGÍA

La localidad presenta una geología representada por diferentes unidades de roca que abarcan del Periodo Neógeno (90.20%), Paleógeno (4.14%), Terciario (2.06%), Cretácico (0.96%) y Cuaternario (0.81%); los materiales que constituye estas unidades son Rocas Ígneas Extrusivas: andesita-toba intermedia (61.22%) y toba ácida (4.14%) del Cuaternario y Rocas Sedimentarias del Neógeno: arenisca-conglomerado (28.98%), limolita-arenisca (2.06%) y caliza (0.96%). Los tipos de suelo presentes que se han reportado son: Feozems, Vertisoles, Andosoles, Regosoles, Litosoles, Castañozems, Rendzinas, Chernozems, Cambisoles, Fluvisoles, Acrisoles y Luvisoles; predominando Leptosol (64.47%), Vertisol (18.21%), y Phaeozem (7.91%) (INEGI, 2009).

## MATERIAL Y MÉTODO

El trabajo se dividió en tres fases:

### Trabajo de campo

Se realizaron muestreos mensuales, durante el periodo de Septiembre 2010 a Septiembre 2011, en el embalse Huitchila. La toma de muestra se realizó todos los meses entre las 10:00 y 12:00 h, en dos estaciones de monitoreo a dos niveles de profundidad (0.30 y 1 m) (Figura 5).

Se registró la transparencia al disco de Secchi, la temperatura ambiental con un Termómetro de  $\pm 1$  °C, la nubosidad y la hora de inicio de muestreo. Para coleccionar la muestra de agua se utilizó una botella tipo Van Dorn de dos litros de capacidad a dos niveles de profundidad, se introdujo el agua a través del tubo de descarga por el fondo de la Van Dorn a una botella de polietileno de un litro de capacidad. Los parámetros a evaluar *in situ* fueron:

- Temperatura del agua (Termómetro de  $\pm 1$  °C)
- Conductividad eléctrica, pH y sólidos disueltos (Multiparámetros Marca HANNA Modelo HI 991300)
- Oxígeno disuelto (Oxímetro Marca: HANNA Modelo: HI9146 )
- Alcalinidad (Método de indicadores)
- Dureza total (Método complejométrico)
- Dureza de calcio (Método complejométrico)

(SARH, 1982; Cervantes, 1984; Blancas *et al.*, 2011)

➤ Muestreo de material biológico:

Las muestras de zooplancton fueron colectadas en el estrato oxigenado de la columna de agua, empleando una red cónica con abertura de malla de 80  $\mu\text{m}$  realizando arrastres horizontales de 10 m aproximadamente. El material biológico recolectado fue fijado con formol al 10% para su posterior análisis en el laboratorio.

### Trabajo de laboratorio

➤ Densidad poblacional

La determinación de la densidad del zooplancton se llevó a cabo por conteo, esto se hizo con la ayuda de una cámara Sedgwick-Rafter con capacidad de 1 ml de la siguiente manera: se agitó la muestra por inversión hasta homogenizar el contenido, inmediatamente se tomó con una pipeta una alícuota hasta llenar la cámara (1 ml), cuidando no dejar burbujas que pudieran causar variaciones en el volumen. La cámara se colocó en un microscopio óptico con objetivo de 10X, contándose todos los individuos que contenía. Cada una de las muestras, se realizaron dos conteos con la finalidad de reducir el error. Los grupos se clasificaron al nivel específico posible. Finalmente, los datos obtenidos fueron transformados a  $\text{ind L}^{-1}$ .

Para calcular el volumen de agua filtrada a través de la red se utilizó la fórmula siguiente:

$$V = (\pi r^2 d)$$

Dónde:

V= volumen de agua filtrada

r= radio de la boca de la red

d= longitud del trayecto de desplazamiento de la red

$\pi = 3.141596$

(González de Infante, 1988)

### ➤ Determinación Taxonómica

La determinación taxonómica del zooplancton se realizó en el laboratorio de la siguiente manera: se identificaron los organismos presentes con claves y literatura especializada (Ahlstrom, 1940, Osorio, 1942, Needham y Needham, 1972, Koste, 1978, Hebert, 1998, Korovochinsky y Smirnov, 1998, Silva-Briano y Suarez-Morales, 1998, Elías-Gutiérrez *et al.* 1999, Nogrady y Segers, 2002, Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

### ➤ Clorofila “a”

Para la determinación de la concentración (*Clorofila “a”*), se filtró un promedio de 160 ml de muestra de agua a través de un filtro Millipore de 0.42 µm, una vez filtrado se dobló el filtro hacia dentro con una pinzas y se colocó en papel aluminio, el cual se almaceno en congelación hasta su cuantificación.

Extracción: se colocó el filtro en un tubo de centrifuga, se adicionó de 2 a 3 ml de acetona al 90%, se maceró el filtro y se completó el volumen de acetona hasta 10 ml. Se mantuvo en oscuridad durante 2 horas a temperatura ambiente y después se centrifugó durante 10 minutos a 4000 rpm.

Posteriormente el sobrenadante se extrajo con una pipeta tipo pauster y se colocó en una celda para llevar a cabo la lectura en el espectrofotómetro. Las longitudes de onda a las cuales se hicieron las lecturas fueron a 750 nm (para correcciones por error de turbidez), 665, 645 y 630 nm, que son la máximas absorbencias de la clorofila *a*. Estas lecturas se llevaron a cabo contra un blanco de acetona al 90%. Se aplicó el índice de Margalef ( $D_{430/665}$ ) (Contreras, 1994).

La concentración para cada clorofila en µg/L se obtuvo a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Clorofila a} = 11.64 E_{665} - 2.16 E_{645} + 0.10 E_{630}$$

Se restó la extracción a 750 nm de las extracciones a 665, 645 y 630; los valores obtenidos se multiplicaron por el volumen de la extracción en ml y se dividió por el volumen de agua en litros (Contreras, 1994).



## Fase de Gabinete

### ➤ ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicó el análisis exploratorio de datos (Salgado, 1992) para analizar el comportamiento de las variables, así como el comprobar los supuestos para la aplicación del análisis de varianza (ANADEVA) o de la estadística no paramétrica para determinar la existencia o no de diferencias significativas de las variables físico-químicas y biológicas entre las estaciones de manera temporal. También se utilizó para analizar la diferencia estadística en la riqueza de especies y la abundancia del zooplancton entre estaciones. Se aplicó una prueba de "t-Student ( $p < 0.05$ ) o U de Mann-Whitney, con el fin de comparar diferencias y similitudes entre los sitios y profundidades de muestreo para cada parámetro.

Para determinar la diversidad de especies dentro del sistema, se utilizó el índice de Shannon-Weiner (Brower y Zar, 1977), este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y la abundancia relativa. Se recurre a este índice ya que asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. La fórmula es la siguiente:

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Dónde: H = Índice de diversidad

s=Número de especies

$p_i$  = Proporción del total de la muestra perteneciente a las "i" especies

Para establecer las relaciones principales entre las especies (grupos zooplanctónicos) y cada una de las variables físicas y químicas, así como los patrones de variación en composición de especies se aplicó el análisis de componentes principales (ACP) para analizar la asociación entre la abundancia del zooplancton y los parámetros físicos y químicos; se construyó un diagrama de Olmstead–Tuckey (Sokal y Rohlf, 1981) para jerarquizar la dominancia de las especies para la comunidad zooplanctónica.

Por último, se aplicó el análisis de correlación de Spearman (Marques, 2004) para relacionar las variables físicas, químicas y biológicas. Posteriormente, se aplicó un análisis de agrupamiento (Cluster) para establecer las relaciones principales entre grupos zooplácticos y cada una de las variables físicas y químicas

## RESULTADOS

### ➤ Riqueza específica

Con respecto al análisis taxonómico se registraron tres grupos principales de zooplancton, destacando por sus abundancias los copépodos pertenecientes a la clase Maxillopoda representando el 79% de la densidad total del zooplancton, seguido por los organismos de la clase Eurotatoria, del grupo de los rotíferos con el 16 % y por último los cladóceros de la clase Branchiopoda (5%) siendo el de menor abundancia durante todo el muestreo (Figura 6).

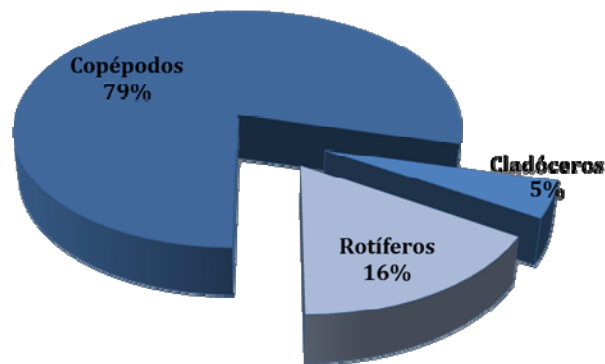


Figura 6. Composición porcentual de los grupos registrados en el zooplancton

La comunidad del zooplancton en el microreservorio Huitchila estuvo conformado, por 16 especies (Tabla1). De los tres grupos de zooplancton estudiados, los rotíferos fueron el grupo que presentó mayor riqueza específica, con un total de 11 especies, pertenecientes a 5 familias y 5 géneros. Del total de especies de rotíferos la familia Brachionidae fue la más representativa (8 especies), seguida por las familias Asplanchnidae, Conochilidae, Filinidae y Synchaetidae, con 1 taxa cada una (Figura 7-9).

La comunidad de cladóceros estuvo compuesta por 3 especies (*Alona sp.*, *Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura*) (Figura 10), mientras que los copépodos presentes en este estudio pertenecen a los órdenes Calanoida y Cyclopoida, en el cual se identificaron 2 especies (*Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus* respectivamente) (Figura 11). En la mayoría de las muestras se encontró un gran número de copepoditos, estadio juvenil en el cual no es posible determinar la especie, ya que sus estructuras aún no se han desarrollado completamente.

Tabla 1. Especies registradas en el microembalse Huitchila (sep.2010-sep.2011)

Phylum	Clase	Familia	Género	Especie
Arthropoda	Maxillopoda	Diaptomidae	<i>Arctodiaptomus</i>	<i>Arctodiaptomus dorsalis</i> (Marsh, 1907)
		Cyclopidae	<i>Thermocyclops</i>	<i>Thermocyclops inversus</i> (Kiefer, 1936)
	Brachiopoda	Chydoridae	<i>Alona</i>	<i>Alona sp.</i> Baird, 1850
		Sidiidae	<i>Diaphanosoma</i>	<i>Diaphanosoma birgei</i> (Korinek, 1981)
		Moinidae	<i>Moina</i>	<i>Moina micrura</i> Baird, 1850
Rotifera	Eurotatoria	Asplanchnidae	<i>Asplanchna</i>	<i>Asplanchna sp.</i> Gosse, 1850
		Conochilidae	<i>Conochilus</i>	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851
				<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766
				<i>Brachionus caudatus</i> Barrois y Daday, 1894
				<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898
				<i>Brachionus havanaensis</i> Rousselet, 1913
				<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783
				<i>Brachionus urceolaris</i> (Muller, 1773)
		Filiniidae	<i>Filinia</i>	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)
Synchaetidae	<i>Ploesoma</i>	<i>Ploesoma sp.</i> Herrick, 1885		



*Brachionus caudatus*



*Brachionus havanaensis*



*Ploesoma sp.*



*Brachionus falcatus*

Figura 7. Fotografías de rotíferos



Figura 8. Fotografías de rotíferos

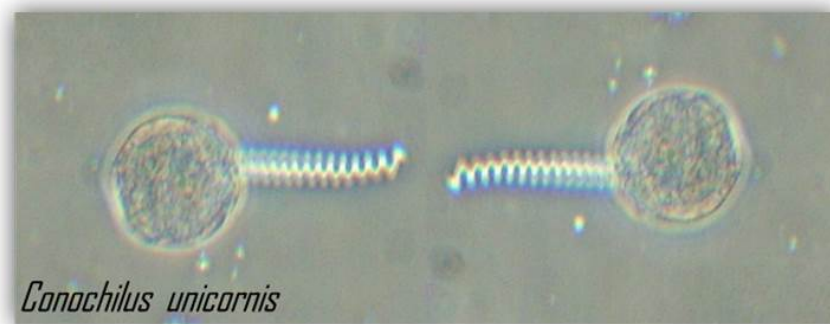


Figura 9. Fotografías de rotíferos



Figura 10. Fotografías de cladóceros



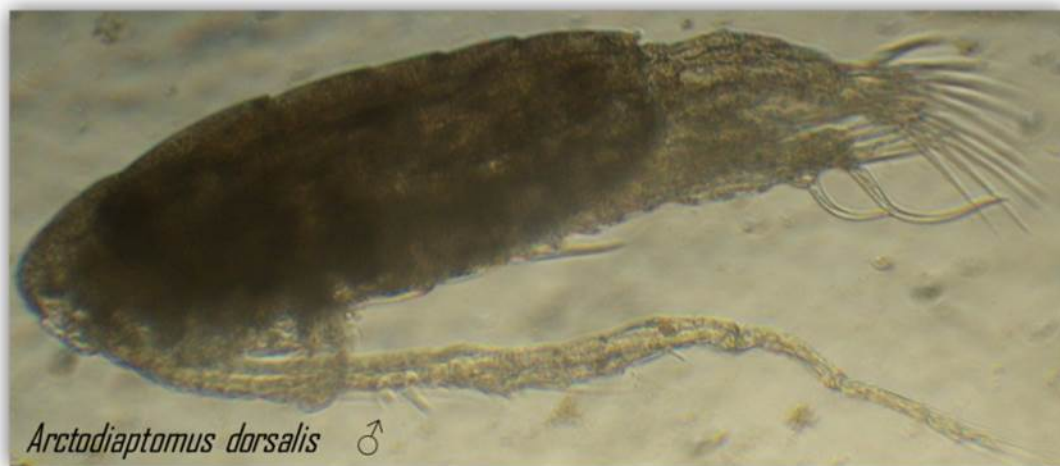


Figura 11. Fotografías de copépodos

### ➤ Variación temporal del zooplancton

En relación a la variación y composición temporal de los integrantes del zooplancton, el grupo con mayor abundancia y frecuencia durante el periodo de estudio corresponde a los copépodos, los cuales dominaron durante las dos temporadas (secas y lluvias), principalmente en los meses de noviembre, diciembre, enero, marzo, junio y julio con 654, 581, 582, 634, 631, 616 org/l respectivamente.

En el caso de los rotíferos se aprecia una población consistente con valores máximos de 774 org/l en el mes de febrero y 965 org/l en el mes de agosto, presentando un valor mínimo en noviembre con 13 org/l, obteniendo un promedio final de 318 org/l. Finalmente, el grupo de los cladóceros mostró dos valores máximos en los meses de diciembre y marzo con 231 org/l y 188 org/l respectivamente durante la época de secas, con mínimos en lluvias (agosto 20 org/l y septiembre 12 org/l) (Figura 12 y 13).

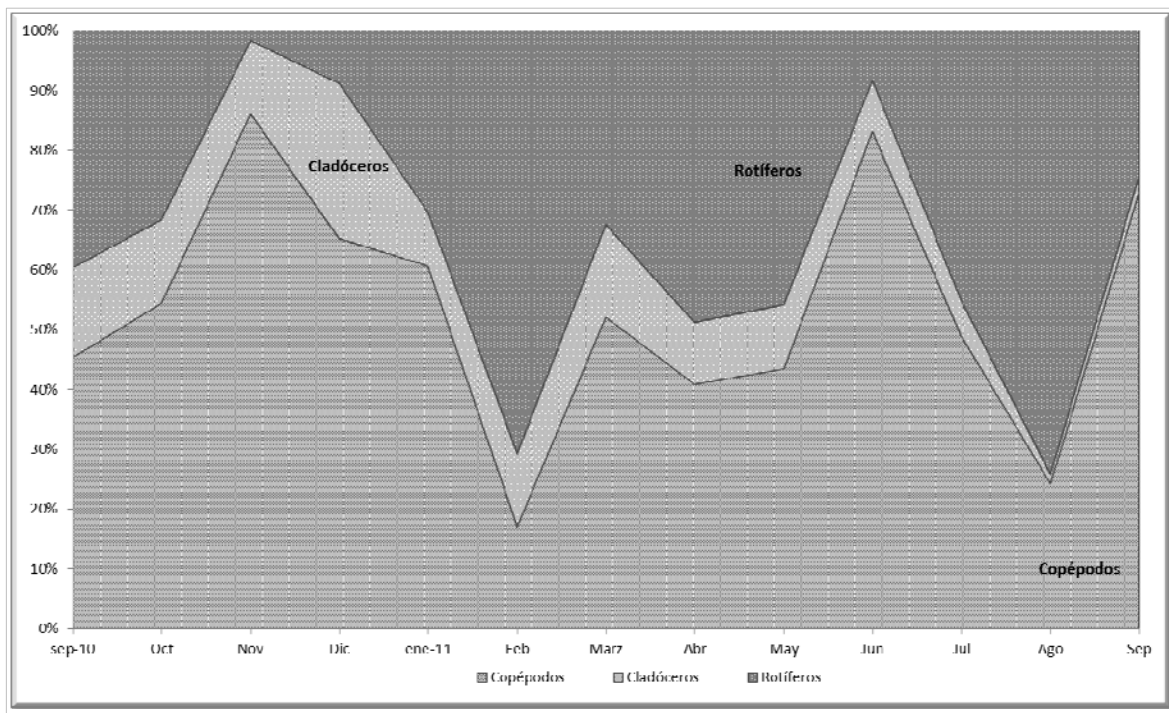


Figura 12. Variación temporal de la abundancia relativa de los grupos del zooplancton del bordo Huitchila de Septiembre del 2010 a septiembre del 2011

