



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

Análisis de la calidad del agua y su relación con la comunidad zooplánctica en el microembalse La Palapa, en Morelos, México

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

Jake Retana Ramírez

TUTOR(A) O TUTORES PRINCIPALES:

Dr. José Luis Gómez Márquez

(Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM)

COMITÉ TUTOR:

Dr. Alfonso Lugo Vázquez

(Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM)

Dr. José Guadalupe Granados Ramírez

(Universidad Autónoma del Estado de Morelos)

Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte

(Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM)

Dr. S.S.S Sarma

(Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM)

MÉXICO, CD. MX., NOVIEMBRE, 2019



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.



**Análisis de la calidad del agua y su relación con la comunidad
zoopláctica en el microembalse La Palapa, en Morelos, México**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

Jake Retana Ramírez

TUTOR(A) O TUTORES PRINCIPALES:

Dr. José Luis Gómez Márquez

(Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM)

COMITÉ TUTOR:

Dr. Alfonso Lugo Vázquez

(Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM)

Dr. José Guadalupe Granados Ramírez

(Universidad Autónoma del Estado de Morelos)

Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte

(Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM)

Dr. S.S.S Sarma

(Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM)

MÉXICO, CD. MX., NOVIEMBRE, 2019

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme las puertas de sus instalaciones y brindarme la oportunidad de ser parte de esta máxima casa de estudios y formarme como profesional.

Agradezco al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por haberme aceptado en el Posgrado que imparten y ayudarme a enriquecer mis conocimientos, agradezco también al personal de servicios escolares del mismo Instituto que brindaron las facilidades en los procesos a través del tiempo que estuve inscrito.

Agradezco a CONACYT por la beca No. 596770 otorgada a mi persona para dar mayor facilidad de realización para este trabajo.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por darme la oportunidad de dar continuidad con mis estudios de Maestría, dándome un lugar para poder desarrollar la investigación del presente trabajo.

Agradecimientos Especiales:

Al Dr. José Luis Gómez Márquez por creer en mi desde el día que fui a pedir un lugar en su equipo de trabajo en el Laboratorio de Limnología, por ser director del presente trabajo, por los consejos, por compartir su conocimiento con todos sus alumnos, por sus regaños, paciencia, sus anécdotas, por su disponibilidad para el desarrollo de esta investigación y la confianza que me ha brindado ya por muchos años y sobre todo por su amistad, gracias.

Al Dr. Alfonso Lugo Vázquez por sus consejos, el tiempo que brindo para mejorar este trabajo, por su atención, por compartir sus conocimientos, así como siempre recibirme con la mejor de las actitudes, aunque llegara de imprevisto a verlo por cualquier cuestión.

Al Dr. José Guadalupe Granados Ramírez por las sugerencias para enriquecer la investigación, por recibirme en la pequeña estancia que realice con usted en la UAEM y formar parte de mi comité tutorial.

Al Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte que con sus comentarios y atención brindada durante este proyecto, ayudo a mejorarlo.

Al Dr. S.S.S Sarma por su ayuda, atención y disponibilidad de tiempo que me brindo, así como la aportación a la mejora de esta tesis.

A los miembros de la Cooperativa del Bordo La Palapa, por proporcionarnos las facilidades para la toma de muestras de agua y zooplancton durante el periodo de estudio.

Agradecemos al programa DGAPA-PAPIME PE213718, por el apoyo financiero para el desarrollo de esta tesis.

DEDICATORIAS

A mis padres Sandra Ivonne Ramírez Heredia y Mario Retana Álvarez por haber estado siempre conmigo, por confiar en mí y por tenerme paciencia para la culminación de este trabajo, el día de hoy no me queda más que decir gracias infinitamente, sé que jamás podré pagarles todo lo que han hecho por mí, reconozco que este logro no es solo mío sino de ustedes, espero nunca haberlos decepcionado, al contrario que se sientan orgullosos de mí y del presente trabajo que les dedico con todo mi amor, cariño y esfuerzo.

A mi hermana Mariana le doy gracias por compartir todo conmigo siempre, por ser cómplice y también escucharme cuando te necesito, espero que este trabajo te impulse te sigas preparando académicamente y nunca te des por vencida. Es complicado, lo sé, pero debes confiar en tu capacidad porque la tienes y sabes que cuentas con nosotros siempre. Te quiero muchísimo Mari.

A mis amigos de la facultad Juanito, Pache, Tona, Diego, Eder, Daniel, Gaél, con ustedes he vivido momentos increíbles que jamás olvidare, agradezco su amistad que espero perdure por siempre.

A todos mis amigos del Laboratorio de Limnología, al Dr. José Luis Gómez M., a la Dra. Bertha Peña M., al Biol. José Luis Guzmán S., gracias a cada uno de ustedes por compartir sus conocimientos y siempre apoyarme en la realización de esta tesis y también al equipo de trabajo que estuvo presente mientras realizaba el presente trabajo.

También le dedico este trabajo con todo mi amor a Denisse Vázquez Arroyo, primero que nada te doy las gracias por amarme y estar conmigo siempre, por apoyarme e impulsarme a ir hacia adelante, por sumar en mi vida y hacerla mejor, quiero que sepas que cuentas conmigo para todo y por siempre, te agradezco también por soportarme, por creer en mí y por estar siempre para mí, espero que te guste este trabajo porque también es tuyo. Le agradezco a tu familia por estar pendiente del desarrollo de esta tesis. Te amo Denisse

ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción.....	3
Marco teórico.....	6
Copépodos.....	7
Cladóceros.....	8
Rotíferos.....	10
Importancia del Zooplancton.....	11
Antecedentes.....	12
Justificación.....	17
Objetivos.....	18
Zona de Estudio.....	19
Material y Método.....	22
Fase de Campo.....	22
Fase de Laboratorio.....	23
Fase de Gabinete.....	24
Resultados.....	27
Parámetros fisicoquímicos.....	27
Nutrimentos.....	31
Perfiles Verticales de Temperatura y Oxígeno	32
Riqueza de la comunidad fitoplanctónica.....	38
Variación temporal del fitoplancton.....	39
Categorización de los géneros fitoplanctónicos.....	40
Relación Fitoplancton-Clorofila a.....	42

Relación Fitoplancton-Zooplancton.....	43
Riqueza de especies del zooplancton.....	44
Variación temporal del zooplancton en la zona limnética.....	46
Jerarquización de las especies.....	49
Densidad poblacional.....	51
Zooplancton en la zona Litoral.....	54
Variación temporal del zooplancton en la zona Litoral.....	56
Jerarquización de las especies en la zona Litoral.....	58
Densidad poblacional en zonas litorales.....	59
Relación Zooplancton-Clorofila “a”.....	62
Indicadores ecológicos de la comunidad.....	63
Análisis de Componentes Principales.....	65
Análisis de Correspondencias Canónicas.....	68
Análisis de agrupamientos (Clúster).....	71
Estado Trófico	72
Discusión.....	73
Conclusiones:.....	89
Bibliografía:	91

