



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Facultad de Estudios Superiores Zaragoza**

---

---

---

**Variación temporal del zooplancton en  
el bordo La Palapa, Morelos, México**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TITULO DE

**BIÓLOGO**

PRESENTA:

GEORGINA RUIZ PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ



CIUDAD DE MÉXICO, SEPTIEMBRE 2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

*“Si de todos los organismos creados por Dios los más pequeños y aparentemente menos útiles fueran suprimidos, la vida se tornaría imposible, ya que el regreso a la atmósfera y al reino animal de todo lo que dejó de vivir sería bruscamente suprimido.”*

*- Louis Pasteur*

*“En un universo increíblemente abundante en donde todo se da por miles de millones; en un mundo generoso donde la mayoría de los seres vivos obtienen todo lo que necesitan con el mínimo esfuerzo y en una vida increíblemente próspera y creativa; el ser humano ha creado una realidad de miseria, pobreza y escasez.”*

*-Anand Dílvar*

*Dedicado a toda mi familia y a todos mis amigos...*

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por dejarme ser parte de las mejores universidades del mundo por tan poco, por ser mi motivación para luchar todos los días.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por permitirme egresar de la carrera de Biología, por brindarme apoyo con sus instalaciones, material, laboratorios, practicas, reactivos y ser mi motivo para ser mejor persona todos los días.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez por compartir su gran conocimiento y sus recursos, por sus consejos, por apoyarme todos los días, escucharme y contestarme de la mejor manera, su generosidad, sobre todo su compañerismo y sinceridad. Gracias.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza por ser parte de este trabajo, por dedicarme tiempo a mi persona, por su disponibilidad, consejos y compartir su gran conocimiento y gran generosidad. Gracias.

Al Biol. José Luis Guzmán Santiago, por su apoyo incondicional, disponibilidad y dedicación hacia este trabajo y mi persona por sus consejos y atender siempre mis interminables dudas. Gracias.

Al Dr. Ernesto Mendoza Vallejo, miembro del comité tutorial, por sus consejos, disponibilidad y aportes a este trabajo y a mi persona. Gracias.

A la Biol. Angélica Elaine González Shaff, miembro del comité tutorial, por sus observaciones, comentarios sugerencias y dudas, así como gran disponibilidad y gentileza. Gracias.

A todos mis profesores que formaron parte de mi vida, en especial al Ing. José Luis del Árbol del Conocimiento, por su ayuda, por sus libros, por su paciencia sin usted nada de esto estaría pasando una estrella más en el cielo.

A todos mis compañeros de laboratorio de limnología gracias por todo, y por permitirme compartir muchos momentos inolvidables.

A todos mis amigos gracias por estar conmigo, y apoyarme, por permitirme ser parte de sus vidas y ustedes entrar en la mía, siempre están en mi corazón.

Y a todas las personas que participaron directa e indirectamente en este proceso de metamorfosis. Gracias.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
Rotíferos .....	7
Cladóceros .....	8
Copépodos .....	9
Importancia del zooplancton .....	10
<b>ANTECEDENTES</b> .....	12
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	19
<b>OBJETIVO</b> .....	20
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	21
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	23
1) Trabajo de campo .....	23
2) Trabajo de laboratorio .....	23
<b>RESULTADOS</b> .....	28
Abundancia .....	28
Variación espacial y temporal del zooplancton .....	30
Categorización de las especies .....	33
Relación zooplancton con clorofila “a” .....	38
Diversidad del zooplancton .....	38
Análisis de Componentes Principales (ACP) .....	40
Análisis de agrupamientos (Clúster) .....	43
Perfil vertical de Temperatura y Oxígeno disuelto .....	48
Ciclo nictemiral del bordo La Palapa .....	54
<b>DISCUSIÓN</b> .....	57
Zooplancton .....	62
Copépodos .....	63
Cladóceros .....	64

Rotíferos.....	65
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>86</b>

## RESUMEN

Los bordos son cuerpos de agua artificiales o naturales cuyos usos pueden ser diverso, entre los que se pueden mencionar abrevaderos, almacenamiento de agua para la agricultura, recreación y piscicultura. Para el presente trabajo se realizaron muestres mensuales durante un año (marzo-15 – febrero-16), en el bordo La Palapa, Morelos, México en dos estaciones con el objetivo de analizar la composición, abundancia y diversidad de la comunidad zooplanctónica así como la calidad del agua. Se identificaron 26 especies pertenecientes a tres grupos principales: 22 rotíferos, 2 copéodos y 2 cladóceros. Las especie más frecuente y abundante dentro de los copéodos fue *Arctodiaptomus dorsalis*, en los cladóceros *Moina micrura* seguido de *Diaphanosoma birgei*, en el grupo de los rotíferos las especies fueron *B. caudatus*, *B. calycliflorus*, *B. havanensis* y *B. urceolaris*; *Filinia longiseta* y *Asplanchna sieboldi*, *Horaëlla thomassoni* y *Ptygura* sp. Los especies registradas como raras (por su abundancia y frecuencia de aparición) fueron el copéodo *Thermocyclus inversus*, los rotíferos *Euchlanis alata*, *Lepadella acuminata*, *Lecane bulla*, *L. closterocerca*, *L. cornuta*, *L. decipiens*, *L. hastata*, *Lindia* sp., *Testudinella patina* y *Trichocerca rattus*. El índice de diversidad de Shanon y Weiner osciló entre 0.57 y 1.99, sin mostrar una clara tendencia estacional. Con base en los factores físico-químicos, biológicos (especies de zooplancton), e índice de Carson y Simpson, el bordo La Palapa se clasificó como un sistema eutrófico, con aguas cálidas (20.8-29.3°C), bien oxigenadas (>7.4 mg/L), ligeramente alcalinas y aguas duras. Desde el punto de vista térmico se clasifica como un sistema Polimíctico cálido discontinuo. El sistema se considera, como adecuado para el desarrollo del zooplancton y la producción de *Oreochromis niloticus* (especie con valor alimenticio y económico), así como para las diferentes especies que ahí habitan.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las especies acuáticas con las que se cuenta actualmente en los cuerpos de agua de México, permite entre otros aspectos ampliar la posibilidad de su conservación, así como su aprovechamiento, ya sea para consumo humano o como alternativa de alimento para otras especies.

México es un país cuyas características climáticas y orográficas permite el desarrollo de muchas especies. El aumento de la población humana hace que exista un mayor requerimiento de recursos alimenticios y es necesario continuar con la realización de trabajos que proporcionen información básica de especies acuáticas. Por esto, el conocimiento científico de la biología de las especies acuáticas es indispensable para lograr un aprovechamiento racional, ya que proporcionan datos sobre reproducción, tamaño, edad y crecimiento (Rabinovich, 1980; Aguilar, 2003).

Los cuerpos de agua continentales se dividen en dos grandes grupos: lóticos (ríos, arroyos, etc.) y lénticos (lagos, embalses, bordos, etc.); dentro de éstos últimos se encuentran los bordos permanentes y temporales, también llamados jagüeyes o microembalses, los cuales son reservorios artificiales de agua, con una cortina rústica construida de tierra o mampostería que generalmente están constituidos por aguas turbias debido a los sólidos en suspensión y materia orgánica, la calidad del agua está en función de la región hidrobiológica a la que pertenece y de las sales disueltas que contenga (Margalef, 1983; Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2002).

Estos pequeños embalses se llenan básicamente por captación del agua de lluvia y son utilizados principalmente como abrevaderos para el ganado y para actividades de extensionismo acuícola, sobre todo para la producción piscícola (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2007). El balance hidráulico de estos sistemas depende de tres factores principales: la precipitación, la evaporación y el escurrimiento superficial (De la Lanza-Espino y García, 2002).

Existen más de 4 462 presas y bordos en México, las cuales están clasificadas como grandes presas. En julio de 2009 Conagua tenían registrados 1 085 bordos (CONAGUA, 2010). La mayoría de estos embalses tienen una superficie entre una y diez hectáreas (Tinoco y Atanasio, 1988).

Sin embargo, estos ecosistemas están sujetos cada vez más a mayores presiones como consecuencia de las actividades humanas, ya que la sobrepoblación en las comunidades que se sirven de estos cuerpos de agua, genera un impacto negativo al realizar una

explotación pesquera excesiva, la contaminación por agroquímicos, etc. Por lo tanto, es indispensable efectuar estudios enfocados a conocer las condiciones físicas y químicas que caracterizan a estos ambientes durante ciclos anuales, a fin de contribuir a su conocimiento ecológico y productivo y así, poder ver la relación entre las variables físicas, químicas y biológicas que afectan directamente la producción primaria y el estado trófico de estos (Barrera-Escorcia y Wong-Chang, 2007).

La eutrofización es una de las principales perturbaciones antropogénicas en los cuerpos de agua, la cual se produce por el incremento de los nutrimentos, como son el fósforo y el nitrógeno, a través de las descargas de aguas residuales (Lampert y Sommer, 2007). Varios autores han sugerido el uso de zooplancton como indicador de la calidad del agua (Helcom, 2012) ya que el zooplancton incluye organismos que forman parte de esta comunidad solo durante una fase de su ciclo vital (meroplancton), como son las formas larvarias de crustáceos, moluscos y otros invertebrados. Otros organismos desarrollan todo su ciclo vital como parte del zooplancton (holoplancton), entre los cuales se destacan los copépodos, que llegan a conformar entre 70 y 90% de la comunidad y se consideran los zoopláncteres más abundantes (Gasca y Suárez-Morales, 1996).

El plancton fue propuesto por Hensen en 1887, que etimológicamente significa errante y se refiere a todos los organismos acuáticos que tienen una capacidad deficiente para desplazarse en contra de la corriente, incluyendo aquellas formas pelágicas que se mueven al ser arrastradas por los movimientos del agua más que por su capacidad de nado. El plancton se divide, en dos categorías principales: 1) fitoplancton, el cual se integra por organismos fotoautótrofos incluye un amplio grupo de plantas y algas que generalmente viven en aguas superficiales donde penetra la luz y, 2) zooplancton, que incluye a los organismos heterótrofos conformado en su mayoría por consumidores primarios y secundario, dentro de los cuales puede haber herbívoros, carnívoros y omnívoros (Harris *et al.*, 2000).

El zooplancton está compuesto por tres grupos: los rotíferos, los cladóceros y los copépodos, estos últimos divididos en ciclopoideos, calanoideos y harpacticoideos, los cuales constituyen los tres grupos predominantes en el zooplancton de las aguas lénticas (Margalef, 1983; Wetzel, 2001). Roldan y Ramírez (2008) mencionan que en la mayoría de los ambientes acuáticos, el zooplancton está conformado por protozoos, rotíferos y crustáceos (copépodos y cladóceros). También, frecuentemente se reportan larvas de dípteros, coleópteros y odonatos entre otros.

## Rotíferos

Los rotíferos son componentes del zooplancton y se consideran especies importantes en las cadenas tróficas de los ecosistemas de aguas continentales. Su distribución geográfica es muy amplia, pueden encontrarse desde el mar hasta charcos temporales de agua. Se han descrito más de 2000 especies de rotíferos y la mayoría con tamaños entre 100 – 1000  $\mu\text{m}$  de longitud. La región Neotropical, es la tercera más diversa, presentando 566 especies de la clase Monogononta, destacando la familia Brachionidae con 71 especies (*Brachionus* con 32 especies y *Keratella* con 21) y 116 especies de la clase Bdelloidea (Toscano y Severino, 2013).

Son portadores de cilios, que emplean para su movimiento y alimentación. Los rotíferos se dividen en dos grandes grupos taxonómicos, los Monogononta (con un único ovario), que son los que aparecen en el zooplancton y los Digononta (con dos ovarios), zooplanctónicos sólo accidentalmente, que suelen vivir en suelos húmedos, charcos, sobre hojas mojadas de musgos y otros medios similares. Entre los Monogononta los hay lorizados, que presentan una especie de armazón externo pesado, llamado *lóriza*, lo que les genera un mayor gasto energético para mantenerse y no ser arrastrados por la gravedad hacia el fondo de la columna de agua. Este armazón frecuentemente desarrolla diferentes espinas y rugosidades a los que se atribuyen básicamente dos funciones, aumentar la resistencia al hundimiento y como mecanismo de defensa frente a los depredadores. Entre los lorizados predominan los filtradores de partículas orgánicas u organismos vivos menores, como son protozoos, bacterias o algas muy pequeñas, mientras que entre los ilorizados son más abundantes las especies que se alimentan de otros rotíferos e incluso frecuentemente son caníbales (*Asplanchna* sp.). Se suele considerar a los protozoos como un eslabón trófico intermedio entre los productores primarios (fitoplancton) y los rotíferos, pero realmente son más bien competidores de estos últimos por los mismos alimentos (Sánchez-Colomer, 2001).

Los organismos del grupo Rotífera son componentes del zooplancton y presenta especies importantes en las cadenas tróficas de los ecosistemas de aguas continentales, así como indicadores de eutrofización o diferentes niveles de contaminación por materia orgánica (Toscano y Severino, 2013).

Existen tres clases de rotíferos, las cuales se diferencian no sólo con base en su morfología, sino también se reproducen por diferentes mecanismos. En la clase Seisonacea, la reproducción es exclusivamente bisexual; la gametogénesis ocurre por meiosis, en la cual se producen dos cuerpos polares. En la clase Bdelloidea, por otro lado, no hay machos y se reproducen enteramente por partenogénesis asexual. Esta involucra

dos divisiones produciendo dos cuerpos polares. Los organismos de la clase Monogononta se reproducen por partenogénesis cíclica, (heterogonia) donde la reproducción asexual prevalece, pero en ciertas circunstancias la reproducción sexual ocurre. En ese caso, se producen machos solamente por breves periodos. Generalmente se encuentran hembras amícticas, las cuales se reproducen partenogenéticamente produciendo huevos diploides, este mecanismo domina en el ciclo de vida de los monogonontos y se reconoce como fase amíctica. Bajo ciertas condiciones ambientales (señaladas por un cambio de temperatura, cantidad de alimento, etc.), generalmente en otoño se forman huevos haploides, los cuales sin ser fertilizados pueden producir machos y entonces se da la reproducción sexual conocida como fase mítica. Los machos usualmente se presentan por muy cortos períodos y son conocidos solamente en unas pocas especies, su tamaño es reducido y carecen de sistema digestivo. Por esta razón solo persisten durante algunas horas o pocos días. De los huevos fertilizados, se desarrollan huevos de resistencia, los cuales tienen una cubierta protectora gruesa, resistente a la desecación, frío y otros factores desfavorables. En la siguiente primavera, de esos huevos de resistencia salen hembras y comienza una nueva generación amíctica (Sarma y Elías-Gutiérrez, 1999).

### **Cladóceros**

Los cladóceros son crustáceos de tamaño pequeño que han evolucionado principalmente en agua dulce, aunque algunos han invadido ambientes marinos de manera secundaria (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

Estos microcrustáceos conforman un grupo monofilético y son un importante componente de la comunidad zooplanctónica de los sistemas acuáticos epicontinentales. Se conocen aproximadamente 620 especies y se considera que alrededor de 200 se encuentran en la región Neotropical (Forró *et al.*, 2008). Estos organismos se encuentran en todos los sistemas continentales, desde la zona tropical hasta las regiones boreales.

Estas especies, conocidas genéricamente como “pulgas de agua”, son componentes habituales del zooplancton, distribuyéndose en cuerpos de agua naturales, presas, bordos, charcas temporales y estanques con fertilización orgánica, en diferentes partes del territorio nacional. Estas especies se reproducen sexual y asexualmente; son filtradoras, consumiendo gran diversidad de partículas que incluyen diferentes especies de microalgas, así como materia orgánica en suspensión, por lo que se les considera componentes importantes en los ecosistemas acuáticos al permitir el flujo energético entre los productores primarios y órdenes superiores de consumidores, en las tramas tróficas de los sitios donde se distribuyen (Martínez *et al.*, 2000).

Los cladóceros han sido señalados como buenos indicadores del estado trófico en ecosistemas lénticos, inclusive el tamaño de las especies es usado como un indicador de calidad del agua. Las especies de cladóceros grandes, principalmente de la familia Daphniidae, están relacionadas con una mejor calidad del agua, por el control del fitoplancton por herbivoría; en cambio la predominancia de pequeños cladóceros está relacionada con aguas más eutróficas (Santos-Wisniewski *et al.*, 2002).

### **Copépodos**

Los copépodos son crustáceos cuya diversidad supera las 16000 especies. Estos organismos tienen una distribución muy amplia. Se les puede registrar en todos los regímenes de salinidad y temperatura, así como en un intervalo vertical que va desde los lagos de tierras altas hasta las trincheras oceánicas (Boxshall, 2008).

Pueden estar presentes en la columna de agua (planctónicos) como en el sedimento (bentónicos) y en asociación con otros organismos (simbiontes). Varias especies de copépodos simbiontes tienen una fase de vida libre. Los copépodos son típicamente pequeños y difíciles de reconocer a simple vista, las especies bentónicas miden entre 0.2 y 2.5 mm, las planctónicas entre 0.2 y 28 mm, y las simbiontes entre 1 y 250 mm (Boxshall y Halsey, 2004).

El cuerpo básico de un copépodo se caracteriza por poseer un cefalosoma de seis somitas y un tronco postcefálico de nueve somitas más el somita anal, el cual representa el telson. El cefalosoma consiste de cinco somitas cefálicas y el primer somita torácico que lleva los maxilípedos. El tronco postcefálico comprende del segundo al sexto somita torácico (los primeros cinco somitas llevan, cada uno, un par de apéndices natatorios birrámeos), el somita genital (séptimo somita) lleva el opérculo genital en ambos sexos y cuatro somitas abdominales postgenitales. Los somitas postgenitales carecen de miembros y el somita anal lleva un par de ramas caudales. Los apéndices básicos de un copépodo son: anténula, antena, mandíbula, maxílula, maxila, maxilípedo, apéndices natatorios y ramas caudales. Los apéndices natatorios están armados con setas y espinas que varían en número y posición según el sexo y la especie. La tendencia evolutiva dominante en los copépodos es la fusión de los somitas corporales, la pérdida de segmentos en los apéndices y la pérdida de setas (Morales-Serna y Gómez, 2012).

Son cuatro los órdenes de copépodos de vida libre representados en aguas continentales: Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida y el recientemente descrito Gelyelloida. Actualmente se conocen unas 80 especies de copépodos de aguas continentales en

México; este número está creciendo continuamente y se están describiendo especies nuevas debido a las investigaciones taxonómicas (Suárez-Morales *et al.*, 1996).

El orden de los Calanoida, también llamado Gymnoplea (Giesbrecht, 1893), lo constituyen aquellos copépodos que no presentan apéndices en la parte abdominal o urosoma, diferenciándose así de los Podoplea, cuyo primer segmento del cuerpo posterior está provisto de un par de patas. Este último grupo incluye géneros diferentes que por sus características no se sabe muy bien donde situar, formando un “cajón de sastre” de todos aquellos copépodos que no tenían cabida en los Gymnoplea (Fernández, 2015). Los calanoideos están representados en todo el mundo por la muy diversa familia Diaptomidae, los cuales tienden a mostrar un alto grado de endemismo. En México se conocen varias especies de diaptómidos consideradas como endémicas (Suárez-Morales, 2000).

Los ciclopoideos son microcrustáceos que viven en todos los ambientes acuáticos del mundo presentando formas planctónicas, bentónicas y toda clase de asociaciones con otros organismos, desde comensales a parásitos. Son de tamaño pequeño, de 0,5 a 3mm de longitud en general. El cuerpo se divide en las dos regiones típicas de los crustáceos promosa y urosoma. Los ciclopoideos llevan dos sacos ovígeros simétricos adheridos lateralmente a cada lado del somita genital, a diferencia de los calanoides y harpacticoides con saco central (Miracle, 2015).

Los harpacticoides de aguas continentales representan un grupo muy poco conocido en México, el número de especies es aún bajo (17) si se toma en cuenta que son muy diversos en los ambientes creviculares, epibénticos y bénticos (Suárez-Morales, 2000).

### **Importancia del zooplancton**

El zooplancton (protozoarios, rotíferos y microcrustáceos) como parte de la estructura de los ecosistemas acuáticos continentales, es considerado un eslabón básico en la cadena trófica por la importancia del zooplancton es debido a su ciclo de vida corto, estos organismos responden rápidamente a los cambios ambientales y por lo tanto, la composición de especies en la comunidad es un indicador para la caracterización ambiental de sistemas acuáticos, por lo que las especies indicadoras de zooplancton han sido utilizadas para determinar cambios en el estado trófico (García, 2015).

Constituyen alimento para los peces en estado de postlarva y alevín (Atencio *et al.*, 2005). Además, los grupos de zooplancton constituyen entre el 70 y el 90 % del total de la biomasa productiva secundaria y son considerados como bioindicadores de la calidad del agua (García, 2015).

Las poblaciones de estos tres grupos son tan abundantes que conforman el alimento principal de muchos depredadores, e incluso llegan a sostener el desarrollo de poblaciones de peces y de otros organismos en los sistemas naturales (Arredondo-Figueroa *et al.*, 2007).

La mayoría del zooplancton depende del fitoplancton para su alimentación; sin embargo, algunas especies se alimentan de materia coloidal, material suspendido, depredación y en menor grado de sustancias en solución. Además, en lagos muy turbios, la depredación de los peces sobre el zooplancton puede ser no selectiva, que permite la persistencia de especies de gran tamaño, así como la permanencia de las más pequeñas (López-López y Serna-Hernández, 1999; García, 2015).

La heterogeneidad del zooplancton y la estructura de la comunidad en una escala a nivel espacial y temporal, es un punto importante de la investigación ecológica acuática por muchas razones. El análisis de la variabilidad estacional en las abundancias del zooplancton, contribuyen con la productividad secundaria de una región y expresan la biomasa disponible en la red trófica que involucra a los recursos pesqueros y la dinámica de sus poblaciones. De esta manera el zooplancton constituye una parte considerable de la alimentación de varios peces con importancia económica pesquera (Robles y Esqueda 2009).

## ANTECEDENTES

A partir de la década de los 90's del siglo pasado se ha dado un resurgimiento en el estudio de tres grupos principales del zooplancton en aguas dulces mexicanas (Cladocera, Copepoda y Rotifera); este interés había estado ausente por cerca de 50 años (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2000).

En 1978, Armengol hace un estudio limnológico y del zooplancton de crustáceos en 105 embalses españoles, se identificaron un total de 64 especies. Los géneros *Daphnia* y *Ceriodaphnia* son los más ampliamente distribuidos. Desde el punto de vista faunístico, en los embalses españoles concurren dos aspectos igualmente interesantes: la colonización de los embalses por especies planctónicas y la posibilidad de estudiar comparativamente nuevas regiones.

Porras (1986), estudio diferentes bordos y embalses del estado de Morelos y relacionó los parámetros físico-químicos (temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos disueltos, transparencia, coeficiente de extinción, pH, alcalinidad, dureza, magnesio, CO<sub>2</sub>, calcio y cloruros) con el metabolismo del fitoplancton, zooplancton y peces. Registró dos fases en los sistemas: etapa de dilución y concentración, correlacionados estrechamente con el aporte de agua de la barranca y del canal que los abastece, además hace hincapié en que se encuentran en un estado de oligotrofia y uno en el límite de la eutrofia.

En 1991 Porras *et al.*, presentaron un inventario sobre el recurso acuático del Estado de Morelos, en este se reconocieron 124 cuerpos de agua donde el 68.5 % corresponden a embalses con superficies que van de 1 a 10 ha, éstos son utilizados para irrigar zonas de cultivo, como abrevaderos para ganado y actividades piscícolas. Reportan una biota de 63 géneros de algas fitoplanctónicas siendo predominantes las clorófitas; una fauna de invertebrados acuáticos de 35 géneros y 27 especies de los cuales destacan los rotíferos, crustáceos e insectos; además de un registro ictiofaunístico de 12 especies con 8 autóctonas y 4 introducidas.

Rico-Martínez y Silva-Briano (1993), realizaron un estudio faunístico de rotíferos en la República mexicana, que abarcó 32 localidades, principalmente en el centro de México, registraron 96 taxones de los cuales 41 son especies nuevas para la fauna mexicana. Visitaron 6 lagos, entre ellos Chapala, Lago de Chapultepec en la Ciudad de México; 11 estanques que se encuentran en los estados de Aguascalientes, Zacatecas Tabasco, así como 10 reservorios, como El Papalote en Guanajuato, Los Gavilanes, Jalisco; Flavio Cruz en el Estado de México, etc. Se registraron géneros como *Keratella*, en la mayoría de los sistemas, poca presencia del género *Lecane*, así como en un solo sistema se obtuvo la

especie *Trichotriatetractis*, y *Brachionus* presente en la mayoría de las localidades estudiadas. Como conclusión se tiene que México tiene una gran diversidad taxonómica de especies de zooplancton, gracias a su situación geográfica que le permite tener una gama de climas, lo que se ve reflejado en la diversificación de varias especies.