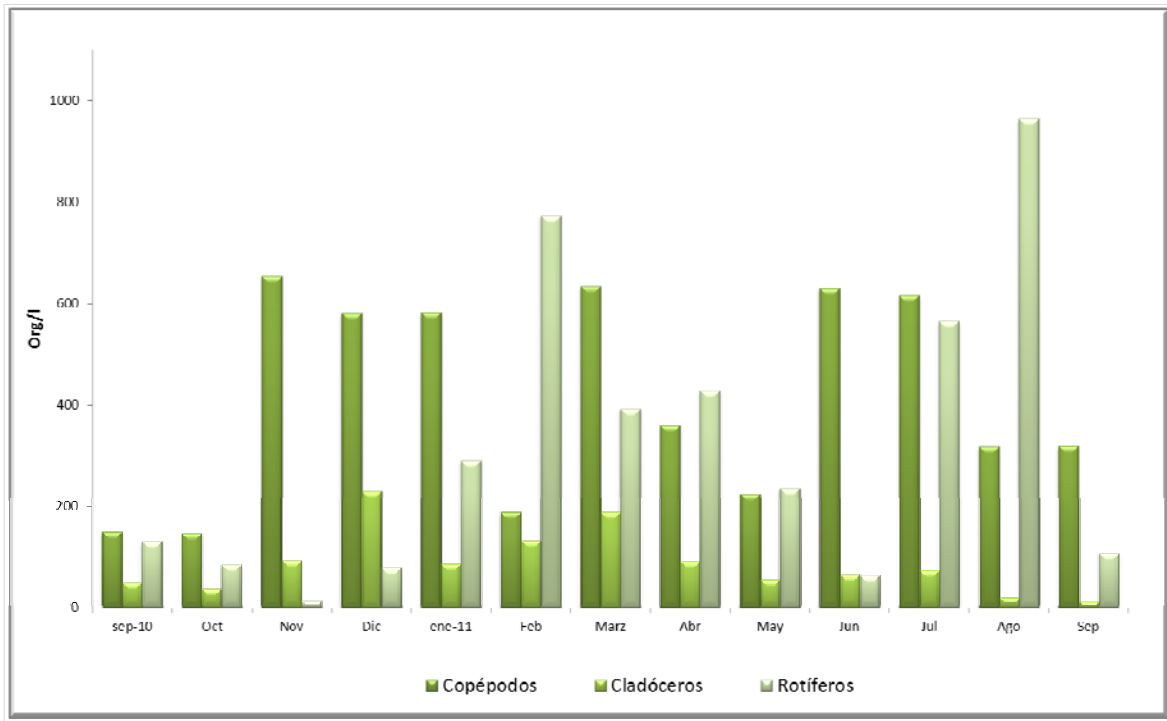


Figura 13. Variación de cada uno de los grupos del zooplancton del Bordo Huitchila de Septiembre del 2010 a septiembre del 2011

➤ Dominancia de especies

El Diagrama de Olmstead-Tukey para la comunidad zooplánctica muestra las variaciones en las abundancias y en la frecuencia en que se presentaron las especies a lo largo del tiempo. Al realizar el análisis, se obtuvo un total de 5 especies que alcanzaron altas frecuencias y valores superiores a la media de Ln de la abundancia absoluta, por lo que se consideran dominantes, de los cuales 3 fueron rotíferos (*Brachionus havanaensis*, *B. caudatus*, *Asplanchna sp.*), un cladócero y un copépodo (*Diaphanosoma birgei* y *Arctodiaptomus dorsalis* respectivamente). Asimismo, se registraron 3 especies constantes, *Filinia longiseta*, *Conochilus unicornis* y *Moina micrura*. Ambos grupos representan las especies que pudieron registrarse más frecuentemente a lo largo del estudio. Solo una especie se considera ocasional, *Brachionus falcatus* que mostró altos valores de abundancia durante la época de lluvias pero fue poco frecuente. Las restantes 7 especies por su escasa abundancia y frecuencia, se consideraron como especies raras (Figura 14).

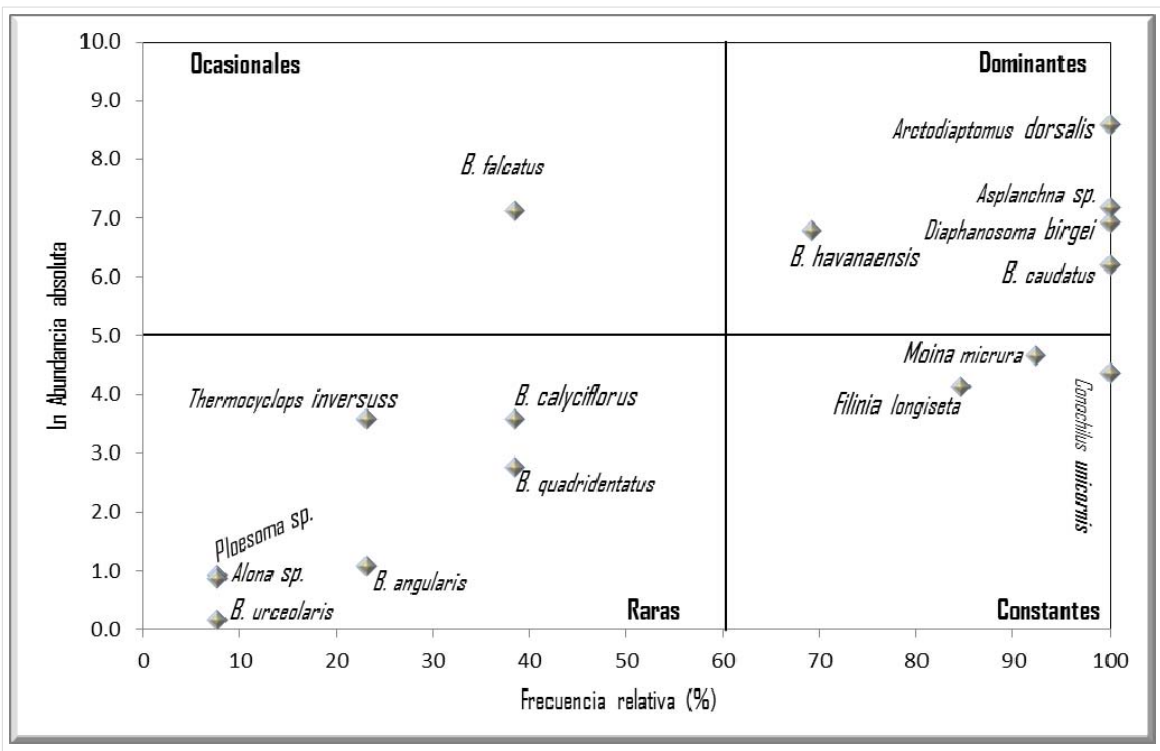


Figura 14. Categorización de la presencia en el bordo de las especies del zooplancton

➤ Densidad poblacional

De las 16 especies presentes en el bordo, las especies que predominaron durante todo el periodo de muestreo y se consideran importantes por su dominancia y por su valor de abundancia son: *Arctodiaptomus dorsalis*, *Diaphanosoma birgei*, *Asplanchna sp.*, *Brachionus caudatus*, *Brachionus havanaensis* y *Brachionus falcatus* (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancias de las especies dominantes en el bordo Huitchila

Mes	<i>Arctodiaptomus dorsalis</i> (org/l)	<i>Diaphanosoma birgei</i> (org/l)	<i>Asplanchna sp.</i> (org/l)	<i>Brachionus falcatus</i> (org/l)	<i>Brachionus caudatus</i> (org/l)	<i>Brachionus havanaensis</i> (org/l)
sep-10	150	41	9	0	119	0
Octubre	147	33	5	42	36	0
Noviembre	654	77	2	1	8	0
Diciembre	581	198	63	0	7	0
ene-11	582	77	221	0	6	8
Febrero	188	121	520	0	165	48
Marzo	634	184	245	0	19	121
Abril	361	91	146	0	1	272
Mayo	223	54	50	0	38	118
Junio	631	61	31	0	4	12
Julio	583	61	3	244	47	264
Agosto	315	17	3	913	24	15
Septiembre	319	10	15	44	19	23
Promedio	413	79	101	96	38	68

Para el caso de *Arctodiaptomus dorsalis* se consideró como una población constante a lo largo del año; presenta altas densidades en los meses de marzo, junio y noviembre con un máximo de 654 org/l, las bajas densidades se registraron en los meses de septiembre y octubre del 2010 (época de lluvias) con un mínimo de 147 org/l. Con respecto al cladócero *Diaphanosoma birgei* este mostró dos incrementos durante el periodo de estudio, uno en el mes de diciembre (198 org/l) y otro en el mes de marzo (184 org/l) y disminuye en septiembre, con densidades promedio de 79 org/l (Figura 15).

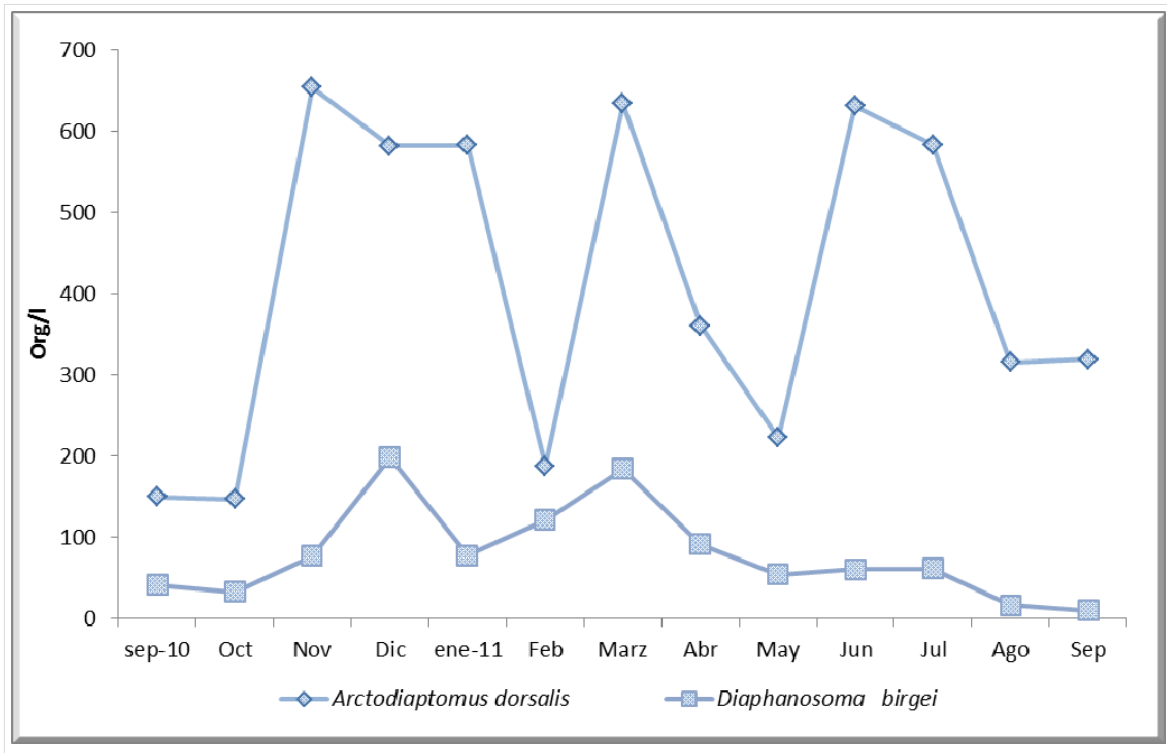


Figura 15. Abundancia de las especies sobresalientes en el bordo Huitchila a lo largo del muestreo

En el caso de los rotíferos, *Asplanchna sp.*, mostró un pico máximo en el mes de febrero con una abundancia significativa de 520 org/l y el resto de los meses sólo se presentó con abundancias por debajo de los 200 org/l. Las densidades más altas para *Brachionus falcatus* se registraron en el mes de agosto con una abundancia de 913 org/l, el resto del año se observó con bajas abundancias (Figura 16).

La especie *Brachionus caudatus*, presentó dos picos visibles uno en el mes de febrero con 165 org/l y el segundo en julio con 47 org/l; los demás meses del año la especie se presentó con menores abundancias. Finalmente, *Brachionus havanaensis*, presentó dos aumentos uno en abril con 272 org/l, y el segundo en el mes de julio con 264 org/l, no obstante el resto del año se presentó con menores abundancias (Figura 17). Cabe mencionar que las especies no mencionadas exhibieron bajas densidades e incluso en algunos meses estuvieron ausentes por la poca abundancia y frecuencia de ocurrencia.

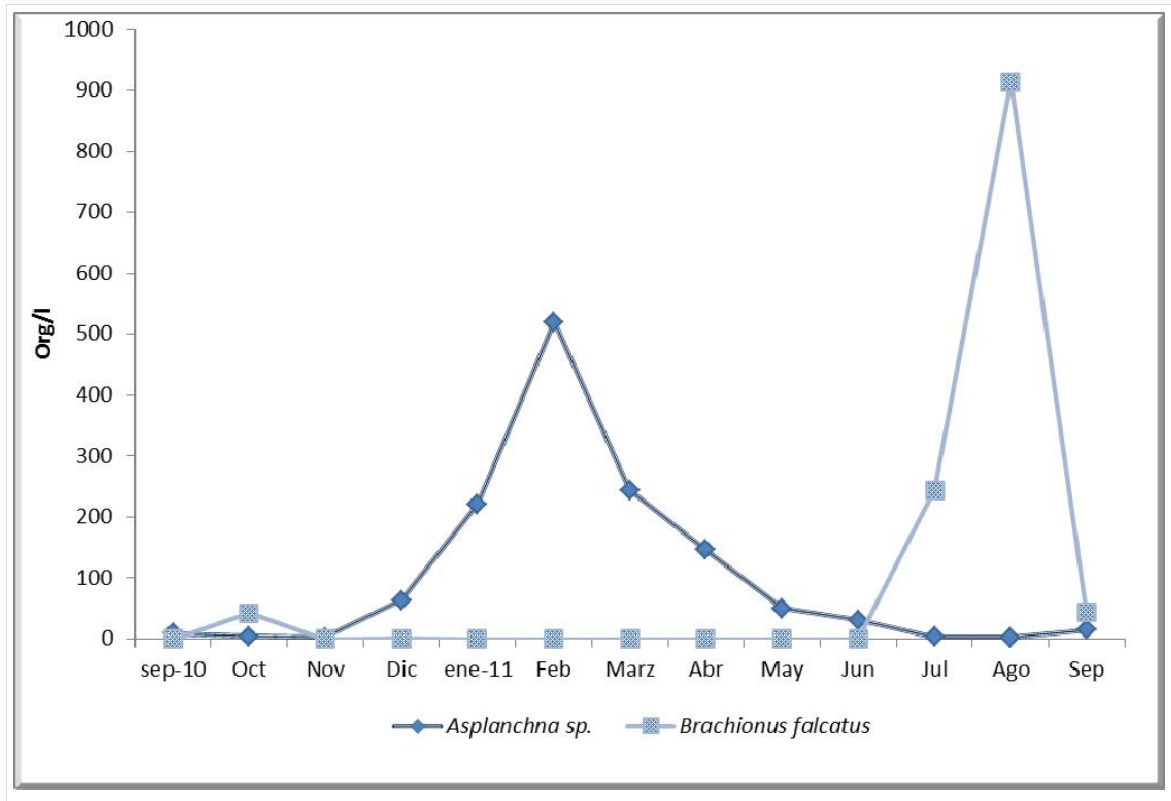


Figura 16. Abundancia de las especies sobresalientes en el bordo Huitchila a lo largo del muestreo

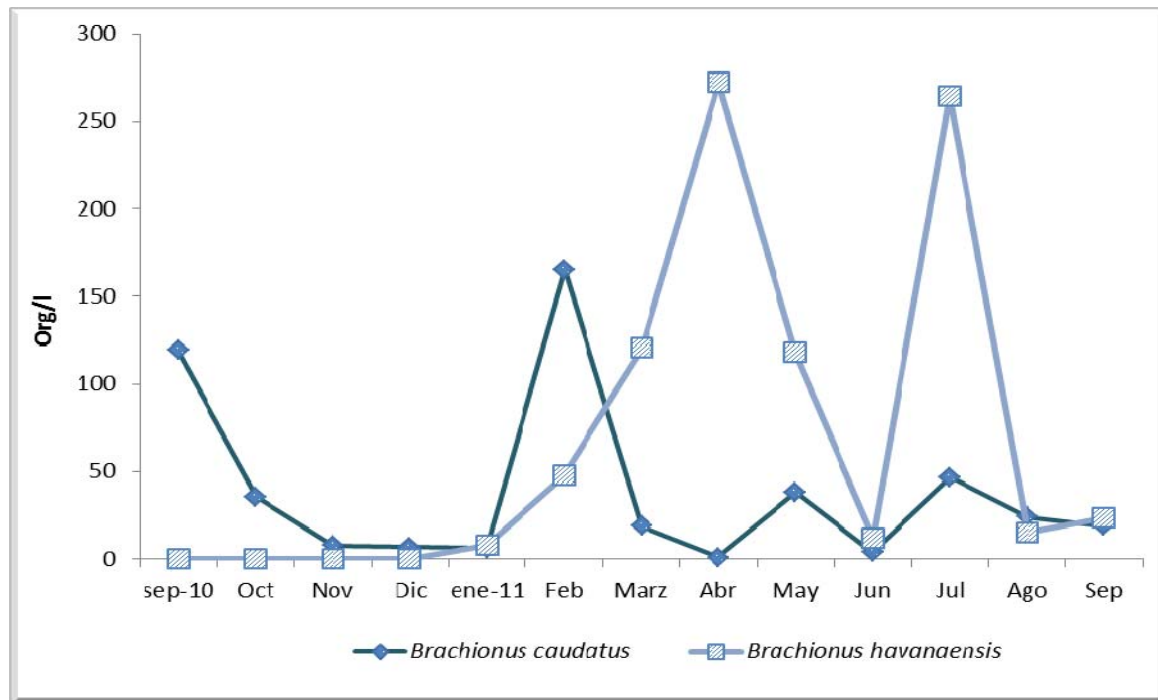


Figura 17. Abundancia de las especies sobresalientes en el bordo Huitchila a lo largo del muestreo

En cuanto a la relación zooplancton-fitoplancton\* (Tabla 3 y Figura 18) se observó un incremento de zooplancton considerable en los meses de febrero y marzo (época de secas), mientras que el fitoplancton presentó sus menores densidades en estos meses.

Tabla 3. Abundancias del zooplancton y fitoplancton en el bordo Huitchila

Mes	Zooplancton (org/l)	Fitoplancton (org/mL)
sep-10	1715	225000
Octubre	997	400000
Noviembre	1628	380000
Diciembre	2081	360000
ene-11	1768	300000
Febrero	3458	250000
Marzo	3081	240000
Abril	2050	325000
Mayo	1179	280000
Junio	1675	450000
Julio	2008	230000
Agosto	2392	250000
Septiembre	1357	270000
<b>Promedio</b>	1953	304615

La figura 19 muestra la relación zooplancton-clorofila "a", observándose mayores concentraciones de clorofila en los meses de noviembre, marzo y junio y a pesar de haberse registrado densidades altas de zooplancton en estos meses, las clorofilas se mantuvieron altas.