RESUMEN

En el estado de Morelos existen más de 160 cuerpos de agua con superficies de 1 a 10 ha, con gran importancia ecológica, cultural y social. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la composición, abundancia y diversidad del zooplancton y su relación con la comunidad fitoplanctónica y los factores físico-químicos del microreservorio La Palapa, en Morelos, México. Se realizaron muestreos mensuales de marzo de 2016 a marzo de 2017 en dos estaciones de monitoreo limnéticas. Las muestras de zooplancton se colectaron con una red cónica con luz de malla de 64 μm en cuatro estaciones, dos limnéticas y dos litorales y las muestras de agua con una botella Van Dorn de 2 L de capacidad. Se registraron un total de 24 especies pertenecientes a los tres grupos del zooplancton: Copépodos, Cladóceros y Rotíferos los cuales han sido clasificados taxonómicamente con base en el Sistema de Información de Taxonomía Integrada. En cuanto a los copépodos se registraron 2 especies, *Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*, en este grupo de registraron altas abundancias de copepoditos. En el grupo de los cladóceros se identificaron 2 especies *Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura*. Los Rotíferos han sido el grupo más diverso con 20 especies, de las cuales la familia *Brachionidae* registró 9 especies; seguido de la familia *Lecanidae* con tres especies y por último, las familias *Trochosphaeridae*, *Asplanchnidae*, *Flosculariaceae*, *Conochilidae*, *Filinidae*, *Dicranophoridae*, *Testudinellidae*, con una especie cada una. El índice de diversidad de Shannon-Weiner para las estaciones ubicadas en la zona limnética (1 y 2) osciló entre 0.2 a 1.51 y para las zona litorales (1 y 2) los valores van de 1.01 a 2.23. Respecto al fitoplancton, se identificaron 29 géneros de fitoplancton, correspondientes a 5 divisiones, destacando por su abundancia Chlorophyta (54%), Cyanobacteria (27%) y Euglenophyta (10%); con menor abundancia las divisiones Heterokontophyta (algunas veces como Bacillariophyta) y Criptophyta con 6% y 3% respectivamente. El bordo de La Palapa presenta un nivel trófico promedio de 82.4, lo que indica que es un sistema eutrófico con tendencia hacia la hipereutrofia, con aguas cálidas (20-28.7 °C), bien oxigenadas (7.7-14.5 mg/L), productivas y duras (> de 200 mg/L de CaCO_3). La Palapa es considerada un buen ambiente para el desarrollo de las comunidades biológicas.

ABSTRACT

In Morelos exists more than 160 freshwater aquatic systems with surfaces between 1 to 10 ha, with a great ecological, cultural and social importance. The aim of the present work was evaluating the zooplankton composition, abundance and species richness and their relationship with phytoplankton communities and the chemical and physical factors of 'La Palapa' microreservoir, in Morelos, Mexico. It was conducted samplings every month from March 2016 to March 2017 in two limnetic monitoring sites. The zooplankton samplings were collected using a 64 µm mesh net in four stations, two of them limnetic and two in the littoral zone. Water samples were taking with a 2L van Dorn device. Twenty-four zooplankton species belonging to three main groups were identified at the microreservoir: copepods, cladocerans and rotifers, they were taxonomically classified based on Integrated Taxonomic Information System. The most frequent species were the copepod *Arctodiaptomus dorsalis* and *Thermocyclops inversus*. Juveniles copepods in great abundance were registered. Between the cladocerans, the two most frequent species were *Diaphanosoma birgeir* and *Moina micrura*. Rotifers were the most diverse group with 20 species, nine of them belonging to the family *Brachionidae*, followed by the family *Lecanidae* with three species and the last family *Trochosphaeridae*, *Asplanchnidae*, *Flosculariaceae*, *Conochilidae*, *Filinidae*, *Dicranophoridae*, *Testidinellidae*, each one with a specie. The Shannon-Weiner diversity index for the 1 and 2 limnetic sites ranged between 0.79 to 1.51 and 0.2 to 1.15 each one, for the littoral zones 1 and 2, values fluctuated between 1.30 to 2.23 and 1.01 to 2.14 respectively. Regarding phytoplankton were identified 29 genera corresponding to 5 divisions, notable for their abundance Clorophyta (54%), Cyanobacteria (27%) and Euglenophyta (10%); less abundant divisions are Heterokontophyta and Critophyta with 6% and 3% respectively. 'La Palapa' microreservoir has a trophic level index average of 82.4, indicating a eutrophic system with warm water (20-28.7 °C), high availability of dissolved oxygen (7.7 – 14.5 mg/L), productive and hard waters (> 200 mg/l CaCO₃). The microreservoir 'La Palapa' is considered a good environment for the development of biological communities.

INTRODUCCION

La gran diversidad fisiográfica y climática de México conlleva a una distribución heterogénea de los recursos hídricos. La densidad poblacional no tiene una correspondencia con la disponibilidad de los recursos de agua dulce; más de tres cuartas partes de los recursos hídricos están alejados de las comunidades con mayor densidad de población y actividad económica. Esto origina un desequilibrio entre la oferta y la demanda de los recursos y conduce a la sobreexplotación de los acuíferos y a tener que hacer transferencias de agua entre cuencas (Sainz y Becerra, 2007).

En la actualidad, México enfrenta un grave problema de 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 (70 lagos), con tamaños de superficie que varían entre las 1 000 y más de 10 000 hectáreas, que en conjunto cubren un área de 370 891 hectáreas (De la Lanza y García, 2002). El problema se ha tratado de resolver desde hace mucho tiempo, mediante la construcción de embalses artificiales como presas, bordos, etc., los cuales ocupan el 67.13% de los cuerpos hídricos y cubren 188,781 ha que representan el 14.74% de la superficie inundada de las aguas epicontinentales (Quiroz-Castelán *et al.*, 2009).

En México existen 840 reservorios clasificados como grandes presas, con una capacidad conjunta de almacenamiento de 150 km³. Los reservorios se han considerado la principal herramienta usada en el manejo de los recursos hídricos. Estos sistemas acuáticos desempeñan un papel fundamental desde el punto de vista ecológico y es necesario atender los problemas relativos a su integridad, al sostenimiento de sus ecosistemas y a la supervivencia de las especies (Aguilar, 2003).

Debido a las funciones importantes que cumplen los embalses para el desarrollo de los seres humanos, se han establecido en México aproximadamente 14 000 embalses de diferentes dimensiones, cuyos usos principales son la generación de energía hidroeléctrica, el riego de cultivos y la obtención de agua para consumo humano (De la Lanza y García, 2002).

El término "**microembalses**", **bordos o jagüeyes** hacen referencia a los cuerpos de agua construidos con la finalidad de riego para la agricultura o como abrevaderos para el ganado. (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2007). Un bordo es un reservorio artificial de agua temporal o permanente, con una cortina rústica construida de tierra o mampostería. Estos pequeños embalses se llenan principalmente por la captación del agua de lluvia y generalmente estos sistemas están

constituidos por aguas turbias debido a la abundancia de los sólidos en suspensión y a la materia orgánica presente (Hernández-Avilés *et al.*, 2002; 2007; Quiroz y Díaz, 2010).

Las variaciones de nivel de los microembalses se modifica por la marcada influencia del entorno, especialmente por la temperatura, por lo que la permanencia de agua depende de los procesos de precipitación, evaporación, así como otros factores secundarios de aportación de agua: escurrimientos, flujos de agua subterránea, pérdidas por filtración y captación por parte de la vegetación aledaña (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Hernández Avilés *et al.*, 2002).

En general se les considera como embalses someros con profundidades máximas ente uno y cinco metros, que se inundan en la época de lluvias. Dichos cuerpos son utilizados sobre todo como abrevaderos para el ganado, para actividades agrícolas y para extensionismo acuícola, en particular para la producción piscícola (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2007).

Cabe destacar que los "microembalses" o bordos menores de 10 ha constituyen el 84% del número total de cuerpos de agua en México (Rojas-Hoyo, 1986); y cubren 188 781 hectáreas que representan el 14.74 % de la superficie inundada de las aguas epicontinentales. Aproximadamente el 90% son temporales con dimensiones menores a diez hectáreas lo que refleja en gran medida la dependencia hídrica respecto al clima (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2002; Quiroz y Díaz, 2010).