En 1997 González y López reportaron el estudio en la Presa Emiliano Zapata, determinaron la morfometría, la batimetría, la composición química, física y biológica, para establecer la calidad del agua de este cuerpo. Registraron 26 especies de fitoplancton incluidas en cuatro divisiones: Cyanophyta, Chromophyta (Bacillariophyceae), Euglenophyta y Chlorophyta, de las cuales *Chroococcus minutus*, fue la más abundante. Para el zooplancton se identificaron 11 géneros entre ellos *Eubranchipus* sp., *Daphnia* sp., *Leptodora* sp., *Cyclops* sp., *Limnocalanus* sp., *Diaptomus* sp., *Senecella* sp., *L. nauplio* sp., *Bryocampus* sp., *Keratella* sp., *Brachionus* sp. Como resultado obtuvieron que la calidad del agua es adecuada para la vida acuática, el riego y el abrevaje.

López-López y Serna-Hernández (1999), analizaron la variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, en el estado de Guanajuato, México y de la calidad del agua del sistema. Las algas clorofíceas fueron dominantes en primavera, con el aumento de la temperatura. Las *Bacillariophyceae* y *Cyanophyceae* tenían la mayor riqueza de la especie, mientras que los *Dinophyceae* y *Euglenophyceae* tenían los valores más bajos. La floración estival de *Anabaena variabilis* y la abundancia de *Ceratium hirundinella*, *Aulacoseira granulata* y *Fragilaria crotonensis* se asocian con aguas eutróficas tropicales. El zooplancton estuvo compuesto por 39 especies, de las cuales *Diaphanosoma birgei*, *Bosmia longirostis*, *Daphnia pátvula*, *Diaptomus montezute*, *Acanthocyclops vernalis*, *Keratella coclearis*, *Polyarthra vulgaris* y *Asplanchna priodonta* fueron constantes durante un ciclo anual. La menor riqueza de especies ocurrió durante la estación seca en los meses más fríos; en la estación húmeda la riqueza de especies aumentó y las densidades de población disminuyeron, en consecuencia con la floración de algas azul-verdes, los valores más altos de sólidos suspendidos y los niveles de agua más altos en el embalse.

En el 2000, Roldán *et al.*, llevaron a cabo un estudio limnológico, en el embalse el Guavio, Colombia. Se tomaron muestras de zooplancton y fitoplancton y se determinó la clorofila "a". El estudio mostró que el embalse tiene una columna de agua bien mezclada. El oxígeno disuelto permaneció con una saturación del 60%. La concentración de fósforo, nitrógeno y clorofila fue muy baja. Algunas taxones registrados durante el periodo de muestreo fueron: *Filinia* sp., *Asplanchna* sp., *Brachionus* sp., *Monostyla* sp., *Platytias quadricornis*, *Lecane* sp., etc. El principal problema del este embalse fueron los sedimentos aportados por los terrenos aledaños muy erosionables.

Sánchez-Colomer (2001), publica las comunidades de zooplancton de los embalses españoles” donde menciona las características ecológicas, económicas y estéticas de los embalses, la constitución de la comunidad zooplanctónica (Copépodos, Cladóceros y Rotíferos) y el valor del zooplancton como indicador de la calidad de agua. El centro de trabajo real se basa en 77 embalses españoles repartidos en toda la península, donde se han inventariado 181 especies, de las que 110 corresponden a rotíferos, 42 a branchiópodos y 29 a copépodos, así como la riqueza de especies zooplanctónicas en los embalses españoles. Las especies que han aparecido en mayor número de embalses son, entre los rotíferos, *Keratella cochlearis*, *Asplanchna priodonta* y *Synchaeta pectinata* (72 embalses la primera y 57 las otras dos), entre los branchiópodos, *Bosmina longirostris* y *Daphnia longispina* (70 y 53 embalses respectivamente), y *Acanthocyclops robustus* entre los copépodos (50 embalses). Se observó que el 66 % de los embalses tienen entre 20 y 29 especies de zooplancton.

López *et al.* (2001), revisan taxonomía y ecología del zooplancton en Venezuela, la lista de taxones identificados de la zona limnética, de los embalses estudiados se registraron un total de 58 rotíferos, 10 cladóceros y 11 copépodos. Los taxones más frecuentes fueron: *Keratella americana*, *K. tropica*, *Brachionus caudatus*, *Platyas patulus*, *Polyarthra vulgaris*, *Moina micrura*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma spinulosum* y *Thermocyclops decipiens*. En la mayor parte del año, los copépodos constituyeron el grupo más abundante y representaron la mayor proporción de la biomasa. En función de la escasez y disparidad de la información y datos disponibles, se identificaron los principales problemas existentes y se proponen recomendaciones y soluciones en investigaciones futuras.

Zooplancton de dos embalses neotropicales con distintos estados tróficos, es el nombre del trabajo que González, realizado en 2002 en embalses venezolanos. Se tomaron muestras de agua y zooplancton en dos estaciones en el embalse Pao-Cachinche; se identificaron 28 taxones, siendo los rotíferos los más diversos con 17 especies. En el embalse Taguaza se identificaron 19 taxones, de los cuales 13 fueron rotíferos. En ambas estaciones se presentaron los rotíferos, seguidos por los copépodos y los cladóceros. El zooplancton presentó mayor abundancia mientras el nivel del agua estuvo por debajo del nivel de alivio del embalse. Algunas especies de fitoplancton que dominaron durante el periodo de estudio fueron *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Synechocystis aquatilis*, *Leptolyngbya limnetica*, *Limnothrix* sp., *Microcystis* spp., *Dactylococcopsis acicularis* y *Raphidiopsis curvata*. Con respecto al zooplancton, algunas especies registradas fueron *Notodiptomuscearensis*, *Thermocyclops* sp., *Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma* sp., *Moina micrura*, *Asplanchna* sp., *Braquionus calyciflorus*, *B. caudatus*, *B. dolabratus*, *B.*

*falcatus*, *B. havanaensis*, *Epiphanes* sp., *Thichocerca* sp., *Keratella* sp. Concluye que factores como el fitoplancton y la depredación de los peces influyen en las densidades del fito y zooplancton, así como la hipereutrofización de los sistemas.

En el 2006 Elías-Gutiérrez realizó el estudio comparativo del zooplancton en dos regiones de México; este trabajo incluyó un análisis taxonómico detallado del zooplancton limnético y litoral de cincuenta sistemas del estado de Morelos, que comprendió desde la región de Zempoala a la cuenca del río Amacuzac, así como la región sureste de México, con 200 muestras que representaron parte de los Altos de Chipas, una fracción de la cuenca del río Lacantún, sur de Tabasco, en particular la región de los Petenes, sur de Campeche (Calackmul) y centro-sur de Quintana-Roo. Se analizó la microfauna zooplanctónica de los tres grupos principales (Copépoda, Cladóceras y Rotífera) y se establecieron similitudes y diferencias entre ambas faunas. Los resultados se integraron en un catálogo del estado de Morelos y otro en el sureste del país. Finalmente toda la información y una serie de mapas distribucionales de especies con mayor importancia se incorporaron en una base de datos.

Ianacone y Alvaríño (2007), hacen una investigación de la diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales de un humedal en los pantanos de Villa, Lima, en Perú. Los resultados indicaron la presencia de 43 taxa, siendo más abundantes y frecuentes los rotíferos *Brachionus calyciflorus* y *Epiphanes sensa*, el nematodo *Rhabdolaimus terrestres* y el ciliado *Vorticella campanula*. Existieron diferencias significativas en el oxígeno disuelto (OD), temperatura del agua y del aire entre estaciones. Concluyen la necesidad de evaluar la diversidad alfa y beta de las comunidades zooplanctónicas de este humedal y de conservar este cuerpo de agua, el cual tiene una diversidad y abundancia significativa de invertebrados acuáticos, muchos de los cuales no han sido previamente registrados para este ecosistema.

Robles y Esqueda (2009), realizaron un estudio bibliográfico que se enfoca en la determinación de la comunidad zooplanctónica de seis importantes presas en México; adicionalmente se realizaron muestreo *in situ* en las presas Zimapán, El Caracol, Cerro del Oro, Chicoasén y Aguamilpa, en dos estaciones ubicadas en el fondo y la cortina de cada presa, obteniendo muestras de agua en dos niveles: superficie y profundidad del disco de Secchi. Tienen como conclusión un registro de 166 especies repartidas en tres grupos zooplanctónicos, estos fueron artrópodos, protozoos y rotíferos. Entre ellos las especies típicas de ambientes eutróficos fueron *Brachionus angularis*, *B. quadridentatus*, *Filinia longiseta*, *Thichocerca capuchina* y el cladóceros *Bosmina longirosti*. Los grupos de zooplancton que presentaron mayor número de especies indicadoras de contaminación orgánica fueron los artrópodos y rotíferos con 6 especies cada grupo.

Jiménez (2009), valuó los cambios en la estructura de la comunidad zooplanctónica (Rotíferos, Cladóceros y Copépodos) durante tres años con importantes variaciones en el nivel en el embalse de Valle de Bravo. Se determinaron un total de 46 especies de zooplancton, de los cuales, el 78% son especies de rotíferos entre ellos *Keratella bostoniensis* y *Filinia longiseta* registradas y consideradas como temporales; es decir, que se presentan en épocas muy localizadas con abundancias elevadas. Los copépodos dominaron durante la mayor parte del periodo de estudio, representando en promedio el 59% del total de la biomasa, seguido por los cladóceros (39%) y finalmente, los rotíferos (9%).

En el 2010 Rodríguez *et al.*, presentan un trabajo que se llevó a cabo en el Lago Zempoala durante el periodo 1998-1999, efectuándose un estudio sobre la densidad y la distribución de los componentes fitoplanctónicos y zoobentónicos de este lago. Los datos mostraron que la flora está integrada por 29 especies, incluidas 8 clases. La mayor densidad de fitoplancton se registro en primavera, con respecto a los organismos béntonicos, los resultados indicaron que durante el período invierno se registraron 10, 612 org/m<sup>2</sup>. Concluyen que cambios presentes en cada comunidad biológica son debidos a la dinámica propia de los organismos y de las condiciones naturales del sistema.

Castelán y Vargas (2010), mencionan que los bordos son sistemas temporales o permanentes que dependen de las variaciones en el tiempo atmosférico. Ecológicamente, son sistemas muy dinámicos, pues tienen amplias fluctuaciones de nivel y en las condiciones ambientales a lo largo del año, altas cargas de nutrientes por el acarreo de materiales de la cuenca de drenaje durante la época de precipitación pluvial o por fertilización periódica con estiércol, la cual provoca que los organismos se vean expuestos a cambios drásticos; incremento en la carga de nutrientes y por ende, del estado trófico; movimientos continuos en el nivel horizontal y vertical de la columna de agua por acción del viento; amplias fluctuaciones de temperatura a lo largo del día y de las estaciones del año y reducción en la concentración de oxígeno por procesos de descomposición de la materia orgánica en los sedimentos. Con gran importancia socioeconómica ya que son, utilizados para diversas actividades antropogénicas ente ellas la acuicultura.

En 2011 Mancini *et al.*, realizan un trabajo de investigación en el embalse San Roque (Cordova, Argentina), evaluaron diferentes variables de calidad del agua y determinaron la riqueza de especies, abundancia y la biomasa del zooplancton. Se realizaron muestreos estacionales durante un ciclo anual (2007-2008). La temperatura, concentración de oxígeno disuelto, pH y transparencia del agua mostraron diferencias significativas entre épocas del año. La comunidad zooplanctónica estuvo compuesta por 19 taxones, los cladóceros mostraron diferencias significativas entre épocas del año, con mayor presencia

en primavera, se identificaron 7 especies de este grupo; los copépodos, en cambio, no presentaron diferencias estacionales, con una mayor frecuencia de ciclopoideos. Algunas de las especies identificadas de rotíferos fueron *Brachionus caudatus*, *Polyarthra* sp., *Hexarthra* sp., *Filinia longiseta*, *Asplanchna* sp., *Notholca* sp., en los cladóceros *Ceriodaphnia dubia*, *Diaphanosoma birgei*, *Moina micrura*, y los copépodos *Acanthocyclops robustus* y *Notodiaptomus incompositus*. Concluyen que deberían realizarse estudios más exhaustivos de esta comunidad por su importancia en el mantenimiento de la calidad de agua.

Rivera y Hernández (2011), realizan una investigación en el municipio de Ayala, en el Estado de Morelos, con el objetivo de evaluar la producción primaria y la calidad de agua que se usa para el riego agrícola, así como para la acuicultura (producción de *Oreochromis niloticus* y *Cherax quadricarinatus*), en dos microreservorios: Amate Amarillo y la Palapa. Se realizaron muestreos mensuales en cada uno y se determinaron parámetros como oxígeno disuelto, amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), dureza total, clorofila "a", fósforo total y fósforo reactivo disuelto (ortofosfatos) y la determinación del fitoplancton a nivel de género, para determinar condiciones eutróficas de los sistemas. Los sistemas se clasificaron como saprotróficos, es decir que contienen una gran cantidad de nutrientes disponibles y materia orgánica para el desarrollo del fitoplancton. En general ambos bordos estuvieron dentro de los límites permisibles de calidad del agua a las normas oficiales mexicanas.

Gómez-Márquez *et al.*, (2013), registraron composición, abundancia y riqueza de especies del zooplancton en el bordo Huitchila, Morelos, México y su relación con los factores ambientales durante el periodo septiembre de 2010 a septiembre de 2011. Se identificaron 16 especies pertenecientes a tres grupos principales: 11 rotíferos, 3 cladóceros y 2 copépodos; entre ellas se encontraron los copépodos *Arcodiantomus dorsalis*, *Thermocycus inversus*, los cladóceros *Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura*, así mismo los rotíferos con mayor abundancia y constancia: *Brachionus caudatus*, *B. havanaensis*, *B. calyciflorus*, *B. falcatus*, *Filinia longiseta* y *Asplanchna* sp. La máxima riqueza de especies y abundancia de zooplancton se registró en la época de secas. El microreservorio se considera eutrófico, con aguas cálidas, bien oxigenadas, ligeramente alcalinas, duras y de baja conductividad. Este sistema presenta buena productividad y alta disponibilidad de alimento necesario para la nutrición de la tilapia *Oreochromis niloticus*, especie que es explotada localmente por los pescadores.

En el 2014 Elías-Gutiérrez publica su investigación llamada "Zooplancton de agua dulce: especies exóticas, posibles vías de introducción" menciona las evidencias ecológicas y taxonómicas para definir la presencia de formas introducidas a la fauna del zooplancton

epicontinental en México y varían entre los tres grupos de zooplancton. El efecto ecológico de la introducción de especies de zooplancton aún no se conoce. Todas las introducciones han sido accidentales, probablemente debido a las actividades de acuicultura o a los sistemas de refrigeración de motores de embarcaciones recreativas. Menciona que se necesita un programa de seguimiento de las principales cuencas de agua dulce en México y un método alternativo para la identificación rápida de especies encontradas.

García (2015), realiza un trabajo en el que estudia la ecología del zooplancton en embalses situados en cuencas mediterráneas en 20 embalses del ámbito de actuación de la Confederación Hidrográfica del Júcar, España. Evaluó el potencial del zooplancton como bioindicador de la eutrofización; Se identificaron un total de 64 especies de rotíferos, siendo *Keratellacochelearis* y *Polyarthravulgaris-dolichoptera* las de mayor frecuencia y abundancia; 21 especies de cladóceros, entre las que destacaron *Bosminalongirostris* y *Daphniagaleata* y 5 especies de copépodos, siendo *Acanthocyclops americanus* y *Copidodiaptomus numidicus*, las de mayor amplitud y abundancia en su distribución. Es por todo esto que se aconsejó la inclusión del zooplancton en los estudios de seguimiento de la calidad del agua y en particular de su estado trófico, en primer lugar por su covariación con el estado ecológico de los embalses.

Retana y Vázquez (2015) realizaron un trabajo cuyo objetivo fue determinar la composición, abundancia y diversidad de la comunidad zooplánctonica del bordo Huichila, Morelos, México y su relación con la calidad de agua. Se identificaron 15 especies: 11 rotíferos, 2 copépodos y 2 cladóceros. Las especies más abundantes dentro de los copépodos fueron *Arctodiaptomus dorsalis* y *Termocyclops inversus*, en los cladóceros *Moina micrura* y *Diaphanosoma birgei*, de los rotíferos las especies *Brachionus havanaensis*, *B. caudatus*, y *Conochilus unicornis*, *Filinia longiseta* y *Asplanchna* sp. El índice de diversidad de Shanon-Weiner osciló entre 0.3 a 1.1. El microreservorio se clasificó como eutrófico, con aguas cálidas (20.3-27.5 °C), oxigenadas (4.3-13.9 mg/L), productivas y aguas duras (200 mg/L de CaCO<sub>3</sub>), considerándose productivo.

## **JUSTIFICACIÓN**

México cuenta con pocos cuerpos de agua epicontinentales, aunado a esto enfrenta un problema severo de escases de agua, sin contar que nos se encuentra una era de cambio climático en todo el planeta. Los cuerpos de agua son importantes como ecosistemas en los que se promueve la diversidad de diferentes especies, cumplen la demanda en actividades humanas, como el desarrollo industrial y agronómico, piscicultura, urbano y son fuente de economías locales, generando empleos. Los programas de conservación son esenciales para que haya un uso sostenible, buena administración ecológica, económica y tenga beneficios mutuos para la sociedad y el ambiente.

Existen diferentes organismos indicadores de la calidad del agua y el grupo del zooplancton es uno de ellos, sin dejar a un lado que es un eslabón importante en la cadena trófica de las especies acuáticas.

Este estudio analiza la abundancia, diversidad y dominancia del zooplancton de agua dulce, así como la importancia que este tiene en el ecosistema. También analiza factores físico-químicos del agua, para poder tener una clasificación de acuerdo a su calidad, tener información adecuada sobre el uso que se le está aplicando al sistema y saber si es conveniente para usos diversos que pretenda dársele.

**OBJETIVO**

Analizar los principales grupos del zooplancton, la abundancia y diversidad, así como su relación con los parámetros físicos y químicos del agua durante un ciclo anual en el bordo La Palapa, Morelos, México.

**OBJETIVOS PARTICULARES**

Reconocer las especies presentes en la comunidad del zooplancton.

Analizar la variación temporal del zooplancton mediante las especies dominantes de los grupos durante el periodo de estudio.

Evaluar las condiciones físicas, químicas del agua asociadas a las variaciones estacionales con la abundancia del zooplancton.

## ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Morelos, se encuentra ubicado en la parte central de la República Mexicana, en la vertiente de la serranía del Ajusco y dentro de la Cuenca del río Balsas, posee una altitud que varía desde los 3, 000 msnm, en los límites con el Distrito Federal, hasta los 850 msnm, en la región de Huaxtla. Se ubica entre las coordenadas geográficas 19° 08' y 18° 20' de latitud norte y 98° 38' y 99° 30' de longitud oeste. Colinda al norte con el Distrito Federal y el Estado de México y al sur con Guerrero. Está formado por 33 municipios y su extensión es de 4, 892.73 km<sup>2</sup>, representando el 0.249 % de la superficie del país (INEGI, 2000).

El microembalse La Palapa se ubica en el municipio de Ayala, estado de Morelos con coordenadas geográficas 18° 43' 17. 07" latitud Norte y 98° 54' 44.56" longitud, a 1200 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2000) (Figura 1).

El municipio de Ayala limita al norte con los municipios de Yautepec, Cuautla y Yecapixtla, al sur con Telpancingo y Tlaquiltenango; al este con Temoac, Jantetelco y Jonacatepec y al oeste con Tlaltizapán y Yautepec, teniendo una extensión territorial de 345.688 kilómetros cuadrados y representa el 6.97% con respecto a la superficie del estado (SEGOB, 2005).

El clima que predomina en estas zonas es Aw"(w)(i)g, cálido sub-húmedo con lluvias en verano. Su precipitación y temperatura media anual es de 800 mm y 24° C respectivamente (García, 2004).



Figura 1. Mapa del bordo "La Palapa", en el Estado de Morelos, municipio de Ayala.

La vegetación es Selva baja caducifolia, principalmente se registra quintonil (*Maranthushy briduy*); chirimoyo (*Anona cherimolia*); anona (*Anona squamosa*); nache (*Byrsoni macrassifolia*); bonete (*Pileus mexicana*), pápalo (*Porophylum tagetoides*); verdolaga (*Portulacacae*); guayaba (*Psidium guajaba*); ciruela (*Spondias mombin*); pitayo (*Stenocereus dumortieri*); canelillo (*Vitexpyramidata querengue*).

La fauna también es muy variada, entre ellos tenemos murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*), murciélago lengüillargo (*Glossophagasoricina*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), rata de campo (*Sigmodon hispidus*), ratón (*Liomysirro ratus*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), zorra (*Urocyoncinereo argenteus*), zorrillo (*Spilogale angustifrons*). Entre los peces se encuentra el bagre (*Ictalurus balsanus*) y mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) (INEGI, 2000).

El municipio de Ayala se beneficia con la fluencia de la microcuenca del río Cuautla, del río Ayala que se favorece con los escurrimientos de las barrancas, El Hospital y Calderón; los tipos de suelo que predominan en el municipio son Chernozem, Castañozem, Feozemháptico, Litosol y Vertisolpélico, compuesto generalmente de rocas sedimentarias. Tiene a los alrededores cultivos principalmente de maíz (*Zea mays*), caña (*Saccharum* sp.), sorgo (*Sorghum* spp.), arroz (*Oryza sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), pepino (*Cucumis sativus*) y cebolla (*Allium cepa*) (SEGOB, 2005).



Figura 2. Bordo La Palapa, Morelos, México.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se dividió en tres partes:

### 1) Trabajo de campo

Se realizaron muestreos mensuales de marzo del 2015 a febrero del 2016, se eligieron dos estaciones, por el tamaño del sistema (Fig 1). Al llegar se registró la temperatura ambiente con un termómetro de mercurio  $\pm 1^\circ \text{C}$  de precisión, así como el porcentaje de nubosidad.

En cada sitio se registró el oxígeno disuelto ( $\pm 0.01 \text{ mg/L}$  de precisión) con un oxímetro marca HANNA modelo HI9146; el pH ( $\pm 0.1$  unidades), la conductividad ( $\pm 1 \mu\text{S/cm}$  de precisión) y sólidos disueltos totales ( $\pm 0.1 \text{ mg/l}$  de precisión) con una sonda multiparamétrica marca HANNA modelo HI 991300. Se determinó la transparencia del agua y la profundidad del sistema, mediante el disco de Secchi.

Con la botella horizontal Van Dorn de dos litros de capacidad, se tomaron muestras de agua a dos niveles de profundidad (0.3 y 1.0 m) para la determinación de la dureza (método complejométrico) y alcalinidad total (por medio del método de indicadores) y algunos nutrientes asociados al zooplancton (por medio de técnicas colorimétricas citadas en APHA, AWWA y APCF (1992) y Gómez-Márquez *et al.*, (2014).

### Parámetros biológicos

Las muestras de zooplancton se recolectaron en las respectivas estaciones de muestreo mediante una red cónica de 54  $\mu\text{m}$  de luz.

Se realizaron arrastres horizontales de 10 metros en la superficie en el estrato oxigenado de la columna de agua, a una velocidad de 1m/s. Las muestras se preservaron con solución de formol al 10%, hasta su análisis posterior en el laboratorio.

### 2) Trabajo de laboratorio

Las estimaciones de la abundancia del zooplancton se hicieron tomando alícuotas de 1 mL. De las muestras concentradas se colocaron en cámaras de Sedgwick-Rafter y posteriormente se observaron al microscopio y se identificaron y cuantificaron con la ayuda de referencias taxonómicas (Ahlstrom, 1940; Osorio-Tafall, 1942; Needham y Needham, 1972; Koste, 1978; Korovochinsky y Smirnov, 1998; Silva-Briano y Suárez-

Morales, 1998; Nogrady y Segers, 2002; Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). Los conteos se realizaron por duplicado.

### Volumen de agua filtrado

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

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

Dónde:

V= Volumen de agua filtrada.

r= radio de la boca de la red.

d= longitud del trayecto de desplazamiento de la red.

F= Factor de eficiencia de filtración.

### Parámetros químicos para la medición de eutrofización del sistema

Este proceso se realizó en el laboratorio y se analizaron los parámetros de la manera siguiente:

Químicos	Método
Amonio	Azul de indofenol
Fosforo total	Fosfomolibdato de amonio
Clorofilas	Espectrométrico

(Lind, 1979, Contreras, 1994, Gómez-Márquez *et al.*, 2014)

### Clorofila "a":

Para la determinación de clorofila "a", se utilizó el método propuesto por APHA, AWWA Y WPCF (1992) y Contreras (1994).

La concentración para la clorofila a en  $\mu\text{g/L}$  se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

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

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

### 3) Trabajo de gabinete

Se aplicó el análisis exploratorio de datos (Salgado, 1992) para determinar el comportamiento de las variables, así como para comprobar los supuestos para la aplicación del análisis de estadística paramétrica o no paramétrica, para definir la existencia o no de diferencias significativas de las variables físico-químicas y biológicas entre las estaciones y de manera temporal.

La inexistencia de normalidad y homogeneidad de varianza, permitió la aplicación de la prueba de Mann-Whitney (U) con la finalidad de comparar diferencias y similitudes de las variables físicas, químicas y abundancia del zooplancton analizadas entre estaciones y la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ) para la comparación temporal de cada una de las variables ambientales del zooplancton. Asimismo, se aplicó el análisis de correlación de Spearman para relacionar las variables físicas, químicas y biológicas.