\*Los datos de fitoplancton fueron tomas del trabajo realizado en el bordo Huitchila por Sánchez y Zamora, 2012.



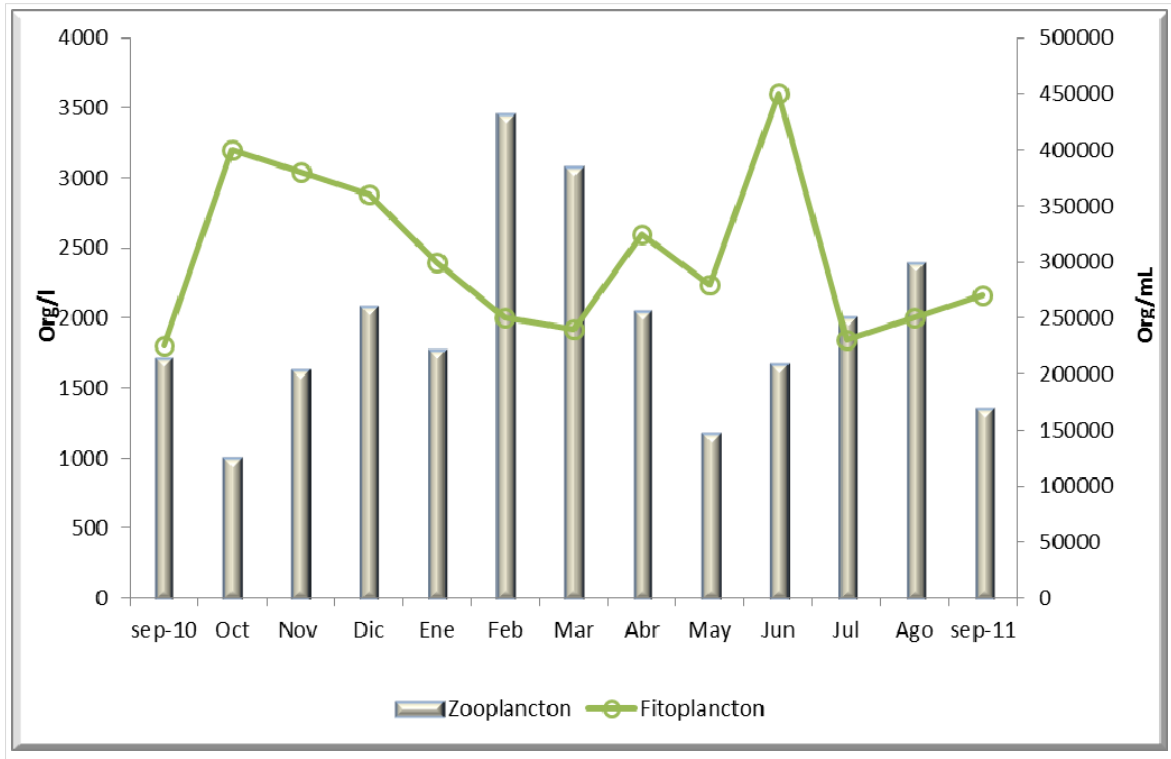


Figura 18. Variación estacional del zooplancton y fitoplancton

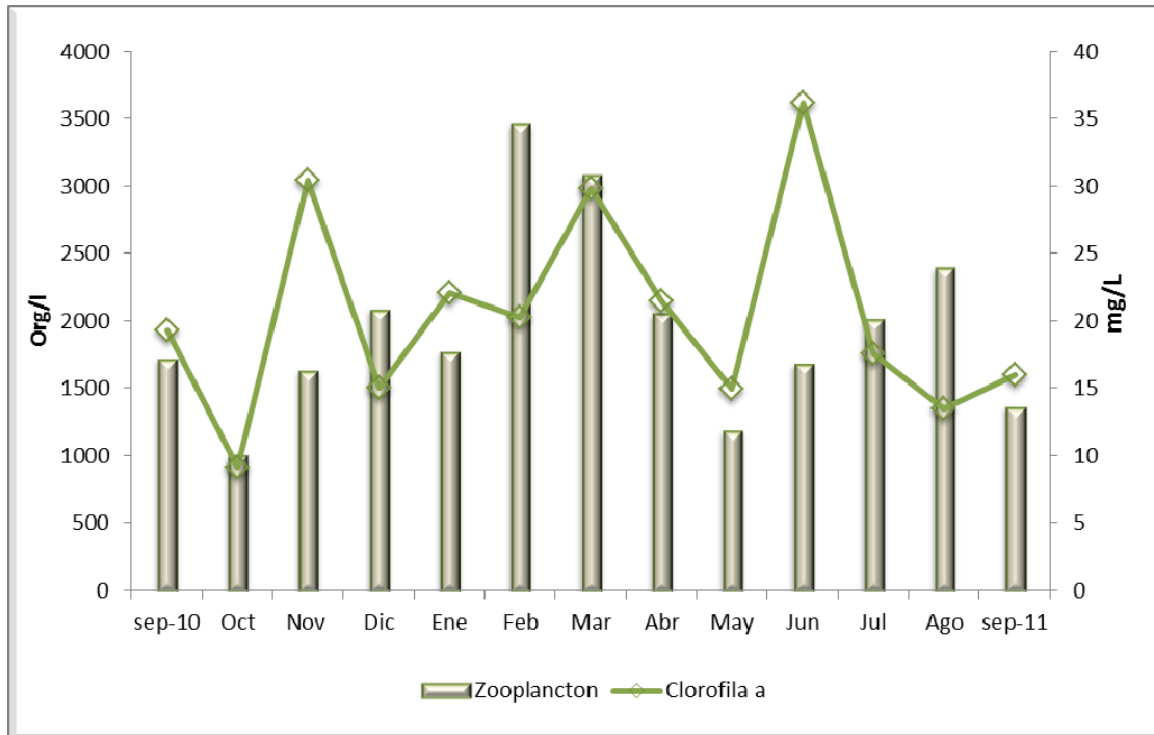


Figura 19. Relación entre la abundancia del zooplancton y clorofila "a"

### *Parámetros Físico-químicos*

De acuerdo al análisis de varianza (ANADEVA;  $p < 0.05$ ), aplicando la prueba U de Mann-Whitney, los parámetros físicos, químicos y biológicos indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre estaciones y niveles obteniendo los valores siguientes: Alcalinidad total (U Mann-Whitney=83.5;  $p=0.959$ ), dureza total (U Mann-Whitney=65;  $p=0.317$ ), conductividad (U Mann-Whitney=64;  $p=0.293$ ), oxígeno disuelto (U Mann-Whitney=80;  $p=0.817$ ), pH (U Mann-Whitney=83.5;  $p=0.959$ ), sólidos totales disueltos (U Mann-Whitney=70;  $p=0.598$ ), temperatura del agua (U Mann-Whitney=78;  $p=0.739$ ) y transparencia (U Mann-Whitney=72;  $p=0.516$ ). Con base a esto se decidió tomar el promedio de ambas estaciones.

Sin embargo durante el periodo de estudio los parámetros mostraron variación en el sistema acuático de manera temporal entre los meses de muestreo teniendo: temperatura del agua (Kruskal-Wallis:  $H=24.60$ ;  $p=0.016$ ) Alcalinidad total (Kruskal-Wallis:  $H=22.1052$ ;  $p=0.036$ ), dureza total (Kruskal-Wallis:  $H=22.64$ ;  $p=0.0309$ ), conductividad (Kruskal-Wallis:  $H=23.46$ ;  $p=0.0178$ ), oxígeno disuelto (Kruskal-Wallis:  $H=22.98$ ;  $p=0.027$ ), pH (Kruskal-Wallis:  $H=21.67$ ;  $p=0.0402$ ), sólidos totales disueltos (Kruskal-Wallis:  $H=20.99$ ;  $p=0.040$ ) y transparencia (Kruskal-Wallis:  $H=18.74$ ;  $p=0.024$ ).

Entre las características físicas y químicas que presenta el microreservorio se tienen los siguientes datos: la **temperatura ambiente** osciló entre  $20.7^{\circ}\text{C}$  (noviembre) y  $28^{\circ}\text{C}$  (mayo y junio). La **temperatura máxima del agua** se presentó en la temporada de lluvias (septiembre del 2010) con un valor de  $28^{\circ}\text{C}$  y un valor mínimo de  $19.8^{\circ}\text{C}$  en diciembre y enero. El valor promedio durante el estudio para ambas temperaturas fue de  $25^{\circ}\text{C}$  (Figura 20).

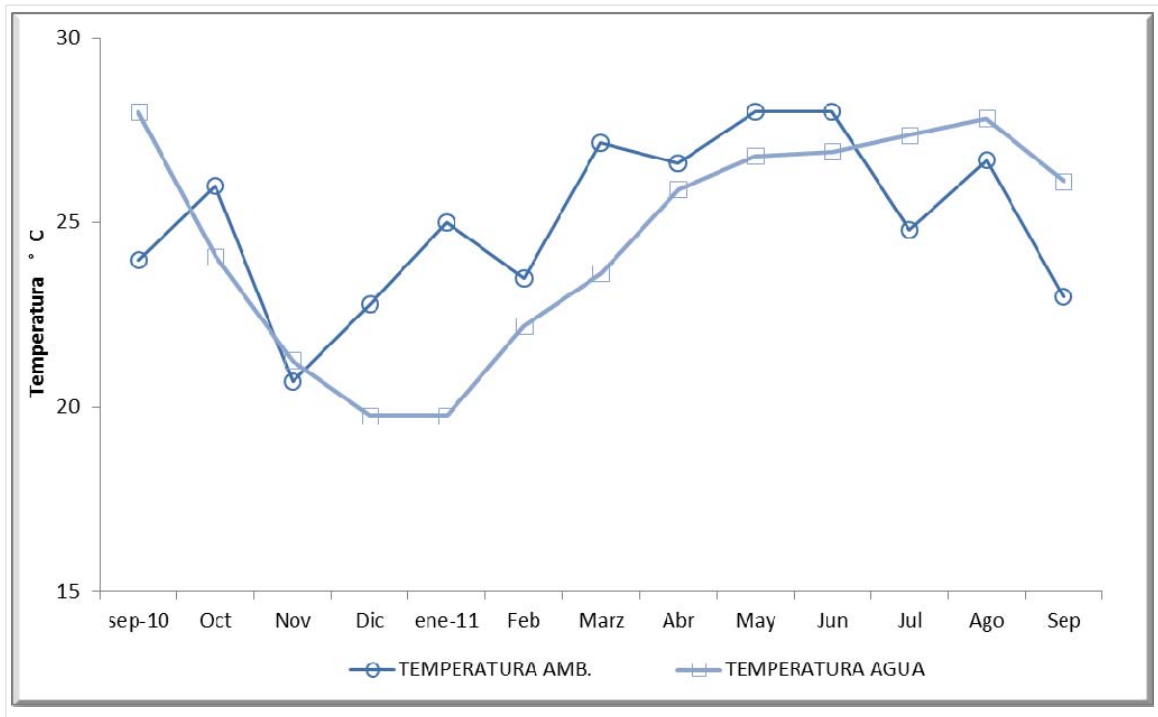


Figura 20. Variación temporal de la temperatura ambiente y del agua

Los mayores valores de **visibilidad** al disco de Secchi (Figura 21) fueron registrados durante la etapa de dilución (septiembre del 2010, julio, agosto y septiembre del 2011), mientras que los valores mínimos se observaron en la etapa de concentración (noviembre a junio). La transparencia osciló entre 0.35 y 0.65 m. En la figura 21 se muestra que la **profundidad** varió entre 1.7 y 4.3 m. Los valores máximos de profundidad se observan en los meses de julio a septiembre, lo cual coincide con la época de lluvias; mientras que los valores mínimos se presentaron en la época de secas (noviembre, abril, mayo).

En la figura 22 se muestra la relación inversa que existe entre la concentración de **oxígeno disuelto** y la temperatura del agua; es decir, al aumentar la temperatura las concentraciones del oxígeno disminuyen y viceversa. La concentración de oxígeno disuelto (OD), osciló entre 4.5 y 12.8 mg/L durante el muestreo, el mes de mayo presentó los valores más altos y el mes de agosto los valores más bajos, con promedio de 6.9 mg/L.

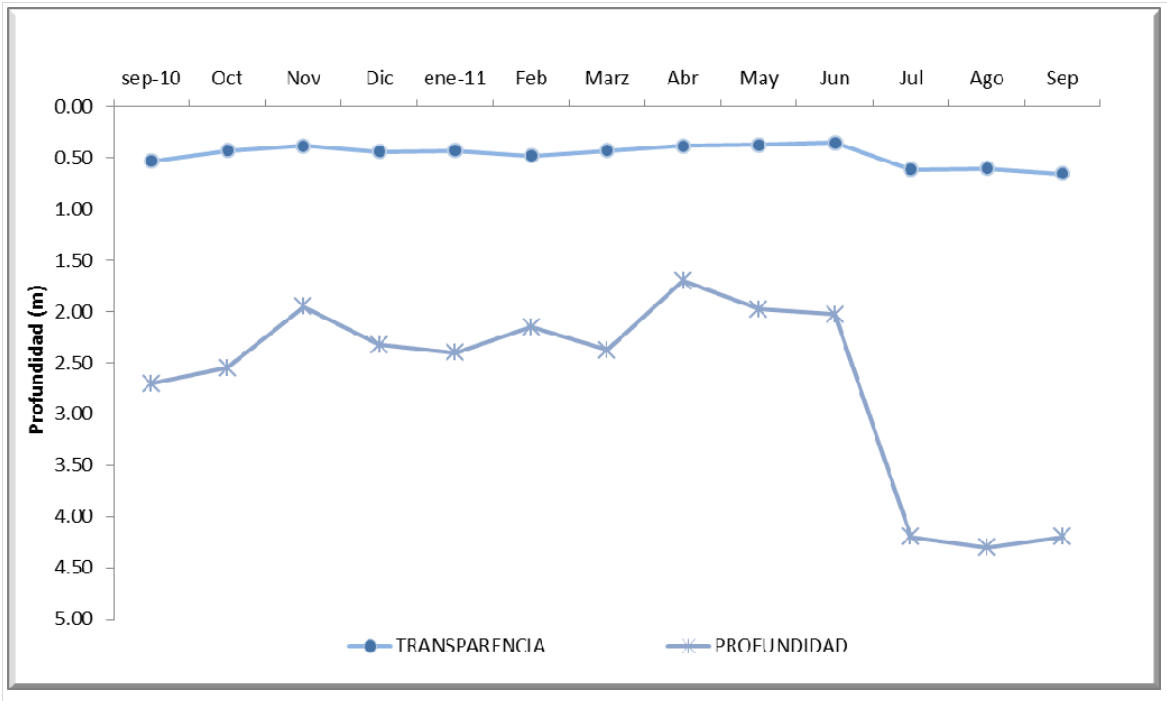


Figura 21. Comportamiento de la visibilidad al disco de Secchi y la Profundidad

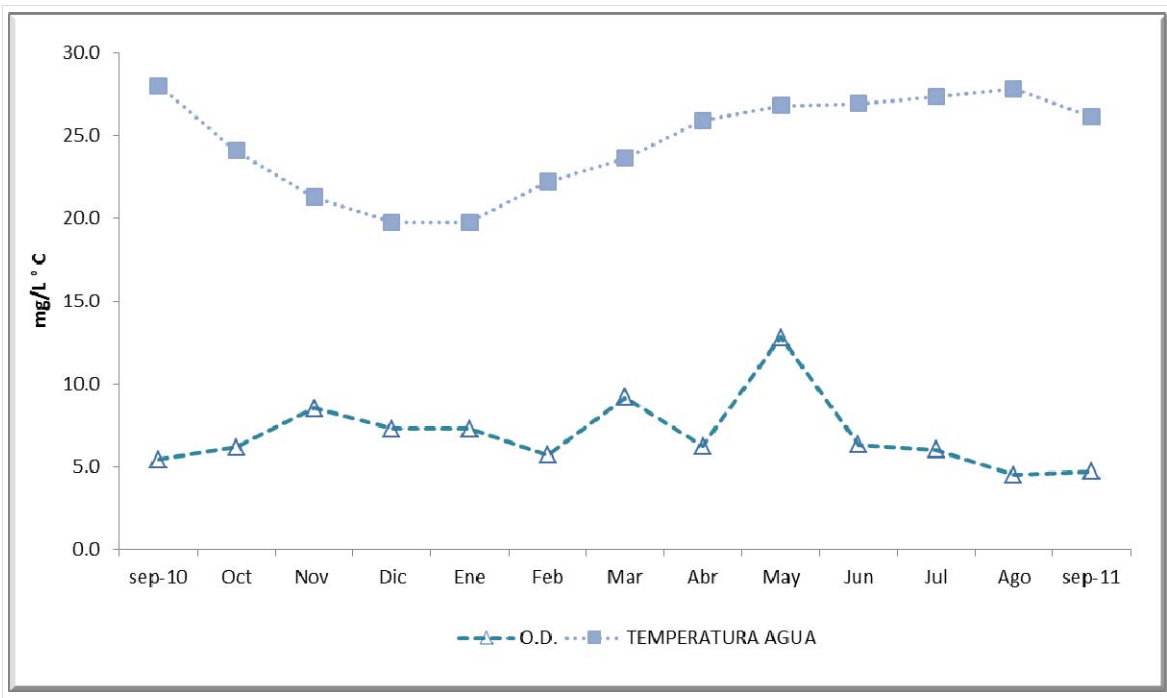


Figura 22. Relación de Oxígeno Disuelto (O.D.) y la Temperatura del agua

La media anual de **conductividad** fue de 1035  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un máximo de 1261  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que se registró durante la temporada de lluvias (agosto) y un mínimo de 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los meses de septiembre del 2010, julio y septiembre del 2011 (Figura 23). El valor mínimo de sólidos disueltos, se presenta en los meses de septiembre y julio con un valor de 364 ppm y la máxima de 664 ppm en agosto, con un promedio de 540 mg/L. Las variaciones mensuales de conductividad y sólidos totales disueltos siguen una tendencia similar.