Estos sistemas se caracterizan por dos etapas: la primera en la que se presenta dilución de los materiales en solución y suspensión, con el decremento en la alcalinidad, dureza y conductividad, consecuencia de la época de lluvias y la otra considerada como fase de concentración durante la época de secas, en la cual se incrementan estos componentes, al reducirse el volumen por evaporación, infiltración, uso del agua para riego y abrevadero (Hernández-Avilés *et al.*, 2007). En la fase de dilución se favorece la cadena de pastoreo, al presentarse una zona eufótica o de penetración de luz entre los 0.8 y 2 metros y una dilución de nutrientes que permite una mayor diversidad fitoplanctónica (Bacilariofíceas, Clorofíceas y Cianofíceas=Cianobacterias) y zooplanctónica (Cladóceros, Copépodos y Rotíferos). Por otra parte, durante la fase de concentración predomina la cadena de detritus, debido al incremento del plancton (cianobacterias y rotíferos) (Hernández-Avilés *et al.*, 2002).

Estos embalses tienen un gran interés desde un punto de vista económico, al ser sistemas ricos en nutrimentos y muy productivos (eutróficos) y por lo tanto, adecuados para la acuicultura (Hernández-Avilés *et al.*, 2007). La

mayoría son eutróficos y se mantienen en ese estado ya que no pueden compensar el proceso debido a que son someros y tienen una estrecha relación con el sedimento. Algunos de estos reservorios poseen una salida de agua (compuerta) para el manejo útil del excedente del agua para uso antropogénico (ganadería, siembra, etc.) y también para evitar el desbordamiento del embalse (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

Estos sistemas desempeñan un papel fundamental desde el punto de vista ecológico, ya que la biodiversidad de las aguas continentales forma parte importante del patrimonio nacional y se encuentra en la actualidad muy degradada por un manejo ineficiente y la falta de planeación (Namihira-Santillán *et al.*, 2002; Aguilar, 2003).

Cada vez están sujetos a mayores presiones como consecuencia de las actividades humanas, ya que la sobrepoblación de las comunidades aledañas que se sirven de estos cuerpos de agua, genera un impacto negativo al realizar una explotación pesquera excesiva, contaminación por agroquímicos, etc. Es por ello que es necesario complementar el monitoreo de la calidad del agua tomando en cuenta la presencia y abundancia de los organismos presentes en ambientes impactados de manera antropogénica (De la Lanza *et al.*, 2000). Los altos niveles de nutrientes y los cambios de productividad primaria modifican las condiciones bióticas y abióticas del sistema, alterando las redes tróficas, la distribución espacial y temporal del zooplancton, el aumento en la demanda bioquímica de oxígeno, fluctuaciones en el pH y disminución de la transparencia en la columna de agua (Scholten *et al.*, 2005).

Los cuerpos de agua epicontinentales han sido modificados por el constante aporte de nutrientes, en especial de nitrógeno y fósforo, provenientes de diversas actividades humanas, lo que ha propiciado el incremento del estado trófico de los mismos (Vallentvne 1978, Margalef 1983, Mason 1984). A causa de ello, la microflora de lagos crece inmoderadamente formando capas de color verde brillante sobre los sistemas acuáticos; la descomposición de esta biomasa consume el oxígeno presente en la columna de agua y dependiendo de la profundidad los procesos de mezcla, también la materia vegetal en descomposición puede acumularse en el fondo de los sistemas acuáticos provocando problemas de anoxia y producción de sustancias que provocan malos olores (Vivier 1978; De la Lanza y García, 2002; Obertholster *et al.*, 2006).

Con la intención de controlar el deterioro acelerado de los sistemas acuáticos, en especial los sistemas lenticos, se han desarrollado diversas medidas correctivas que intentan recuperar el estado trófico original. Entre las medidas que se han adoptado se pueden resaltar el desvío de nutrientes antropogénicos, la extracción de biomasa, precipitación

química de los nutrientes de los afluentes del sistema y el dragado de sedimentos entre otras (Stumm y Stumm-Zollinger 1972, Alhonen 1985).

López-López y Serna-Hernández (1999) mencionan que un primer nivel en el manejo adecuado de un embalse, es el diagnóstico de las condiciones de calidad del agua y sus comunidades y por lo tanto, es indispensable efectuar estudios para conocer las condiciones físicas, químicas y biológicas 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 que afectan directamente la producción primaria y el estado trófico de los sistemas (Barrera-Escorcia y Wong-Chang, 2007).

Marco teórico

Los microembalses de agua dulce constituyen un excelente hábitat para los organismos; el plancton, el cual forma parte de la comunidad del seston, es la comunidad que vive suspendida en la columna de agua y son transportados por las corrientes (movimiento pasivo); el **plancton** puede dividirse en dos grupos, el primero constituido por organismos autótrofos llamado **fitoplancton** (productores primarios), mientras el segundo denominado **zooplancton** (consumidores primarios) el cual alberga a los animales (Wetzel, 2001; Aguilar, 2003).

Folt y Burns (1999) y Wetzel (2001) mencionan que cada lago posee un conjunto de formas planctónicas particular y que la abundancia y distribución del zooplancton dependen de su adaptación a las características abióticas tales como la temperatura, luz, oxígeno disuelto, concentración de nutrientes y bióticas como depredadores, parásitos, competencia, etc.

El zooplancton representa el componente animal del plancton; es una comunidad conformada por una variedad de seres que incluye estadios larvarios, juveniles y adultos. Viven suspendidos en la columna de agua y son transportados pasivamente por los movimientos de esta; se distribuyen en función de la hidrodinámica, tanto en su composición como en su biomasa (Granados-Ramírez *et al.*, 2003).

El zooplancton es un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios y puede transformar y transferir materia y energía desde bacterias y partículas detríticas de tamaño pequeño, que son recursos no utilizables por otros organismos planctónicos. La comunidad del zooplancton está constituido principalmente por tres grupos: rotíferos y dos subclases de crustáceos, 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; González de Infante, 1988; Wetzel, 2001; Conde-Porcuna *et al.*, 2004). Roldan y Ramírez (2008) mencionan que en la mayoría de los ambientes acuáticos, el zooplancton está conformado por protozoos, rotíferos, crustáceos (copépodos y cladóceros) y ostracodos. También, frecuentemente se reportan larvas de dípteros, coleópteros y odonatos entre otros. La importancia del zooplancton radica en que está colocado en la cadena trófica entre los depredadores de niveles tróficos superiores y los productores primarios. Asimismo, son la presa preferida de vertebrados e invertebrados y resulta ser el alimento fundamental para los peces durante las etapas cruciales de reclutamiento (Brooks y Dodson, 1965).

Los grupos de zooplancton (copépodos, cladóceros y rotíferos) constituyen entre el 70 y 90% del total de la biomasa productiva secundaria. 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). Debido a la diversidad de estos organismos y principalmente por la adecuación y adaptación de sus partes bucales, ocupan diversas posiciones dentro de la red trófica; es decir, que pueden desarrollar hábitos detritívoros (obtiene su alimentación de materia orgánica en descomposición), herbívoros (que se alimentan de fitoplancton), carnívoros y omnívoros; estas características les han proporcionado el desarrollar una amplia variedad de formas dentro de los diferentes sistemas dulceacuícolas, facilitando las interacciones intra e interespecíficas (González de Infante, 1988; Wetzel, 2001; Conde-Porcuna *et al.*, 2004; Arredondo-Figueroa *et al.*, 2007).