**Índice de Shanon-Weiner:** Para determinar la diversidad de especies, se utilizó el índice de Shanon-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. 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. Con formula:

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

Dónde: H= índice de diversidad.

S= Número de especies.

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

**Índice de Equidad de Pielou:** Este índice mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

Fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\text{Max}}}$$

(Moreno, 2011)

Donde  $H'_{Max}$  se determina con la fórmula:  $H'_{Max} = \ln(S)$

La dominancia 1-J tendrá un valor bajo (mínimo de 0) cuando la dominancia es baja y un valor alto (máximo de 1.0) cuando la dominancia es alta (Brower y Zar, 1977).

Para jerarquizar la dominancia de las especies se construyó el diagrama de Olmstead Tuckey para la comunidad zoopláctica. Las especies dominantes, constantes, ocasionales y raras se determinaron a partir de la relación entre la abundancia densidad de los organismos y la frecuencia de aparición (Sokal y Rohlf, 1981; López-López y Serna-Hernández, 1999).

Para determinar el grado de eutrofización del agua del sistema acuático La Palapa, se utilizó el índice de Carlson (1977). El índice de Estado Trófico (TSI, por sus siglas en inglés) se basa en el intervalo de una escala de 0-100 que está en función de la relación entre la profundidad del disco de Secchi y las concentraciones de las aguas superficiales de la clorofila de las algas así como del fósforo total, partiendo también de que el material particulado en suspensión en el agua, controla la profundidad de la visibilidad el disco de Secchi. Las ecuaciones para calcular el IET son (Carlson y Simpson, 1996).

$$\text{Fósforo total: } 14.42 \ln(\text{promedio Fósforo}_{\text{total}}) + 4.15$$

$$\text{Clorofila a: } 9.81 \ln(\text{clorofila a promedio}) + 30.6$$

$$\text{Profundidad del disco de Secchi: } 60 - 14.41 \ln(\text{promedio disco de Secchi})$$

El fósforo total y la clorofila "a" son medidos en microgramos por litro ( $\mu\text{g/l}$ ) y la transparencia del disco de Secchi en metros (m), donde los valores extremos de TSI son 0 (ultraoligotrófico) y 100 (hipereutrófico); así, un valor inferior a 20 indica condiciones de ultraoligotrofia; entre 30 y 40 oligotróficas; entre 40 y 50, mesotróficas; en el rango de 50 y 70 representa la eutrofia y por arriba de ese valor hipereutrofia (Carlson, 1977).

Se realizó el análisis estadístico multivariado (Análisis de Componentes Principales) que es una técnica de síntesis de la información, ante un conjunto de datos con muchas variables, el objetivo es reducirlos, sin perder información. Este análisis se efectuó con la finalidad de establecer el grado de relación que existe entre las variables físicas, químicas y bióticas (Jeffers, 1978) y así determinar el comportamiento del sistema con base en los parámetros más relevantes (Pla, 1986; Dallas, 2000). Se empleó el paquete Statgraphics v. 5.0.

El análisis de correlación de Spearman (Marques, 2004) se realizó con el fin de relacionar las variables físicas, químicas y biológicas del cuerpo de agua.

Por último, se aplicó el análisis de agrupamiento (Cluster) para establecer las relaciones principales entre las especies (grupos zoopláncticos) y cada una de las variables físicas y químicas, así como los patrones de variación en composición de especies.

## RESULTADOS

### Abundancia

El análisis taxonómico reveló la presencia de 3 grupos de zooplancton, destacando por su abundancia la clase Maxillopoda y dentro de ésta el grupo de los copépodos con 62% para la estación 1 (E1) y 64% para la estación 2 (E2). Enseguida el grupo de los rotíferos de clase Monogonta con el 35% y 34% respectivamente, en tercer lugar el grupo los cladóceros de la clase Branchiopoda con 2% para ambas estaciones (Figura 3).

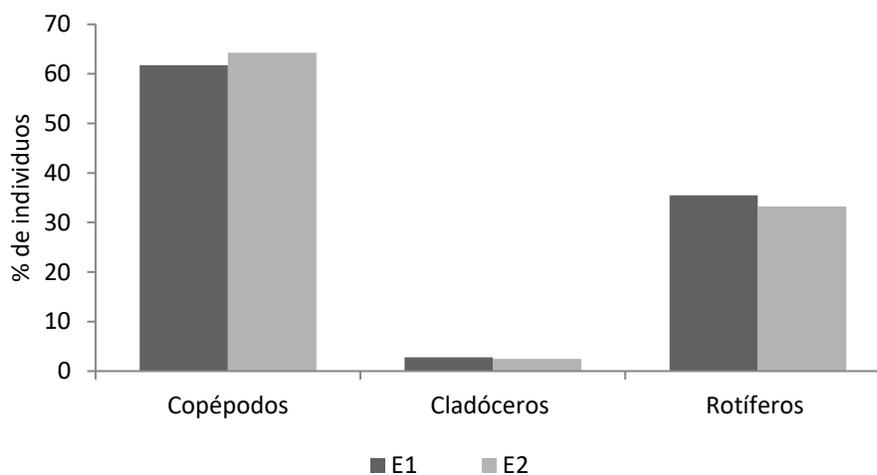


Figura 3. Composición porcentual de los grupos de Zooplancton por estación en el bordo La Palapa

En el bordo La Palapa se registraron un total de 26 especies que permanecen a los tres grupos zooplanctónicos antes mencionados. En el grupo de los copépodos se registraron 2 especies *Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*. En el grupo de los Cladóceros se identificaron también 2 especies, *Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura*. La mayor riqueza específica estuvo el grupo de los Rotíferos con 22 especies (Tabla 1).

Tabla 1. Especies de zooplancton registradas en el microreservorio La Palapa, Mor.

PHYLUM	CLASE	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Artrópoda	Maxillopoda	Diaptomidae	<i>Arctodiaptomus</i>	<i>Arctodiaptomus dorsalis</i> (March, 1907)
		Cyclopidae	<i>Thermocyclops</i>	<i>Thermocyclops inversus</i> Kiefer, 1927
		Sididae	<i>Diaphanosoma</i>	<i>Diaphanosoma birgei</i> Korinek, 1981

Variación temporal del zooplancton en el bordo La Palapa, Morelos, México

		Moinidae	<i>Moina</i>	<i>Moina micrura</i> Kurt 1879
<b>Rotífera</b>	Euroratoria	Asplanchnidae	<i>Asplanchna</i>	<i>Asplanchna sieboldii</i> (Leydig, 1854)
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1799) <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766 <i>Brachionus caudatus</i> Barrios y Dalay, 1894 <i>Brachionus falcatus</i> (Zacharias, 1898) <i>Brachionus havanaensis</i> Roussellet, 1913 <i>Brachionus urceolaris</i> (Muller, 1773) <i>Brachionus quadridentatus</i> (Herman, 1783)
			<i>Platyas</i>	<i>Platyas quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)
		Filiniidae	<i>Filinia</i>	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)
		Euchlanidae	<i>Euchlanis</i>	<i>Euchlanis alata</i> Vonronkov, 1912
		Trochosphaeridae	<i>Horaella</i>	<i>Horaëlla thomassoni</i> Koste, 1973
		Lepadellidae	<i>Lepadella</i>	<i>Lepadella acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)
		Lecanidae	<i>Lecane</i>	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851) <i>Lecane Closterocerca</i> (Schmarda, 1815) <i>Lecane cornuta</i> (O.F. Muller, 1786) <i>Lecane decipiens</i> (Murray, 1913) <i>Lecane hastata</i> (Murray, 1913)
		Lindiidae	<i>Lindia</i>	<i>Lindia</i> sp. Harring & Myers,

			1924
Flosculariidae	<i>Ptygura</i>		<i>Ptygura</i> sp. Ehrenberg, 1832
Testudinellidae	<i>Testudinella</i>		<i>Testudinella patina</i> (Herman, 1783)
Trichocercidae	<i>Trichocerca</i>		<i>Trichocerca</i> sp. (Müller, 1776)

(Imágenes en Anexos).

### Variación espacial y temporal del zooplancton

Al aplicar la prueba de Mann-Whitney para la comunidad por grupos (Figura 4) no se registraron diferencias significativas entre estaciones 1 y 2 (U de Mann-Whitney = 68.0; p = 0.8398); al comparar los grupos, no se obtuvieron diferencias entre copépodos (U de Mann-Whitney= 64.5; p=0.6859), cladóceros (U de Mann-Whitney= 63.0; p=0.6208), rotíferos (U de Mann-Whitney= 67.5; p=0.8172).

El grupo de los copépodos no mostró variaciones estadísticas en el bordo a través del tiempo (Kruskal-Wallis H=16.691; p=0.117), pero si hay diferencias para los dos grupos restantes, cladóceros (Kruskal-Wallis H=20.165; p=0.043) y rotíferos (Kruskal-Wallis H=19.727; p=0.049).

La abundancia del zooplancton en el bordo La Palapa durante el periodo de muestreo (marzo 2015-febrero 2016) en las dos estaciones se muestra en la Figura 4; se registró un mayor presencia de organismos en el mes de marzo en ambas estaciones y en diciembre para la E2 y en febrero para la E1. Esta abundancia se registró en la época de secas debido a que no hay precipitación, lo que conlleva a menor volumen del cuerpo de agua, menor profundidad, por lo que se considera a esta época como etapa de concentración, la temperatura aumenta lo que modifica la tasa metabólica de los productores primarios y por lo tanto, mayor disponibilidad de alimento con la consecuente abundancia de éstos.

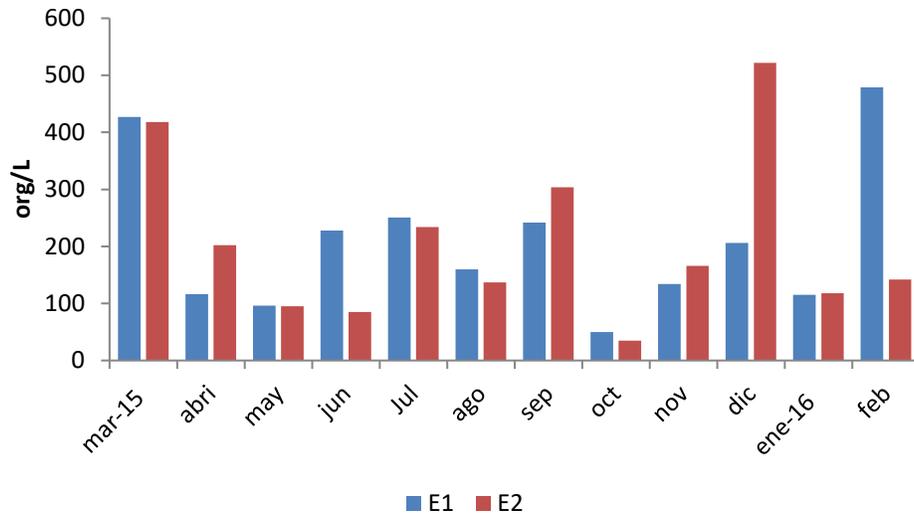


Figura 4. Variación temporal de la densidad zooplantónica en ambas estaciones.

Con respecto al comportamiento por cada grupo, los copépodos fueron el grupo de zooplancton con mayor abundancia durante los meses de muestreo, dominando en los meses de marzo del 2015 con 291 org/L, diciembre con 157 org/L y febrero con 254 org/L en la E1 (Figura 5). En la E2 los meses con mayor abundancia fueron abril con 170 org/L, septiembre con 174 org/L, y diciembre con 465 org/L (Figura 6). El grupo de los cladóceros registró valores máximos de 34 org/L en el mes de marzo y 8 org/L en el mes de febrero; con respecto a la E2 los valores máximos registrados son de 19 org/L para marzo y 9 org/L para el mes de febrero.

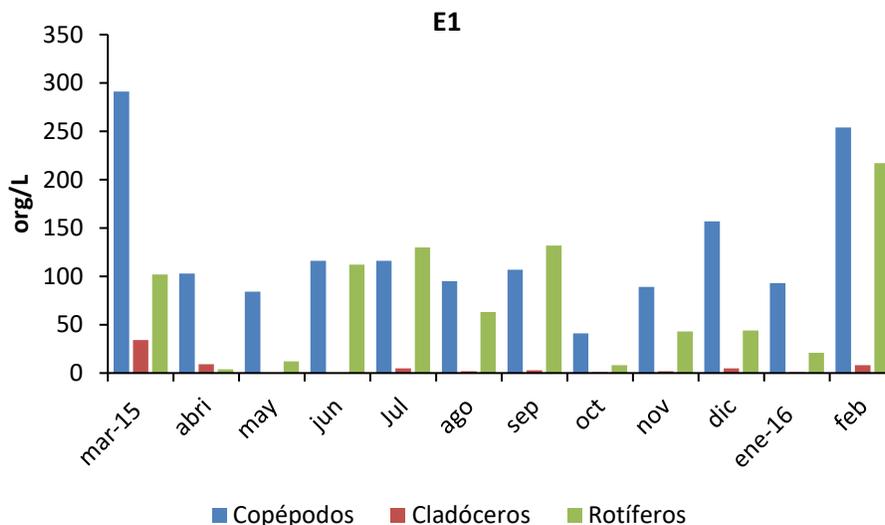


Figura 5. Variación temporal de los grupos de zooplancton durante Mar-15 a Feb-2016 en la E1.

El grupo de los Rotíferos de la E1 fueron más abundantes en los meses de julio con 130 org/L, septiembre con 132 org/L y febrero con 217 org/; los valores mínimos para la misma estación se presentan en los meses de abril, mayo y octubre con 4, 12 y 8 org/L, respectivamente. En cuanto a la estación 2 los meses con mayor abundancia de rotíferos son marzo con 256 org/L, julio con 128 org/L y septiembre con 128 org/L; los meses de mayo y octubre presentan menor abundancia de rotíferos para esta estación con 16 y 6 org/L respectivamente.

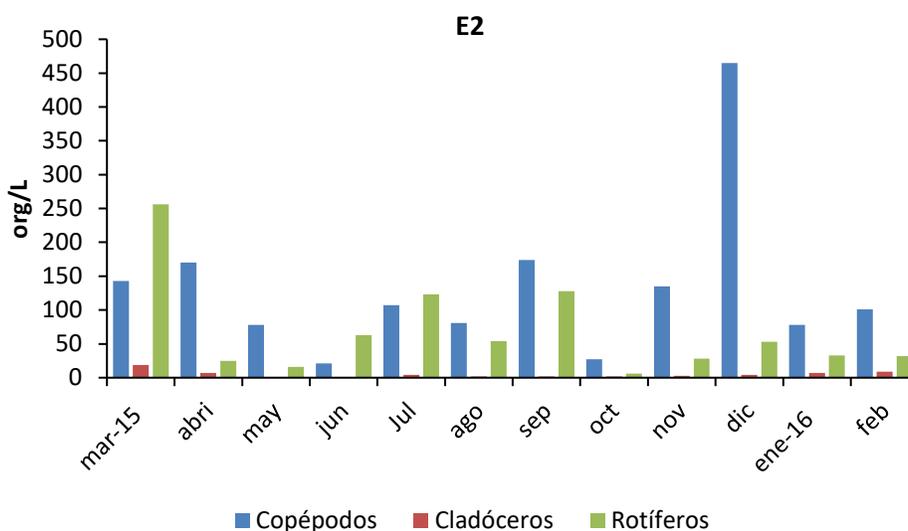


Figura 6. Variación temporal de los grupos de zooplancton durante mar-15 a feb-2016 para la E2.

### Categorización de las especies

El diagrama de Olmstead-Tukey para la comunidad zooplanctónica del bordo La Palapa, muestra los valores promedio para ambas estaciones y en la que se puede observar que existen ocho especies dominantes entre ellas, las más destacadas en todos los meses son el copépodo *Arctodiaptomus dorsalis*, el cladócero *Moina micrura* y los rotíferos *Asplanchna sieboldii* y *Filinia longiseta* que alcanzaron altas frecuencias de ocurrencia y valores del logaritmo de la abundancia absoluta con respecto a la media, por lo que se ubican en el grupo de las dominantes. En el grupo de las ocasionales se registraron a *Brachionus calyciflorus*, *B. falcatus*, *B. havanaensis*, y *B. urceolaris*, presentes en la época de lluvias. Las especies raras fueron las más abundantes registrándose 15 especies de rotíferos y un copépodo. El diagrama no presenta especies constantes.

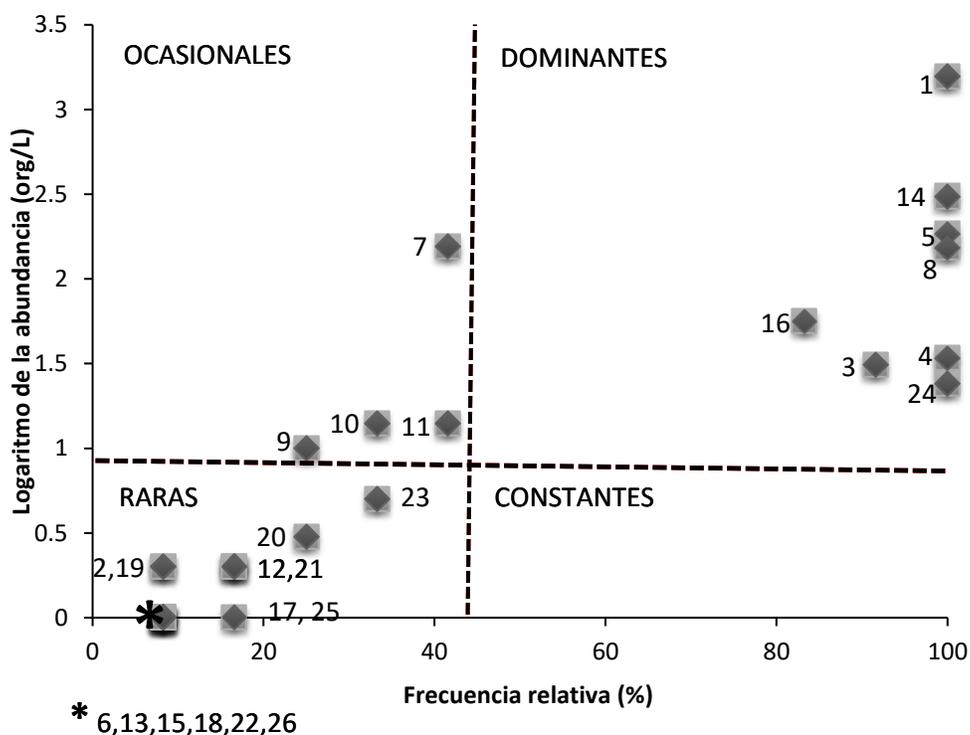


Figura 7. Diagrama de Olmstead-Tukey para la comunidad zooplanctónica del bordo La Palapa.

1=*Arctodiaptomus dorsalis*, 2=*Termocyclops inversus*, 3=*Diaphanosoma birgei*, 4= *Moina micrura*, 5= *Asplanchna sieboldii*, 6=*Brachionus angularis*, 7= *Brachionus calyciflorus*, 8= *Brachionus caudatus*, 9= *Brachionus falcatus*, 10= *Brachionus havanaensis*, 11= *Brachionus urceolaris*, 12= *Brachionus quadridentatus*, 13= *Platyas quadricornis*, 14= *Filinia longiseta*, 15= *Euchlanis alata*, 16=*Horaeëlla thomassoni*, 17= *Lepadella acuminata*, 18= *Lecane bulla*, 19= *Lecane closterocerca*, 20= *Lecane cornuta*, 21= *Lecane decipiens*, 22= *Lecane hastata*, 23= *Lindia* sp., 24= *Ptygura* sp., 25=*Testudinella patina*, 26= *Trichocerca* sp.

### Densidad poblacional

La densidad de la especie *Arctodiaptomus dorsalis* se muestra en la Figura 8, siendo una especie que se registró en todos los muestreos (marzo 2015-febrero 2016), donde se observa una mayor densidad en la E1 en los meses de marzo y febrero con 291 y 254 org/L respectivamente, mientras que para la E2 la máxima densidad se obtuvo en diciembre con 465 org/L. Los meses con menores valores fueron registrados entre mayo y octubre, durante la época de lluvias. La presencia del copépodo *Termocyclops inversus*, solo fue registrada en el mes de diciembre para ambas estaciones, siendo también en este mes el que se registraron el mayor número de individuos en etapa larval, con 822 org/L.

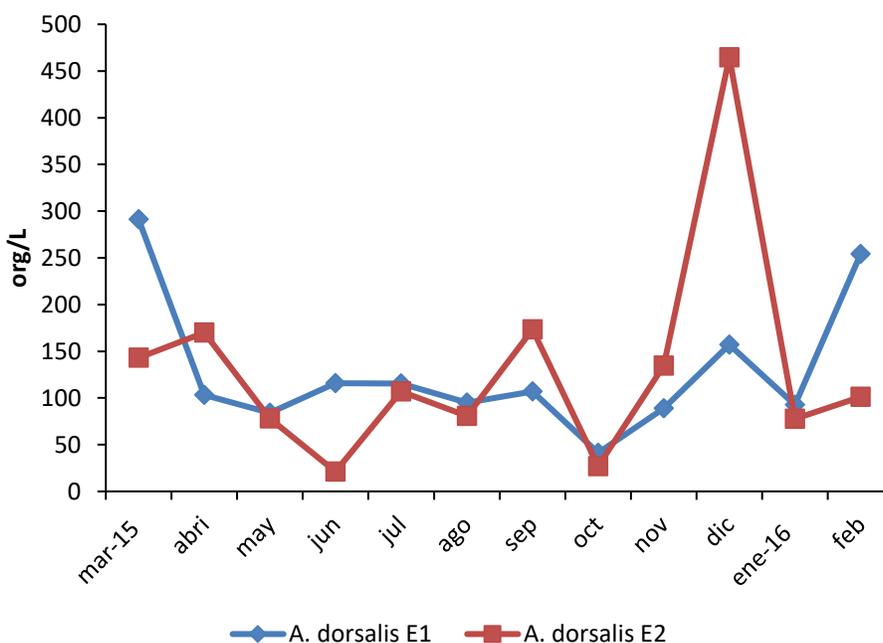


Figura 8. Variación temporal de *Arctodiaptomus dorsalis* en ambas estaciones del bordo La Palapa.

Los cladóceros es un grupo que se registró como dominante, con altos valores en el mes de marzo y de menor magnitud en febrero 2016 y mostró un descenso drástico en los meses de abril y mayo, meses del comienzo de la época de lluvias, en ambas estaciones y para ambas especies, manteniéndose así durante todo el estudio hasta la etapa final del muestro (Figura 8).

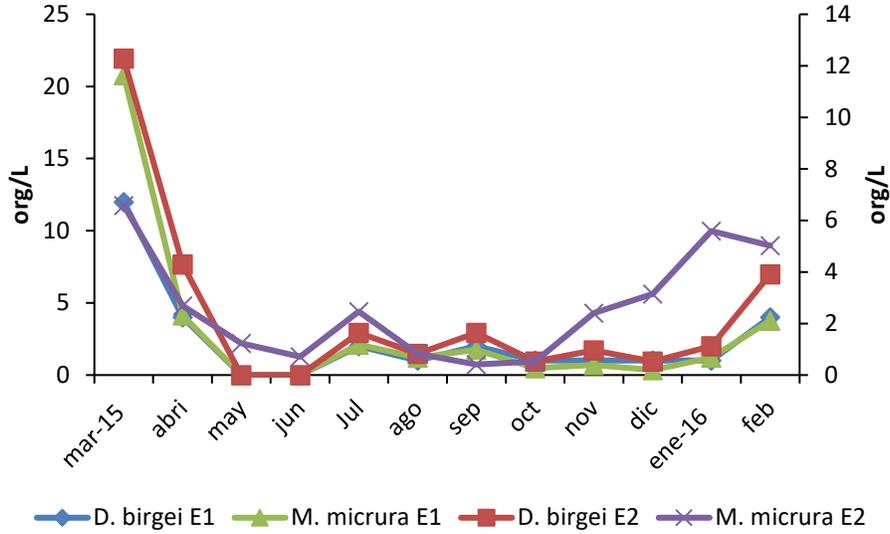


Figura 9. Comportamiento temporal de los cladóceros durante el periodo de muestreo.

La Figura 9 muestra las especies con mayor abundancia del grupo de los rotíferos en la E1, las cuales fueron *Asplanchna sieboldii*, *Brachionus caudatus*, *Filinia longiseta* y *Horaëlla tomassoni*; el mayor valor registrado durante el muestreo fue en enero y corresponde al rotífero *Asplanchna*, el rotífero que se registró en todos los meses fue *B. caudatus* y su mayor abundancia fue en septiembre (28 org/L), al igual que las especies *F. longiseta* (63 org/L) y *H. tomassoni* (20 org/L).