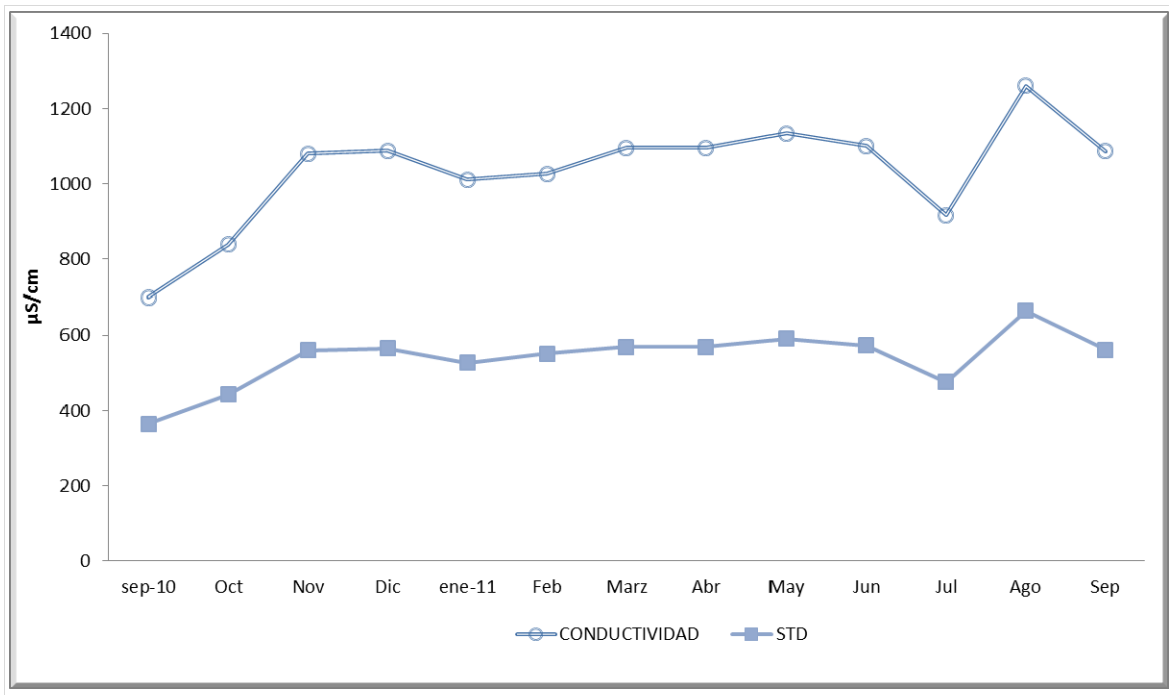


Figura 23. Comportamiento de la conductividad respecto a los sólidos totales disueltos

El **pH** fue ligeramente alcalino, presentó una media anual de 8.5, teniendo una variación constante de 8.1 a 8.8, valores dados por altas concentraciones de alcalinidad. Los valores más elevados de pH se observaron durante los meses de marzo a junio durante el periodo de secas y el valor más bajo en el mes de septiembre de 2011 (Figura 24).

De acuerdo con los valores de **dureza total** que es la suma de la dureza al calcio y al magnesio el microreservorio presenta aguas duras con promedio de 514 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , un máximo de 672 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en mayo y un mínimo de 274 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en septiembre del 2011, mientras que las concentraciones de **alcalinidad** fueron menores con respecto a la dureza total, registrando un valor mínimo de 85 mg/L en el mes de abril y un máximo de 211 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en septiembre del 2011

con promedio de 157 mg/L CaCO<sub>3</sub>, lo que indica que el sistema es productivo (Figura 25).

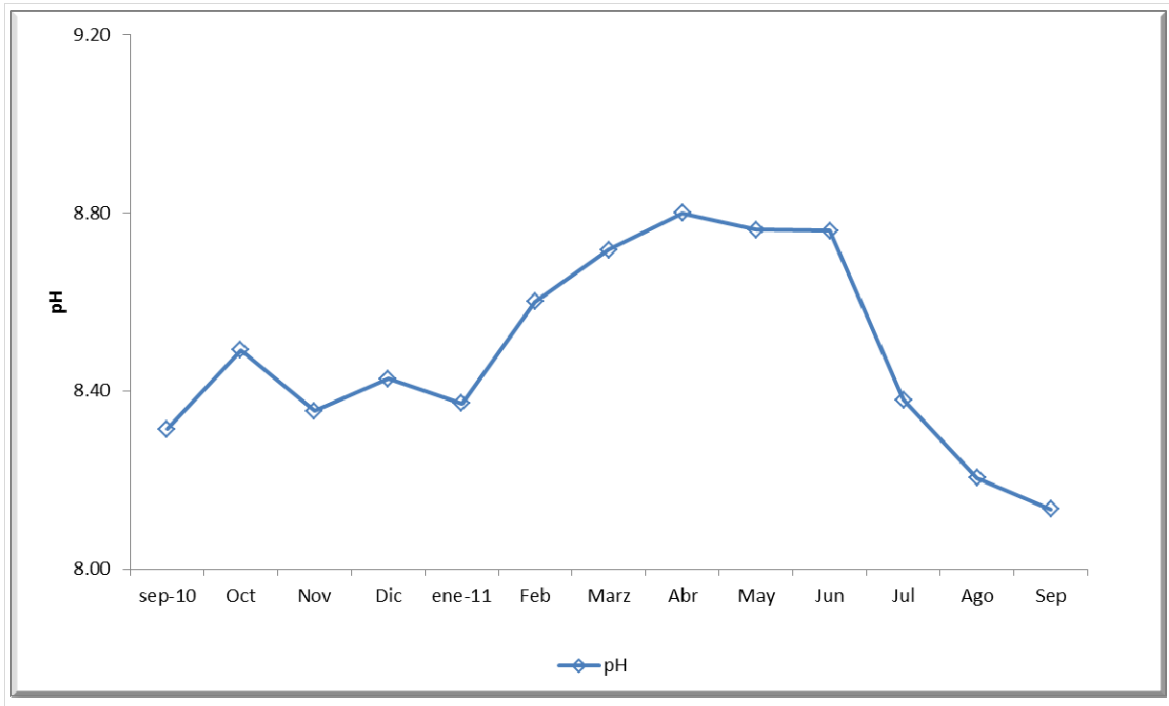


Figura 24. Variación de pH durante el periodo de muestreo en el microreservorio Huitchila

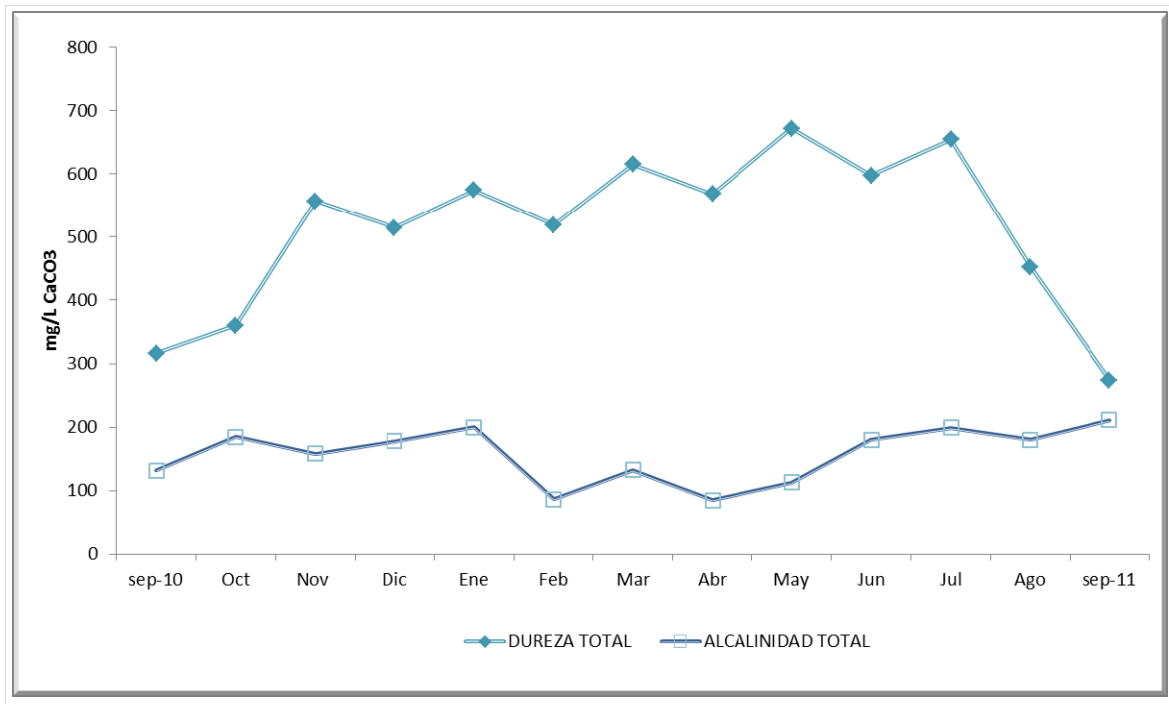


Figura 25. Relación dureza total y alcalinidad total

Se realizó un perfil vertical de temperatura registrando estratificación en los meses de octubre y marzo permaneciendo en circulación o mezcla el resto de los meses, tal como se muestra en la figura 26; sin embargo, el registro solo corresponde a la toma de muestras por la mañana, por lo cual no puede ser evidente la estratificación y mezcla en un periodo de 24 horas, por lo tanto se decidió que en los meses restantes el sistema está homogéneo por presentar poca variación de temperatura, por lo que el sistema se clasifica como polimíctico cálido continuo de acuerdo con Lewis (1983) con las reservas de hacer un ciclo nictímero.

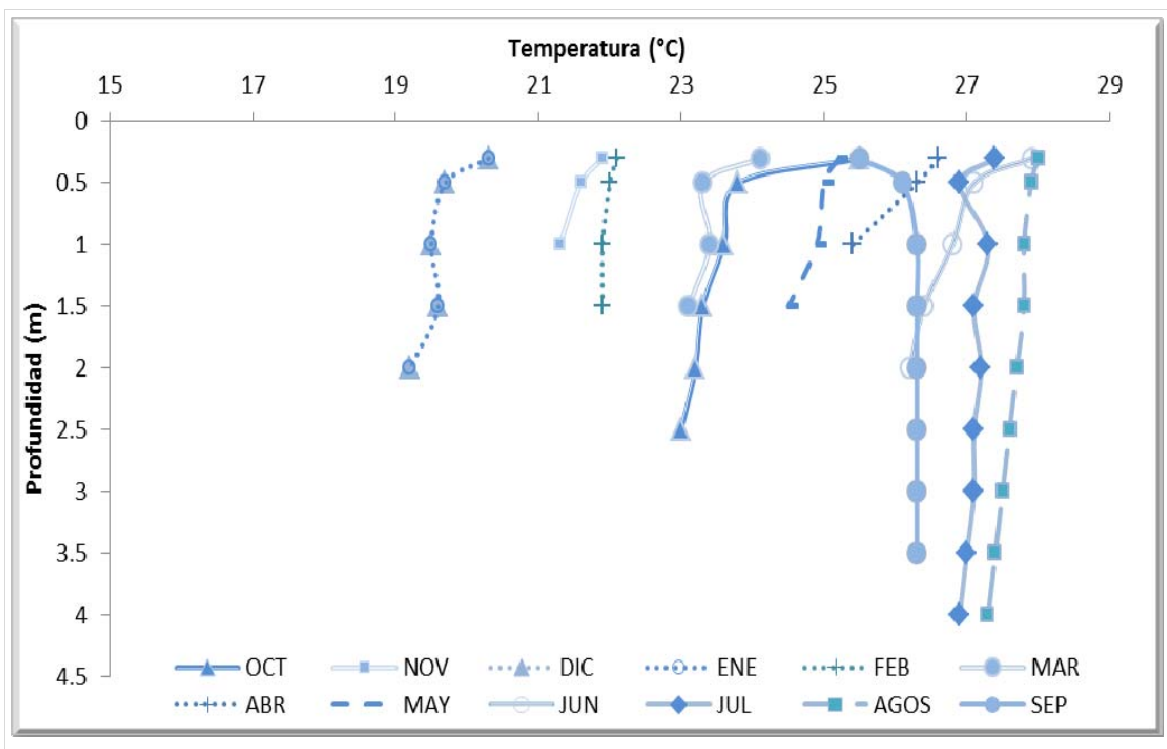


Figura 26. Perfil vertical de temperatura en el microreservorio Huitchila (septiembre del 2010-septiembre del 2011)

En la figura 27 se muestra que la mayor concentración de oxígeno se encuentra cerca de la superficie (zona trofógena), donde se desarrolla la actividad fotosintética y conforme va aumentando la profundidad, se produce una reducción significativa de oxígeno como resultado de la descomposición aeróbica de la materia orgánica y por lo tanto pueden llegar a prevalecer condiciones anóxicas (zona trofólítica), aunque en este estudio no se registraron.

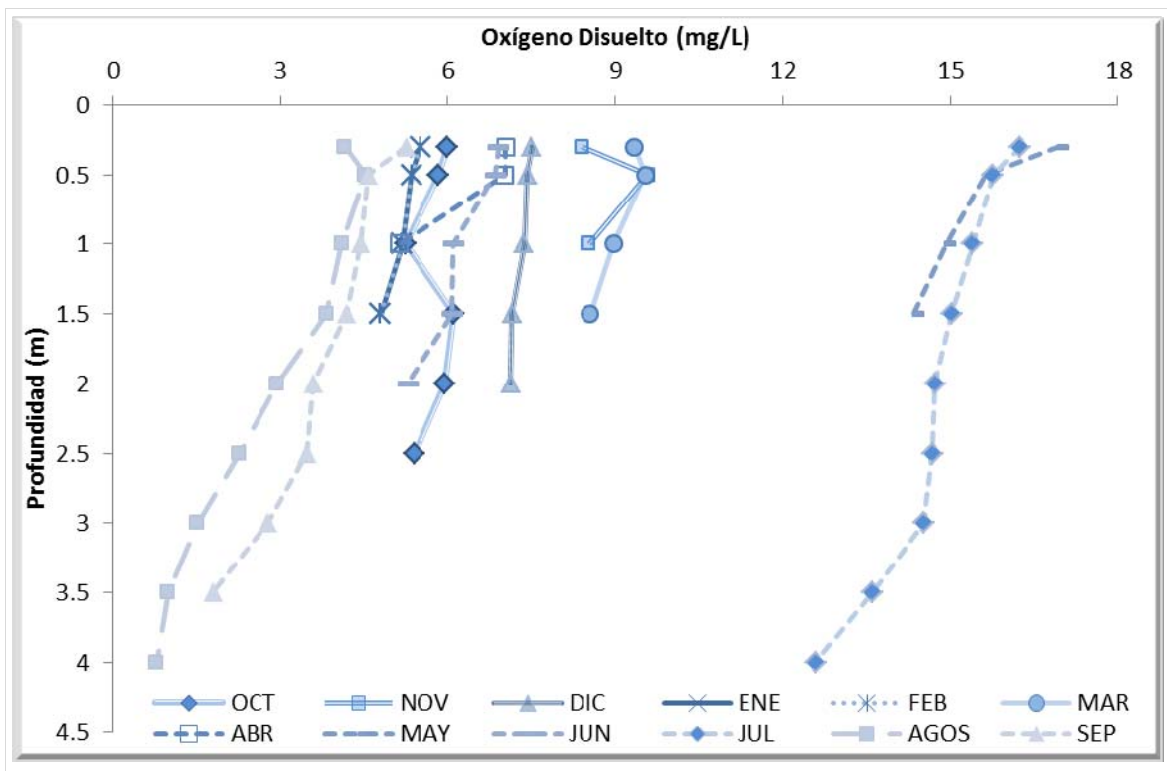


Figura 27. Perfil de oxígeno en el microreservorio Huitchila (septiembre del 2010-septiembre)



## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

## ➤ Diversidad

Los valores obtenidos para el Índice de diversidad de Shannon-Weiner se presentan en la figura 28 en la que se aprecia su variación durante todo el estudio. La diversidad osciló entre 0.6 y 1.57 bits. Los valores máximos de diversidad se observaron en los meses de enero, mayo y julio, mientras que la menor diversidad se presentó en el mes de septiembre de 2010 (época de lluvias). La tendencia fué a incrementar paulatinamente conforme se desarrolló el estudio para disminuir hacia finales del año de trabajo. En cuanto a la equitatividad y la dominancia se mantuvieron constantes durante el estudio pero con un comportamiento inverso, con valores máximos de dominancia durante el periodo de lluvias al inicio y fines del periodo y mínimos durante la época de secas, mientras la equitatividad tiende a disminuir a finales del estudio.

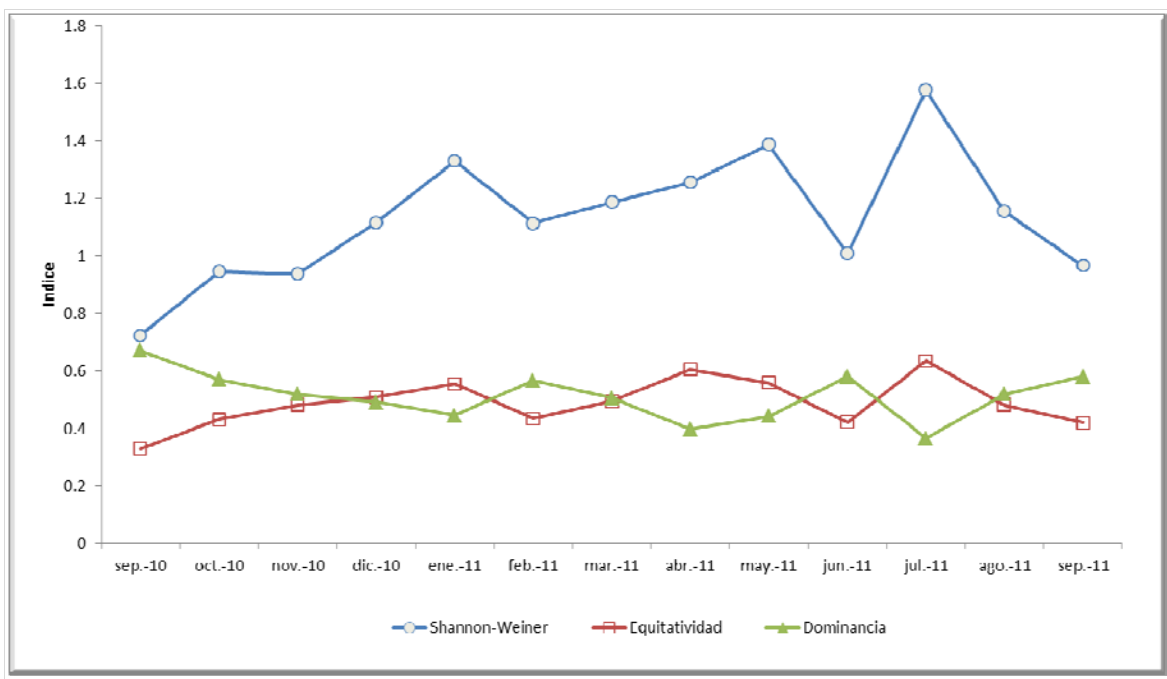


Figura 28. Variación temporal de los indicadores de la comunidad zoopláncica

### ➤ Componentes Principales

El resultado del análisis de componentes principales (ACP) que se aplicó a las variables registró cinco componentes que representaron el 93.0178% de la variación total de las variables. Los componentes 1 y 2 fueron los que presentaron mayor eigenvalor con 3.71 y 2.99 respectivamente, con un porcentaje acumulado entre los dos de 55.96 %. El pH, la dureza y la alcalinidad total, estuvieron correlacionados con el primer componente, que está influenciado por el factor edáfico, así como la transparencia. Dentro del componente dos la temperatura del agua, la precipitación y la temperatura ambiente como integrantes del factor climático y los sólidos disueltos totales, fueron los que tuvieron más efecto e importancia en el estudio (Tabla 4 y Figura 29).