La composición específica del zooplancton puede ser un excelente criterio para caracterizar el estado trófico de los sistemas acuáticos y para deducir la estructura de las comunidades acuáticas. Las diferencias en el estado trófico se manifiestan claramente en la estructura de la comunidad zoopláncica y en las relaciones zooplancton-fitoplancton (Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

Suárez *et al.* (1991) citan que los estudios de la fauna planctónica del agua dulce están limitados, debido a que la mayoría de los trabajos limnológicos se han enfocado principalmente a los aspectos hidrobiológicos en general. Enseguida se describen las características de los tres grupos más representativos del zooplancton:

Copépodos: Son el grupo más importante por su abundancia dentro del zooplancton, ya que pueden representar entre el 60 % y el 80 % de la biomasa zoopláncica y miden entre 0.5 y 2.0 mm (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). En México se tienen registradas al menos 100 especies de agua

dulce (Suarez-Morales y Elías-Gutiérrez, 2003), la mayoría de estos registros de copépodos son de vida libre (Suarez-Morales *et al.*, 2000). Estos organismos se alimentan de diferentes fuentes de algas, detritus, bacterias rotíferos y a veces larvas de pez; se pueden encontrar especies detritívoras, herbívoras y carnívoras (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). La diversidad de estos organismos se debe a la adaptación y adecuación de sus partes bucales, lo que les permite desarrollar los hábitos ya mencionados (Suarez *et al.*, 1996).

Los copépodos están conformados por 16 somitas, arreglados en dos grandes regiones: el **cefalotórax** que posee seis pares de apéndices (los cuatro primeros nadadores y el último modificado para la reproducción y de carácter taxonómico), que incluyen las **anténulas**, **antenas**, **mandíbulas**, **mazíbulas** y las **maxilas**. Y por último, el **urosoma o abdomen**, más corto y angosto y tiene como máximo cinco segmentos que pueden estar fusionados; en el extremo posterior se encuentra la rama caudal (Figura 1) formada por un grupo de setas plumosas de longitud y grosor variable (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

La reproducción que presentan es sexual, el macho presenta un testículo comunicado a la vesícula con un conducto deferente, mientras que la hembra presenta un solo ovario que puede estar separado por un oviducto que esta comunicado mediante un gonoporo (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

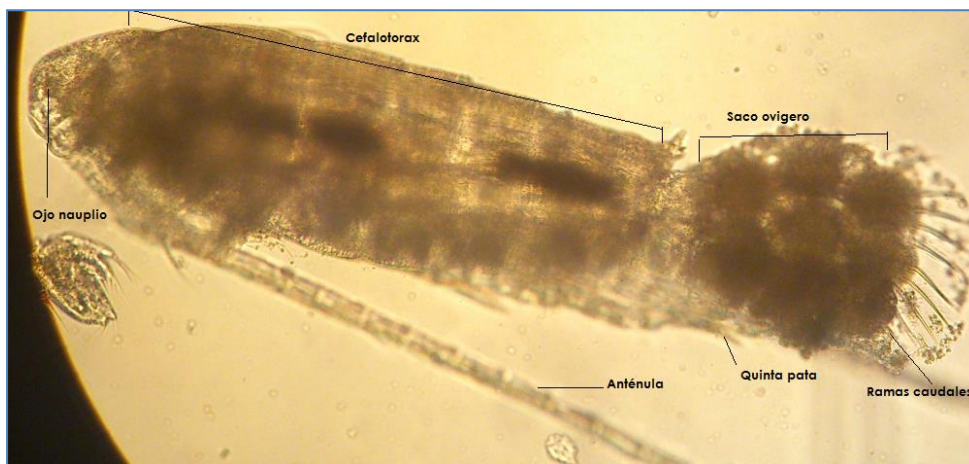


Figura 1. Morfología general de copépodo (tomada de Retana y Vázquez 2014)

Cladóceros: Estos organismos son conocidos comúnmente como pulgas de agua, existen más de 500 especies, agrupadas en tres órdenes: Anomopoda, Ctenopoda y Onychopoda y en México existen alrededor de 150 especies. Los cladóceros tienen un tamaño de 0.2 a 3.0 mm de

longitud. Su cuerpo está dividido en **cabeza**, **tórax** y un **abdomen** cubierto por un caparazón bivalvo que se prolonga hasta la cabeza cubriéndola y en las hembras forma una cámara incubadora en la parte dorsal. La cabeza presenta un ojo compuesto, anténulas y antenas, el tórax presenta cinco o seis pares de apéndices torá llamados **toracopodos** (Figura 2), con funciones respiratorias filtradoras (Margalef, 1983; Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). La mayoría de estos organismos son filtradores y tiene la capacidad de alimentarse de fitoplancton y residuos orgánicos, presentan altos coeficientes de reproducción y una amplia tolerancia ambiental (Peña-Aguado, 2003).

Su ciclo de vida se caracteriza por estar dominado por hembras que se reproducen de manera asexual a través de un fenómeno denominado partenogénesis, dando origen a más hembras. En cierto momento y generalmente como resultado de un estímulo ambiental, que puede ser la reducción de un fotoperiodo, el alimento o la temperatura, las hembras partenogenéticas producen un tipo de huevo diferente, que si no es fecundado dará origen a machos (generalmente haploides y más pequeños que las hembras). En el caso de ser fecundados, estos huevos originan una estructura de resistencia que pueden fusionarse con el caparazón bivalvo que cubre a estos organismos denominado **efipio**. Este último permanecerá en el sedimento del fondo mientras las condiciones ambientales no sean óptimas hasta que nuevamente un nuevo estímulo ambiental, que puede ser un aumento del fotoperiodo o un incremento de la temperatura, estimula la eclosión de los **efipios**, de los cuales emergerán hembras partenogenéticas. Los estadios sexuales aparecen en temporadas secas, antes de la completa desecación de los sistemas, que ocurre por lo general desde diciembre hasta abril. (Granados-Ramírez y Álvarez. Del Ángel, 2007; Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

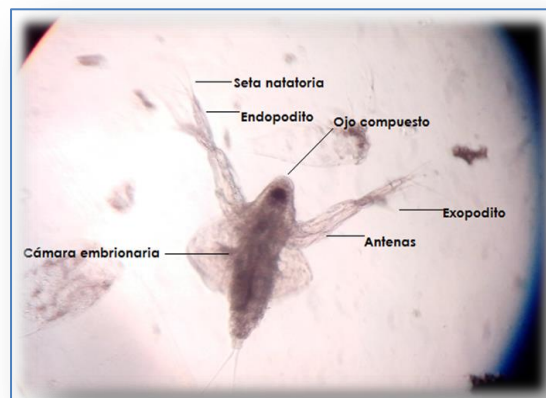


Figura 2. Morfología general de cladóceros (tomada de Retana y Vázquez, 2014)

Rotíferos: El Phylum Rotifera constituye un grupo de metazoos microscópicos; existen aproximadamente 2 000 especies descritas en tres clases: Seisonidea, Bdelloidea y Monogononta, de las cuales México cuenta con 300 especies (Sarma y Elías-Gutiérrez, 1999; García-Morales y Elías-Gutiérrez, 2004), la mayoría de ellas conocidas por la presencia de hembras, que son el estadio dominante durante la mayor parte del ciclo de vida de estos organismos (Elías-Gutiérrez, 2006). Estos organismos llegan a medir entre 50 y 2 000 μm (Barnes, 1989; García-Morales, 2000; Sergers, 2008; Sarma *et al.*, 2009)

Estos organismos están constituidos por un número fijo de células (Nogrady *et al.*, 1993), en general poseen dos características distintivas: **la región apical** (cabeza) con una zona ciliada llamada **corona**, que es usada en la locomoción y en la obtención de alimento. La otra característica es que poseen faringe muscular, el llamado **mastax**, una estructura formada por un complejo de mandíbulas rígidas hechas de quitina, llamado **trofi**, la cual es usada para agarrar, desgarrar, triturar o macerar el alimento; también poseen un **tronco** y finalmente el **pie** (Figura 3), éste se encuentra en organismos que están asociados a un sustrato y las especies que no lo presentan son organismos libres (Margalef, 1983; Douglas-Grant, 2001).