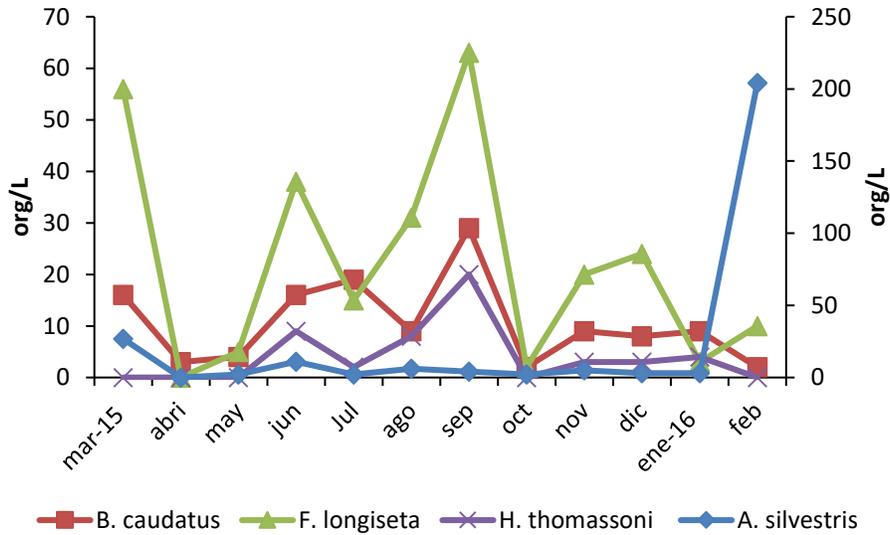


Figura 10. Abundancia de los rotíferos más representativos en el bordo La Palapa E1.

Los rotíferos de la E1 que solo tuvieron presencia en el muestreo ciertos meses (Figura 11), fueron *B. havanaensis* en la época de lluvias (junio a septiembre), *B. falcatus* solo se registró en los meses de octubre a diciembre; el rotífero *Ptygura sp.* se presentó durante todo el muestreo, pero su densidad no rebasó los 4 org/L.

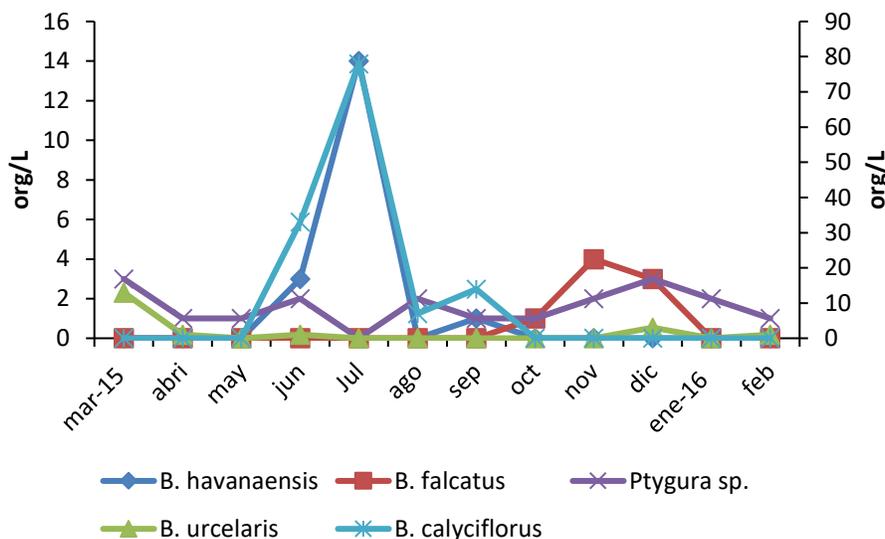


Figura 11. Rotíferos con menor abundancia, y desarrollo en ciertas temporadas en la E1.

En la E2 el rotífero *Asplanchna* no tuvo el mismo comportamiento de abundancia que en la E1, ya que se registró un total de 37 org/L para el mes de marzo, reduciendo su presencia durante la época de lluvias e incrementando su densidad durante la estación secas frías; *B. caudatus* tuvo su mayor densidad en julio y se mantuvo constante en todo el tiempo de muestreo con disminución hacia el final del estudio, el rotífero de mayor abundancia fue *F. longiseta* con un total de 170 org/L en marzo y una reducción hacia el final de los muestreos.

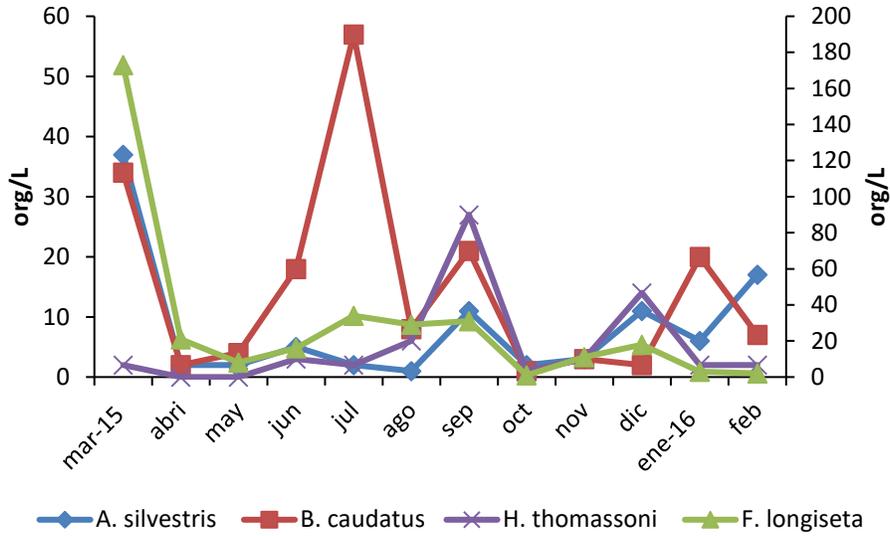


Figura 12. Rotíferos con mayor abundancia en el bordo La Palapa E2.

En la E2 *B. falcatus* solo se observó en los meses de noviembre y diciembre con 11 org/L; *B. calyciflorus* y *B. havanaensis* tienen un incremento principalmente en los meses de junio y agosto, *Ptygura* sp. se mantiene presente durante todo el muestreo con muy pocos organismos (10 org/L) y *B. urceolaris* se registra con una mínima cantidad de 9 org/L (Figura 13).

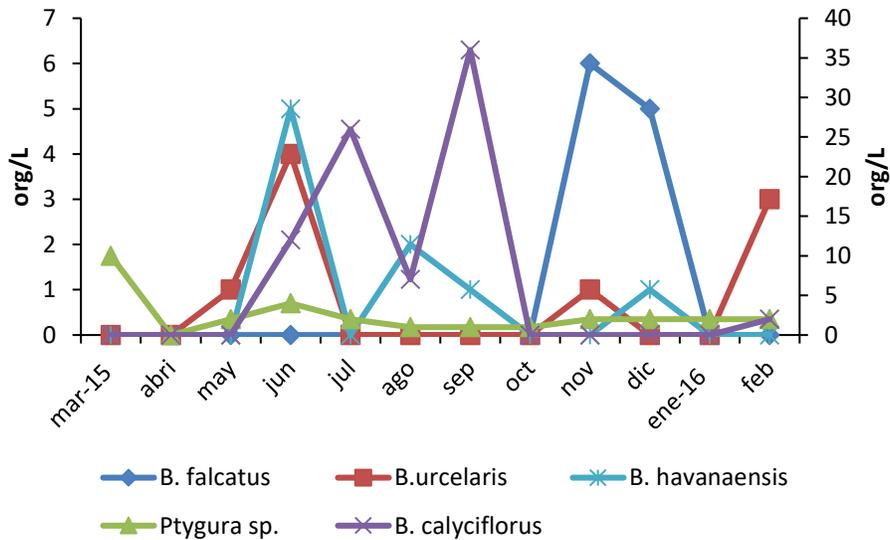


Figura 13. Rotíferos con menor abundancia en el bordo La Palapa E2.

### Relación zooplancton con clorofila "a"

El valor mayor de concentración de clorofila registrado durante el periodo de muestreo fue en el mes de mayo de 2016 (47.17  $\mu\text{g/L}$ ) y el menor en febrero (2.57  $\mu\text{g/L}$ ), gráficamente se presenta una relación inversa entre la clorofila "a" y la abundancia de zooplancton y la tendencia de los valores de clorofila "a" fue de disminuir hacia el final del estudio.

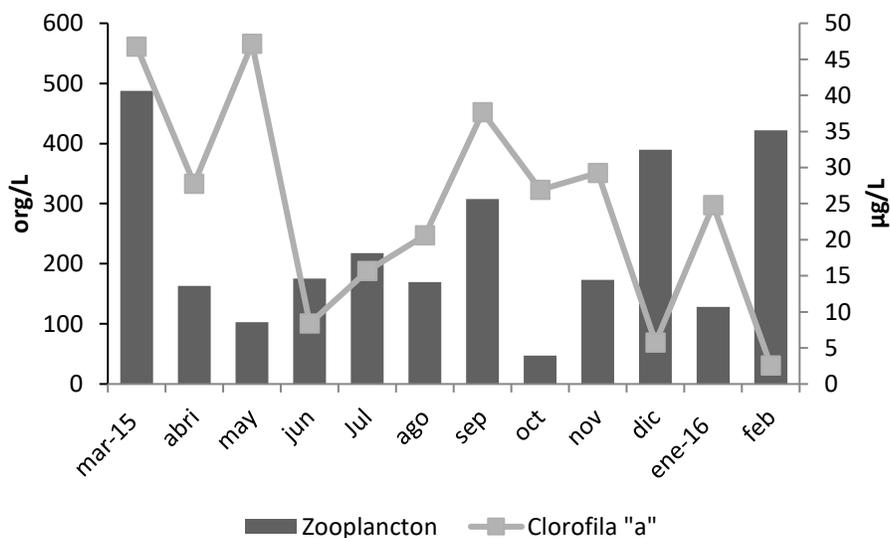


Figura 14. Relación entre la abundancia de zooplancton y la clorofila "a".

### Diversidad del zooplancton

El mayor valor del índice de Shannon-Weiner para la E1 fue de 1.70 en el mes de abril y el menor con 0.43 en el mes de mayo; con respecto a la E2 el mayor valor fue de 1.99 para el mes de junio, época en la que comienza el periodo de lluvias y la tendencia fue de disminuir hacia el mes de diciembre, donde se registró el menor valor de 0.57 en la época de secas frías (Fig. 15).

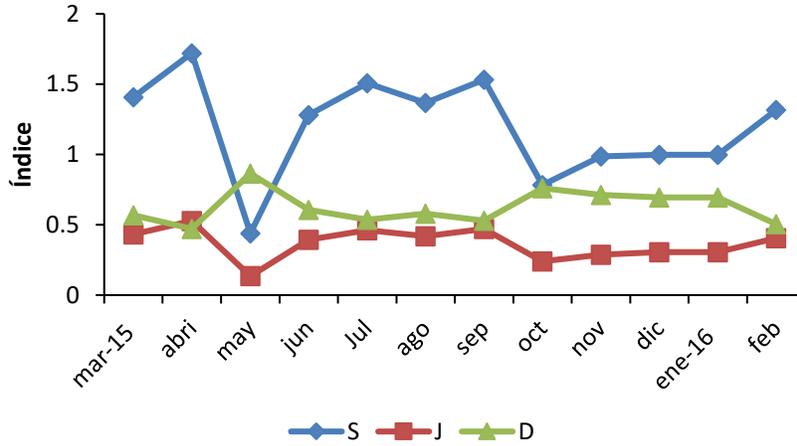


Figura 15. Variación de los indicadores para la comunidad zooplanctónica del bordo La Palapa E1 (H' = Shannon-Weiner; J=Pielou; D=Dominancia).

El índice de equitatividad midió la proporción de la diversidad observada con la relación a la máxima esperada, con un valor mínimo de 0.13 para el mes de mayo, 0.52 como valor máximo para el mes de abril en la E1. Con respecto a la E2 el valor mínimo fue en el mes de abril con 0.18 y máximo en junio con 0.61, mes en el que comenzó la época de lluvias (Fig. 16).

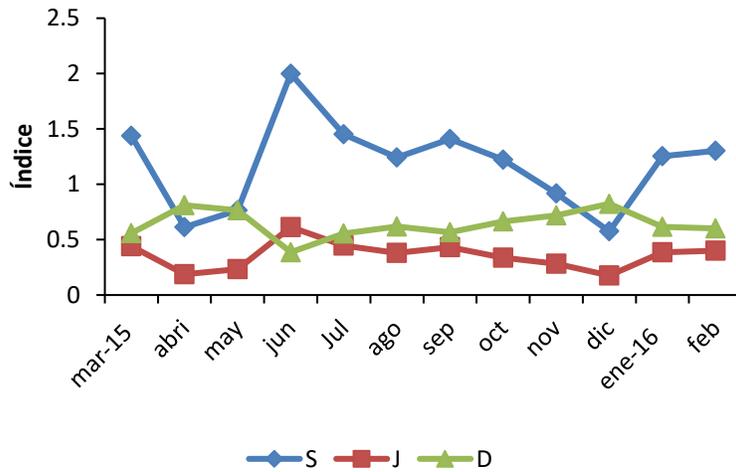


Figura 16. Variación de los indicadores para la comunidad zooplanctónica del bordo La Palapa E2.

La equitatividad y la dominancia tuvieron un comportamiento inverso, es decir, a mayor dominancia menor equitatividad y viceversa.

### **Análisis de Componentes Principales (ACP)**

El análisis estadístico de Componente Principales (ACP) permite la síntesis de información. Se agruparon las variables en 5 componentes (Tabla 2), los cuales presentaron un eigenvalor igual o mayor a 1.0, que juntos dan un total de 80.47% de variabilidad de los datos originales.

**Tabla 2. Valores y Porcentajes del Análisis de Componentes Principales.**

<b>Componente Número</b>	<b>Eigenvalor</b>	<b>Porcentaje de Varianza</b>	<b>Porcentaje Acumulado</b>
<b>1</b>	4.13388	25.837	25.837
<b>2</b>	3.89334	24.333	50.170
<b>3</b>	2.7186	16.991	67.161
<b>4</b>	1.67834	10.490	77.651
<b>5</b>	1.25216	7.826	<b>85.477</b>

Los primeros 3 componentes acumulan el 67.16 %, así como los 2 restantes el 18.316% de la variación total. Los dos primeros componentes con las variables con mayor peso que actúan en el cuerpo de agua se describen a continuación.

El primer componente estuvo conformado por las variables: mes (0.470076) y el pH (0.417647), e inversamente la temperatura ambiente (-0.368608). En el segundo componente la conductividad está directamente relacionada (0.506703) y la dureza indirectamente (-0.457389), ambos miembros del comportamiento edáfico.

En el tercer componente tiene relación directa con la profundidad (0.438908) y la concentración de clorofilas (-0.472657) e indirectamente con los sólidos (-0.510493). En el cuarto componente se relaciona directamente con la temperatura del agua (0.376134) y la transparencia (0.509111) y de manera inversa la abundancia del zooplancton (-0.569805). Por último, en el quinto componente se ubican de manera directa la alcalinidad y el oxígeno (0.401631) y (0.638031) respectivamente.

Tabla 3. Variables de cada uno de los componentes del ACP.

	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4	Componente 5
Mes	<b>0.470076</b>	-0.18759	0.0330229	-0.0221356	-0.16424
Abundancia	-0.0730347	-0.16592	0.180828	<b>-0.569805</b>	-0.145368
Alcalinidad	-0.318126	-0.268996	-0.111609	0.117404	<b>0.401631</b>
Clorofilas	-0.288913	0.128588	<b>-0.472657</b>	-0.0621598	-0.215039
Conductividad	-0.0630348	<b>0.506703</b>	-0.0318098	-0.300288	0.238872
Dureza	-0.31269	<b>-0.457389</b>	0.170106	0.083894	-0.125801
Oxígeno	-0.0358955	-0.160012	0.31215	-0.280551	<b>0.638031</b>
pH	<b>0.417647</b>	0.190686	-0.155799	-0.263513	0.255546
Profundidad	-0.032314	0.367497	<b>0.438908</b>	-0.0380691	-0.339101
Sólidos	0.253145	-0.0938264	<b>-0.510493</b>	0.0906358	0.108736
T amb	<b>-0.368608</b>	0.204421	-0.237304	-0.0386141	0.0782761
T agua	-0.203845	0.362116	0.189988	<b>0.376134</b>	0.173498
Transparencia	0.262683	0.0607899	0.181768	<b>0.509111</b>	0.189815

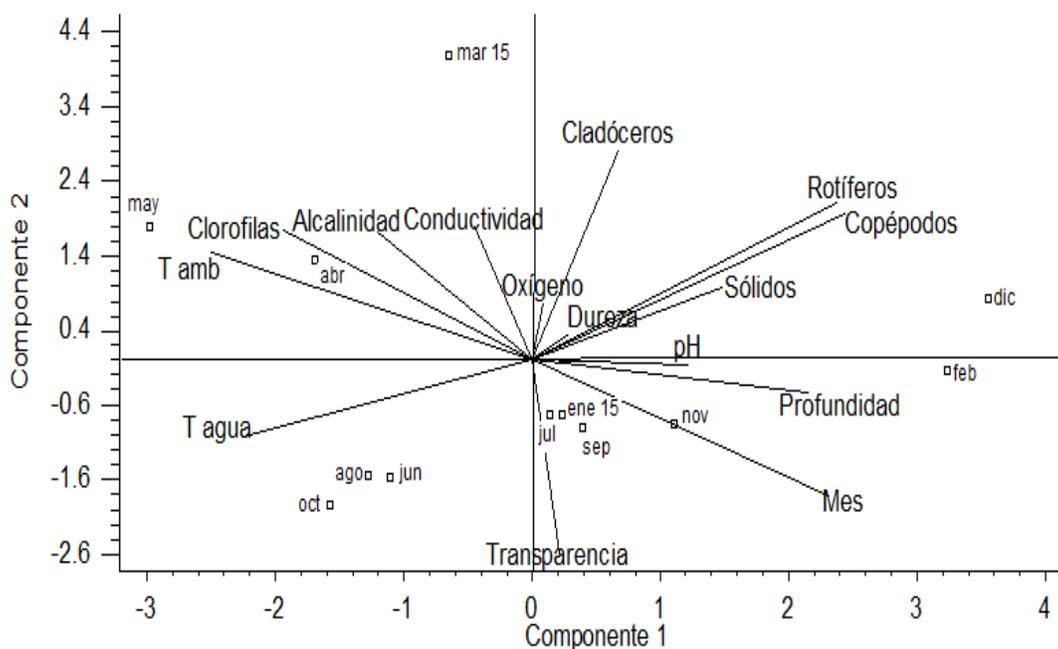


Figura 17. Análisis de Componentes Principales del bordo La Palapa.

Los tres grupos de zooplancton se ven asociados directamente con los factores oxígeno, dureza y sólidos, lo que se relaciona con el componente edáfico, esto durante la época de secas-frías, provocado por el fin de la etapa de dilución y el inicio de la concentración del sistema. La época de secas- cálidas corresponde a los meses de diciembre a marzo

inclusive; en abril y mayo, los factores que se asocian son alcalinidad, conductividad, clorofilas y temperatura, en la que se observó una disminución del volumen de agua, aumento del fitoplancton y aumento de la temperatura ambiente, características de la etapa de concentración en el sistema. En la época de lluvias los factores que están inversamente asociados son la transparencia, la temperatura del agua, y la profundidad, esto por la precipitación que aumenta el volumen de agua en la cubeta lacustre lo que hace que haya una disolución de los sólidos y permite una mayor transparencia, cambios en la temperatura del agua y el aumento de los vientos, lo que permite la mezcla y homogenización del agua en el sistema.

### Análisis de agrupamientos (Clúster)

El análisis de agrupamiento analiza las variables más semejantes entre los diferentes componentes evaluados. En este caso hay parámetros físicos y químicos similares por lo que se muestran tres grupos en el dendrograma; la época de secas en los meses de marzo-15, abril y mayo; junio, julio y agosto son los meses en los que se presenta la precipitación en el bordo y por último, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero-16 y febrero son aquellos meses en los cuales se clasifica una temporada de secas-frías, ya que la precipitación es casi nula y hay un descenso de la temperatura.

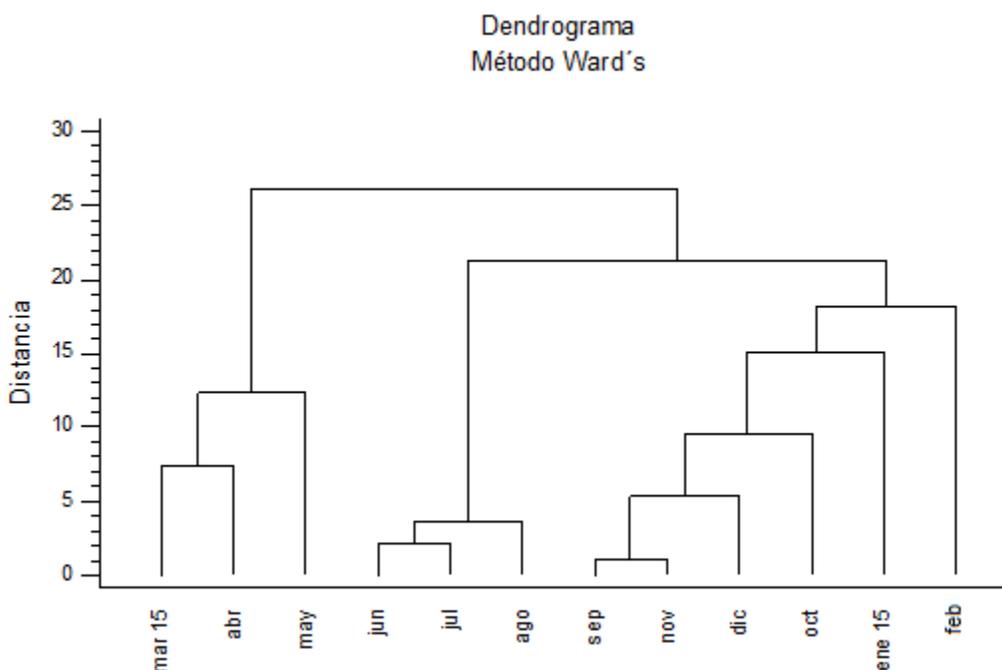


Figura 18. Análisis de agrupamiento para los factores ambientales y el zooplancton a lo largo del muestreo.

### Correlación de Spearman

Esta prueba estadística permite la correlación o asociación de una o más variables, haciendo una clasificación por rangos, ya que no todas las variables se comportaron como normales y homocedásticas. El coeficiente de correlación de Spearman se rige por las reglas de la correlación simple de Pearson y las medidas de este índice corresponden de

+1 a -1, pasando por el cero, donde este último significa no correlación entre las variantes estudiadas, mientras que los dos primeros denotan la correlación máxima.

Las variables con mayor correlación son las siguientes: La dureza tuvo una alta correlación con los sólidos (Spearman= 0.8508;  $p=0.0005$ ) las clorofilas están inversamente correlacionadas con la transparencia (Spearman= -0.5916,  $p= 0.0428$ ) y la profundidad tuvo una correlación inversa con los sólidos (Spearman= -0.5422,  $p= 0.0423$ ). Con respecto a las variables físico químicas y el zooplancton, los cladóceros tuvieron una correlación positiva alta con los rotíferos (Spearman= 0.7682;  $p= 0.0035$ ) e indirectamente correlacionados con la transparencia (Spearman= -0.5884,  $p= 0.0442$ ); finalmente, la abundancia del zooplancton mostró correlación inversa con la conductividad (Spearman= -0.6605,  $p= 0.0194$ ).

Se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para los parámetros físicos-químicos, la cual mostró que no existían diferencias significativas entre las estaciones y niveles de profundidad obteniendo los siguientes valores: temperatura del agua ( $W =84.0, p=0.506$ ), transparencia ( $W =67.5$ ,  $p= 0.815$ ), oxígeno disuelto ( $W =90.0$ ,  $p=0.312$ ), pH ( $W =46.5$ ,  $p=0.148$ ), conductividad ( $W =50.5$ ,  $p=0.225$ ); sólidos disueltos ( $W =48.0$ ,  $p=0.174$ ), alcalinidad ( $W =77.0$ ,  $p=0.794$ ), dureza ( $W = 68.5$ ,  $p=0.862$ ), y profundidad ( $W = 23.0, p=0.05$ ); es por eso que se decidió tomar el promedio de ambas estaciones.

Al no encontrar diferencias estadísticas significativas entre estaciones, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis ( $p<0.05$ ) para comprobar que todos los parámetros presentan diferencias de manera temporal entre los meses de muestreo: temperatura del agua ( $H=21.3$ ;  $p=0.030$ ); transparencia ( $H=22.33$ ;  $p=0.021$ ), oxígeno disuelto ( $H=19.7$ ;  $p=0.049$ ), alcalinidad total ( $H=21.8$ ;  $p=0.025$ ), dureza total ( $H=20.7$ ;  $p=0.036$ ); sin embargo, el pH ( $H=18.866$ ;  $p=0.063$ ), conductividad ( $H=18.4$ ;  $p=0.071$ ), sólidos disueltos totales ( $H=17.3$ ;  $p=0.099$ ) no mostraron diferencias entre los diferentes meses de muestreo posiblemente por el efecto de mezcla y estratificación de la columna de agua. La profundidad total ( $H=8.0$ ;  $p=0.707$ ) se mantuvo casi constante por efecto del aporte de agua durante todo el estudio.