Tabla 4. Pesos de los Componentes del bordo Huitchila

Variables	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4	Componente 5
MES	-0.006	0.546	-0.066	0.058	0.067
TRANS	0.394	0.229	-0.114	-0.020	0.425
pH	-0.448	-0.027	0.290	-0.139	-0.071
COND	-0.251	0.360	-0.403	0.020	-0.191
TDS	-0.254	0.356	-0.412	-0.008	-0.168
TEMPAMB	-0.234	0.301	0.370	-0.204	-0.193
TEMPAGUA	0.127	0.368	0.443	-0.268	0.033
PRECIP	0.339	0.363	0.213	-0.048	0.027
OD	-0.140	0.077	0.300	0.632	0.359
DURETOTAL	-0.417	0.103	0.101	0.395	0.188
ALCALTOTAL	0.319	0.129	-0.125	0.466	-0.279
ABUN	-0.191	0.026	-0.269	-0.298	0.681

Se observó que la cantidad de zooplancton está relacionada con la dureza total, conductividad, sólidos disueltos totales, temperatura ambiente, oxígeno disuelto y pH. Estas condiciones ambientales permiten que especies de zooplancton tengan un intervalo de distribución tanto horizontal como vertical y las variables estén relacionadas con el factor edáfico (Figura 30).

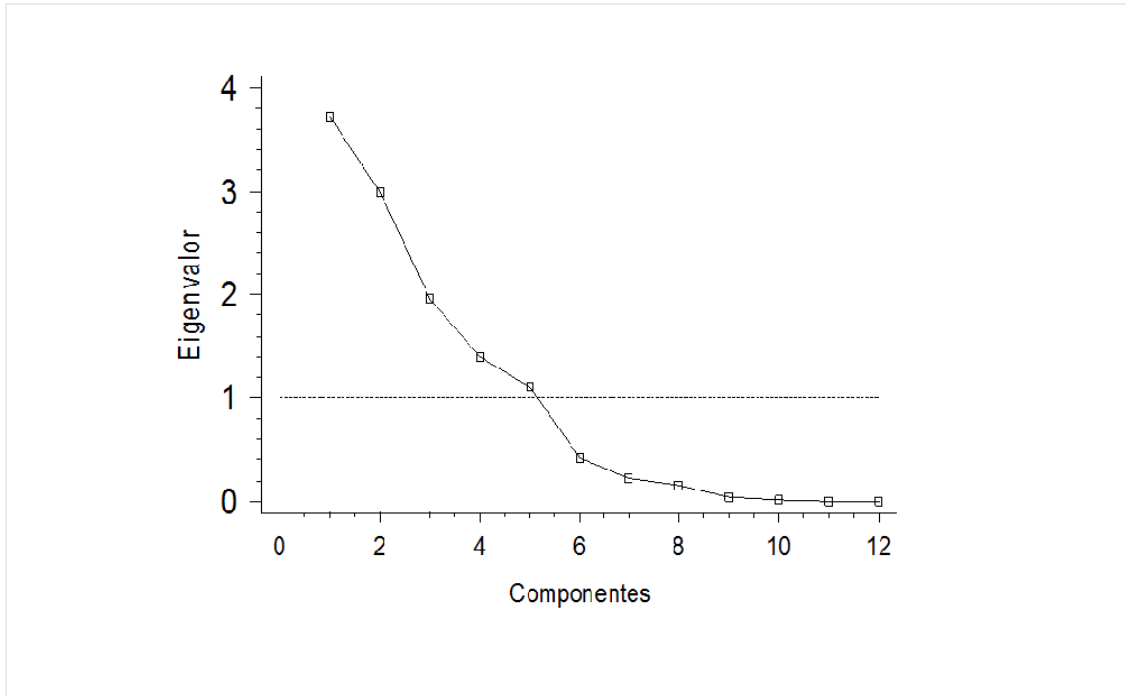


Figura 29. Componentes Principales con mayor eigenvalor

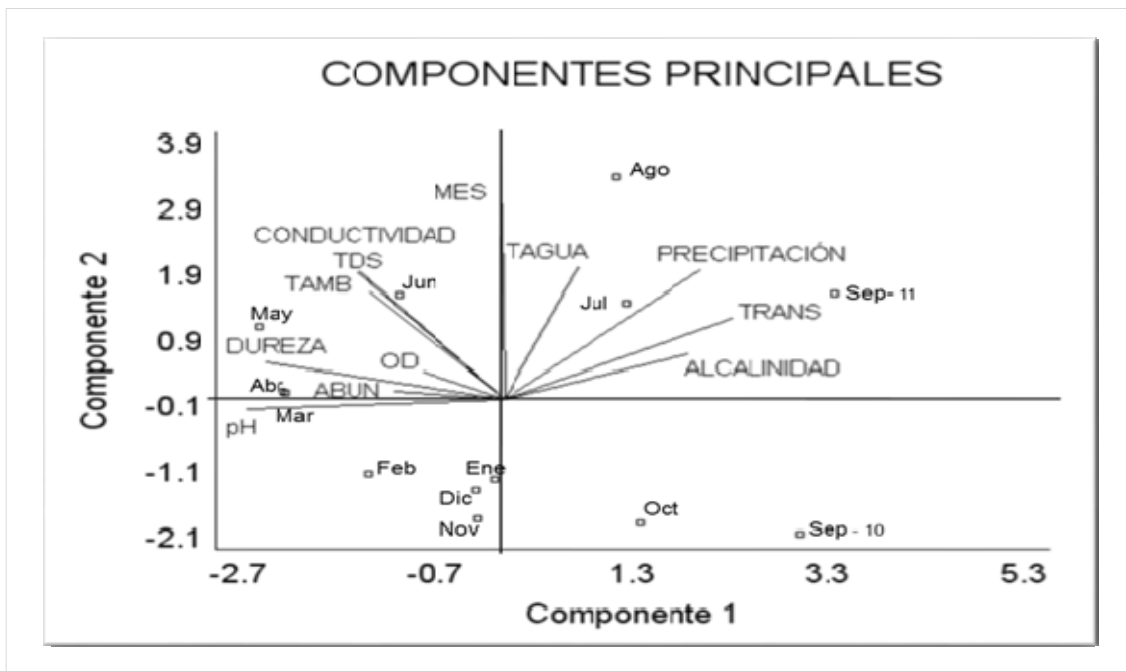


Figura 30. Análisis de Componentes Principales obtenido con las variables físicas, químicas y biológicas. ABUN= abundancia, OD= Oxígeno Disuelto, TAMB= Temperatura Ambiente, TAGUA=Temperatura Agua, TRANS= Transparencia al disco de Secchi, TDS= Sólidos Disueltos Totales

### ➤ Análisis de Cluster

Se realizó un análisis de agrupamiento (Cluster) y en la figura 31 se aprecia que en el sistema las variables físicas, químicas y biológicas se agrupan conforme al comportamiento de los meses, según la relación que se tienen entre ellos, el cual mostró tres grupos en función de las épocas del año: el primero está conformado por los meses pertenecientes a la temporada de secas frías (noviembre a febrero); el segundo está formado por los meses de temporada de secas cálidas (marzo a junio) y el tercer grupo está conformado por los meses de temporada de lluvias (septiembre y octubre del 2010, julio, agosto y septiembre del 2011).

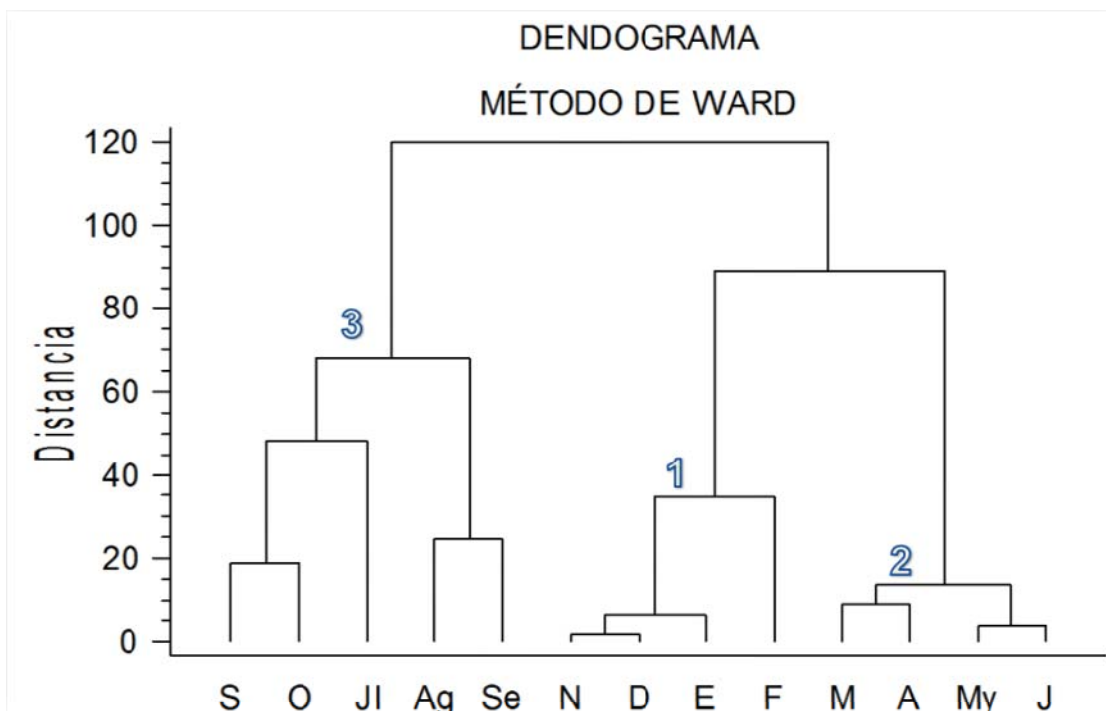


Figura 31. Agrupamiento de las variables en función de la época del año

➤ *Correlación de Spearman*

Al realizar el análisis de correlación de Spearman entre las variables físicas, químicas y la abundancia del zooplancton, muestran una correlación positiva entre; pH- temperatura ambiente, pH-OD, pH-dureza conductividad-sólidos disueltos totales (SDT), temperatura del agua- temperatura ambiente, OD-dureza, temperatura ambiente-precipitación, es decir al aumentar los SDT aumenta la conductividad y al disminuir los SDT disminuye la conductividad. También se observó una correlación negativa entre; visibilidad-OD, visibilidad-Dureza, temperatura del agua-OD y pH-alcalinidad, por lo que al aumentar la temperatura del agua disminuye el oxígeno disuelto (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de Correlación de Spearman de los parámetros físicos, químicos y biológicos del bordo Huitchila

Variabes	Temperatura Ambiente	Transparencia	Oxígeno Disuelto	Alcalinidad	Dureza Total	Sólidos Disueltos Totales	Temperatura del agua
Temperatura del agua	0.4077; p=0.1578						
Transparencia			-0.643; p=0.025	0.391; p=0.048			
Oxígeno Disuelto					0.557; p=0.053		
pH	0.5750; p=0.046	-0.7220; p=0.0124	0.485; p=0.012	-0.5805; p=0.043	0.6374; p=0.0273		
Dureza Total		-0.472; p=0.015	0.557; p=0.053				
Conductividad		-0.43; p=0.028				0.9986; p=0.0005	
Precipitación		0.6574; p=0.0146					0.7860; p=0.0014
Abundancia	0.115 p= 0.577	0.131 p= 0.523	0.058; p=0.779	-0.112; p=0.586	0.222; p=0.276	0.238; p=0.241	-0.116; p=0.571

## DISCUSIÓN

En México la mayoría de los embalses están influenciados por la marcada estacionalidad climática entre la época de secas y la época de lluvias (De La Lanza-Espino y García-Calderón, 2002; Quiroz-Castelán *et al.* 2008). Las variaciones del plancton dependen de esta estacionalidad y especialmente del régimen anual de vientos; así, la existencia de la mayoría de especies en una localidad está controlada por características ambientales. En lo general el conjunto de factores abióticos determinan la presencia de una especie en un sitio y un momento dado, en tanto que los factores bióticos regulan sus poblaciones (De la Lanza-Espino y García-Calderón, 2002).

En el presente estudio se logró definir claramente la marcada estacionalidad climática (Figura 31), se registró un periodo de dilución por el aumento en el volumen del sistema y por la disminución de los valores de los nutrimentos durante la temporada de lluvias y otro de concentración en la época de secas, corroborado por el incremento en el aumento de valores de los factores físicos y químicos y una disminución en el área del bordo. Chapman y Kramer (1991) señalan que el inicio de la época de lluvias indica un cambio radical en las características físicas y químicas de los pequeños cuerpos de agua tropical. Por lo tanto, la entrada de material orgánico alóctono durante la temporada de lluvias disminuye la conductividad, pH, alcalinidad, sólidos disueltos totales pero, incrementa la demanda bioquímica de oxígeno.

El microreservorio Huitchila es un cuerpo de agua que se puede clasificar como un bordo permanente, con una profundidad mínima de 1.7 m en época de secas y de 4.3 m durante la temporada de lluvias. Por lo tanto, el tiempo de permanencia del agua en el bordo depende directamente de tres factores principales: precipitación, evaporación y el escurrimiento superficial, así como de otros procesos secundarios como flujo de agua subterránea, pérdidas por filtración y captura de agua por la vegetación aledaña a los jagüeyes (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

De acuerdo con las características físicas y químicas que presenta el microreservorio Huitchila, indica un cuerpo de agua ligeramente alcalino (pH de 8.5 promedio), lo que coincide con lo reportado en otros estudios de cuerpos de agua mexicanos (Cirios, 1994; Cervantes y Gutiérrez, 1996; Sarma y Elías-Gutiérrez, 1998; Gómez, 2002; Domínguez, 2006; Aguilar-Acosta, 2010; Rivera y Hernández 2011). Los valores altos de pH pueden relacionarse con una actividad

fotosintética alta que es el principal consumidor de CO<sub>2</sub> y hace que aumente el pH (Abarca, 2007, Gayosso-Morales, 2010).

Dodson y Frey (2001), señalan que el grupo de los cladóceros son encontrados principalmente en aguas neutras o alcalinas por lo que la acidez afecta su distribución; en cambio, los copépodos soportan amplias variaciones de pH por lo que este factor no tiene una influencia directa en su ciclo de vida (Dussart y Defaye, 1995). Sin embargo, los rotíferos presentes en aguas alcalinas contienen pocas especies pero alto número de individuos como se registra en este estudio.

Con respecto al oxígeno disuelto tuvo una correlación negativa con la temperatura, los valores más bajos se presentaron cuando la temperatura fue mayor en el sistema. Presenta aguas bien oxigenadas, con un valor promedio de 6.9 mg/L. Gómez-Márquez *et al.* (2008), reportaron el lago El Rodeo como un sistema de aguas bien oxigenadas con valor promedio de 4.49 mg/L. El oxígeno disuelto es el parámetro más importante de los sistemas acuáticos, ya que es esencial para el metabolismo de todos los organismos (Wetzel, 1981; Contreras, 1994). La concentración de oxígeno se encuentra en el intervalo recomendado por Bardach *et al.* (1986) y Rodríguez y Carmona (2002) para el desarrollo de organismos acuáticos.

La temperatura que se registró en el sistema fue de 25 °C promedio, al igual que el oxígeno, es un parámetro importante en la regulación de los procesos fisiológicos y metabólicos de los organismos, además de ser un factor determinante en la distribución de algunas especies y sus diferencias se pueden relacionar con la altitud y productividad acuática, afectando tanto la estructura de la comunidad, como la abundancia y diversidad (Urabe 1989; Green 1993). Dumont (1983) y Segers (2003) destacan que el grupo de los rotíferos tiene preferencias por aguas cálidas, lo cual explica la diversidad reportada en el presente estudio.

Los registros de temperatura en el microreservorio Huitchila indican una estratificación térmica durante la mañana en los meses octubre y marzo, sin embargo Sánchez y Zamora (2012) reportan que este sistema permanece en mezcla el resto del día. La constante acción del viento ocasiona una mezcla continua y la resuspensión de los sedimentos del fondo, que en algunos casos puede involucrar a toda la columna de agua y una homogeneidad de sus variables físicas, químicas y biológicas; lo que permitió clasificarlo, como un cuerpo de agua polimíctico cálido continuo, según el criterio de Lewis (1983). Gómez (2002) clasifica al lago Coatetelco como polimíctico cálido continuo, sobre todo si se toma en cuenta la latitud en la que se ubica y la profundidad que presenta.

En cuanto a la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) tienen una correlación positiva, es decir que al aumentar los SDT aumenta la conductividad, estos proporcionan superficies de absorción y una vía de transmisión para muchos contaminantes orgánicos y metales pesados (Sheela *et al.*, 2011). En este estudio se observó una diferencia de concentraciones de conductividad y SDT entre las dos temporadas de estudio, en la temporada de lluvias se presentó el valor máximo (1261  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 665 ppm, de conductividad y SDT respectivamente), significativamente mayor al valor que presentó para la temporada de secas que fue 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad y 362 ppm de SDT. Las variaciones mensuales de conductividad y sólidos totales disueltos siguen una tendencia similar. Según Mustapha (2009) y Hujare (2005), mencionan que la conductividad como los SDT promueven alta abundancia y crecimiento de zooplancton, lo cual concuerda con los resultados reportados.