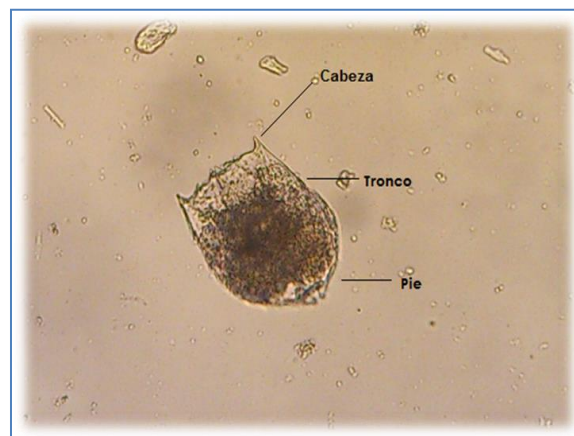


Figura 3. Morfología general de rotífero (tomada de Retana y Vázquez, 2014)

La alimentación omnívora se efectúa creando corrientes por el movimiento de los cilios que llevan las partículas vivas o de materia orgánica detritica al interior de la boca (filtradoras), suelen desplazarse en el agua en línea recta como resultado del movimiento rotatorio de los cilios de la corona, también se desplazan a saltos. Su reproducción es sexual o partenogenética y su desarrollo dura de 8 a 12 días. La vida de los rotíferos

es de un par de semanas o menos (Armengol, 1982; Wetzel, 2001). Los factores que afectan la reproducción, la supervivencia y el crecimiento del zooplancton son la temperatura, así como la cantidad y calidad nutricional de alimento (Sarma *et al.*, 2002), ya que han demostrado que un incremento en la temperatura acelera la eclosión de huevos, reduce la edad de reproducción y la densidad de alimento, causa un incremento en la producción de huevos y reduce la longevidad (Sarma y Nandini, 2002).

Los rotíferos son extremadamente importantes en los sistemas dulceacuícolas, debido a que su tasa de reproducción es significativamente alta. Pueden poblar diversos hábitats con extrema rapidez, convirtiendo a la productividad primaria en una forma aprovechable para los consumidores secundarios y gracias a su alta tasa de reproducción y rápido desarrollo (la más alta de los organismos zoopláncnicos), equivaldría a que puede aportar más de 30% del total de la biomasa del zooplancton. Los rotíferos son oportunistas y de fácil adaptación, eso les favorece para presentar una amplia distribución en los diferentes hábitats dulceacuícolas (Zannata *et al.*, 2007).

Importancia del Zooplancton

Los grupos del zooplancton (protozoos, rotíferos y microcrustáceos) como parte de la estructura de los ecosistemas acuáticos continentales, son considerados un eslabón básico en la cadena trófica por constituir alimento para los peces en estado de postlarva y alevín (Atencio *et al.*, 2005); además, constituyen entre el 70 y el 90 % del total de la biomasa productiva secundaria y son considerados como bioindicadores de la calidad del agua (Sládeček, 1983; Uhlman, 1998; Jeppesen, 2011).

De esta manera, se puede considerar que:

- El zooplancton es el canal de transmisión del flujo de energía de los productores primarios a la cima de los consumidores, son dieta importante de peces y otros depredadores.
- Constituye un eslabón clave en la trama trófica de los sistemas acuáticos.
- Son un almacén de energía en los sistemas acuáticos.
- Su composición específica puede ser excelente criterio para caracterizar el estado trófico de estos sistemas.
- Al ser organismos de vida corta, alta tasa de crecimiento, reproducción rápida y su sensibilidad a los cambios en las

características físico-químicas, son buenos indicadores biológicos.

- Facilidad adaptativa.
- Fuente de alimento. Algunos cladóceros y rotíferos se pueden cultivar para ser suministrados como alimento vivo a peces.
- Importantes para la regulación del sistema.

(Margalef, 1983; Granados-Ramírez y Álvarez- Del Ángel, 2007)

Antecedentes

A partir de la década de los 90's del siglo pasado se ha dado un resurgimiento en el estudio de los 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 y Suárez-Morales, 2000). Por lo tanto, se realizó una revisión sobre la información existente en el área de estudio y sobre trabajos realizados en los diferentes microreservorios o cuerpos de agua someros, a nivel nacional e internacional.

Porras (1986) llevó a cabo un estudio en varios bordos y embalses temporales del estado de Morelos, en el que se determinaron la morfometría, la calidad del agua con base en los parámetros físico-químicos (temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos disueltos, transparencia, coeficiente de extinción, pH, alcalinidad, dureza, magnesio, CO₂, calcio y cloruros), la parte biótica y el metabolismo de la comunidad (fitoplancton, zooplancton y peces). Registró que se presentan dos fases de comportamiento: de dilución y concentración con una correlación estrecha con el aporte de agua de la barranca y del canal que los abastece.

Granados (1990) realizó un estudio sobre la productividad primaria, composición y variación temporal del zooplancton, así como la calidad del agua en los cuerpos de agua presa Emiliano Zapata, bordo Zacualpan y lago Coatetelco, Mor. En estos sistemas se reconocieron un total de 13 especies de zooplancton como resultado del análisis de productividad zooplanctónica, productividad fitoplanctónica y la conducta físico-química del agua. Los cuerpos de agua se clasificaron de la siguiente manera: Lago Coatetelco y bordo Zacualpan (ambientes eutróficos) y la Presa Emiliano Zapata (ambiente mesotrófico).

Porras *et al.* (1991) presentaron un inventario sobre el recurso acuático del Estado de Morelos, en este se reconocieron 130 cuerpos de agua donde 68.5% corresponden a embalses con superficies que van de 1 a 10 ha.

Reportan 27 especies de los cuales destacan rotíferos, crustáceos e insectos.

Suárez-Morales *et al.*, (1993) estudiaron las variaciones estacionales del zooplancton en la presa Alzate durante un ciclo anual (1986-1987). Determinaron que la estructura de la comunidad zooplanctónicas se ve fuertemente afectada por los efectos de vaciado y llenado de la presa.

Lugo *et al.* (1998), determinaron 11 especies de rotíferos durante un estudio en la presa Guadalupe, Estado de México. Las especies más abundantes fueron: *Filinia longiseta* y *Polyarthra vulgaris*.

Elías-Gutiérrez *et al.* (1999) realizaron una lista que incluye 110 especies de cladóceros pertenecientes a las órdenes *Anomopoda* y *Ctenopoda* y algunos taxones neotropicales, entre las familias más comunes se reportan a: *Sididae*, *Daphniidae*, *Bosminidae*, *Chydoridae* y *Macrothricidae*.