La temperatura máxima del agua fue de 29.3°C en el mes de agosto en la EII y la mínima de 20.8°C para la EI, en el mes de enero de 2016, considerado la época de secas frías. La temperatura anual promedio del agua para ambas estaciones fue de 24.9°C. Se registraron valores máximos de temperatura ambiente de 35.2°C en el mes de mayo de 2015 y mínimos de 25.5 °C mes de febrero de 2016 (Fig. 19).

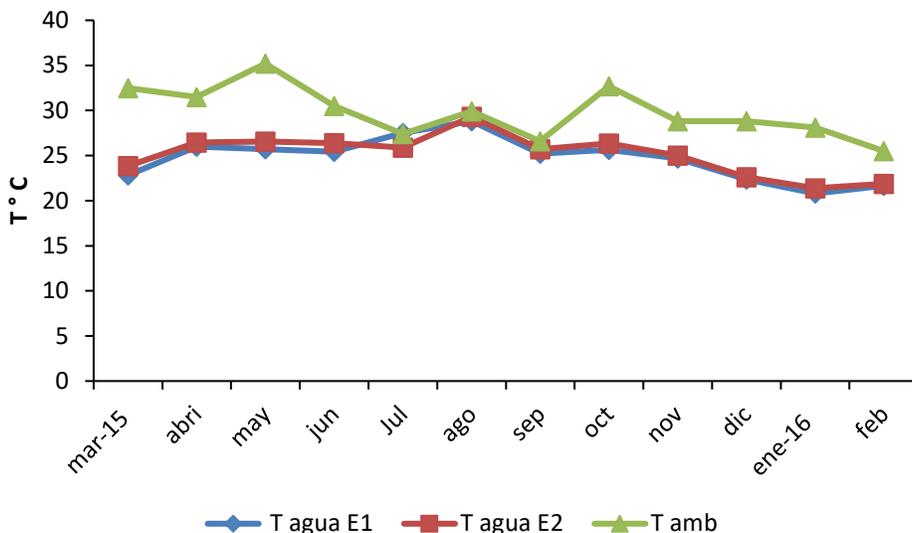


Figura 19. Temperatura del agua y del ambiente en el bordo La Palapa.

Los valores de visibilidad con el disco de Secchi registrados, fueron mínimos en el mes de marzo (periodo de concentración) y máximos en los meses de junio, julio, agosto, considerado época de lluvias (periodo de dilución). La transparencia promedio fue de 0.2 m a 0.45 m. En la E1 la profundidad varió de 2 a 4.5 m, mientras que en la EII la profundidad oscila de 2 a 3.8 m. La profundidad es una variable que está directamente relacionada con la época de lluvias y secas.

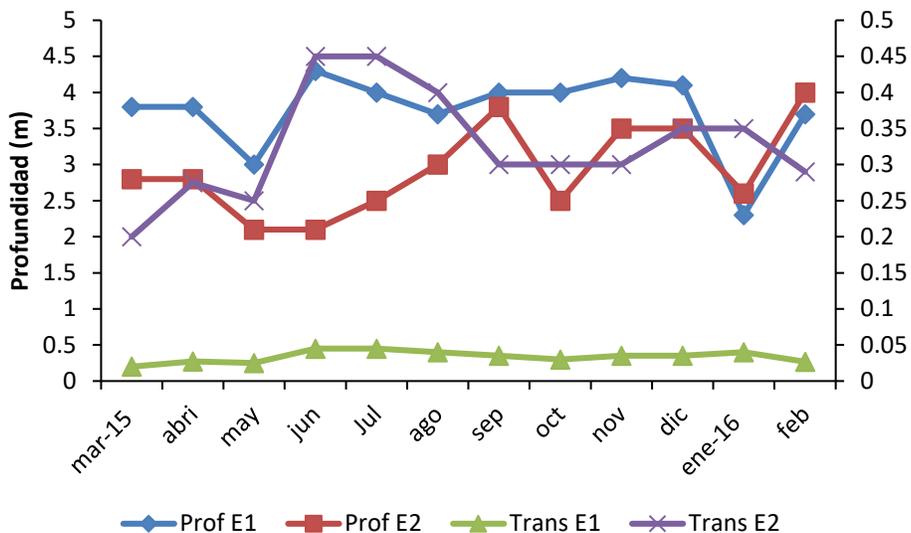


Figura 20. Comportamiento de la transparencia y la profundidad en el bordo.

La concentración de oxígeno disuelto (OD) y temperatura en el agua, se muestra en la figura 1.16, donde se observa una relación inversa, cuando la temperatura aumenta las concentraciones de oxígeno disminuyen y viceversa. En la E1 se registran valores de concentración de OD en el mes de septiembre de 3.17 mg/L a 10.89 mg/L en el mes de febrero. En la E2 se registraron valores de 5.09 mg/L en el mes de noviembre y de 12.23 mg/L para el mes de febrero. Los valores promedio en la etapa de muestreo son de 6.93 para la E1 y 8.04 para la E2. Con respecto al pH, ambas estaciones en promedio tienen valores de 8.3, lo que se interpreta como aguas ligeramente alcalinas en el sistema. Los valores más altos de pH, fueron registrados en el mes de febrero 2015, para la E1 y mayo de 2016, para la E2.

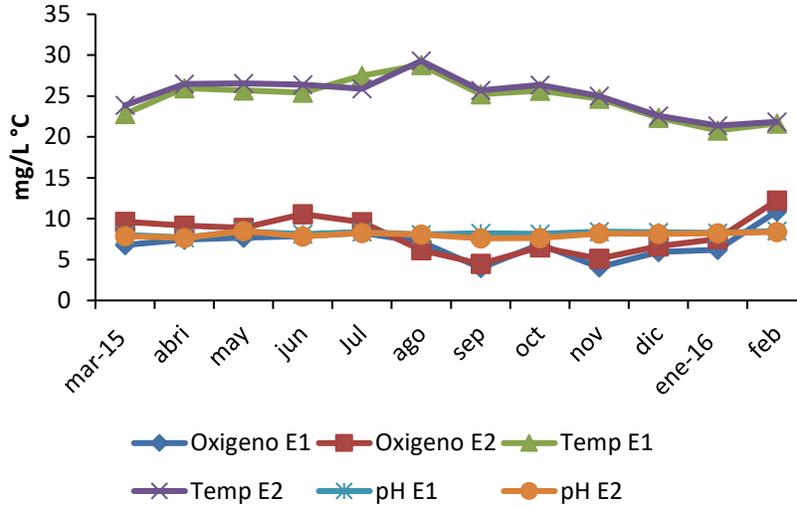


Figura 21. Variación de los valores de oxígeno disuelto, temperatura y pH en el periodo de muestreo.

La conductividad (Figura 22) está directamente relacionada con la cantidad de sólidos disueltos. La mayor cantidad de sólidos disueltos se registró en el mes de enero y la menor cantidad en los meses de junio a octubre, temporada de lluvias.

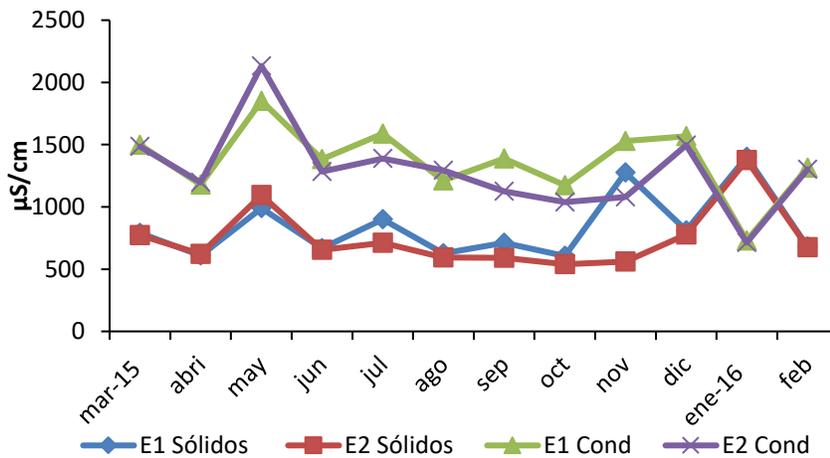


Figura 22. Valores registrados de sólidos disueltos y conductividad en el bordo La Palapa.

La alcalinidad se ve reflejada en la figura 23 con valores máximos para la E1 de 470 de mg/L de CaCO<sub>3</sub> en el mes de abril de 2015 y mínimos de 235 mg/L de CaCO<sub>3</sub> en el mes de octubre. Los valores máximos de alcalinidad para la E2 son de 440 mg/L de CaCO<sub>3</sub> registrados en el mes de abril de 2015 y mínimos de 265 mg/L de CaCO<sub>3</sub> en el mes de octubre; siendo un sistema homogéneo en estas etapas ya que las dos estaciones

representaron valores similares, por lo que se puede considerar como un sistema productivo. La mayor concentración de la dureza se registró en el mes de abril para la E1 fue de 412 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  y la mínima de 195 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  en el mes de noviembre. Para la E2 los valores máximos de dureza alcanzan los 310 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , en el mes de enero y en mayo fueron registrados los valores mínimos de dureza con valor de 127 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , de acuerdo con estos valores el agua del sistema es clasificada como dura.

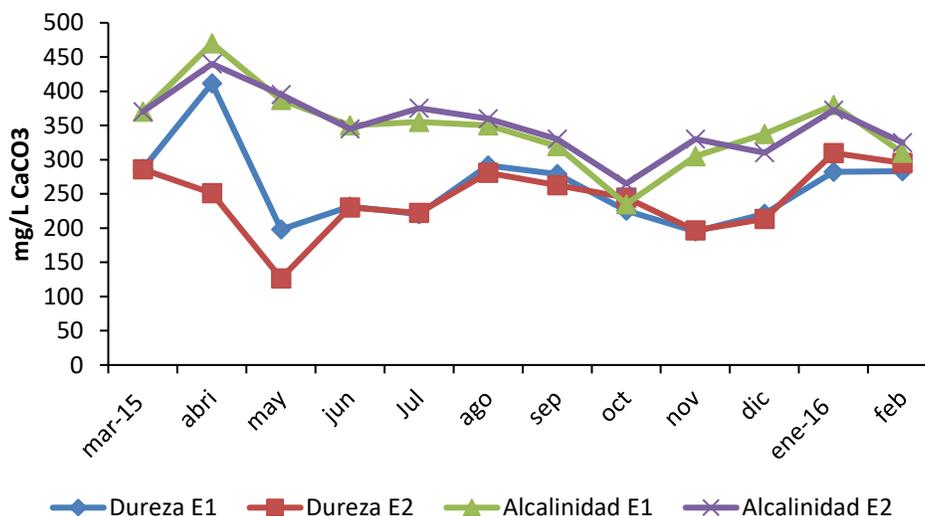


Figura 23. Comportamiento temporal de la alcalinidad y dureza en el bordo.

### Perfil vertical de Temperatura y Oxígeno disuelto

El perfil vertical es un esquema que expone los procesos de estratificación o de mezcla, que puede llegar a presentarse en el bordo a lo largo del muestreo, tomado en cuenta la profundidad y la temperatura. Para la E1 en casi todos los meses se presenta estratificación, ya que los muestreos se realizaron alrededor de las 14:00 horas y la diferencia entre cada metro de profundidad es de al menos 1 °C. Si se considera esta etapa de estratificación como continua durante un periodo de 24 horas, el bordo es clasificado como polimíctico cálido continuo de acuerdo con Lewis (1983) (Fig. 24).

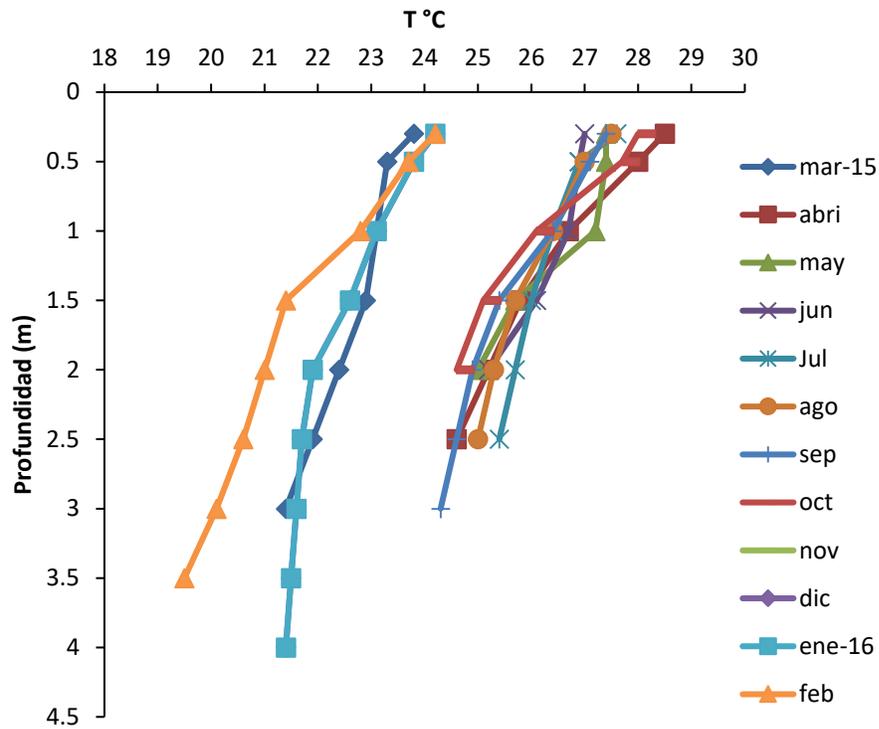


Figura 24. Perfil vertical de temperatura del bordo La Palapa E1.

Para la E2 la relación es muy similar los meses con estratificación fueron abri-15, may-15, ago-15, sep-15, oct-15. Las temperaturas van desde los 29 °C a 4 °C, dependiendo de la profundidad, se puede observar dos temporadas con diferencia de temperatura de 2°C.

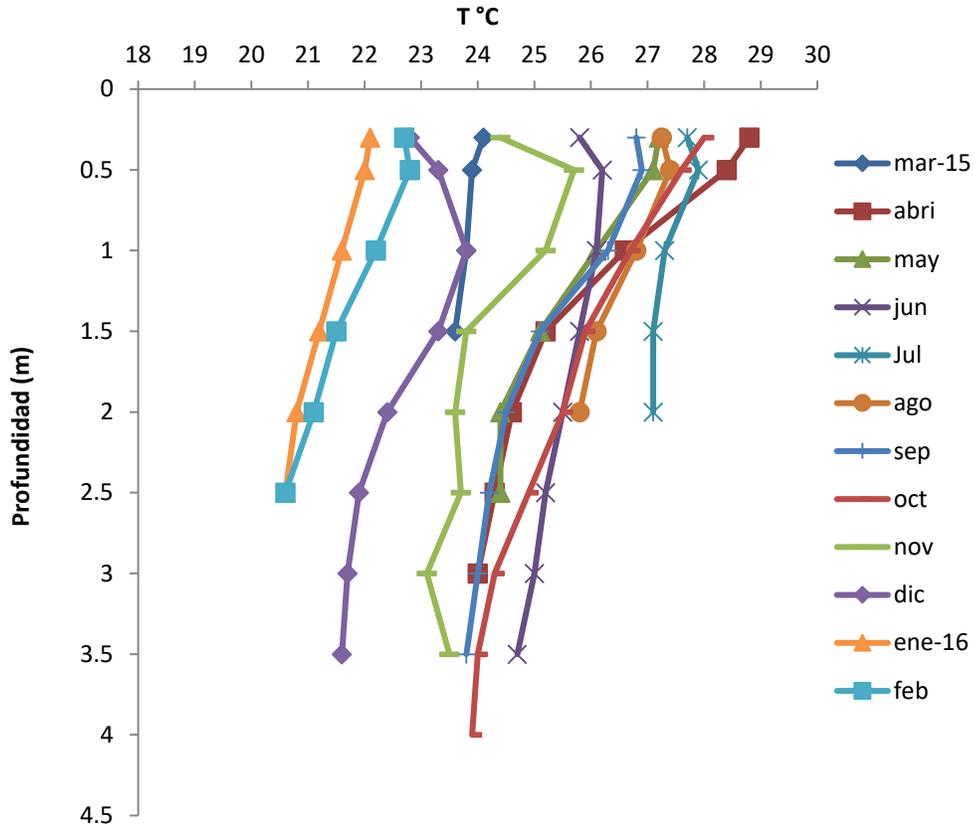


Figura 25. Perfil vertical de temperatura del bordo La Palapa E2.

La concentración de oxígeno a diferentes profundidades se observa en la Fig. 26, la concentración del oxígeno es mayor en la zona trofógena, donde se encuentran los organismos fotosintéticos, por esta razón se registran mayores concentraciones de este gas producto, además por el intercambio entre la atmósfera y la columna del agua. Al llegar a la zona trofólítica se reduce la cantidad de oxígeno, causado por diversos factores entre ellos la poca penetración de los rayos de luz por la cantidad de sólidos en suspensión, materia orgánica en descomposición, la respiración de los organismos, etc. En el mes de julio el oxígeno se mantuvo constante, lo que refleja un estado de mezcla, ya que en este mes hay mayor cantidad de agua debido a la precipitación, lo que conlleva a una disolución de los sólidos disueltos y una mayor penetración de luz.

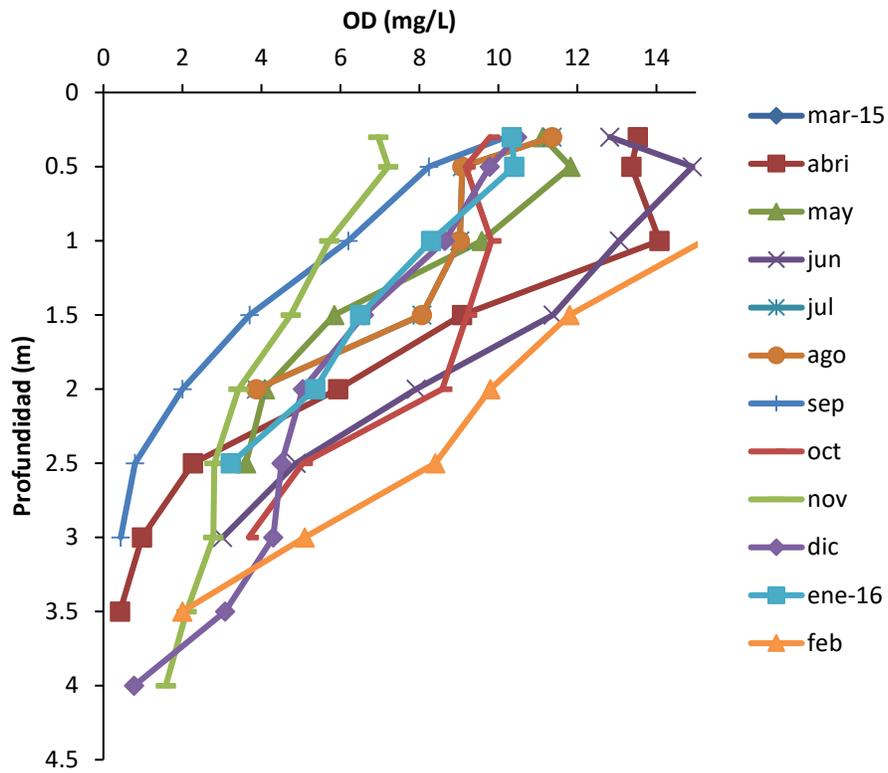


Figura 26. Perfil vertical del oxígeno del bordo La Palapa E1.

El tipo de curva que se observo es de tipo clinograda, con valores altos en la zona eufótica y mínimos en la zona afótica, los cual es característico de cuerpos eutróficos (Figura 26).

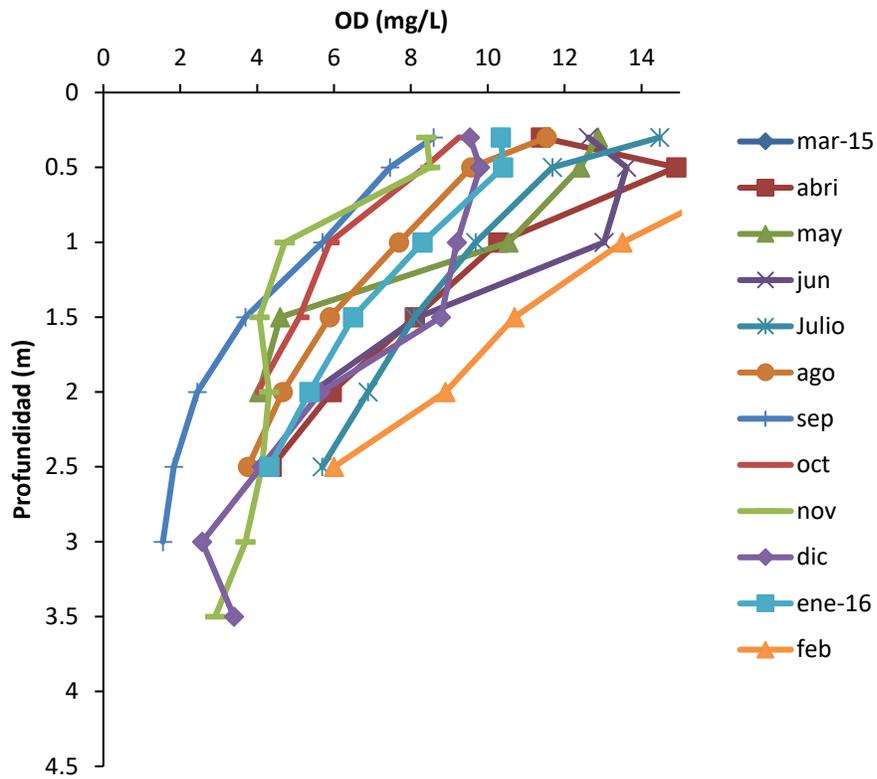


Figura 27. Perfil vertical de oxígeno del bordo La Palapa E2.

Al analizar el perfil de temperatura por medio del programa Surfer, permite visualizar si el bordo se encuentra en circulación, estratificación, o en alguna otra condición intermedia. La Figura 28 muestra los gradientes de temperatura durante el periodo de muestreo, las máximas temperaturas se observan en la superficie, así como las mínimas en el fondo. El mayor calentamiento del estrato superficial se observa durante la etapa cálida del año (marzo-15 – nov-15), lo que produce un marcado gradiente de temperatura que determina una estratificación bastante estable. En los meses de dic-15 a feb-16 se puede observar disminución de la temperatura, la homogenización de la temperatura muestra un periodo de mezcla en el sistema.

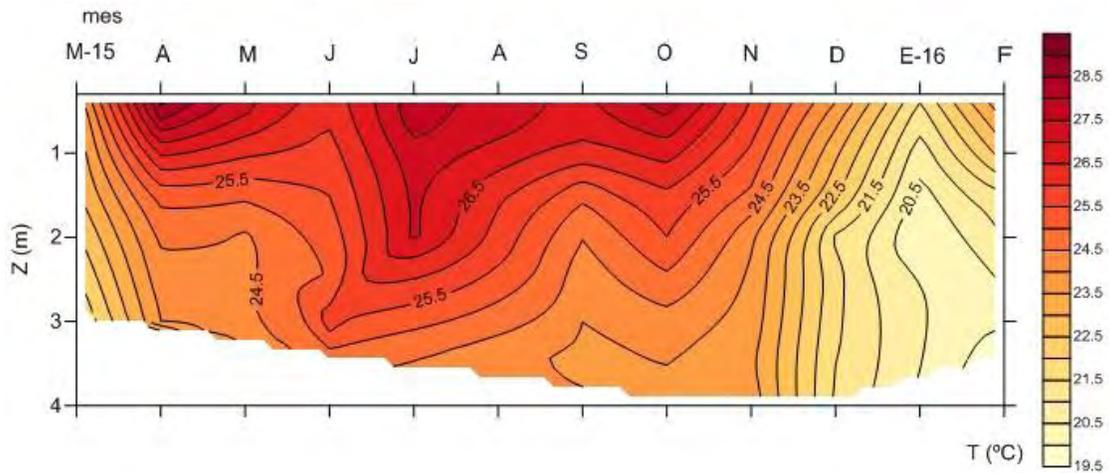


Figura 28. Perfil vertical anual de temperatura del bordo La Palapa, Morelos.

La dinámica del oxígeno disuelto estuvo estrechamente vinculada con las variaciones de la temperatura y la precipitación; los meses más cálidos y con menor profundidad (marzo-15 – junio-15) son aquellos en los que en el estrato superficial mantuvo las concentraciones de oxígeno más altas (10 – 13 mg/L), esto se debe a diferentes factores entre ellos el que la exposición de los rayos de sol es mayor y el proceso fotosintético aumenta, aquí es donde se observa un proceso de estratificación en el sistema, con mayores concentraciones de oxígeno en la zona eufótica, disminuyendo a valores muy bajos sin llegar a la anoxia (cero mg/L). En la época de lluvias (julio-15 – octubre-15) y época fría (nov-15 – feb-16) se observó un periodo de homogenización de oxígeno a lo largo de la columna de agua. Nunca se detectó anoxia (el valor menor registrado fue de 0.02 mg/L), probablemente por la influencia de una baja profundidad y la influencia de los vientos que favorecen la difusión de este gas.