La alcalinidad es importante para la productividad del sistema acuático y sirve de amortiguador para los cambios en el pH. Arredondo (1986) argumenta que las aguas que contienen más de 40 mg/L son más productivas, en este caso se tiene una alcalinidad promedio de 157 mg/L. De acuerdo con la dureza total el sistema presenta aguas duras, sobrepasando los valores de alcalinidad posiblemente porque los iones calcio y magnesio están asociados con sulfatos, cloruros, silicatos y nitratos (Arredondo 1986; Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1994).

Por otro lado, la menor transparencia (0.35 m), se presentó en la temporada de secas, hecho que favorece la resuspensión del sedimento, la biomasa elevada de fitoplancton y la concentración de clorofila "a", la cual es aportada por las clorofitas que siempre se mantuvo como la división más abundante, aumenta en épocas de sequía por la disminución en el área y volumen del cuerpo de agua; además, se ha observado que ésta turbidez incrementa la atenuación de la luz, disminuye la profundidad de la zona fótica y por lo tanto, limita la eficiencia fotosintética como ha sido señalado por Chacón-Torres *et al.* (2000) y Hernández y García (2007). Los mayores valores de transparencia (0.65 m) del agua se presentaron durante la época de lluvias, en esta, la concentración de nutrientes se diluye, disminuyendo la turbiedad de las aguas, la cual es básicamente de origen biogénico (fitoplancton), lo que es un carácter típico de sistemas eutróficos (Wetzel, 2001).

Asimismo, algo que es importante señalar es que las variaciones en la transparencia, así como la turbidez del agua en el embalse, no se debieron únicamente a cambios en la densidad del fitoplancton, sino también a la concentración de sólidos en suspensión y totales por erosión de la orilla del sistema acuático y aporte del material alóctono, lo cual ha sido observado en otros



embalses (López-López y Serna-Hernández, 1999; Chacón-Torres *et al.*, 2000; Bouvy *et al.*, 2003; Umaña-Villalobos, 2008; Rivera y Hernández 2011; Sánchez y Zamora, 2012), en especial durante la época de mayor caudal. Encontrando así una relación inversa con pH, dureza total y conductividad.

El zooplancton estudiado en este sistema acuático, presentó una riqueza de 16 especies. La mayor proporción del zooplancton estuvo dominada por los copépodos (79%), seguida por el grupo de los rotíferos (16 %) y por último los cladóceros (5%). En contraste a lo reportado por Suárez-Morales *et al.* (1993) en el reservorio Antonio Alzate, México, en donde la composición estuvo dominada por los cladóceros (80%) seguidos de los rotíferos (18.9%) y por último los copépodos (0.4%). Esta diferencia posiblemente tiene que ver con la ubicación geográfica y la temperatura del sistema, cuyo promedio para éste último es de 18.3°C mientras que para Huitchila es de 25°C, factores que afectan las actividades metabólicas y reproductivas de los organismos.

Dumont y Sergers (1996) mencionan que la riqueza específica del zooplancton para un embalse de la zona tropical de la región de Sudamérica (Brasil) puede ser mayor a 150 especies. La riqueza específica obtenida para este estudio se considera muy baja (menor de 20 especies), similar a la reportada por Granados (1990), Trejo-Albarrán *et al.* (2000), Suárez *et al.* (1991), Ocampo (1996), Akin-Oriola (2003), Gómez-Márquez *et al.* (2003), Parra *et al.* (2006) y Mustapha (2009). Keppeler y Hardy (2004) mencionan que el factor que disminuye la diversidad zoopláncica en un hábitat es la baja profundidad que presenta el cuerpo de agua y es claro que existe un comportamiento inverso entre la diversidad y la uniformidad, la cual se mantuvo variable a lo largo del estudio, pero dentro de un intervalo constante.

Del grupo de los copépodos la especie más abundante y dominante fue el calanoideo *Arctodiaptomus dorsalis* (Figura 14). Suarez-Morales (2000) menciona que los copépodos calanoideos están representados principalmente por la familia Diaptomidae con una distribución en todo el mundo y Elías *et al.* (2008) lo confirma para los calanoideos dulceacuícolas registrados en el país, siendo la única familia reportada para México. Williamson y Reid (2001) indican que los calanoideos predominan aunque la calidad o densidad del alimento sea baja, por lo que el alimento que necesita para sobrevivir es bajo. Esta especie ha sido reportada por Suárez-Morales y Reid (1998) para Aguascalientes, Quintana Roo, Yucatán y Jalisco, quienes mencionan que se distribuye desde el centro hasta el sureste de México y tiene afinidad con la zona neotropical (Caribeña). Además, Álvarez y Campos (2000) citan la ampliación de su ámbito de distribución al Municipio de Jilotepec, Morelos y a los Pantanos de Centla, Tabasco. Asimismo,

Gómez-Márquez *et al.*, (2003) citan la presencia de esta especie para el lago Coatetelco, Mor. y Parra *et al.*, (2006) para dos sistemas del Alto Amacuzac, Morelos, con máximas abundancias en los meses fríos.

El ciclopoideo *Thermocyclops inversus* estuvo presente en este embalse en bajas densidades (33 org/l) y fue poco frecuente (23%), por lo que se consideró una especie rara en el sistema (Figura 14), ha sido reportado previamente para México y de manera reciente en cuerpos de agua de Zacatecas por Mercado-Salas y Suárez-Morales (2011) y para los estados de Aguascalientes, México, Michoacán, Morelos, Quintana Roo, San Luis Potosí y Yucatán por Suárez-Morales y Reid (1998) y presenta una afinidad neotropical. Reid (1989) indica que las especies del género *Thermocyclops* son capaces de alcanzar altas densidades en ambientes eutróficos, donde pueden dominar las cianobacterias, al hacer uso de pequeñas colonias como recurso alimenticio, además de otros grupos de fitoplancton y protozoarios. En el bordo Huitchila las cianofitas fueron el segundo grupo de abundancia en todo el año, después de las clorofitas (Sánchez y Zamora, 2012), lo cual puede estar asociado a la presencia del copépodo ciclopoideo.

Respecto a la composición de cladóceros, Elías-Gutiérrez *et al.* (1999) citan que los grandes reservorios mexicanos son dominados por varias especies de *Daphnia* y *Bosmina* (aunque ninguna especie perteneciente a estos dos géneros fue encontrada en este estudio, lo cual se debe a que el primer género es característico de aguas templadas y frías y el segundo de condiciones litorales con vegetación). En este estudio la especie que dominó fue *Diaphanosoma birgei* la cual ha sido previamente registrada en el Estado de México (Elías-Gutiérrez, 1995), Guanajuato (López-López y Serna-Hernández, 1999), Morelos (Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Parra *et al.*, 2006), ya que se considera una especie de hábitat limnético. Cuker y Hudson (1992) señalan que las especies del género *Moina* y *Diaphanosoma* son generalmente favorecidas cuando el cuerpo de agua presenta alta turbidez abiogénica, aunque son menos abundantes que los rotíferos, lo cual coincide con los registros de este cuerpo de agua.

Elías-Gutiérrez (2006), menciona que las especies *Moina micrura* y *Thermocyclops inversus*, no muestran un patrón tan definido, posiblemente porque son especies más resistentes a los cambios en el medio ambiente. Actualmente se reconoce que ambas taxa tienen un ámbito de distribución sumamente amplio, encontrándose desde las regiones tropicales hasta latitudes templadas y es muy posible que se trate de complejos de especies hermanas.

Según Sendacz (1993) y Sendacz *et al.* (2006), los rotíferos dominan las comunidades del zooplancton en lagos y embalses tropicales y subtropicales y geográficamente representan el grupo más extendido por tener estrategias como la reproducción partenogenética, ciclo de vida corto, tamaño pequeño, que les permiten una distribución amplia y la posibilidad de colonizar rápidamente ambientes perturbados, como es el caso de la familia Brachionidae que se encuentra típicamente en cuerpos mexicanos (García-Morales y Elías-Gutiérrez, 2004). Algunas de las especies de rotíferos observadas en el bordo Huitchila, han sido reportadas para el sistema hidrológico Lerma-Santiago por Osorio-Tafall (1942), Rico-Martínez y Silva-Briano (1993), Suárez-Morales *et al.* (1993) y para algunos cuerpos de aguas de la cuenca del Balsas por Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003) y Granados-Ramírez *et al.* (2007). De acuerdo con Dumont (1983), Wetzel (2001) y Segers (2003) la temperatura constituye un factor clave en determinar las tasas reproductivas, alimentación, movimiento y longevidad, al establecer que el intervalo de temperaturas entre 15°C a 20 °C, son óptimas para la reproducción de este grupo, lo cual se registró en este cuerpo de agua durante la época seca fría (diciembre y enero), cuando la temperatura fue de 20 °C.

Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003) citan que el género *Brachionus* registrado en este estudio, es típico de aguas alcalinas, duras, de regiones templadas y tropicales, predominando en ambientes mesotróficos o eutróficos, evitando siempre las condiciones hipereutróficas y son de amplia distribución. Por lo tanto, la dominancia del número de especies de *Brachionus* en este embalse, es un indicador de condiciones eutróficas (Sampaio *et al.* 2002; Sládecek, 1983) y su abundancia se debe a la presencia de altas cantidades de materia orgánica, por aporte durante la temporada de lluvias, lo cual es citado por Carvalho (1983), Sládecek (1983) y Sampaio *et al.* (2002) para otros sistemas acuáticos y por la adaptación y adecuación de su partes bucales que les permite desarrollar hábitos detritívoros, herbívoros, carnívoros y omnívoros (Suárez *et al.*, 1996)

La especie *Brachionus caudatus* fue la especie más abundante y dominante a lo largo del estudio, lo cual se explica por las condiciones del bordo, ya que Andrade (2001) menciona que esta especie se relaciona con una alta disponibilidad de material orgánico particulado y de la biota encargada de su descomposición (hongos y bacterias), donde las altas temperaturas y la resuspensión del sedimento debido a la baja profundidad y fuerza del viento favorecerían altas tasas de descomposición de materia orgánica (Aguirre *et al.* 2005).

Le sigue en importancia la especie *Brachionus havanaensis* aunque fue menos abundante, se mantuvo con un 69% de frecuencia de ocurrencia, ya que según Koste (1978) esta especie se presenta en agua alcalinas y eutróficas, con amplia distribución en la república Mexicana, siendo reportada en varios estudios de diversidad en nuestro país (Serrania y Sarma, 2003, Flores-Burgos *et al.*, 2003) y es una especie característica de las regiones neártica y neotropical, típica del continente americano (Flores-Burgos, 1997).

Con respecto a *Brachionus falcatus* esta fue una especie ocasional, por ser poco frecuente y registrar abundancias altas en el mes de agosto, lo cual coincide a lo reportado por Pennak (1978) y Margalef (1983), quienes mencionan que estos organismos prefieren aguas alcalinas, duras, con alta temperatura en reservorios productivos ubicados en regiones templadas y tropicales, después del máximo del periodo de lluvias.

*Brachionus calyciflorus*, *B. angularis*, *Filinia longiseta* y *B. quadridentatus* son cuatro especies cosmopolitas que habitan en sistemas con aguas alcalinas y de acuerdo a Sládecek (1983), las primeras tres especies son indicadoras de aguas  $\alpha$ -mesosapróbicas y polisapróbicas y la última, de sistemas  $\beta$ -mesosapróbicos (con base en el contenido de materia orgánica); además, de manera general la familia Brachionidae se puede considerar como altamente tolerante a ciertas concentraciones de contaminantes, así como a diversos factores ecológicos como lo señala Sládecek (1983).

El género *Asplanchna* es uno de los rotíferos más comunes de los pocos vivíparos de este grupo, presenta amplia distribución y es un depredador del zooplancton en los sistemas lénticos en la región templada y tropical (Fernando *et al.*, 1990). Es muy probable que la especie presente en el bordo Huitchila sea *A. sieboldii* (Leydig, 1854), ya que Granados–Ramírez *et al.*, (2007) la citan para tres cuerpos de agua del estado de Morelos que se encuentran cercanos a este bordo. Esta especie se ha reportado de forma sistemática en embalses cálidos y es poco frecuente en ambientes alcalinos con alta concentración de materia orgánica suspendida, poca transparencia y por su dinámica, embalses altamente oxigenados. De acuerdo a Sládecek (1983), es un indicador de sistemas oligosapróbicos a  $\beta$ -mesosapróbicos.

Ruttner-Kolisco (1974: citado en Granados–Ramírez y Álvarez-Del Ángel, 2003) mencionan que *Filinia longiseta* es un organismo termófilo, epilimnético y de ambientes estratificados, presente en ambientes de zonas subtropicales y tropicales con temperaturas que oscilan entre los 24° y 28 °C, por lo que es considerada una especie euritérmica. Además, se considera como una especie de

amplia distribución en los ambientes temporales y permanentes (Koste, 1978; Sládeček, 1983). Lo anterior explica la presencia de dicha especie en el microreservorio Huitchila.

En el cuerpo de agua se observó que el inicio del período de lluvias fue acompañado por el incremento de los sólidos suspendidos y disminución de la transparencia y el pH, momentos que se asocian al predominio de copépodos ciclopoideos al iniciar las lluvias y al copépodo calanoideo al final de la temporada.

En la época de secas se registró un incremento de la dureza, la alcalinidad, transparencia y oxígeno disuelto, con una notoria substitución de especies, en los meses cálidos con dominio de rotíferos y en los meses fríos una escasa riqueza específica. Además, es evidente que durante el momento del incremento del fitoplancton, se observó la menor riqueza de especies, así como la densidad zooplánctonica y en general, en cada mes los sitios responden de manera similar a la variación estacional de los factores ambientales.

Por otra parte, atendiendo a la dimensión abiótica, Rawson (1939, citado en Hernández-Avilés *et al.*, 2007) y Ryder (1982) afirman que la capacidad productiva de los sistemas acuáticos depende del modo en que se conjugan los tres componentes responsables de la productividad: el morfométrico (las dimensiones de la cubeta lacustre), el edáfico (los materiales disueltos) y el climático (latitud y altitud). Respecto al componente morfométrico en este cuerpo de agua de Morelos, las dimensiones de la cubeta favorecen un mayor intercambio de materiales con la cuenca y un incremento en la tasa de sedimentación por lo que, este sistema acuático es considerado como somero, ya que su profundidad oscila entre uno y seis metros y la máxima profundidad se registra en época de lluvias y la menor en época de estiaje (Hernández-Avilés *et al.*, 2007). De acuerdo con el análisis de componentes principales mostró que la cantidad de zooplancton está relacionado con dos componentes, el climático y el edáfico, presentando este último mayor relación con la abundancia del zooplancton.

Asimismo, Cole (1979) y Arredondo-Figueroa y López-Nava (1992) mencionan que los cuerpos de agua someros se pueden considerar como sistemas productivos, por presentar valores de profundidad promedio menores a uno, ya que se favorece la interrelación entre la masa de agua y los materiales del fondo. Estos microreservorios al ser ambientes relativamente someros, son altamente vulnerables a la acción del viento y a oscilaciones de las condiciones climáticas, los cuales pueden actuar como factores selectivos para la biota.

Por lo tanto, la frecuente modificación del estado trófico así como de la transparencia y de la conductividad en este sistema acuático durante las dos épocas del año, puede representar un importante factor selectivo para las especies que logran colonizar estos hábitats y estos pueden ser usados como parámetros para indicar las alteraciones ambientales que repercuten el cuerpo de agua (Sousa *et al.*, 2008).

Muylaert *et al.* (2003) mencionan que la biomasa del zooplancton usualmente alcanza su máximo durante el periodo de lluvias. De acuerdo con Cole (1979) y Wetzel (2001), al existir un incremento en la producción primaria (fitoplancton) como fuente de alimento, habrá un incremento en la abundancia y biomasa del zooplancton. En el presente estudio las máximas densidades de zooplancton se presentaron en la época de secas (febrero y marzo), ya que las menores densidades zooplanctónicas coincidieron cuando se incrementa el nivel de agua en el embalse, condiciones que pudieron provocar dilución y a su vez parte del zooplancton pudo haber sido arrastrado y eliminado a través de los vertederos esto concuerda con el trabajo realizado por López-López y Serna-Hernández (1999). Sin embargo, también se observó una baja densidad del zooplancton cuando el nivel del agua comienza a reducirse en la temporada de secas, condiciones que propician que los organismos sean capturados con facilidad. Además, la introducción de peces exóticos como la tilapia (*Oreochromis niloticus*) y otras especies de poecílicos (*Heterandria bimaculata*, *Poeciliopsis gracilis*, etc.) puede tener algunos efectos sobre las comunidades de zooplancton de agua dulce, al ser en las etapas juveniles peces planctívoros (Infante y Riehl, 1984.; Anderson *et al.*, 1978; Elías-Gutiérrez *et al.*, 1999).

Es posible que la baja diversidad y densidad de zooplancton en este cuerpo de agua en comparación con otros sistemas, fuera causada por las actividades humanas, debido a la contribución de aguas de desecho de las actividades agrícolas y domésticas que son vertidas a los sistemas sin previo tratamiento, además de la actividad depredadora de la ictiofauna existente, que conforman la pesquería del bordo Huitchila.

En el estado de Morelos existen aproximadamente 160 cuerpos de agua, en los cuales la composición faunística de la mayoría de ellos no se conoce todavía, en especial en lo referente al zooplancton, debido a que la mayoría de ellos son utilizados de manera secundaria para actividades de acuicultura (pesquerías) o recreación turística y en mayor medida son utilizados como reserva de agua para actividades agropecuarias o para consumo humano.

Por último, los resultados sugieren que el microreservorio es un sistema eutrófico, en el que existe una marcada estacionalidad en los factores ambientales asociada a los periodos de lluvias y secas. Además, la dinámica de los factores físicos y químicos que se presentaron en ambas temporadas, determinaron un efecto en el zooplancton, el cual también presentó variaciones en su abundancia durante el ciclo anual de muestreo, con una disminución de sus densidades durante la máxima abundancia del fitoplancton, principalmente cuando dominaron las algas clorofíceas durante la época de lluvias.

## CONCLUSIONES

La comunidad zooplanctónica en el bordo Huitchila estuvo conformada por 16 especies (2 copépodos, 3 cladóceros y 11 rotíferos), los rotíferos con mayor riqueza de especies.