López-López y Serna-Hernández (1999) estudiaron la comunidad del plancton y de los factores ambientales del embalse Ignacio Allende, las cuales fueron muestreados de julio de 1990 a junio de 1991. Un total de 57 especies de fitoplancton fueron identificadas. Hubo un incremento considerable de algas verde-azules en el verano, simultáneamente con los niveles más altos de agua, seguida por el dominio de diatomeas en los meses más fríos (febrero y marzo). El zooplancton estuvo compuesto por 39 especies. De éstas, *Diaphanosoma birgei*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia pátvula*, *Diaptomus (Mastigodiaptomus) montezumae*, *Acanthocyclops vernalis*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris* y *Asplanchna priodonta* tuvieron una alta ocurrencia a lo largo del ciclo anual. Un análisis de correspondencia canónica mostró un patrón sucesional en diversos procesos ambientales. La riqueza de especies más baja ocurrió durante la estación seca, durante los meses más fríos. En la temporada de lluvias, aumento la riqueza de especies y la densidad de población disminuyó.

Gómez-Márquez *et al.* (2000) realizaron un análisis de la calidad del agua enfocado a la explotación de tilapia en la laguna Coatetelco, Morelos en donde observaron que los valores de conductividad oscilaron entre 574 y 1110 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los valores de pH los consideraron ligeramente alcalinos con un promedio de 8.9, alcalinidad con un promedio de 82.04 mg/L, con temperaturas del agua de 21 a 32 °C, baja transparencia, debido a la cantidad de materia en suspensión presente; aguas bien oxigenadas (5.85 mg/L) y aguas duras (204.68 mg/L), sólidos totales (859.5 mg/L). Los grupos de zooplancton en la clase de Crustácea se identificaron dos géneros (*Daphnia sp.* y *Moina sp.*) con mayor abundancia en mayo; dos copépodos, un calanoideo (*Diaptomus sp.*) y otro ciclopoideo (*Cyclops*

sp.) con alta abundancia en junio; en el filo Rotatoria se registró a *Brachionus sp.*, principalmente en marzo.

Trejo *et al.* (2000), reportan para el lago Zempoala en el Estado de Morelos un total de 26 especies de zooplancton distribuidas en tres grupos: los copépodos con 2 especies, los rotíferos con 21 especies y los cladóceros con tres especies. Las especies mejor representadas por su densidad y frecuencia fueron *Daphnia laevis* con 11822 org/l y *Keratella cochlearis* con 6442 org/l.

Aguilera (2002) estudió la capacidad de crecimiento de los cladóceros *Alona rectangularis*, *Ceriodaphnia pulex* en aguas residuales en tres estanques de estabilización de una planta de tratamiento en Iztacalco, Ciudad de México.

Gómez (2002) realizó un análisis de la morfometría, batimetría, calidad del agua (factores físicos, químicos y plancton) y aspectos biológico pesqueros de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757), del lago Coatetelco, estado de Morelos, con el fin de caracterizar la producción de esta especie bajo las condiciones ambientales en este sistema acuático. Los resultados de la morfometría y batimetría en mayo indican que es un cuerpo acuático pequeño ($Ao < 120$ ha) y somero (Z media=0.49m), por lo que se considera sistema productivo, con longitud máxima de 1560 m y volumen total de 579276.75 m³ El lago se clasifica dentro de un estado hipertrófico por encontrarse dentro de los valores del índice del estado trófico de Carlson entre 70 a 100.

Gómez-Márquez *et al.* (2003), elaboraron un estudio en el lago Coatetelco con respecto al zooplancton, con un total de cinco especies registradas: Los copépodos, estuvieron presentes en altas abundancias relativas (83%); los cladóceros fueron el segundo grupo de importancia (15%), por último, los rotíferos solo representaron 2% del total de zooplancton.

Dorantes y Zavala (2003) llevaron a cabo muestreos mensuales en la presa Emiliano Zapata, el Lago El Rodeo y el Lago Coatetelco. La presa Emiliano Zapata y El Lago El Rodeo se clasificaron como sistemas monomícticos cálidos y el Lago Coatetelco como cálido polimíctico continuo. Se analizaron los factores físicos y químicos de cada sistema mencionado. Respecto al zooplancton en la Presa Emiliano Zapata se registraron 7 especies, en el Lago el Rodeo y Coatetelco solo se determinaron 6 respectivamente.

Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003) realizaron un estudio acerca de la diversidad de los rotíferos de tres sistemas acuáticos (Bordo Amate amarillo, Las Teclas y Presa Palo blanco) en la subcuenca del río Cuautla,

Morelos. Determinaron 16 especies de rotíferos de las cuales una especie presentó amplia distribución (*Horaëlla thomassoni* n. sp.)

Molina *et al.* (2005) realizaron un estudio con el objetivo de conocer la distribución vertical diaria del plancton en un estanque rústico (sin peces) con fertilización combinada y su relación con algunos factores físicos y químicos del agua, durante siete ciclos diarios. El zooplancton estuvo dominado por dos copépodos (*Cyclops bicuspidatus* y *Diaptomus albuquerquensis*) y un cladócero (*Diaphanosoma brachyurum*) y el fitoplancton por dos clorofíceas (*Ankistrodesmus falcatus* y *Crucigenia quadrata*). Se presentaron tres patrones de migración vertical diaria: inverso, directo o nocturno y crepuscular.

Parra-Flores *et al.* (2006) identificaron la riqueza de especies en dos embalses temporales del Estado de Morelos "San Ignacio" y "Laguna de En medio" y se evaluó la cantidad de biomasa generada por el zooplancton. Este estudio lo realizaron mensualmente con una estación en cada cuerpo de agua. El primero se identificaron 15 especies del zooplancton, siendo rotíferos los más diversos con 11 especies. En el segundo se identificaron 13 especies, de las cuales 8 correspondieron a rotíferos.

Gómez-Márquez *et al.* (2008), evaluaron la composición, abundancia y variación temporal de la comunidad del zooplancton durante un ciclo anual (2001-2002) en el lago el Rodeo. Mediante el análisis de componentes principales, observaron que la abundancia del zooplancton está influenciada más por la cantidad de fitoplancton, la temperatura del agua y ambiente y la época de lluvias.

Díaz *et al.* (2010) hablan de la importancia de los bordos; ellos dicen que hablando 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; bajos niveles de intensidad lumínica por turbidez abiogénica o biogénica

Santos *et al.* (2010) determinaron la producción secundaria en el reservorio Furnas, Brasil, en el cual analizaron diversos parámetros físicos y químicos. La producción secundaria fue evaluada a través de la densidad poblacional y la biomasa de las especies: *Ceriodaphnia cornuta*, *C. silvestrii*, *Bosmina freyi*, *B. hagmanni*, *Bosminopsis deitersi*, *Daphnia gessneri*, *Diaphanosoma spinulosum* y *Moina minuta*, pertenecientes al grupo Cladóceras, el estudio se realizó de agosto de 2006 a julio de 2007.

García (2011) realizó un estudio de morfometría y batimetría en el bordo de "La Palapa" en el mes de junio de 2010, determinando la longitud máxima de 380 m. y un ancho de 146 m., con un perímetro de 846 m. con profundidad máxima de 4 m. Respecto a los parámetros físico-químicos catalogó a las aguas del bordo como bien oxigenadas, con temperaturas cálidas, duras, con pH ligeramente alcalino y gran cantidad de sólidos disueltos. Concluyó que las aguas cuentan con las condiciones adecuadas para el desarrollo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), que contaba con mayores tallas a organismos de la misma especie en cuerpos de agua aledaños.