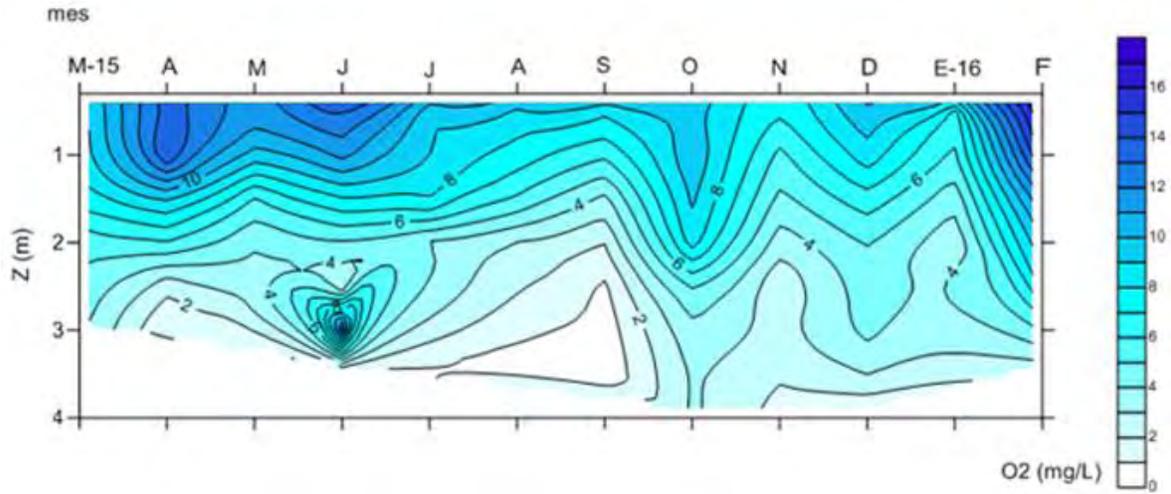


Figura 29. Perfil vertical de oxígeno anual del bordo La Palapa, Morelos.

### Ciclo nictemiral del bordo La Palapa

Los estudios de las variaciones nictemeras de los ambientes tropicales, son considerados por varios autores más importantes que las variaciones estacionales (Montoya y Aguirre, 2009). Es por esto que se realizó un perfil de oxígeno y temperatura en el sistema observar y las oscilaciones, cada dos horas comenzando a las 16:00 y terminando a las 24 horas después.

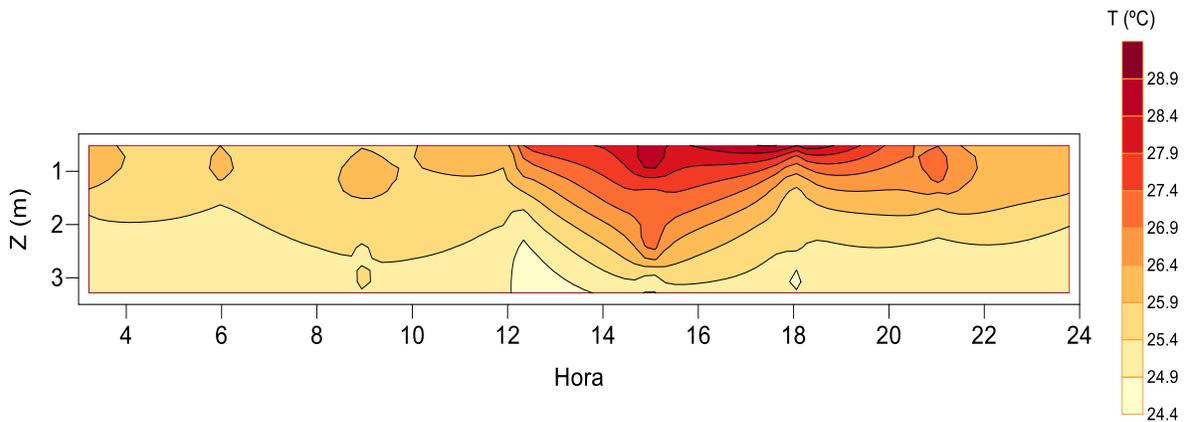


Figura 30. Perfil vertical nictemiral de temperatura en el bordo La Palapa, Morelos.

La concentración de oxígeno presenta oscilaciones dinámicas a nivel nictimeral, aunque sin llegarse a presentar anoxia en la columna de agua.

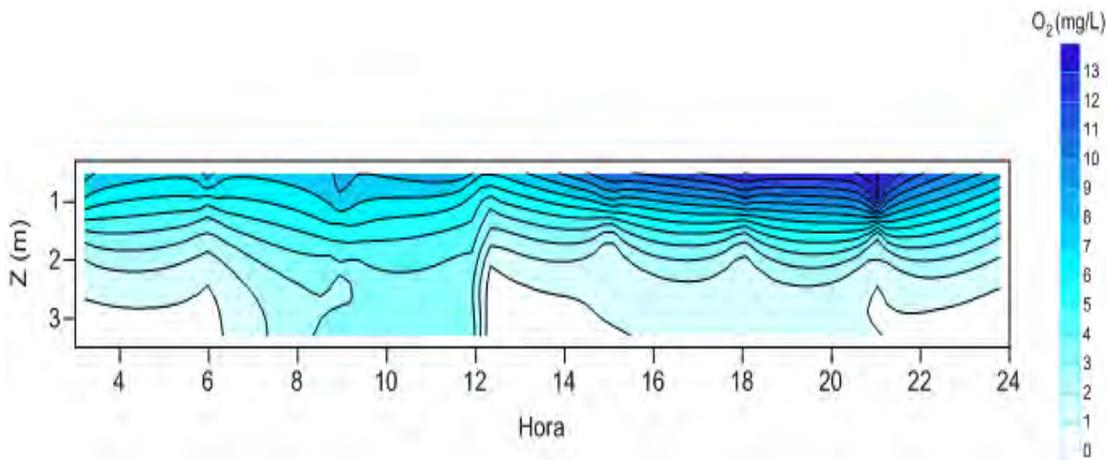


Figura 31. Perfil vertical nictemeral de oxígeno, en el bordo La Palapa, México.

Con este tipo de perfil se concluyó que el sistema es un ambiente altamente influenciado por los vientos, con estratificación diurna y mezcla nocturna.

El resumen de los valores de la calidad de agua en el bordo La Palapa para ambas estaciones se puede apreciar en la tabla 4 y 5 durante el periodo de muestreo, en las cuales se observan que el comportamiento en ambas estaciones es similar por el efecto de los vientos, la profundidad del sistema y la influencia de los pescadores durante la captura de la fauna íctica.

Tabla 4. Intervalos de Parámetros físicos y químicos de la E1.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio
T agua (°C)	20.8	28.8	24.8
T ambiental (°C)	25.5	32.5	29
Disco de Secchi (m)	0.20	0.45	0.65
Profundidad	2.3	3.9	3.1
Oxígeno disuelto (mg/L)	3.9	10.8	7.3
Ph	7.7	8.5	8.1
Conductividad (μS/cm)	777	1485	1131
Sólidos totales (pmm)	539	772	655.5
Dureza (mg/L)	195	411	303
Alcalinidad (mg/L)	310	470	390

**Tabla 5. Intervalos de Parámetros físicos y químicos de la E2.**

<b>Parámetro</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Promedio</b>
<b>T agua (°C)</b>	21.3	29.3	25.3
<b>T ambiental (°C)</b>	25.5	32.5	29
<b>Disco de Secchi (m)</b>	0.20	0.45	0.32
<b>Profundidad</b>	2.1	3.8	2.9
<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	4.4	12.2	8.3
<b>pH</b>	7.5	8.3	7.9
<b>Conductividad (µS/cm)</b>	730	1992	1361
<b>Sólidos totales (pmm)</b>	608	901	754.5
<b>Dureza (mg/L)</b>	127	310	218
<b>Alcalinidad (mg/L)</b>	310	440	375

## DISCUSIÓN

México enfrenta un problema severo por la escasez de agua dulce en muchas de sus regiones y aunado a esto es un país que cuenta con pocos cuerpos de agua lénticos naturales (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992), existen más de 4 462 presas y bordos en México, las cuales están clasificadas como grandes presas. Se tiene un registro incompleto de los bordos, en julio de 2009, en Conagua, se tenían registrados 1 085 bordos (CONAGUA, 2010).

Los bordos o embalses, son medios artificiales que se construyen para determinados usos, entre ellos abastecimiento urbano de agua, riego, desvió de una parte del caudal a un canal, laminación de avenidas, regulación de otros embalses, etc. (Sánchez-Colomer, 2001).

De acuerdo con Gómez Márquez *et al.* (2013) la disponibilidad del recurso hídrico en los bordos del estado de Morelos varía en función de las estaciones del año y el uso para el cual están destinados.

El monitoreo de la calidad de agua de un embalse es fundamental para planificar su gestión y los usos que pueden realizar (Echaniz y Vignatti, 2009). Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Samboni *et al.*, 2007).

Por lo tanto, en este estudio se decidió realizar la evaluación del microreservorio La Palapa, el cual es un cuerpo de agua que se puede clasificar como permanente, somero, con una profundidad en época de secas de 2 m y en época de lluvia de hasta 4.3 m (García, 2011), con un área menos de 10 Ha y transparencia al disco de Secchi de 0.50 m a 0.21 m (Rivera y Hernández, 2011). Todos estos valores concuerdan los datos obtenidos en la presente evaluación, excepto la profundidad que fue menor a la ya reportada. Además, el sistema exhibe tres etapas de sucesión ecológica alternada; fase de transición, dilución y concentración con características limnológicas diferenciales (Arredondo-Figueroa y Flóres-Nava, 1992).

En los embalses, las variaciones de los flujos de calor durante el día imponen un ciclo diario en la temperatura de los afluentes que ingresan al sistema, la cual es importante en el comportamiento espacio-temporal de la estructura térmica en estos (Román-Botero *et*

*al.*, 2011); en bordo La Palapa la temperatura del agua oscila de los 21 °C como mínimo para el mes de enero, y hasta los 29 °C en el mes de agosto. De acuerdo con Hutchinson (1967) el intervalo de temperatura para cuerpos de agua tropicales es de 20° a 30° C, por lo que podría clasificarse como un cuerpo de agua tropical según esta clasificación, ya que la temperatura del agua es uno de los principales factores que afectan la tasa fotosintética y la solubilidad de los gases.

Se ha observado que uno de los factores que determina el comportamiento de la temperatura a través de la columna de agua, es la relación de temperatura de la superficie del cuerpo de agua y la del aire, que se manifiesta en el intercambio de calor entre ambas fases (Díaz-Pardo *et al.*, 1986). Dicho comportamiento se presentó en el bordo la Palapa, en el que se puede comprobar que las fluctuaciones de la temperatura ambiental afectan la temperatura del agua, al ser menor los valores de esta última con respecto a la del ambiente.

Díaz *et al.* (2005), mencionan que la temperatura es un factor de suma importancia en un sistema acuático y es determinante en la distribución de algunas especies y sus variaciones se pueden relacionar con respecto a la latitud, altitud, topografía y productividad acuática, los cuales afectan tanto la estructura de la comunidad como la abundancia y la diversidad.

El cuerpo de agua La Palapa con base en la variación de la temperatura y el comportamiento a lo largo de un ciclo anual y de una variación nictermeral (ciclo de 24 horas), se puede clasificar como un lago polimíctico cálido continuo, porque la estratificación se observa durante las horas del día y en la noche se mezclan las capas por efecto del viento y la pérdida de calor. Sánchez y Zamora (2012) reportan que el sistema Huitchila, en el estado de Morelos permanece en mezcla el resto del día por efecto del viento y lo somero del mismo y lo clasifican como polimíctico cálido continuo de acuerdo con Lewis (1983). Gómez (2002) clasifica al lago Coatetelco como polimíctico cálido continuo también, sobre todo si se toma en cuenta la latitud en la que se ubica y profundidad que presenta.

Gallardo (2013) menciona que los registros de temperatura en el microreservorio Huitchila indican una estratificación térmica durante el día en la época de seca (marzo-Junio) y permanece en mezcla el resto del día, debido a la constante acción del viento que ocasiona una mezcla continua y la resuspensión de los sedimentos que en algunos casos puede incluir a toda la columna de agua y una homogeneidad de sus variables físicas, químicas y biológicas; lo que le permitió clasificarlo, como un cuerpo de agua polimíctico cálido continuo, similar al presente estudio.

Con respecto a la concentración de oxígeno disuelto, se sabe que este participa en muchas reacciones químicas importantes y se convierte en el químico más importante en el medio acuático. Es continuamente consumido en la respiración y producido por la fotosíntesis solo cuando hay suficiente luz y nutrientes disponibles; interviene en diferentes funciones como la respiración de los organismos y en muchas reacciones óxido-reducción (Goldman y Horne, 1983; Lampert y Sommer, 2007). En el sistema la cantidad de Oxígeno disuelto disminuye con el aumento de temperatura (Goldman y Horne, 1983), como sucedió en el sistema la Palapa, en los meses más cálidos. De acuerdo con Arocena y Conde (1999) el sistema acuático presenta aguas bien oxigenadas, mencionando un intervalo de 4 a 12 mg/L, valores recomendables para el desarrollo óptimo de la vida acuática. Los valores registrados en el sistema La Palapa se encuentran dentro de los intervalos reportados por Rivera y Hernández (2011), García (2011), Orozco (2013) y Gallardo (2013). Los valores máximos de oxígeno disuelto se registraron en la capa superficial (0.30 m), en la cual su gradiente va disminuyendo a través de la columna de agua, lo que se considera como el comportamiento limnológico de una curva clinógrada. Con base en esto, se concluye que el bordo La Palapa tiene concentraciones de oxígeno adecuadas para el óptimo desarrollo de la vida acuática, con valores mínimos de 0.02 mg/L en la parte más profunda de la columna, sin llegar a la anoxia.

La actividad biológica origina gradientes verticales y cambios temporales de pH (Wetzel, 2001); sin embargo, los valores de pH durante el periodo de muestreo están dentro del intervalo adecuado para que se desarrolle la vida acuática (6.5 a 9 unidades) (Arredondo y Ponce, 1998). Se considera como un ambiente ligeramente alcalino (promedio de 8.1 unidades), lo que coincide con diferentes estudios epicontinentales (Sarma y Elías-Gutiérrez, 1998; Gómez, 2002; Aguilar, 2010; Rivera y Hernández 2011; Gómez-Márquez *et al.*, 2013; Santibáñez, 2014). Los procesos que afectan el pH son la fotosíntesis, respiración y asimilación de nitrógeno, así como los factores edáficos, la alta tasa de evaporación y sin dejar a un lado factores antropogénicos, como el uso y arrastre de fertilizantes en tierras de cultivo cercanos al bordo (Swingle, 1969; Arredondo y Ponce, 1998; Gómez-Márquez *et al.*, 2014). Dodson y Frey (2001) señalan que la acidez afecta la distribución de los cladóceros, por lo que son encontrados principalmente en aguas neutrales o ligeramente alcalinas, como las que tiene el sistema. Gayosso-Morales (2010) menciona que las variaciones de pH mayor a 8.5, se deben principalmente a la actividad fotosintética que es el principal consumidor de CO<sub>2</sub> y por lo tanto, una de las principales causas del incremento del pH.

La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de iones que hay en un sistema acuático, este parámetro en los embalses se encuentra primariamente determinado por el sustrato (Goyenola, 2007). La conductividad de los sistemas continentales generalmente

es baja, variando entre 50 y 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pero puede llegar hasta 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$  para cuerpos altamente mineralizados (Roldany Ramírez, 2008). En el bordo La Palapa los valores de conductividad indican que el sistema presenta buena productividad y fertilidad. En sistemas dulceacuícolas, la conductividad fuera de este intervalo puede indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces o invertebrados (Torres-Orozco y García-Calderón, 1995). Algunos efluentes industriales pueden llegar a tener más de 10 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , es por esto que la conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad de aguas dulces.

Los sólidos disueltos totales pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua, las concentraciones de estos guardan una correlación positiva en la productividad de los sistemas (OMS, 2003). En La Palapa los valores de sólidos disueltos tuvieron un comportamiento similar a los de la conductividad, valores mayores a las concentraciones máximas permitidas, establece que el agua no se considere potable (Samboni *et al.*, 2007), aunque si puede ser clasificada como buena para la agricultura (Gómez-Márquez *et al.*, 2014). Mustapha (2009) y Aranguren-Riaño y Monroy-González (2014) mencionan que la diversidad y abundancia del zooplancton tiende a ser mayor cuando la conductividad alcanza valores altos.

Por otra parte, la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) tienen una relación positiva, esto quiere decir que cuando la conductividad aumenta, los SDT lo harán también, ya que estos proporcionan superficies de absorción y una vía de transmisión para muchos contaminantes orgánicos y metales pesados (Sheela *et al.*, 2011).

La alcalinidad del agua se define como la capacidad que tiene ésta para neutralizar ácidos y en las aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, sirve de amortiguador para los cambios de pH (Goyenola, 2007). Arredondo (1986) y Atencio *et al.*, (2005), mencionan que las aguas que tengan más de 40 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  son productivas y aptas para la piscicultura; los valores promedio obtenidos durante el muestreo en el sistema se registraron por encima de estos; por lo tanto, se consideran aguas altamente productivas.

Con respecto a la dureza total, el sistema contiene aguas duras con un promedio obtenido de 218 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , debido a las características edáficas y la tasa de evaporación en época de secas; sin embargo, Gómez-Márquez *et al.* (2013) mencionan un intervalo de 250 a 750 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  describiendo al mismo sistema con aguas muy duras, sobrepasando los valores de alcalinidad, posiblemente porque los iones calcio y magnesio están asociado con sulfatos, cloruros, silicatos y nitratos (Arredondo 1986; Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1994).

Wetzel (2001) y Roldán y Ramírez (2008) mencionan que los lagos que tienen cantidades elevadas de carbonatos y bicarbonatos derivadas de la disolución de la calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), provocan valores elevados de alcalinidad y pH, como los presentes en el bordo, cuyas aguas son consideradas como muy productivas y con un pH de alrededor de 8.5 unidades, por lo que el sistema se puede considerar como ligeramente alcalino y productivo esto de acuerdo con los valores que establece Arredondo y Ponce (1998), los cuales indican que las aguas duras tienden a ser más productivas que las aguas suaves, ya que estas últimas tienen deficiencias en calcio y magnesio; por otra parte, las aguas duras además de favorecer los procesos de eutrofización también generan problemas como el florecimiento de microalgas y la disminución de la cantidad de oxígeno disuelto.

Quiroz-Castelán *et al* (2005), mencionan que los niveles de fósforo y otros elementos esenciales incrementan con la alcalinidad, además tiene una estrecha relación con las concentraciones altas de dureza total, por lo que se le puede considerar como un indicador de productividad y concentraciones de 200 mg/L son consideradas óptimas para cultivos piscícolas.

La transparencia tiene una gran importancia, ya que refleja una estimación de la materia orgánica, minerales, materias coloidales presentes en la columna de agua y que afectan el nivel de penetración de los rayos solares (Espigares-García y Fernández-Crehuet, 1999) los valores mínimos de transparencia se registraron en marzo, generado por la alta cantidad de partículas suspensión y la tasa de evaporación; y el valor máximo se registro en los meses de junio y julio, periodo que corresponde a la etapa de disolución, en los que existe menor cantidad de partículas en suspensión y donde el volumen, tamaño y estabilidad de la columna de agua se incrementa (Marcó *et al.*, 2004).

La presencia de clorofila en el agua es una respuesta casi inmediata a la variabilidad de los nutrimentos, lo cual propicia que su cuantificación y seguimiento sean indicadores confiables de las variaciones de la biomasa fitoplanctónica, que es la responsable directa de la salud del ecosistema. Además, se ha observado que ésta turbidez biogénica asociada a los sólidos suspendidos, incrementa la atenuación de la luz, disminuye la profundidad de la zona eufótica y por lo tanto, limita la eficiencia fotosintética como ha sido señalado por Chacón-Torres *et al.*, (2000) y Hernández y García (2007).

De acuerdo a la clasificación de Carlson y Simpson (1996), el embalse se considera eutrófico durante todo el año, situación que concuerda con trabajos anteriores e indica que la situación no ha variado (Gómez-Márquez *et al.*, 2009; Rivera y Hernández, 2011; García y Hernández, 2011), con base en la cuantificación de las clorofila "a", transparencia y fósforo total. La clasificación de un cuerpo de agua eutrófico, se utiliza para distinguir aquellos cuerpos de agua en los cuales el nivel nutritivo es particularmente alto y se

caracteriza por el estancamiento de sus aguas, además de abundante vegetación litoral, siendo una situación irreversible por los nutrientes acumulados (Franco *et al.*, 2010).

Organismos como los copépodos, cladóceros y rotíferos tienen un valor como indicadores de las características tróficas, ya que responden rápidamente a las variaciones ambientales (González, 1988; Conde-Porcuna *et al.*, 2014; García, 2015).

### Zooplancton

Con referencia al zooplancton es un elemento primordial en la transmisión de la energía solar captada por el fitoplancton hacia otros niveles tróficos y es uno de los componentes principales de los cuerpos de agua (Conde-Porcuna *et al.*, 2004; López *et al.*, 2001), constituye una herramienta elemental en el análisis del funcionamiento de estos ecosistemas y en el establecimiento de pautas de manejos y usos (González, 2002). Su composición no es constante en el tiempo, sino que va variando en respuesta a ciertos factores, como lo menciona Armengol (1982).

La mayoría del zooplancton se alimenta por filtración, esto sirve para limpiar la columna de materia en suspensión y por lo tanto, contribuye a la mejora de la calidad del agua (Bekleyen, 2003).

Los principales grupos del zooplancton registrados en el ciclo anual se obtuvieron de la siguiente manera por orden de abundancia: copépodos > rotíferos > cladóceros. Esta secuencia es un poco diferente a la registrada por Palacios (2013), en la cual dominaron los rotíferos, pero similar a la presentada por Retana y Vázquez (2015). De las 26 especies que se identificaron 8 fueron dominantes, 4 ocasionales y 14 raras.

Dumont y Segers (1996) mencionan que, la riqueza específica del zooplancton para un embalse de la zona tropical de la región de Sudamérica (Brasil) puede ser mayor de 150 especies; por ello, la riqueza específica obtenida en este estudio se considera baja, aunque similar (25 especies) a lo mencionado por Trejo (2012); pero un poco mayor a lo reportada por Gómez-Márquez *et al.*, (2003), Palacios (2013), Gallardo (2013) y Retana y Vázquez (2015) para diferentes sistemas en el estado de Morelos, quienes identificaron menos de 20 especies en sus estudios. 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 al aporte 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 conforma la pesquería del bordo La Palapa. Sin embargo, como menciona Molina-Astudillo *et al.*, (2005), la densidad de los grupos está determinada por la presencia de organismos ciclopoideos (carnívoros) y calanoideos

(herbívoros), los cuales determinan su estatus como los principales predadores, por lo que atacan en mayor proporción a cladóceros de tamaño reducido y a rotíferos en estanques.

### **Copépodos**

Los copépodos están representados por menor número de especies que otros grupos como los cladóceros y los rotíferos (Atencio *et al.*, 2005). Gaviria (1993) menciona que normalmente en un cuerpo de agua no sobrepasan más de dos especies (un Calanoideo y un Cyclopoida), como fue el caso e bordo La Papala (*Arctodiaptomus dorsalis*, *Thermocyclops inversus*).

Los cambios más drásticos en la abundancia ocurrieron en el periodo de concentración y dilución (época de secas y lluvias respectivamente), incrementándose el periodo de secas cuando el volumen es bajo, esto asociado a la concentración de nutrientes que favorece la producción de fitoplancton y por lo tanto la mayor oferta alimentaria para los copépodos filtradores. El análisis de componentes principales muestra relación de este grupo con el oxígeno, dureza, sólidos y pH. Esto coincide con lo reportado por Godoy y Reverol (2015) quien expresa que algunos factores abióticos como la temperatura, oxígeno disuelto, pH, y el fitoplancton presentan variaciones que influyen sobre la distribución y abundancia de las poblaciones de copépodos.

El Calanoideo *Arctodiaptomus dorsalis* estuvo presente en todos los muestreos, lo que sugiere que son especies resistentes a los drásticos cambios hidrológicos y entrópicos que se presentan en el sistema (Atencio *et al.*, 2005; Gutiérrez-Aguirre, 2006). *A. dorsalis* fue la más abundante de los copépodos la cual es reportada por Suárez-Morales y Reid (1998) para los estados de Aguascalientes, Quintana Roo, Yucatán y Jalisco y se distribuye desde el centro hasta el sureste de México con afinidad en la zona neotropical (Caribeña). De igual modo, Gómez-Márquez *et al.* (2003, 2013), citan la presencia de esta especie para el lago Coatetelco y el bordo Huitchila, Morelos respectivamente.