La diversidad del zooplancton varió entre 0.6 y 1.57 unidades durante el periodo de muestreo, señalando un índice de diversidad bajo.

Los organismos que dominaron durante el periodo de estudio fueron *Arctodiaptomus dorsalis*, *Diaphanosoma birgei*, *Asplanchna sp.*, *Brachionus caudatus* y *B. havanaensis*.

Se registró una especie ocasional (*Brachionus falcatus*) que presentó abundancias altas en época de lluvias

La presencia del género *Brachionus*, la baja transparencia y alta productividad, indican que el bordo es un cuerpo de agua eutrófico.

Las mayores densidades de zooplancton se presentaron en la época de secas (febrero y marzo) con promedio de 3270 org/l y bajas densidades en septiembre y octubre del 2010 (época de lluvias), con promedio de 1177 org/l. Como grupo los cladóceros y copépodos fueron más abundantes durante secas, con mínimos en lluvias y los rotíferos fueron abundantes durante la época de secas e inicio de lluvias.

De acuerdo a las características físico y químicas obtenidas, el microreservorio Huitchila se puede considerar como un sistema productivo, con aguas bien oxigenadas (6.9 mg/L) y duras, con temperaturas promedio de 25 °C, adecuadas para el desarrollo de las poblaciones del zooplancton; así mismo, se puede clasificar como un bordo permanente con una profundidad mínima de 1.7 m en época de secas y de 4.3 m durante la temporada de lluvias.



## BIBLIOGRAFÍA

- ✚ Abarca, F.J., 2007. Técnicas para la evaluación y monitoreo del estado de humedales y otros ecosistemas acuáticos. En: Sánchez Ó., Herzig M., Peters E., Márquez-Huitzil R., Zambrano L. 2007. (Eds.). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de ecología. México. 113-114 p.
- ✚ Adams, S.M. y M.S. Greeley, 2000. Ecotoxicological indicators of water quality. Using multi-response indicators to assess the health of aquatic ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*. 123: 103-115.
- ✚ Aguilar, V., 2003. Aguas continentales y diversidad biológica de México: Un recuento actual. *Biodiversitas, Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO)* 8 (48): 1-15.
- ✚ Aguilar Acosta, C.R. 2010. Variaciones estacionales de crustáceos (Cladóceros y Copépodos) en la Presa Iturbide, Estado de México. Tesis de Licenciatura, Fes Iztacala. UNAM. México. 52p.
- ✚ Aguirre, N.J., J.A. Palacio, M.T. Fórez, A. Wills, O. Caicedo, L.F. Jiménez, N.E. Villegas, H. Grajales y C. Palacio. 2005. Informe final del proyecto COLCIENCIAS “Análisis de la relación río-ciénaga y su efecto sobre la producción pesquera en el Sistema Cenagoso de Ayapel, Colombia”. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- ✚ Ahlstrom, E.H. 1940. A revisión of the rotatoria genera *Brachionus* and *platyas* with descriptions of one new species and two varieties, *Bulletin American Musseum of Natural History* Vol. LXXVII: 143-183.
- ✚ Akin-Oriola, G. A. 2003. Zooplankton associations and environmental factors in Ogunpa and Ona rivers, Nigeria. *Revista de Biología Tropical* 51(2): 391-398.
- ✚ Alcocer, J. y A. Lugo. 1995. The Urban lakes of México City (Lago Viejo de Chapultepec). *Lakeline* 2:14-31.
- ✚ Álvarez, S. C. y R. V. Campos. 2000. *Arctodiaptomus dorsalis* (Copepoda: Calanoida) en los Estados de Morelos y Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 48 (2-3).
- ✚ Andrade, C.E. 2001. Efecto de la fluctuación del nivel del agua sobre la estructura de la comunidad de rotíferos planctónicos en el lago Yahuaraca. (Río Amazonas- Colombia). Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

- ✚ Anderson, G., H. Berggren, G. Cronberg y C. Gelin. 1978. Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes. *Hydrobiologia* 59: 9-15.
- ✚ Arredondo-Figueroa, J.L. y J.L. García-Calderón, 1982. La conducta físico-química y el rendimiento pesquero en un estanque de temporal tropical utilizado para la piscicultura extensiva en el Estado de Morelos, México. *Rev. Lat. Acui. Lima*12:1-60.
- ✚ Arredondo-Figueroa, J.L. 1986. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de calidad del agua, en estanques de piscicultura intensiva. Dirección General de Acuicultura. Secretaria de Pesca. México. D.F.182 p.
- ✚ Arredondo-Figueroa, J.L. y A. Flores-Nava. 1992. Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiología* 3/4: 1-10.
- ✚ Arredondo-Figueroa, J.L. y S.D. Lozano-García. 1994. Water quality and yields in a polyculture of nonantive cyprinids in México. *Hidrobiología*, 4(1-2):1-8.
- ✚ Athié, L. 1987. Calidad y cantidad de agua en México, UNIVERSO Veintiuno, México. 152 p.
- ✚ Azevedo, F. y C. Costa-Bonecker. 2003. Community size structure of zooplanktonic assemblages in three lakes on the upper River Paranah floodplain, PR-MS, Brazil, *Hidrobiología*, 505,147-158.
- ✚ Bardach, J.E., J.H. Ryther y W.O.M. Clarney. 1986. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editores, México, D.F. 741 p.
- ✚ Barnes, R.D. 1989. Zoología de los invertebrados. Interamericana McGraw-Hill. Quinta edición. 967 p.
- ✚ Blancas, A.G.A., E.C. Constanzo, A.S. Cervantes y J.L.M. Gómez. 2011. Manual de análisis de aguas naturales y su aplicación a la microescala. FES Zaragoza, UNAM, México. 116 p.
- ✚ Bouvy, M., S. M. Nascimento, R. J. R. Mojica, A. Ferreira, V. Huszar y S. M. F. O. Azevedo. 2003. Limnological features in Tapacura reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia* 493: 115-130.
- ✚ Brooks, J.L. y S. L. Dodson. 1965. Predation, body size and composition of plankton. *Science*, 150, 25-35.

- ✚ Brower, E.J. y J.H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm.C. Brown Company Publishers, 194 p.
- ✚ Carvalho, M. L. 1983. Efeitos da fluctuacao do nivel da agua sobre a densidad e composicao do zooplanton em um Lago de Varzea da Amazonia, Brasil. Acta Amazonica. 13: 715-724.
- ✚ Cervantes, S. M. 1984. Manual de Técnicas Básicas para el Análisis de Ambientes Acuáticos, UNAM. 11-51p.
- ✚ Cervantes, M.A. y A. M. Gutiérrez. 1996. Cladóceros del Estado de México, aportaciones sobre Biología y Sistemática. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, UNAM.91 p.
- ✚ Chacón-Torres, A., C. Rosas-Monge y J. Alvarado-Díaz. 2000. The effects of hypereutrophication in a tropical Mexican lake. In: M. Munawar, S. G. Lawrence, I. F. Munawar & D. F. Malley (Eds.). Aquatic ecosystem of Mexico: Status and Scope. Ecovision World Monograph Series, Bakhuy Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 89-101.
- ✚ Chapman, L.J. y D.L. Kramer. 1991. Limnological observations of an intermittent tropical dry forest stream. Hydrobiology 226: 153-166.
- ✚ Chávez Aguilar, F. 2000. Estudios de modelos de celdillas de mezclado para el análisis de contaminantes en presas, Lagos y embalses, Tesis Facultad de Ingeniería UNAM México D.F 163p.
- ✚ Cirios, P.J.1994. Biodiversidad de Cladóceros (Crustácea: Branchiopoda) del Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM: 78 p.
- ✚ Cole, G. A. 1979. Textbook of limnology. 2ª. Edition. The C. V. Mosby Co. Saint Louis. 426 p.
- ✚ CNA. 2002. Compendio básico del agua en México. Comisión Nacional del Agua. México. 119 p.
- ✚ CNA. 2007. Estadística del agua en México. Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, 259 p.
- ✚ Conde-Porcuna, J. M., E. Ramos-Rodríguez y R. Morales-Banquero. 2004. El zooplanton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. Ecosistemas XIII consultado 1 de febrero de 2011 <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=54013203#>.
- ✚ Contreras, F. E. 1994. Manual de técnicas microbiológicas. UNAM-Iztapalapa, Ed. Trillas, México 149 p.

- ✚ Cuker, B.E. y L. Hudson. 1992. Type of suspended clay influences zooplankton response to phosphorous loading. *Limnology and Oceanography*, 37:566–576.
- ✚ De la Lanza, E.G., P.S. Hernández y P.J.L. Carvajal, 2000. Organismos Indicadores de la calidad del agua de la contaminación (Bioindicadores). Ed. Plaza y Valdés, México. 633 p.
- ✚ De La Lanza, E.G. y C.J.L. García, 2002. Lagos y Presas de México. México. 1ª. Edición, ed. AGT Editor, S. A. 680 p.
- ✚ Díaz, V. M. 2000. Aspectos sobre la densidad, diversidad distribución de la fauna bentónica en el lago Zempoala, Morelos, México, en un ciclo anual (1997-98). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas de la UAEM. Morelos, México. 31 p.
- ✚ Díaz-Vargas, M., E. E. Elizande-Arriaga, H. Quiroz-Castelán, J. García-Rodríguez e I. Molina-Estudillo, 2005. Caracterización de algunos Parámetros fisicoquímicos del agua y sedimento del Lago Zempoala, Morelos, México. *Acta Universitaria* 15(002): 57-65.
- ✚ Dodson, S. I. y D.G. Frey. 2001. Cladocera and other Brachiopoda. In: J.H. Thorp and A.P. Covich, Ed. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* (2<sup>nd</sup> edition), Academic Press, San Diego, CA, USA., 849-913 p.
- ✚ Domínguez, P. I. E. 2006. Estudio de la diversidad de zooplancton y fitoplancton de la laguna de Zumpango (Estado de México) para uso en la biomanipulación. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas. FES Iztacala, UNAM. 69 p.
- ✚ Dorantes, G. E. y M. B. Zavala, 2003. Estudio de la calidad de agua de tres cuerpos acuáticos en el estado de Morelos, Tesis de Licenciatura México, UNAM, 92 p.
- ✚ Douglas-Grant, S. 2001. Pennak's Freshwater invertebrates of the United States: Porifera to Crustacea. 4 ed. John Wiley y Sons, Inc. New York. 638p.
- ✚ Dumont, H. J. 1983. Biogeography of rotifers. *Hydrobiologia* 104: 19-30.
- ✚ Dussart B.H. y D. Defaye. 1995. Copepoda: Introduction to the copepoda. SPB Academic Publishing. 277 p.
- ✚ Dumont, H.J. y H. Serges. 1996. Estimating lacustrine zooplankton species richness and complementary. *Hydrobiologia* 341: 125-132.

- ✚ Elías-Gutiérrez, M. 1995. Notas sobre los cladóceros de embalses a gran altitud en el estado de México, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 40: 197-214.
- ✚ Elías-Gutiérrez, M., J. Ciro-Pérez, E. Suárez-Morales y M. Silva-Briano. 1999. The freshwater cladocera (Orders Ctenopoda and Anomopoda) of Mexico, with comments on selected taxa. *International Journal of Crustacean Research*, 72(2): 171-186.
- ✚ Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales y S.S.S. Sarma. 2001. Diversity of freshwater zooplankton in the neotropics: the case of México. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 27, 4027-4031.
- ✚ Elías-Gutiérrez, M. 2006. Estudio comparativo del zooplancton en dos regiones de México. El Colegio de la Frontera Sur, Informe final SNIBCONABIO proyecto No. AS019 México D. F. 47p.
- ✚ Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morelos; M.A. Gutiérrez-Aguirre; M. Silva-Briano; J.G. Granados-Ramírez y T. Garfías-Espejo, 2008. Guía ilustrada de los microcrustáceos (Cladóceros y Copépodos) de las Aguas Continentales de México, ECOSUR, UNAM, CONABIO 322p.
- ✚ Fernando, C. H., C. Tudorancea y S. Mengestou. 1990. Invertebrate zooplankton predator composition and diversity in tropical lentic waters. *Hydrobiologia* 198 (1): 13-31.
- ✚ Flores-Burgos J. 1997. Estudio de los rotíferos como indicadores de la calidad de agua. Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. 99 p.
- ✚ Flores-Burgos J., S.S.S: Sarma, S. Nandini. 2003. Population Growth of Zooplankton (Rotifers and Cladocerans) Fed *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* in Different Proportions. *Acta Hydrochim, Hydrobiologia* 31 (3), 240-248.
- ✚ García, E., 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie Libros, Núm. 6. Instituto de Geografía. UNAM. México. 90 p.
- ✚ García Calderón, J. L. y G. De la Lanza. 2002. Las aguas epicontinentales de México. En: *Lagos y Presas de México*. De la Lanza Espino, G. y J. L., García Calderón (eds). AGT editor S. A. 680 p.
- ✚ García-Morales, A.E. 2000. Análisis de la asociación de rotíferos, sistemas temporales y permanentes localizados en el centro de México. Tesis de biología. UNAM. Iztacala. Los Reyes Iztacala México. 72p.

- ✚ García-Morales, A.E. y M. Elías-Gutiérrez, 2004. Rotifera from southeastern México, New records and comments on zoogeography. *Anals. Inst. UNAM. Serie Zoología* 75 (1): 99-120.
- ✚ García-Roger, E. M., A. Martínez y M. Serra. 2006. Starvation tolerance of rotifers produced from parthenogenetic egg and from diapausing eggs a life table approach *Journal of Plankton Research*. 28: 257-265.
- ✚ Gayosso-Morales, M.A. 2010. Variación espacial y temporal del zooplancton (énfasis; Cladóceras) en el embalse Manuel Ávila Camacho, periodo agosto del 2008 a febrero del 2009. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología UNAM, México D.F. 82 p.
- ✚ Gliwicz, Z.M. 1990. Food thresholds and body size in cladocerans. *Nature*. 6259:638-640.
- ✚ Gómez, M.J.L. 2002. Estudio Limnológico-Pesquero del Lago Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM, México. 181 p.
- ✚ Gómez-Márquez, J. L., B. Peña-Mendoza, I. H. Salgado-Ugarte y J. S. Hernández Avilés. 2003. Zooplankton in Lake Coatetelco, A eutrophic shallow tropical lake, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology* 18(4): 659-660.
- ✚ Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza y J.L. Arredondo-Figueroa, 2007. Análisis limnológico y pesquero del lago Coatetelco, Morelos. 510-548. *En: Arredondo-Figueroa J.L., G. Díaz-Zavaleta y J.T. Ponce-Palafox (compiladores), Limnología De Presas Mexicanas: Aspectos Teóricos y prácticos*. AGT Editor, S.A. México, D.F.
- ✚ Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, R.A. Ramírez-Razo, M.P. Rosas-Hernández, J.L. Guzmán-Santiago, A. Ortiz-Rivera y A. Zavala Montero, 2008. Composición y abundancia de zooplancton en el Lago El Rodeo, Morelos de Febrero 2001 a Febrero 2002. 87-100. *En: Sánchez A.J., M.G. Hidalgo-Mihert, S.L. Arriaga-Weiss, W.M. Contreras-Sánchez, XIX Congreso Nacional de zoología Perspectiva en Zoología Mexicana*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México 86-100 p.
- ✚ González De Infante, A.1988. El plancton de las aguas continentales. Serie de Biología, Monografía No. 33 Secretaría general de Organización de los Estados Americanos .Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 126 p.
- ✚ González, R.J.M. y G.A. López. (1997). Aspectos hidrobiológicos de la Presa Emiliano Zapata, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México, 81 p.

- ✚ Granados, R. G. 1990. Comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales de Estado de Morelos, México. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, México. 55 p.
- ✚ Granados-Ramírez, J.G. y C. Álvarez-Del Ángel. 2003. Rotíferos de embalses: SubCuenca del Río Cuautla, Morelos, México. *Scientiae Naturae* 6(1): 33-44.
- ✚ Granados Ramírez, J., C. Álvarez-Del Ángel, M. Martínez-Alaniz, M. Romero-Aguilar, L. M. Arteaga-Núñez y J. I. Zavala-Aragón. 2007. Variación poblacional de los Rotíferos (Clase: Monogononta) de tres cuerpos de agua de la Subcuenca del Río Cuautla, Morelos, México (Ciclo Enero-Diciembre 2003). *Scientiae Naturae*, 9 (2): 5-17.
- ✚ Green, J. 1993. Diversity and dominance in planktonic rotifers. *Hydrobiología*, 255/ 256: 345-352.
- ✚ Gutiérrez, M. E y S. S. S. Sarma, 1999. Zooplancton de sistemas acuáticos epicontinentales mexicanos en la región central de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H112. México D. F.
- ✚ Harper, D. 1992. *Eutrophication of Freshwaters*. London, England, Chapman y Hall. 327 p.
- ✚ Hebert, P.D.N., 1998. *The Daphnia of North America- An illustrated Fauna- Dept. of zoology University of Guelph, Ontario Canada Version I CDROM*.
- ✚ Hernández-Avilés, J. S y B. Peña-Mendoza, 1992. Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permanentes en el estado de Morelos México, México. *Hidrobiológica*. 3/4: 11-23.
- ✚ Hernández-Avilés, J. S., M. C. Galindo-de Santiago y J. Loera-Pérez, 2002. Bordos o Microembalses. 600-618. En: De la Lanza Espino G. y J. L García Calderón (compiladores), *Lagos y Presas de México*. AGT Editor, S. A. México, D.F.
- ✚ Hernández, A.J.S. y J.L.C. García. 2007. Diferencias limnológicas entre lagos y presas. p. 63-74. En: Arredondo, F.J.L., G.Z. Díaz y J.T.P. Ponce (compiladores). *Limnología de presas mexicanas. Aspectos teóricos y prácticos*. AGT Editor, S. A. y UAM. México.
- ✚ Hernández-Avilés, J.S., J.L García-Calderón, M.C. Galindo de Santiago y J. Loera-Pérez, 2007. Microembalses: Una alternativa de limnicultura 597-620.

*En:* De la Lanza Espino G. (compiladores). Las Aguas interiores de México: Conceptos y casos. AGT Editor, S.A. México, D.F.