Villabona *et al.* (2011) evaluaron la variación espacio-temporal de la estructura del zooplancton, registrando rotíferos y microcrustáceos, asociados a macrófitas y se comparó con la variación de su estructura en aguas abiertas, para lo cual tomaron muestras integradas de zooplancton y biomasa de fitoplancton usando una botella Schindler de 5L en cuatro sitios de aguas abiertas y en cuatro sitios cubiertos por macrófitas. Como resultado obtuvieron que las macrófitas favorecen la riqueza zooplanctónica.

Gallardo (2013) analizó la composición, abundancia y riqueza del zooplancton en el bordo Huitchila, Morelos, México y su relación con los factores ambientales durante un periodo septiembre 2010 a septiembre 2011. Identificó 16 especies pertenecientes a tres grupos principales: 11 rotíferos, 3 cladóceros y 2 copépodos. Determinó que la máxima riqueza de especies y abundancia de zooplancton se registró en la época de secas. El microreservorio se considera eutrófico, con aguas cálidas (20.3-28 °C), bien oxigenadas (4.1-16.2 mg/L), ligeramente alcalinas, duras y de baja conductividad (693-1258 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Eskinazi *et al.* (2013) realizaron estudios sobre la composición, densidad y la dinámica temporal del zooplancton en seis reservorios al norte de Brasil en una región semiárida. Los reservorios fueron catalogados como altamente eutróficos con altos niveles de nitrógenos y fósforo, así también una alta biomasa algal. Determinaron a tres especies del grupo de los rotíferos como dominantes, dos del género *Keratella* y una del género *Brachionus*.

Granados-Ramírez *et al.* (2014) reportaron para el bordo la Palapa un total de 10 especies de zooplancton, cabe resaltar que el estudio lo realizaron antes del proceso de dragado al que fue sometido el sistema. Clasificaron al sistema como hipereutrófico con aguas cálidas, oxigenadas y con valores de pH desde 6.1 en temporada de secas y 8.7 durante las lluvias.

Justificación

La importancia de este trabajo está en que en el territorio nacional y en específico en el estado de Morelos, existe un severo problema con la distribución del recurso hídrico y debido a esto se han construido un gran número de reservorios de agua con distintos usos, en particular para la agricultura; sin embargo, de muchos de ellos no se tiene información acerca de la calidad de agua y de la composición y el papel ecológico que juegan el zooplancton en este tipo de microreservorios.

Estos sistemas son dinámicos, ya que debido a su poca profundidad se ven influenciados por aspectos climáticos, edáfico, morfométricos y antropogénicos y hace que se tengan variaciones en sus parámetros físico-químicos en periodos muy cortos de tiempo, lo que se traduce en que estos sistemas sean de mucha importancia, ya que se pueden hacer estudios de su comportamiento y de las comunidades que habitan en ellos, además de que las aguas de los bordos no solo son para el riego de cultivos, también se utilizan como abrevaderos, en ocasiones para consumo humano y actualmente para la acuicultura. Las aguas de estos sistemas son muy importantes para la acuicultura de repoblamiento o extensiva, ya que se produce proteína de alta calidad para los pobladores de la región a un bajo costo, porque la introducción de los organismos a cultivar (peces) dependerá de la cantidad de alimento disponible en el cuerpo de agua de manera natural y la trama trófica de los sistemas se ve sostenida por los productores primarios (fitoplancton) y el zooplancton la transforma, transfiere, almacena y regula la energía a los niveles más altos de la cadena trófica, en este caso a los peces. Por lo tanto, también se puede considerar como un bioindicador de las condiciones que prevalecen y mantienen la producción del ecosistema.

Hipótesis

Se espera que al comparar la zona litoral respecto a la zona limnética haya una diferencia significativa en cuanto a la abundancia y diversidad de las especies de los rotíferos, ya que por los hábitos este grupo tiende a estar en zonas someras; además también que en la zona litoral hay zonas con vegetación y se tiene documentado que la abundancia de este grupo se ve favorecida por la presencia de vegetación ribereña.

También se espera que la abundancia y diversidad del género *Brachionus* perteneciente al grupo de los rotíferos sea mayor que la de los otros grupos del zooplancton (copépodos y cladóceros), porque las aguas de este bordo han sido catalogadas como eutróficas, con gran cantidad de sólidos en suspensión y algunas especies del género mencionado son

indicadoras de este tipo de aguas, además del tipo de alimentación que estos tienen.

Objetivo Principal

Evaluar la composición, abundancia y diversidad del zooplancton y su relación con los factores físico-químicos del microreservorio.

Objetivos específicos

Determinar la composición del zooplancton al nivel taxonómico posible.

Evaluar la variación estacional de la clorofila *a* como indicador de la biomasa del fitoplancton y su relación con el zooplancton.

Obtener la variación de la comunidad del zooplancton por medio de los índices de Shannon-Weiner, equitatividad de Pielou y dominancia.

Determinar el nivel trófico del bordo "La Palapa" por medio del índice de Carlson y Simpson (1996).

Analizar la relación de los organismos del zooplancton con las variables ambientales del medio acuático.

Zona de estudio

El municipio de Ayala, se ubica en la parte central del estado de Morelos, entre los 18°46' norte y los 98°59' oeste (Figura 4), a 1,220 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2000).

Limita al norte con los municipios de Yautepec, Cuautla y Yecapixtla, al sur con Tepalcingo y Tlaquiltenango; al este con Temoac, Jantetelco y Jonacatepec y al oeste con Tlaltizapán y Yautepec. La distancia aproximada a la capital del estado es de 60 km. Tiene una extensión territorial de 345.688 km² y representa el 6.97% con respecto a la superficie del estado (SEGOB, 2005).

Clima

El clima en este municipio con base en la clasificación climática propuesta por Köppen y modificada por García (2004) es cálido subhúmedo con lluvias en verano ($Aw_2(w)ig$), este estrato climático, se localiza en alturas sobre el nivel del mar menor a 1,400 m. La precipitación media anual es de 800 mm y una temperatura media anual de 24°C; el viento tiene una dirección de noreste a suroeste.

Hidrografía

Este municipio se beneficia con la afluencia de la microcuenca del río Cuautla, del río Ayala que se favorece con los escurrimientos de las barrancas El Hospital y Calderón; estos ríos se juntan al este de la cabecera y siguen su curso hacia el sur, pasando por Abelardo L. Rodríguez, Olintepepec y Moyotepec, en donde recibe las aguas de la barranca de Ahuehueyo.

La parte oriente del municipio, la cruza la barranca de la Cuera, los Papayos y los Guayabos, que atraviesan Tlayecac, sigue hacia el sur pasando por Xalostoc, aguas abajo se une al río Cuautla. Posteriormente este río sigue por San Vicente de Juárez y Tecomalco, para desembocar en el Amacuzac y finalmente al río Balsas.

Cuenta también con pequeños manantiales como el Axocoche, El Colibrí y el Platanal; además de unos pequeños vasos de agua en Anenecuilco, Xalostoc, Moyotepec y la presa Palo Blanco (SEGOB, 2005).

Orografía

El municipio forma parte de los fértiles valles del Plan de Amilpas, los cerros más importantes son El Tenayo, El Aguacate, El Jimil y el cerro Prieto que alcanzan alturas del orden de 1,500 m.s.m.n.

Vegetación

La vegetación es selva baja caducifolia, principalmente encontramos cubatas, casahuates (*Ipomoea arborescens*), amates (*Phicus insípida*), framboyanes (*Delonix regia*), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), guaje colorado (*Leucaena esculenta*), mezquite (*Prosopis velutina*), palo dulce (*Atriplex nummularia*), bonete (*Jacaratia mexicana*), tepejuaje (*Lysiloma acapulcense*), frutales tales como anon (*Annona reticulata*), chirimoya (*Annona cherimola*), mamey (*Pouteria sapota*), ciruelo (*Prunus cerasifera*), guayabo (*Psidium guajava*) y limón (*Citrus aurantifolia*).