Las especie *Thermocyclops inversus* fue clasificada como rara, esta especie es capaz de alcanzar altas densidades en ambientes eutróficos, donde pueden dominar las cianobacterias, al hacer uso de las pequeñas colonias de algas verde-azules como recursos alimenticio, además de otros grupos de fitoplancton y protozoarios (Reid, 1989). Además, *T. inversus*, un copépodo ciclopoideo presente en este embalse en bajas densidades, ha sido reportado en cuerpos de agua de Aguascalientes, México, Michoacán, Morelos, Quintana Roo, San Luis Potosí y Yucatán y presenta una afinidad neotropical (Suárez-Morales & Reid, 1998).

En los copépodos, la predominancia numérica de estadios tempranos de desarrollo, nauplios-metanauplios fue el patrón más común, presentándose este patrón en diferentes hábitats dulceacuícolas. Las altas densidades de formas inmaduras son resultado de una continua reproducción de estos organismos, en regiones neotropicales (Innacone y Álvariño, 2007). Neves *et al.* (2003) señala que la existencia de formas inmaduras es de gran importancia para la estructura comunitaria del zooplancton, con relación a la dinámica poblacional y también a los aspectos tróficos, debido a que las fases tempranas pueden ocupar nichos diferentes que los adultos; así, los nauplios son predominantes filtradores y herbívoros y los adultos tienen hábitos de alimentación predominantemente carnívoros.

Suárez-Morales y Reid, (1998) reportan que las especies *A. dorsalis* y *T. inversus* son distribuidas en la parte central de México. Alvarez-Silva (1999) reporta a esta última especie por primera vez para las lagunas del golfo de México; y Gómez (2002), reporta ambas especies para el lago Coatetelco, así mismo, Granados-Ramírez y Álvarez del Ángel (2007) las reportan para tres cuerpos de agua de la Subcuenca del Río Cuautal, Morelos.

### Cladóceros

Los cladóceros han sido señalados como buenos indicadores del estado trófico en ecosistemas lénticos (Innacone y Álvariño 2007), son típicamente el grupo más abundante en el zooplancton de los sistemas acuáticos, a los que se ha atribuido hasta un 80% del consumo por herbivoría detectado en estos lugares (Martínez, 1999; Iglesias *et al.*, 2011).

Gilbert (1998) propone que la depredación por los cladóceros tiene un papel modelador y de control en las comunidades naturales del zooplancton, principalmente sobre los rotíferos; así los rotíferos pueden ocurrir en altas densidades con la presencia de pequeños cladóceros, en cambio los rotíferos no son componentes abundantes del zooplancton en la presencia de cladóceros grandes. Resultados obtenidos en este estudio comprueban lo mencionado anteriormente, ya que la prueba de Spearman demuestra una correlación positiva entre cladóceros y rotíferos.

Sin embargo, los cladóceros también se alimentan por filtración y en densas poblaciones pueden remover fracciones significativas de fitoplancton de cuerpo de agua cada día, por lo que la abundancia de cladóceros planctónicos es de gran importancia para la ecología de los embalses, ya que participan en la degradación de nutrientes (Aguilar, 2010).

Se registraron dos especies de cladóceros durante el periodo de muestreo *Moina micrura* y *Diaphanosoma birgie* coincidiendo con registros de autores como Robles y Esqueda, 2009; Gómez-Márquez *et al.*, 2013; Retana y Vázquez, 2015. *Diaphanosoma birgei* es una

especie registrada por Elías-Gutiérrez (1995) para el estado de México, López-López y Serna-Hernández (1999) para el estado de Guanajuato, Gómez-Márquez *et al.* (2003, 2013) para el estado de Morelos y por Merayo y González (2010) para Venezuela, ya que se considera una especie de hábitat limnético.

En el caso de *Moina micrura* es una especie que se describió para el lago Coatetelco por Gómez-Márquez *et al.* (2003), aunque también es reportada Navarrete-Salgado y Elías Fernández (1993) para el Estado de México y por López-López y Serna-Hernández (1999) para el estado de Guanajuato, así como por Gómez-Márquez *et al.*, (2013) para el bordo Huitchila, Morelos.

### Rotíferos

En los cuerpos acuáticos es muy común encontrar organismos zooplanctónicos de talla pequeña (Walz, 1995). Los rotíferos tienen gran relevancia ecológica, pues juegan un papel fundamental en la cadenas tróficas pelágicas, son un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios, pueden tener varios tipos de dietas entre ellos bacterias, algas, materia orgánica, detritus, protozoarios y hasta cianobacterias (Sarma *et al.*, 2015). La tasa de renovación poblacional de estos organismos los convierte en elementos importantes en el flujo de energía y en el reciclaje de nutrientes (Esteves, 1998). Otra característica importante de los rotíferos es su alta tolerancia a fluctuaciones en las condiciones ambientales (Gallo-Sánchez *et al.*, 2009). Lo anterior acrecienta su importancia ya que son encargados de transferir materia y energía que de otra manera no podrían estar disponibles para los eslabones superiores y solo unas pocas especies de rotíferos son depredadas (Serges, 2007; Sarma *et al.*, 2015).

Las razones por la que la comunidad de rotíferos tiene una amplia distribución ya sea en zonas tropicales o templadas, es debido a que colonizan fácilmente los ecosistemas por tener un ciclo de vida corto, reproducción partenogenética y tamaño pequeño, entre otras (Merayo y González, 2010). Este grupo fue el de mayor riqueza taxonómica, con 22 especies; *Brachionus* fue el género con mayor número de especies registradas (8 especies en ambas estaciones), este género incluye el 80% de las especies del phylum (Serges, 2007).

La riqueza de rotíferos se ha relacionado con diferentes factores como el nivel de desarrollo del cuerpo de agua, el tipo de vegetación acuática, magnitud de las modificaciones en la estructura física, los periodos de conexión entre otras fuentes de agua, la oferta de recursos y la presión de depredadores, entre otros (Santiago-Lima,

2016). Algunos géneros de rotíferos son considerados como indicadores de la calidad y del estado trófico de los cuerpos de agua (Páez *et al.*, 2004).

Los géneros de las especies de rotíferos consideradas como dominantes fueron *Brachionus*, *Ptygura*, *Asplancha*, *Filinia* y *Horaëlla*.

El género *Brachionus* fue el género que presentó mayor riqueza y abundancia durante todo el muestreo, este es un indicador de aguas eutróficas (Kudari *et al.*, 2005) y su abundancia es considerada como un indicador biológico para la eutrofización (Nogueira, 2001), así como indicador de contaminación orgánica, de moderada a alta (Sládeček, 1983; Duggan *et al.*, 2002).

*Brachionus caudatus* fue una especie más frecuente que se presentó en todos los meses de muestreos, y es una especie que se encuentra en zonas tropicales y subtropicales (Sharma, 1983; Giri y Paggi, 2006); es considerada una especie indicadora de sistemas eutróficos e indicadora y resistente de cuerpos de contaminados (Bhat *et al.*, 2013).

Entre las especies del género *Brachionus* que se presentaron ocasionalmente en el bordo La Palapa están: *B. angularis*, la cual es una especie que se puede encontrar en la zona litoral o en aguas poco profundas, se alimenta fundamentalmente de bacterias, detritus y algas (De Manuel, 2000), *B. calyciflorus*, *B. quadridentatus*, son especies cosmopolitas, indicadoras de ambientes mesosapróbicos, que toleran altos grados de contaminación y habitan aguas alcalinas (Sládeček, 1983; Martínez y Monroy, 1999; Sampaio *et al.*, 2002).

El género *Filinia* es uno de los taxa más frecuentes de rotíferos planctónicos en lagos y estanques. Por lo general se encuentra en aguas frescas y ligeramente salobres en todo el mundo, pero rara vez en aguas pantanosas (Sanoamuang, 2002).

El rotífero *Filinia longiseta* se ha registrado en cuerpos de agua pequeños o poco profundos (Hutchinson, 1967), en una temperatura de 18 °C a 23 °C, es considerado como un indicador trófico de los sistemas, se alimenta de detritos y bacterias, y su reproducción aumenta en verano o altas temperaturas (Sanoamuang, 1993). Esta especie tuvo la mayor reproducción en el mes de agosto, mes en el que se registró la mayor temperatura del agua (29.31 °C); presentando una abundancia anual del 36.06 %, siendo el rotífero más abundante durante el periodo de muestreo, esto debido a la gran cantidad de sólidos suspendidos y materia orgánica, factores adecuados para la reproducción. *Filinia* es a menudo presa de otros rotíferos carnívoros en este caso por la especie *Asplanchna*, cuya presencia disminuyó la abundancia de *Filinia* y cuya ausencia aumentó la abundancia de la especie (Basinska *et al.*, 2010). Sládeček (1983), menciona que *Filinia longiseta* es considerada indicadora de ambientes  $\alpha$ -mesosapróbicos.

*Asplanchna* es un género planctónico de gran importancia en las redes tróficas planctónicas, por sus características únicas entre los rotíferos: es de gran tamaño, se puede alimentar de algas, ciliados, rotíferos e incluso larvas de microcrustáceos (Gutiérrez y Sarma, 1999; Walsh *et al.*, 2005). Este género está representado por la especie encontrada *Asplanchna sieboldii*, teniendo el 21.5 % de la abundancia durante el presente estudio, su mayor expresión demográfica fue en el mes de febrero, durante la etapa de concentración. Además, es un rotífero muy común, tiene una amplia distribución y es un depredador del zooplancton en los sistemas lenticos templados y tropicales (Fernando *et al.*, 1990). Granados-Ramírez y Álvarez del Ángel (2003) la registraron en tres cuerpos cercanos al sistema.

Los géneros de las especies consideradas como raras son los siguientes: *Euchlanis*, *Lepadella*, *Lecane*, *Lindia*, *Testudinella*, *Trichocerca*.

Fueron registradas cinco especies del género *Lecane*, este género según Serges (1996, 2007) es cosmopolita, que predomina en regiones tropicales o subtropicales, típico de zonas litorales y cuerpos de agua someros (López y Ochoa, 1995), se alimentan principalmente de bacterias, detritus y algas verdes como *Chlorella* y *Scenedesmus* (Serrania-Soto *et al.*, 2011).

*Lecane bulla* y *Lecane cornuta* son especies consideradas como raras en el muestreo, generalmente se han encontrado con asociación con plantas acuáticas, así como vegetación con grandes raíces (Martínez y Paggi, 1988); la especie *Lecane hastata* está registrada en ambientes alcalinos (Khaleqsefa *et al.*, 2011) como las aguas del bordo.

Lindiidae es una familia pequeña de rotíferos Monogonta, característica por trofi únicos. Son animales de vida libre e intersticiales, que habitan la zona litoral de aguas dulces, salobres o marinas, o viven en colonias de algas (Serges, 2008).

La comunidad de rotíferos presentó la mayor riqueza de especies, fue la más sensible a los cambios ambientales que se produjeron durante el periodo de estudio, ya que fueron pocas las especies que permanecieron en abundancias relativamente elevadas, tienen estrategias como la reproducción partenogénica, ciclo de vida corto, tamaño pequeño, entre otras, que les permite una distribución amplia y la oportunidad de colonizar ambientes perturbados (Merayo y González, 2010).

La densidad del zooplancton pudo haber estado influenciada por diferentes factores entre ellos la depredación de parte de los peces e invertebrados (Mancini *et al.*, 2011), así como los cambios en las colonias y biomasa del fitoplancton (González *et al.*, 2002). Además, es posible que la baja diversidad y densidad de zooplancton en comparación con otros sistemas fuera causada por las actividades humanas, tal como 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 las aves y de la ictiofauna existente, que conforman la pesquería del bordo.

Además, la introducción de peces exóticos como la tilapia (*Oreochromis niloticus*) y otras especies de poecílidos (*Heterandria bimaculata*, *Poeciliopsis gracilis*, etc.) puede tener algunos efectos sobre las comunidades de zooplancton de agua dulce, al ser en algunas etapas de su vida peces planctívoros (Wootton, 1990; Wetzel, 2001, Ortaz *et al.*, 2006, Merayo y González, 2010), pero también por algunos invertebrados como *Chaoborus* sp. en embalses hipereutróficos (Ortaz *et al.*, 2006). Este mismo comportamiento ha sido reportado por Anderson *et al.* (1978) e Infante y Riehl (1984), lo cual indica que estos pueden ser considerados como predadores del zooplancton.

Harper (1992) menciona que el zooplancton en su mayoría son afectados indirectamente por los nutrimentos en función de la calidad y cantidad del alimento algal, bacterial o de detritus. En menor extensión pueden ser influenciados por parámetros físico-químicos del ambiente acuático, alterado por el metabolismo de las algas, tal como la temperatura, pH y las concentraciones del oxígeno disuelto.

Por lo tanto, la composición faunística de la mayoría de los cuerpos de agua del estado de Morelos no se conoce todavía, en especial en lo referente al zooplancton, debido a que la mayoría de ellos son utilizados actualmente para actividades de acuicultura (pesquerías) o recreación turística, aunado también a que se emplean como reserva de agua para actividades agropecuarias o para consumo humano.

## CONCLUSIONES

Durante el periodo de muestreo se identificaron tres grupos importantes de zooplancton, copépodos (61.7 %), cladóceros (2.7 %) y rotíferos (35.4%).

La comunidad zooplanctónica estuvo conformada por 26 especies (2 copépodos, 2 cladóceros, y 22 rotíferos). La diversidad osciló entre 0.57 y 1.99 unidades durante el periodo de estudio, valores similares establecidos a cuerpos de agua eutróficos.

En total 8 especies fueron consideradas como dominantes, 4 ocasionales y 14 raras.

La composición específica del zooplancton fue un factor considerar para caracterizar el estado trófico del embalse como eutrófico, así como la calidad del agua.

El bordo La Palapa es considerado por sus parámetros físicos y químicos como eutrófico, con aguas alcalinas, moderadamente duras, bien oxigenadas (7.4 mg/L), con temperaturas cálidas (24.9 °C), productivo y presenta condiciones óptimas para el desarrollo del zooplancton.

## BIBLIOGRAFÍA

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* 8 (48): 1-15.

Aguilar, A. R. (2010). Variaciones estacionales de crustáceos (Cladóceros y Copépodos) en la Presa Inturbide, Estado de México. FES Iztacala. UNAM. Tesis de Licenciatura. 53 p.

Ahlstrom, E. H. (1940). A revision of the rotatoria genera *Brachionus* and *Platyas* with descriptions of one new species and two varieties, *Bulletin American Museum of Natural History* Vol. LXXVII: 143-183.

Alvarez-Silva, C. (1999). Ampliación del ámbito de *Arctodiaptomus dorsalis* (Copepoda: Calanoida) en Lagunas Costeras del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.*, 47(4):1139-1140.

Anderson, G., Berggren, H., Cronberg, G., & Gelin, C. (1978). Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes. *Hydrobiologia* 59: 9-15.

APHA, AWWA & APCF. (1992). *Standard Methods for Examination of Water and Sewage and Wastewater*, 18ª edición. EE.UU. 1100 p.

Aranguren-Riaño, N. J., y Monroy-González, J. D. (2014). Respuestas del zooplancton en un sistema tropical (embalse La Chapa, Colombia) con alta tensión ambiental. *Acta biol. Colomb.* 19(2):281-290.

Armengol, J. (1982). *Ecología del zooplancton de los embalses. Mundo Científico (Le Recherche)*, 2(11): 168-178.

Armengol, J. (2012). Los crustáceos del plancton de los embalses españoles. *Oecologia aquatica*, 3(3), 3-96.

Armengol, J. (2012). Los crustáceos del plancton de los embalses españoles. *Oecologia aquatica*, 3(3), 3-96.

Arocena, R., y Conde, D. (1999). *Métodos en ecología de aguas continentales con ejemplos de Limnología en Uruguay*. DI.R.A.C. - Facultad de Ciencias. 233 p.

Arredondo-Figueroa, J. L., Díaz-Zabaleta G., y Ponce-Palafox, J. T. (2007). *Limnología de presas mexicanas. Aspectos teóricos y prácticos*. Primera edición. AGT Editor, S.A y UAM Iztapalapa. México. 923 p.

Arredondo-Figueroa, J. L., y Flores-Nava, A. (1992). Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica*, Vol.3/4: 1-10.

Arredondo-Figueroa, F. J. L., y García-Calderón, J. L. (1982). La conducta fisicoquímica y el rendimiento pesquero en un estanque temporal trópic tropical utilizado para la piscicultura extensiva en el estado de Morelos. México. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, 12, 1-60.

Arredondo, F. J. L., y Ponce, P. J. T. (1998). Calidad del agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. AGT Editores, México, 222 p.

Arredondo-Figueroa, J. L., & Lozano-García, S. D. (1994). Water quality and yields in a polyculture of nonantive cyprinids in México. *Hidrobiología*, 4(1-2): 1-8.

Arredondo, F. J. L. (1986). Piscicultura. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de Pesca. 182 p.

Atencio, L., Gutiérrez, L., y Gaviria, S. (2005). Copépodos planctónicos del complejo cenagoso de Malambo (Atlántico, Colombia) y su relación con algunos factores físicos y químicos del agua. *Revista Dugandia*, 1(2). 1-22.

Basinska, A., Kuczynska-Kippen, N., & Swidnicki, K. (2010). The body size distribution of *Filinia longiseta* (Ehrenberg) in different types of small water bodies in the Wielkoposka region. *Limnetica*, 1(29), 171-182.

Barrera-Escorcia, G., y Wong-Chang, I. (2007). Eutrofización y calidad del agua. Pp. 609-633. En Arredondo-Figueroa, J. L., G. Díaz-Zavaleta y J. T. Ponce-Palafox (compiladores). *Limnología de presas mexicanas*, 1ª edición. Editorial AGT Editor S.A. México D.F.

Bekleyen, A. (2003). A taxonomical study on the zooplankton of Göksu Dam Lake (Diyarbakır). *Turkish Journal of Zoology*, 27(2), 95-100.

Bhat, N. A., Raina, R., & Wanganeo, A. (2013). Occurrence and spatial distribution of *Brachionus* species: a bioindicator of eutrophication in Bhoj wetland, Bhopal. *Angewandten Biologie Forschung*, 1(3), 21.

Boxshall, G. A. (2008). A new genus of sea louse (Copepoda: Siphonostomatoida: Caligidae) parasitic on the bluespineunicornfish (*Nasounicornis*). *Folia Parasitologica*, 55(3):231-240.

Boxshall, G. A., & Halsey, S. H. (2004). An introduction to copepod diversity. Vols. 1 y 2. TheRoyalSociety, Londres. 970 p.

Brower, E. J., & Zar. J. H. (1977). Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publishers. USA. 194 p.

Castelán, H. Q., y Vargas, M. D. (2010). Los bordos y su aprovechamiento en Morelos. *Inventio*, (12), 32-38.

Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22:361-369.

Carlson, R. E., & Simpson, J. (1996). A coordinator's guide to volunteer lake monitoring methods. *North American Lake Management Society*, 96, 305.

Chacón-Torres, A., Rosas-Monge, C., & Alvarado-Díaz, J. (2000). The effects of hypereutrophication in a tropical Mexican lake. In: M. Munawar, S. G. Lawrence, I. F. Munawar y D. F. Malley (Eds). *Aquatic ecosystem of Mexico: Status and Scope*. Ecovision World Monograph Series, Bakhuya Publishers, Leiden, Netherlands. 89-101 p.

CONAGUA. (2010). Estadísticas del Agua en México, edición 2010. 249 p.

Conde-Porcuna, J. M., Ramos-Rodríguez, E., y Morales-Baquero, R. (2004). El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Revista Ecosistemas*, 13(2): 23-29.

Contreras, F. E. (1994). Manual de técnicas microbiológicas. UNAM- Iztapalapa, Ed. Trillas, México. 149 p.

Dallas E. J. (2000). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. Internacional Thompson, México. 566 p.

De la Lanza-Espino, G., y García. C. J. L. (2002). Lagos y Presas de México, Segunda Edición, AGT Editor, México 680 p.

De Manuel Barrabin, J. (2000). The rotifers of Spanish reservoirs: ecological, systematical and zoogeographical remarks. *Limnetica*: 19: 91-167.

De Manuel, J. (2000). The rotifer of Spanish reservoirs: ecological, systematical and zoogeographical remarks. *Limnética*, 19: 91-167.

Díaz, V. M., Elizalde, A. E. E., Quiroz, C. H., Molina, A. F. I., y García, R. J. (2005). Caracterización de algunos parámetros físico-químicos del agua y sedimento del lago Zempoala, Morelos, México. *Acta Universitaria*. 15(2): 57-65.

Díaz-Pardo, E., Guerra, C., y Vázquez, G. (1986). Estudio biotecnológico de la laguna Azteca, Hidalgo, México-I. Análisis limnológicos. *Biol. Méx.* 30:171-189.

Dondson, S., & Frey D. (2001). Cladóceras and other Branchiopoda. In: Trorp J. H. Covich A. P. Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates. 2da edición. Academic Press. USA. 913 p.

Dorantes G. E., y Zavala. M. B. (2003). Estudio de calidad de tres cuerpos de acuáticos en el estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 92 p.

Duggan, I. C., Green, J. D., & Thomasson, K. (2002). Do rotifers have potential as bioindicators of lake trophic state?. *Limnol. Theor. Appl.* Vol. 27, No. 6, 3497-350.

Dumont, H. J., & Segers, H. (1996). Estimating lacustrine zooplankton species richness and complementary. *Hydrobiologia*341: 125-132.

Echaniz, S., y Vignatti, A. (2009). Determinación del estado trófico y de la capacidad de carga del embalse Casa de Piedra. *BioScriba*, 2(1), 41-51.

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., Suárez-Morales, E., & Silva-Briano, M. (2000). Two new *Mastigodiatomus* (Copepoda, Diaptomidae) from southeastern Mexico, with a key for the identification of the known species of the genus. *Journal of Natural History*34 (5): 693–708.

Elías-Gutiérrez, M. (2006). Estudio comparativo del zooplancton en dos regiones de México. El Colegio de la Frontera Sur, Informe final SNB-CONABIO proyecto No. AS019 México D.F. 37 p.

Elías-Gutiérrez, M. E., Suárez-Morales, M. A., Gutiérrez-Aguirre, M., Silva-Briano, J. G., Granados-Ramírez, T., y Garfias-Espejo. T. (2008). Guía ilustrada de microcrustáceos Cladóceras y Copépodos) de las Aguas Continentales de México, ECOSUR, UNAM, CONABIO. 332.

Elías-Gutiérrez, M. (2014). Zooplancton de agua dulce: especies exóticas, posibles vías de introducción, en R. Mendoza y P. Koleff (cords.), *Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, 309-315. p.

Espigares-García, M., y Fernández-Crehuet, M. (1999). Calidad del agua para consumo público: caracteres físico-químicos. *Estudio sanitario del agua*. Pérez López, JA y Espigares García M. (eds). Editorial Universidad de Granada, Granada, 85-114.

Esteves, F. A. (1998). Fundamentos de limnología. 2ed., Enterciencia, Rio de Janeiro, 602 p.

Fernández, d Puellas. M. L. (2015). Orden Calanoidea. *Revista IDE@ - SEA*, nº 95 (30-06-2015): 1-19.

Fernando, C. H., Tudorancea, C., & Mengestou, S. (1990). Invertebrate zooplankton predator composition and diversity in tropical lentic waters. *Hydrobiologia* 198 (1): 13-31.

Franco, D. P. M., Manzano, J. Q., y Cuevas, A. L. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS*, 78: 5-33.

Forró, I., Korovchinsky, M. M., Kotov, A. A., & Petrusek, A. (2008). Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 177-184.

Gallardo, P. V. (2013). Composición y Abundancia del Zooplancton en el bordo Huitchila, Mor. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 87 p.

Gallo-Sánchez, L. J., Aguirre-Ramírez, N. J., Palacio-Baena, J. A., y Ramírez-Restrepo, J. J. (2009). Zooplancton (rotifera y microcrustacea) y su relación con los cambios del nivel del agua en la ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia. *Caldasia*, 339-353.

García, C. J. (2015). El zooplancton como indicador de la calidad del agua en embalses: un estudio en el ámbito de actuación de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Tesis Doctoral. InstitutCavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva, Universita de València, España. 384 p.

García, E. (2004). "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen". Quinta edición. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México. México. 90 p.

García, G. M. A. (2011). Reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo La palapa Morelos, Méx. FES Zaragoza. UNAM. México. 98 p.

Gasca, R., y Suárez-Morales, E. (1996). Introducción al Estudio del Zooplancton. ECOSUR/CONACYT. México, 711 p.

Gaviria, S. (1993). Crustacean plankton of a high altitude tropical lake: laguna de Chinzaga, Colombia. *Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Verhandlungen*, 25(2), 906-911.

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.

Giesbrecht, W. (1893). Systematik und Faunistik der pelagischen Copepoden des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeres- Abschnitte. *Fauna u. Flora Golf. Neapel*, 19: 1-831, pls. 1- 54.

Gilbert, J. J. (1998). Suppression of rotifer populations by Daphnia: a review of the evidence, the mechanisms, and the effects on zooplankton community structure. *Limnology and Oceanography*, 33(6), 1286-1303.