- ✚ Hujare, M.S. 2005. Hydrobiological studies on some water reservoirs of Hatkanangale Tahsil (Maharashtra). Ph.D Thesis, Shivaji University, Kolhapur, India.
- ✚ Iannacone, J., J. Mansilla y K. Ventura, 2002. Macroinvertebrados en Las Lagunas de Puerto Viejo, Lima-Perú. *Ecología Aplicada*. 2: 116-124.
- ✚ Iannacone, J., y L. Alvarino. 2007. Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal pantanos de Villa, Lima-Perú, *Gayana*, 71(1): 49-65.
- ✚ INEGI, 2009. "Anuario Estadístico del Estado de Morelos". Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1-9 p.
- ✚ Infante, A. y W. Reihl. 1984. The effect of Cyanophyta upon zooplankton in a eutrophic tropical lake (Lake Valencia, Venezuela). *Hydrobiologia* 113: 293-298.
- ✚ Kati, V., P. Devillers, M. Dufrene, A. Legakis, D. Vokou y P. Lebrun. 2004. Testing the value of six taxonomic groups as biodiversity indicators at a local scale. *Conservation Biology*. 18: 667-675.
- ✚ Keppeler, E.C. y E.R. Hardy. 2004. Vertical distribution of zooplankton in the water column of Lago Amapá, Rio Branco, Acre, Brazil. *Revista Brasileira de Zoología* 21: 169-177.
- ✚ Korovochinsky, N. y N. Smirnov. 1998. Introduction to the "Cladocera" (Ctenopoda, Anomopoda, Onychopoda and Haplopoda). Supplemented for America. A.N. Severstov Institute of Animal evolutionary Morphology and Ecology of the Russian Academy of Sciences
- ✚ Koste, W., 1978. Rotatoria Die Rädertiere Mitteleuropas. Ein bestimmungswerk, begründet von Max. Vol. I y II Texban. Voigt Uberordnung Monogononta, Borntraeger, Berlin, Stuttgart. 248 p.
- ✚ Lewis, W. M. Jr. 1983. A revised classification on lakes based on mixing. *Canadian Journal Fish Aquatic Scientist* 40:1779-1787.
- ✚ López-López, E. y J. A. Serna-Hernández. 1999. Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. *Revista de Biología Tropical* 47(4): 643-657.



- ✚ López-Blanco, J. y L. Zambrano-González, 2001. Propiedades Limnéticas de Sistemas Dulceacuícolas Pequeños en Acambay México Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Número 44: 64-84.
- ✚ López, C., M. Villalobos y E.J. González, 2001. Estudio sobre el zooplancton de los embalses de Venezuela: estado actual y recomendaciones para futuras investigaciones. Ciencia 9: 217-234
- ✚ Lugo, A., L. A. Bravo-Inclán, J. Alcocer, M. L. Gaytán, M. G. Oliva, M. R. Sánchez, M. Chávez y G. Vilaclara. 1998. Effect on the planktonic of the chemical program used to control wáter hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Guadalupe Dam, México. Aquatic Ecosystem Health and Management 1:333-343.
- ✚ Mac Nally, R. y E. Fleishman. 2004. A successful predictive model of species richness based on indicator species. Conservation Biology. 18: 646-654.
- ✚ Margalef, R. 1983. Limnología. Primera edición. Editorial Omega. Barcelona, España. 1010 p.
- ✚ Marques, D.S. Ma. J. 2004. *Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas*. Facultad de Estudios Superiores, U.N.A.M. México, D.F. 626 p.
- ✚ Mercado-Salas, N.F. y E. Suárez-Morales. 2011. Morfología, diversidad y distribución de los Cyclopoida (Copepoda) de zonas áridas del centro-norte de México. I. Cyclopina. Hidrobiológica 21 (1): 1-25.
- ✚ Molina-Astudillo, F. I., H. Quiroz- Castelán; J. García-Rodríguez y M. Díaz-Vargas, 2005. Distribución Vertical del Plancton en un Estanque Rústico de Producción piscícola en el Municipio de Cuautla, Morelos, México. Revista Electrónica de Veterinaria 6 (4):1-19.
- ✚ Moss, B. 1980. *Ecology of fresh-waters*. Blackwell Scientific Pub. University of Oxford. 232 p.
- ✚ Mustapha, M. K. 2009. Zooplankton assemblage of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria. Rev. Biol. Trop. Vol. 57 (4): 1027-1047.
- ✚ Muylaert, K., S. Declerck., V. Geenens., J.V. Wichelen., H. Deegans., J. Vandekerkhove., K.V. Gucht., N. Vloemans., W. Rommens., D. Rejas., R., Urrutia.,K. Sabbe., M. Gills., K. Decler., L.D. Meester y W. Vyverman. 2003. Zooplankton, phytoplankton and the microbial food web in two turbid and two clear shallow lakes in Belgium. *Aquatic Ecology*. 37: 137-150.

- ✚ Namihira-Santillán, P.E., G, Barrera-Escorcía y A.Z. Márquez-García. 2002. Contaminación por bacterias fecales en el Lago de Huayamilpas México D.F., *Hidrobiológica* 12 (2): 129-136.
- ✚ Navarrete-Salgado, N. A., O. A. Mauleón-Flores y G. Contreras-Rivero, 2008. Interacciones tróficas de los peces en el embalse San Miguel Arco Soyaniquilpan, Estado de México (otoño 2006). *Revista de Zoología* 19: 7-14.
- ✚ Needham, J.E y R.P. Needham. 1972. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces, 5ta edición, Editorial Reverté S.A Barcelona-Bogotá, Buenos Aires-Caracas, México-Río de Janeiro, 131p.
- ✚ Nogrady, T., R.L. Wallace y T.W. Snell 1993. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Rotifera 1 Biology, ecology and Systematics. SPB Academic Publishing, Netherlands. 142p.
- ✚ Nogrady, T. y H. Segers, 2002. Guides to the identification of the Microinvertebrates of the continental waters of the World. Rotifera 6: Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, trochosphaeridae and Filinia *In*: Dumont, H.J.F. Coordinating. Backhuys Publishers, Leiden. 264 p.
- ✚ Ocampo, U.L. M. 1996. Dinámica del zooplancton en un estanque temporal utilizado para el cultivo de carpa en el estado de México. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. 42 p.
- ✚ Ortiz-Rivera, A. 2006. Estudio de los sistemas acuáticos (lenticos) del Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 152 p.
- ✚ Osorio-Tafall, B. F. 1942. Rotíferos planctónicos de México I, II y III. *Revista de la Sociedad Mexicana Historia Natural* 3 (1-4): 23-79.
- ✚ Ostroumov, S.A. 2005. Some aspects of water filtering activity of filter-feeders. *Hydrobiologia* 542:275-286.
- ✚ Parra F. A. M., E. P. S. Santibáñez y J. G. Granados-Ramírez, 2006. Productividad del zooplancton de dos embalses del alto Amacuzac-Morelos, México. *Scientiae Naturae* 6 (2): 5-16.
- ✚ Pennak, R. W. 1978. *Freshwater Invertebrates of the United States*. John Wiley and Sons. 803 p.

- ✚ Peña-Aguado, F., 2003. Crecimiento poblacional de tres rotíferos y dos cladóceros planctónicos en relación con el tipo de dieta. Tesis maestría. UNAM. 56 p.
- ✚ Pillado, P. J. L., 1982. Contribución al conocimiento de algunos crustáceos (Copépoda-Cladóceras) de la presa Palo Blanco, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.E.M. Mor. 33 p.
- ✚ Pinto-Coelho, R., B. Pinel-Alloul, G. Méthot y K. E. Paraísos, 2005. Zooplankton crustáceo en Lagos y embalses de regiones templadas y tropicales: variación con estado trófico. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 348-361.
- ✚ Ponce, P.J. y J.L. Arredondo-Figueroa. 1986. Aporte al conocimiento limnológico de un embalse temporal tropical por medio de la aplicación de modelos Multivariados. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, México*, 13(2): 47-66.
- ✚ Porras D. D. 1984. Morfometría de embalses. Cuenca Oriental-Morelos. U.A.E.M. 3-15 p.
- ✚ Porras, D. D. 1986. Hidrobiología de embalses de la cuenca del río Atoyac, Morelos, México. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. 180 p.
- ✚ Quiroz, C. H., O. P Solis, J. R. García, I. F. A. Molina y M. V. Díaz, 2006. Variación de componentes fitoplanctónicos en un bordo temporal utilizado para acuicultura extensiva en el Norte de estado de Guerrero, México. *Revista electrónica de veterinaria*, 11:1-25.
- ✚ Quiroz-Castelán, H., O. Mondragón-Eslava, I. Molina-Astudillo, J. García Rodríguez, y M. Díaz-Vargas. 2008. Dinámica espacio-temporal de oxígeno-temperatura en los lagos Zempoala y Tonatiahua. *Acta Universitaria* 18(1): 57-65.
- ✚ Quiroz-Castelán, H., J. García-Rodríguez, F. I. Molina-Astudillo, M. Díaz-Vargas y P. Trujillo-Jiménez, 2010. Condiciones abióticas de la presa "El Abrevadero", utilizada para el cultivo extensivo de *Oreochromis niloticus* en Morelos, México. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(7): 1-20.
- ✚ Reid, J.W. 1989. The distribution of species of the genus *Thermocyclops* (Copepoda, Cyclopoida) in the western hemisphere, with description of *T. parvus*, new species. *Hydrobiologia*, 175, 149–174.
- ✚ Rico-Martínez, R. y M. Silva-Briano. 1993. Contribution to the Knowledge of the rotifera of Mexico. *Hydrobiology* 255/256: 467-474.

- ✚ Rivera, C.O.A. y G.N.G. Hernández. 2011. Producción y calidad del agua de los reservorios “Amate Amarillo” y “La Palapa”, Morelos. Informe de investigación de LIB´S V Y VI. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 118p.
- ✚ Rodriguez-Serna, M. y C. Carmona-Osalde. 2002. Balance energético del acocil *Cambarellus montezume* (Saussure) (Crustacea: Astacidae: Canbaridae) pérdida de energía en la tasa metabólica. *Universidad y Ciencia* 18(36):128-134.
- ✚ Roldán, P. G. y R. J. J. Ramírez, 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. 2ª. edición, Editorial Universidad de Antioquia. 111p.
- ✚ Rojas-Hoyo, J., 1986. Avance del invernadero Nacional del cuerpo de aguas epicontinentales, rendimiento potencial e importancia para la acuicultura. En: Villa, I. y E. Faggeti (Eds). Trabajos presentados al taller internacional sobre ecología y manejo de peces en lagos y embalses copescal documento técnico 4. Santiago, Chile. 244 p.
- ✚ Ryder, R. A. 1982. The morphoedaphic index. Use, abuse and fundamental concepts. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 111: 154-164.
- ✚ Salgado, U. I. H., 1992. *El Análisis Exploratorio de Datos Biológicos*, Ed. UNAM, México. 243 p.
- ✚ Sampaio, E. V., O. Rocha, T. Matsumura-Tundisi, y J. G. Tundisi. 2002. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Brazil Journal of Biology* 62 (3): 525-545.
- ✚ Sánchez, C.V., Townsend A. y P. Escalante, 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. 359-379. *En: Hernández, H., A.M. García, F. Álvarez y M. Ulloa (Eds.). Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. Instituto de Biología. UNAM. México.
- ✚ Sánchez, M.J.M. y S. D.A. Zamora. 2012. Producción y Calidad del agua del bordo Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 102p.
- ✚ SARH., 1982. *Manual de técnicas de análisis fisicoquímicos para aguas*. 5ª edición. 319 p.

- ✚ Sarma, S.S.S. y M. Elías-Gutiérrez. 1998. Rotifer diversity in a central Mexican pond. *Hydrobiologia* 387/388: 47-54.
- ✚ Sarma, S.S.S. y M. Elías-Gutiérrez, 1999. A survey the rotifera fauna of the Yucatán Península (México). *Revista de Biología Tropical*, 47 (suplemento1): 191-200.
- ✚ Sarma, S.S.S., S. Nandini y R. D. Gulati., 2002. Cost of reproduction in selected species of zooplankton (rotifers and cladocerans). *Hydrobiologia*. 481:89-99.
- ✚ Sarma, S.S.S. y S. Nandini, 2002. Comparative Life table demography and population growth of *Brachionus macracanthus* DADAY, 1905 and *Platyias quadricornis* Ehrenberg 1832 (Rotifera: Brachionidae) in relation to algal (*Chlorella vulgaris*) food density. *Acta Hydrochim Hydrobiol.* 30 (2-3): 128-140.
- ✚ Sarma, S.S.S., C. Serranía-Soto y S. Nandini, 2009. Diversidad de rotíferos. La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. Colección Mayor. México. 113-117p.
- ✚ Scheffer, M., 1997. Ecology of shallow lake, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, NL. 363 p.
- ✚ Scholten M., E. Foekema, H. Van Dokkum, N. Kaag and R. Jak 2005. Eutrophication Management and Ecotoxicology. Netherlands. 120 p.
- ✚ Segers, H. 2003. A biogeographical analysis of rotifers of the genus *Trichocerca* Lamarck, 1801 with notes on taxonomy. *Hydrobiologia* 500: 103-114.
- ✚ Segers, H. 2008. Global diversity or rotifers (Rotifera) in freshwater, hydrobiology. 595: 49-59.
- ✚ Sendacz, S. 1993. Distribución geográfica de algunos organismos zooplanctónicos. *Acta Limnol. Brasil* 6: 31-41
- ✚ Sendacz, S., S. Caleffi y J. Santos-Suarez. 2006. Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of Sao Paulo, Brazil. *Braz. J. Biol.* 66: 337-350.
- ✚ Serrania-Soto C., S.S.S. Sarma. 2003. Some Taxonomical Aspects of Rotifera of Central México, *Scientae Naturae*, 6: 53-61.
- ✚ Sheela, A.M., J Letha y S. Joseph. 2011. Enviromental status of a tropical lake system, Environmental Monitoring and Assessment. India. 180: 427-449.

- ✚ Silva-Briano, M. y E. Suarez-Morales. 1998. The copépoda calenoida (crustacea) of Aguascalientes state, México *Scientiae Naturae*, volumen 1: 36-68.
- ✚ Sládecek, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 100: 169-201.
- ✚ Smith, G.A. 1979. Structure and dynamics of zooplankton community in a small north-central Texas pond ecosystem. *Southwestern Naturalist*. Ed. USA. Vol 24. P 1-16.
- ✚ Sokal, R.R. y F.J. Rohlf, 1981. *Biometry*. W. Hoo. Freeman and Co. Publ. San Francisco, C. A., 776 p.
- ✚ Sousa, Wanessa W., J. L. Attayde, E. R. da Silva y E. M. Eskinazi-Sant'anna. 2008. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Plankton Research*, 30 (6): 699–708.
- ✚ Suárez, E., A. Vázquez y E. Solís. 1991. Variaciones espacio temporales de distribución y abundancia de los rotíferos planctónicos en la presa J. A. Alzate, México durante un ciclo anual. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 18(2): 217-227.
- ✚ Suárez-Morales, E., A. Vázquez-Maz y E. M. Solís. 1993. On the zooplankton community of a Mexican eutrophic reservoir, a seasonal survey. *Hydrobiologia* 3(1-2): 71-80.
- ✚ Suárez, E. J. W. Reid, T. M. Liffie y F. Fiers, 1996. Catálogo de los copépodos (crustacea) continentales de la península de Yucatán, México. CONABIO-ECOSUR, 296 p.
- ✚ Suárez-Morales, E. y J. W. Reid. 1998. An update list of the free-living freshwater copepods (Crustacea) of Mexico. *The Southwestern Naturalist* 43(2): 256-265.
- ✚ Suárez-Morales, E. 2000. Copépodos, seres ubicuos y pocos conocidos. CONABIO. *Biodiversitas*. 29:7-11.
- ✚ Suárez-Morales, E., M. Elías-Gutiérrez, J. Cirios-Pérez, M. Silva-Briano, J.W. Reid, R. Gasca. 2000. Cladóceras y Copépoda. In: *Biodiversidad, Taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*. Vol. II 1<sup>er</sup> edición. UNAM, México. 676p.

- ✚ Suárez-Morales, E. y M. Elías-Gutiérrez, 2003. Estado actual del conocimiento de los copépodos de aguas continentales de México. 157-169. En: Barreiro-Güemes, M. T., Meave del Castillo, M. E., Signoret-Poillon, M, y Figueroa-Torres, M. G. Planctología Mexicana. El Colegio de la Frontera Sur, Universidad Autónoma Metropolitana, Estado de Veracruz.
- ✚ Sugunan, V. V. 1997. Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America. FAO Fisheries Circular. No. 933. Rome, FAO. 149 p.
- ✚ Tamayo, L. J. 1998. Geografía Moderna de México. Editorial Trillas. 512 p.
- ✚ Trejo-Albarrán, R., J. G. Granados-Ramírez, H. Quiroz-Castela, I. F. Molina-Astudillo y J. García-Rodríguez. (2000). El zooplancton del Lago Zempoala en el estado de Morelos, México. In: Rios-Jara, E., E. Juárez-Carrillo, M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E.G. Robles-Jarero, D.U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano (Eds.). Estudio sobre plancton en México y el Caribe. Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara 99-100 p.
- ✚ Umaña-Villalobos, G. 2008. Limnología básica del Embalse Angostura, Turrialba, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 56: 215-220.
- ✚ Urabe, J. 1989. Relative importance of temporal and spatial heterogeneity in the zooplankton community of an artificial reservoir. Hydrobiologia, 184:1-6.
- ✚ Wallace, R. L., W. T. Snell y T. Nogrady. 2006. Rotifera Biology, Ecology and Systematics. SPB. Academic Publishing. 270 p.
- ✚ Wetzel, R.G. 1981. Limnología. Ediciones Omega. Barcelona, España. 679 p.
- ✚ Wetzel, R.G. 2001. Limnology. Lakes and Rivers Ecosystem. Third Edition. Academic Press. 1006 p.
- ✚ Williamson C. y J. Reid. 2001. Copepoda. In Throp J.H. Covich A.P. Ecology and classification of North American freshwater Invertebrates. 2<sup>a</sup> edic. Academic Press. USA. 849-913 p.
- ✚ Yurista, P. M. y W.J. O'Brien, 2001. Growth survivorship and reproduction of *Daphnia middendorffiana* in several Arctic Lakes and Ponds, Journal of Plankton Research. 23 (7): 733-744.

- ✚ Zambrano, L. y C. G. Macías, 1999. "Impact of international fish introduction in Mexican Freshwater systems": 113-127. En: Claudi R, and J. Leach. Non-indigenous freshwater organisms in North America: vectors of introduction, biology and impacts, Lewis publishers, USA.