Giri, F., & de Paggi, S. J. (2006). Geometric morphometric and biometric analysis for the systematic elucidation of *Brachionus caudatus* Barrois and Daday, 1894 (Rotifera Monogononta Brachionidae) forms. *Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology*, 244(3), 171-180.

Goyenola, G. (2007). Guía para la utilización de las Valijas Viajeras-Conductividad. *Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. RED MAPSA*. 47 p.

Godoy, A., & Reverol, Y. (2005). Variación temporal de los copépodos de dos lagunas de inundación del río Cauca, estado Bolívar, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 39(3): 1-15.

Goldman, C. R., & Horne, A. J. (1983). *Limnology*. McGraw-Hill Book Co., New York. 424 p.

Gómez-Márquez, J. L., Blancas Arroyo A. G., Constanzo, C. E., y Cervantes, S. A. (2014). Análisis de calidad de aguas naturales y residuales con aplicación a la microescala. FES Zaragoza, UNAM. México. 204 p.

Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Guzmán-Santiago, J. L., y Gallardo-Pineda, V. (2013). Composición, abundancia del zooplancton y calidad de agua en un microreservorio en el estado de Morelos. *Hidrobiológica*, 23(2): 227-240.

Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Rosas-Hernández, M. P., Ortiz-Rivera, A., Ramírez-Razo, R. A., y Guzmán-Santiago, J. L. (2009). Inventario de los sistemas lénticos del estado de Morelos. In *X Simposio Internacional y V Congreso Nacional de Agricultura Sostenible*.

Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I. H., & Hernández Avilés, J. S. (2003). Zooplankton in lake Coatetelco, a eutrophic shallow tropical lake, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology* 18(4): 659-660.

Gómez, M. J. L. (2002). Estudio Limnológico-Pesquero del Lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 181 p.

González, de Infante, A. (1988). El plancton de aguas continentales. Secretaria de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. *Monografía*, (33), 130.

González, E. J. (2002). Zooplancton de dos embalses neotropicales con distintos estados tróficos. *Interciencia*, 27(10), 551-558.

González, R. J. M., y López, G. A. (1997). Aspectos hidrobiológicos de la Presa Emiliano Zapata, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México, 81 p.

Granados-Ramírez, J. G., y Álvarez-Del Ángel, C. (2003). Rotíferos de embalses: SubCuenca del Río Cuautla, Morelos, México. *Scientiae Naturae* 6(1): 33-44.

Granados-Ramírez, J. G., & Álvarez-Del Ángel, C. (2007). La importancia del zooplancton en las presas. 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. 413-440 p.

Gutiérrez-Aguirre, M. A., Suárez-Morales, E., y Cervantes-Martínez, A. (2006). Distribución de las especies de *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopoida) en el sureste mexicano y región norte de Guatemala. *Hidrobiológica*, 16(3), 259-265.

Harper, D. (1992). Eutrophication of freshwaters, principles, problems and restoration, Chapman and Hall, London. 327 p.

Harris, R. P., Wiebe, P. H., Lens, J., Skojdal, H. R., & Huntley, M. (2000). ICES Zooplankton Methodology Manual. Elsevier Academic Press. San Diego, California, USA. 684 p.

Helcom, H. (2012). Development of the coreset indicators. Part B. 7b. Brussels, 58 p.

Hensen, V. (1887). *Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Tieren*. Schmidt & Klaunig.Parey, Berlyn, 108 p.

Hernández, A. J. S., y García, C. J. L. (2007). Diferencias limnológicas entre lagos y presas. En: Arredondo, F. J. L., G.Z. Díaz y J. T. P. Ponce (compiladores). *Lagos y Presas de México*. AGT Editor, S. A. México D.F. 63-74 p.

Hernández-Avilés, J. S., Galindo, D. S. C., y Loera, P. J. (2002). Bordos o Microembalses. En: De la Lanza Espino G. y García Calderón, J. L (compiladores), Lagos y Presas de México. AGT Editor, S. A. México, D.F. 599-618.

Hernández-Avilés, J. S., García-Calderón, J. S., Galindo-Santiago, M. C., y Loera, J. J. (2007). Microembalses: una alternativa de la limnicultura. En: de la Lanza, E.G. (compiladora). Las Lagunas Interiores de México: Conceptos y casos, De la Lanza y SH Pulido (compiladores). AGT, México. 599-620.

Hutchinson, G. E. (1957). A treatise on Limnology II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. New York, John Wiley & Sons Inc. 1115 p.

Hutchinson. G. E. (1967). A Treatise on Limnology, II. John Wiley & Sons Ltd., New York. 1115 p.

Iannacone, J., y Alvaríño, L. (2007). Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal pantanos de Villa, Lima, Peru. *Gayana (Concepción)*, 71(1), 49-65.

Iglesias, C., Mazzeo, N., Meerhoff, M., Lacerot, G., Clemente, J. M., Scasso, F., & Paggi, J. C. (2011). High predation is of key importance for dominance of small-bodied zooplankton in warm shallow lakes: evidence from lakes, fish exclosures and surface sediments. *Hydrobiologia*, 667(1), 133-147.

INEGI. (2000). Anuario estadístico del estado de Morelos. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Aguascalientes, México. 461 p.

Infante, A., & Reihl. W. (1984). The effect of Cyanophyta upon zooplankton in a eutrophic tropical lake (Lake Valencia, Venezuela). *Hydrobiologia* 113: 293-298.

Jarero, R. E. G., y Esqueda C .M. G. (2008). Composición zooplanctónica en grandes embalses de México. *Avances en la Investigación Científica en el CUCBA*. ISBN: 978-607-00-2083.

Jeffers, J. N. R. (1978). An Introduction to System Analysis: With Ecological Applications. Arnold, London. 198 p.

Jiménez, C. J. (2009). Evaluación de los cambios en la comunidad zooplanctónica durante tres ciclos anuales en un embalse profundo (Valle de Bravo, México) con importante variaciones en el nivel. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 70 p.

Khaleqsefat, E., Rad, S. P., & Viayeh, R. M. (2011). Lecanid rotifers (Rotifera: Monogononta: Lecanidae) from Iran. *Turkish Journal of Zoology*, 35(1), 49-55.

Korovochinsky, N., & Smirnov, N. (1998). Introduction to the "Cladocera" (Ctenopoda, Anomopoda, Onychopoda and Haplopoda). Supplemented for America. A. N. Severtsov Institute of Animal evolutionary Morphology and Ecology of the Russian Academy of Science. 564 p.

Koste, W. (1978). Rotatoria Die Rädertiere Mitteleuropas. Einbestimmungswerk, bearbeitet von Max. Vol. I y II Textband. Voigt Überordnung Monogononta, Borntraeger, Berlin. 248 p.

Kudari, V. A., Kadavevaru, G. G., & Kanamadi, R. D. (2005). Zooplankton composition in some ponds of Haveri district, Karnataka. *Zoo's print Journal*, 20 (12), 2094-2099.

Lampert, W., & Sommer, U. (2007). Limnoecology: the ecology of lakes and streams. Oxford University Press, New York. 382 p.

Lewis, W. M. Jr. (1983). A revised classification of lakes based on mixing. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 140: 1779-1787.

Lind, O. T. (1979). Handbook of common methods in Limnology. Second Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. 199 p.

López, C. y Ochoa, E. (1995). Rotíferos (Monogononta) de la Cuenca Del Río Guasare-Limón, Venezuela. *Rev. Biol. Trop*, 43(1-3), 189-193.

López, C., Villalobos, M. y González, E. (2001). Estudios sobre el zooplancton de los embalses de Venezuela: Estado actual y recomendaciones para futuras investigaciones. *Ciencia*, 9(2), 217-234.

López-López, E., y Serna-Hernández, J. A. (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.

Marcó, L., Azario, R., y Metzler, C. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4: 72-82.

Margalef, R. (1983). Limnología. Primera edición. Editorial Omega. Barcelona, España. 1110 p.

Mancini, M., Bethular, A., Vignatti, A., Echaniz, S., Bonansea, M., Salinas, V., y Rodríguez, C. (2011). Calidad de agua y zooplancton del embalse San Roque (Córdoba, Argentina). *Ciencia*, 6(21), 69-80.

Marques, D. S. Ma. J. (2004). Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas. Facultad de Estudios Superiores, UNAM. México, D.F. 626 p.

Martínez, C. C., y Paggi, J. S. (1988). Especies de Lecane Nitzh (Rotifera, Monogonta) en ambientes acuáticos del Chaco Oriental y del valle aluvial del río Paraná (Argentina). *Hydrobiologia Tropical* 21(4): 279-295.

Martínez, G. (1999). Estrategias de alimentación de tres especies del zooplancton límnic (Cladocera). *Revista Chilena de Historia Natural*, 72, 671-676.

Martínez, F. F., Espinosa, C. R., & Villaseñor, C. (2000). Effect of culture volume and adult density on the neonate production of *Daphnia magna*, as test organisms for aquatic toxicity tests. *Environmental Toxicology* 15: 155-159.

Martinez, Y. H., y Monroy, G. H. G. (1999). Composición taxonómica del zooplancton del embalse de Betania, departamento del Huila, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 4(1), 5-19.

Merayo, S., y González, E. J. (2010). Variaciones de abundancia y biomasa del zooplancton en un embalse tropical oligo-mesotrófico del norte de Venezuela. *Biología Tropical*, 58(2), 603-619.

Miracle, R. M. (2015). Orden Cyclopoida. *Revista IDE@ - SEA*, nº 95 (30-06-2015): 1-19.

Molina-Astudillo, F. I., Quiroz-Castelán, H., García-Rodríguez, J., y Díaz-Vargas, M. (2005). Distribución vertical del plancton en un estanque rústico de producción piscícola en el municipio de Cuautla, Morelos, México - Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Vol. VI (04), <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040405.html>.

Monteoliva, A. P., y Muñoz, C. (2000). La gestión limnológica y el mantenimiento de la integridad ecológica en los embalses. *La Gestión del Agua*, 51, 60-69.

Montoya, Y., y Aguirre, N. (2009). Cambios nictemerales de variables físicas y químicas en la Ciénaga de Patícos, complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 57(3), 635-646.

Morales-Serna, F. N., y Gómez, S. (2012). Generalidades de los copépodos parásitos de peces en aguas profundas y el caso de *Lophourabrevicollum* (Siphonostomatoida: Sphyrriidae). *Zamorano P, Hendrickx M, Caso M. Biodiversidad y comunidades del talud*

*continental del Pacífico mexicano. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 146 p.*

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la Biodiversidad, Manuales y Tesis SEA, vol. 1, Zaragoza 87 p.

Navarrete-Salgado, N. A., Fernández-Guillermo, E., y Contreras-Rivero, G. (2004). Abundancia de Quironómidos (Diptera: Chironomidae) en el bordo "JC" del norte del Estado de México en el periodo de secas. *Hidrobiológica*, 14(2), 157-160.

Navarrete-Salgado, N., y Elías-Fernández, G. (1993). Composición y abundancia del zooplancton en un sistema piscícola del Estado de Morelos. *Cuad. Méx. Zool.* 1(1): 8-14.

Needham, J. G., y Needham, J. M. (1972). Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces, Edit. Revete, S.A Barcelona-Bogotá, Buenos Aires-Caracas, México-Río de Janeiro, 131 p.

Neves, I. F., Rocha, O., Roche, K. F., & Pinto, A. A. (2003). Zooplankton community structure of marginal lakes of the river Cuiabá (Mato Grosso, Brazil) with analysis of Rotifera and Cladocera diversity. *Brazilian Journal of Biology*, 63(2), 329-343.

Nogrady, T., & Segers, H. (2002). Guides to the identification of the Microinvertebrates of the continental waters of the World. En: Dumont, H. J. F. Coordinating. Rotifera 6: Asplachnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae and Filinia. BackhuysPublishers, Leiden. 264 p.

Nogueira, M. G. (2001). Zooplankton composition dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim reservoir (Paranapanema River), Sao Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* 455: 1-18.

OMS, (2003). Guías para la calidad del agua potable. Tercera edición, 398 p.

Orozco, B. E. A. (2013). Edad y crecimiento de *Oreochomis niloticus* en el bordo La Palapa, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 67 p.

Ortiz, M., González, E., y Peñaherrera, C. (2006). Depredación de peces sobre el zooplancton en tres embalses neotropicales con distintos estados tróficos. *Interciencia*, Vol. 31(7), 517-524.

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.

Páez, M. E. C., García, M. Z., Ivonne, M., Mirón, B. D., Mouriño, G. G., y Tapia, R. A. C. (2004). Abundancia y biomasa de la comunidad de rotíferos y su relación con parámetros ambientales en tres estaciones del Canal Cuemanco, Xochimilco. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente, Vol. 14*. Núm 27, 29-30.

Palacios, A. I. A. (2013). Zooplancton en los sistemas acuáticos Amate Amarillo y Los Planes en el Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 104 p.

Pla, L. E. (1986). *Análisis multivariado: Método de componentes principales*. Serie de matemáticas. Monografía No. 27. Secretaría General de los Estados Americanos. Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, E.E.U.U. 94 p.

Porras, D. D. (1986). Hidrobiología de embalses de la cuenca del río Atoyac, Morelos, México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 180 p.

Porras, D. D., Castrejón, O., y Hernández, O. D. (1991). Recursos Acuáticos del Estado de Morelos (Embalses). Universidad Ciencia y Tecnología. UAEM, 1(4): 19-36.

Quiroz-Castelán, H., Molina-Astudillo, I., García-Rodríguez, J., & Díaz-Vargas, M. (2005). Caracterización de Algunos parámetros físicos, químicos del agua y sedimento del lago Zempoala, Morelos, México. *Acta Universitaria*, Vol. 15, No. 2: 57-65.

Quiroz, H. C., y Vargas, M. D. (2010). Los bordos y su aprovechamiento en Morelos. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, (12): 32-38.

Rabinovich, J. E. (1980). Introducción a la Ecología de Poblaciones Animales. Compañía Editorial Continental, S. A. México. 313 p.

Retana. R. J., y Vázquez. A. G. D. (2015). Importancia ecológica y abundancia del zooplancton, en el microreservorio Huitchila en el estado de Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 98 p.

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(2), 149-174.

Rico-Martínez, R., & Silva-Briano, M. (1993). Contribution to the knowledge of the Rotifera of Mexico. *Hydrobiologia* 255/256: 467-474.

Rivera, C. O. A., y Hernández, G. G. N. (2011). Producción y calidad del agua de los reservorios Amate Amarillo y La Palapa, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM, México. 67 p.

Robles. J. E. G, y Esqueda, G. M. C. (2009). Composición zooplanctónica en grandes embalses de México. Avances en la investigación científica en el CUCBA. XIX Semana Nacional de La Investigación Científica. Universidad de Guadalajara, México. 431 p.

Roldán. P. G., y Ramírez, J. J. R. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. 2da. Edición. Editorial Universidad de Atioquia, Colombia. 442 p.

Roldán. G., Bohórquez A., y Cataño R. (2000). Estudio limnológico del embalse de el Guavio (Colombia). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Santa fe de Bogotá) Vol., 24(90): 73-84.

Román-Botero, R., Gómez-Giraldo, E. A., y Toro-Botero, F. M. (2010). Importancia del ciclo diario de la temperatura de los afluentes en la estructura térmica de embalses tropicales. Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, 107 p.

Rodríguez, J. G., Astudillo, F. I. M., Vargas, M. D., y Castelán, H. Q. (2010). Componentes principales fitoplánctonicos y zoobentónicos en el lago Zempoala, Morelos, México. *Acta Universitaria*, 20(2). 23-30.

Salgado, U. I. H. (1992). El análisis Exploratorio de Datos Biológicos, Ed. UNAM, México. 243 p.

Samboni, R. N. E., Carvajal E. Y., y Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, Vol. 27, núm. 3. 172-181.

Sampaio, E. V., Rocha, O., Matsumura-Tundisi, T., & Tundisi, J. G. (2002). Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 62(3), 525-545.

Sánchez-Colomer, G. R. M. (2001). "Las comunidades de zooplancton de los embalses españoles". *Ecosistemas*. Vol. 10, n. 2. 11 p.

Sánchez, M. J. M., y Zamora, S. D. A. (2012). Producción y calidad del agua del bordo Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM, México. 102 p.

Sanoamuang, L. (2002). Genus Filinia Bory de St. Vincent, 1824. *Rotifera*, 6, 224-257.

Sanoamuang, L. O. (1993). Comparative studies on scanning electron microscopy of trophi of the genus *Filinia* Bory De St. Vincent (Rotifera). *Hydrobiologia*, 264(2), 115-128.

Santiago-Lima, A. M. (2016). Estudio comparativo del zooplancton (rotíferos y cladóceros) en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente, D.F. y su relación con el estado trófico. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM, 50 p.

Sarma, S. S. S. & Elías-Gutiérrez, M. (1999). Rotifers (Rotifera) from four natural water bodies of Central Mexico. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 29(4), 475-483.

Sarma, S. S. S., Jiménez-Nigó, A., y Nandini, S. (2015). Estudios morfométricos de especies de rotíferos (Rotifera) en la Cantera Oriente (México, DF). *Tendencias de investigación en Limnología tropical: Perspectivas universitarias en Latinoamérica. Asociación Mexicana de Limnología, AC, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, y Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología. México*, 315-327.

Santibáñez, M. D. (2014). Evaluación de la producción primaria y calidad del agua del bordo Huitchila, Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 86 p.

Santos-Wisniewski, M. J., Rocha, O., Güntzel, A. M., & Matsumura-Tundisi, T. (2002). Cladocera Chydoridae of high altitude water bodies (Serra da Mantiqueira), in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 62(4A), 681-687.

Sarma, S. S. S., & Elías-Gutiérrez, M. (1999). Rotifers (Rotifera) from four natural water bodies of Central Mexico. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 29(4), 475-483.

Sládeček, V. (1983). Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100(1), 169-201.

Segers, H. (1996). The biogeography of littoral Lecane Rotifera. *Hydrobiologia*, 323(3), 169-197.

Sergers, H. (2007). Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. Zootaxa. Mangolia Press. Auckland, New Zealand. 104 p.

Serges, H. (2008). Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 49-59.

SEGOB. (2005). Enciclopedia de los municipios de México, Estado de Morelos. ([http://www.e\\_local.gob.mx.wb2/ELOCAL/EMM-morelos](http://www.e_local.gob.mx.wb2/ELOCAL/EMM-morelos))

- Serrania-Soto, C. R., Sarma, S. S. S., & Nandini, S. (2011). Studies on comparative population growth of some species of the rotifer Lecane (Rotifera). *Journal of Environmental Biology*, 32(4), 523.
- Sharma, B. K. (1983). The Indian species of the genus Brachionus (Eurotatoria: Monogononta: Brachionidae). *Biology of Rotifers*. Springer Netherlands, 31-39 p.
- Sheela, A. M., Letha, J., & Joseph, S. (2011). Environmental status of a tropical lake system, Environmental Monitoring and Assessment. India. 180: 427-449.
- Silva-Briano, M., & Suárez-Morales, E. (1998). The copépoda calanoidea (crustacea) of Aguascalientes state, México. *Scientiae Naturae* 1: 37-47.
- Sokal R, R., y Rolfh, F. J. (1979). Biometría, principios y métodos estadísticos en la investigación biológica, H, Blume Ediciones, Madrid- 832 p.
- Suárez-Morales, E., Reid, J. W., Iliffe T. M. y Fiers. F. (1996). Catálogo de los copépodos (Crustacea) continentales de la península de Yucatán, México. CONABIO/ECOSUR, México, 273 p.
- Suárez-Morales, E., & Reid, J. W. (1998). An update list of the free-living freshwater copopeds (Crustacea) of México. *The Southwestern Naturalist*. 43(2): 256-265.
- Suárez-Morales, E. (2000). Copépodos, seres ubicuos y poco conocidos. CONABIO. *Biodiversitas*, 29:7-11.
- Swingle, H. S. (1969). Methods of analysis for waters, organic matter, and pond botton soils used in fisheries research. Auburn University, Alabama, 119 p.
- Trejo, A. R. (2012). Variación del zooplancton en el lago Zempoala, Morelos, México. Tesis de Maestría de Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos, Facultad de Ciencias, UNAM. 166 p.
- Torres-Orozco, B. R. E., y García-Calderón, J. L. (1995). Introducción al manejo de datos limnológicos. UAM. Iztapalapa, México, D.F. 130 p.
- Tinoco J. M. R., y Atanacio, V. L. D. (1988). Inventario nacional de cuerpos de agua. Secretaría de Pesca. México. 5-10 p.
- Toscano, E., y Severino, R. (2013). Brachionidae (Rotifera: Monogononta) de la albufera El Paraíso y el reporte de *Brachionus ibericus* en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 20(2), 177-180.

Walsh, E. J., Wallace, R. L., & Shiel, R. J. (2005). Toward a better understanding of the phylogeny of the Asplanchnidae (Rotifera). *Hydrobiologia* 546(1):71-80.

Walz, N. (1995). Rotifer populations in plankton communities: energetic and life history strategies. *Experientia*, 51(5), 437-453.

Wetzel, R. G. (2001). Limnology. Lakes and Rivers Ecosystem. Third Edition. Academic Press, Philadelphia, 1006 p.

Wootton, R. J. (1990). Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. Press. Fish and Fisheries Series 1. New York. 404 p.

**ANEXOS**

**Copépodos**

***Arctodiaptomus dorsalis* (March, 1907).**

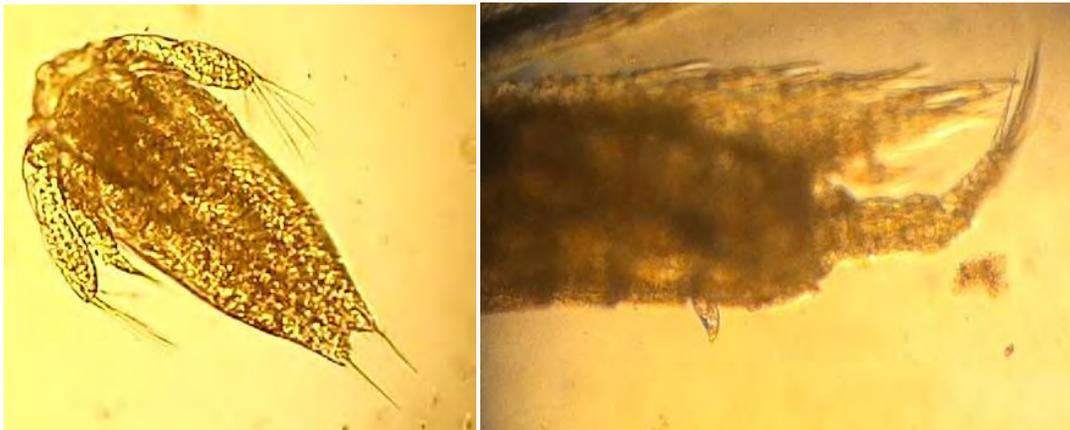
**Macho**



**Hembra**



**Copépedo en estado de desarrollo temprano.**



*Thermocyclops inversus*  
Kiefer, 1977



Cladóceros

*Diaphanosoma birgei*  
Korinek, 1981



***Moina micrura***  
(Kurtz, 1874)



**Rotíferos**



***Asplanchna sieboldii*** (Leyding, 1854)



***Brachionus angularis*** (Gosse, 1799)



***Brachionus calyciflorus***  
Pallas, 1766



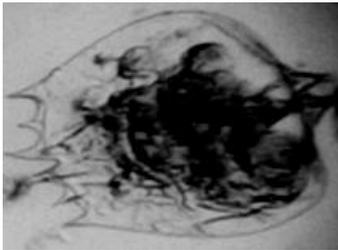
***Brachionus caudatus***  
Barrios y Dalay, 1894



***Brachionus falcatus***  
(Zacharias, 1898)



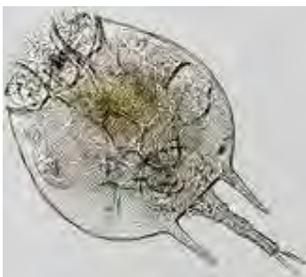
***Brachionus havanaensis***  
Rousselet, 1913



***Brachionus urceolaris***  
(Muller, 1773)



***Brachionus quadridentatus***  
(Herman, 1783)



***Platyas quadricornis***  
(Ehrenberg, 1832)



***Filinia longiseta***  
(Ehrenberg, 1834)



*Euchlanis alata*  
Vonronkov, 1912



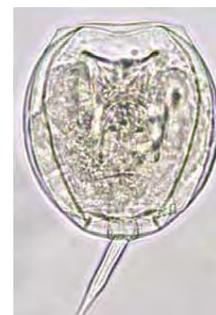
*Horaëlla thomassoni*  
Koste, 1973



*Lepadella acuminata*  
(Ehrenberg, 1834)



*Lecane bulla*  
(Gosse, 1851)



*Lecane closteroerca*  
(Schmarda, 1815)



*Lecane cornuta*  
(O.F. Muller, 1786)



*Lecane decipiens*  
(Murray, 1913)



*Lecane hastata*  
(Murray, 1913)



*Lindia sp.*  
Harring & Myers, 1924



*Ptygura sp.*  
Ehrenberg, 1832



*Testudinella patina*  
(Herman, 1783)



*Trichocerca rattus*  
(Müller, 1776)