La fauna también es muy variada, entre ellos tenemos al mapache o tejón (*Procyon lotor*), conejo (*Oryctolagus cuniculus*), zorrillo (*Mephitis macroura*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), tlacuache (*Didelphis virginiana*), coyote (*Canis latrans*), urraca (*Corvus corax*), zopilote (*Sarcoramphus papa*), lechuza (*Tyto alba*), gavilán (*Buteo nitidus*), iguana (*Conolophus subcristatus*) y escorpión (*Buthus occitanus*). Entre los peces se cuenta con bagre (*Ictalurus balsanus*), varias especies de cíclidos nativos (*Cichlasoma* spp.) y mojarra (*Oreochromis niloticus*) (INEGI, 2000).

Características y Uso de Suelo

Los tipos de suelos que predominan en el municipio son Vertisol pélico y háplico; Chernozem (suelos que a una profundidad de por lo menos 15 cm, buen contenido de material orgánico), Castañozem (suelos tienen un buen contenido de materia orgánica y color pardo o castaño con altas concentraciones de caliza), Feozem háplico y Litosol (suelos delgados, pedregosos de topografía accidentada y susceptibles a la erosión) (INEGI, 2009).

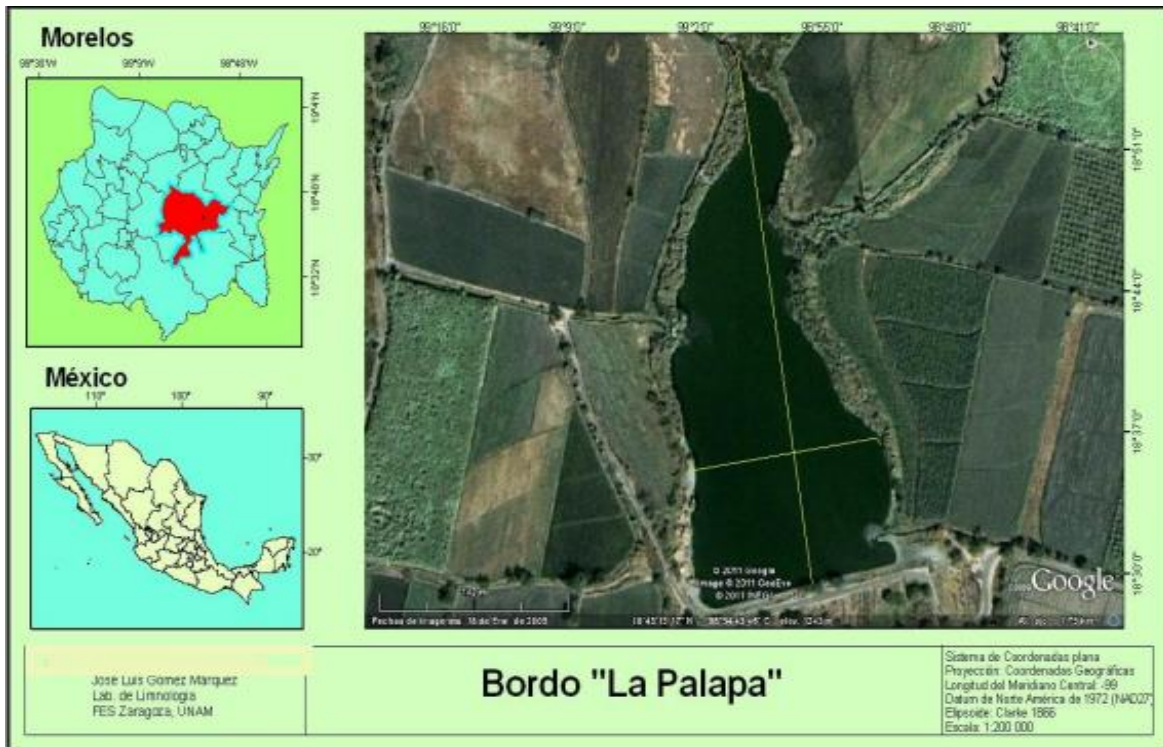


Figura 4. Ubicación del área de estudio

Material y Método

El trabajo se realizó en tres fases: de campo, laboratorio y gabinete.

Fase de campo

Se realizaron muestreos mensualmente de marzo del 2016 a marzo del 2017 en dos estaciones de monitoreo (Figura 4), cada uno de ellas se ubicaron mediante el sistema de coordenadas geográficas con un GPS (Sistema de Geoposicionamiento), además de realizar una colecta en la zona litoral, principalmente en el área donde prevalezca vegetación acuático sumergida o arraigada.

En cada sitio se determinaron los siguientes parámetros: Hora del muestreo, nubosidad, temperatura ambiental y del agua (con un termómetro de ± 1 °C), hora del día y transparencia (mediante disco de Secchi).

Para la toma de muestras de agua a dos niveles de profundidad (0.30 y 1.0 m) se utilizó una botella Van Dorn de dos litros de capacidad y las muestras fueron almacenadas en botellas de un litro para el posterior análisis de los parámetros químicos. Para la determinación de los siguientes factores *in situ* como oxígeno disuelto y la temperatura de agua se empleó un oxímetro marca HANNA, modelo HI 9146. El pH, la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos se midieron con un multiparámetros marca HANNA, modelo HI 991300. Para el análisis del fitoplancton, de la botella Van Dorn se tomó una alícuota de 125 ml en una botella de polietileno y se le adicionó cinco gotas de acetato de Lugol (Schowöerbel, 1975).

Para la colecta del zooplancton se empleó una red de 63 μm de luz de malla y se filtraron 100 litros de agua en zonas litorales y alrededor de 200 litros en las zonas limnéticas por las características del sistema acuático, se obtuvieron muestras de aproximadamente 500 ml y se almacenaron en botellas de polietileno. Las muestras con los organismos se fijaron utilizando formalina comercial al 10%.

Posteriormente se realizó el análisis de las siguientes variables ambientales *in situ* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Métodos para determinar la calidad de agua

Variable	Método
Alcalinidad Total (mg CaCO₃/L)	Volumetría con indicadores
Dureza Total (mg CaCO₃/L)	Complejométrico

(SARH 1982, Arredondo 1986, APHA 1992)

Fase de Laboratorio:

Para la cuantificación de los nutrimentos, se realizaron los siguientes métodos (Cuadro 2):

Cuadro 2. Métodos para análisis de nutrimentos.

Nutrimento	Método
Amonio(mg/L)	Azul de Indofenol (Fenato)
Fósforo Total (mg/L)	Fosfomolibdato con digestión
Fósforo Reactivo Soluble (mg/L)	Cloruro estanoso
Clorofila "a" (mg/L)	Espectrofotómetro

(Pacheco-Meneses *et al.*, 1982; Cervantes, 1984; Arredondo-Figueroa, 1986; Lind, 1979; Gómez-Márquez *et al.*, 2014)

Los organismos del zooplancton se determinaron colocando 1 ml de muestra en una cámara de conteo Sedwick-Rafter, esta cámara es especial para la cuantificación del zooplancton para expresar la cuantificación en densidad de plancton con respecto a una unidad de volumen (org/l) (Schowöerbel, 1975), ya que es capaz de contener 1 ml de muestra lo que ayudara a calcular los números de individuos de los diferentes tres grupos de zooplancton (copépodos, rotíferos y cladóceros) presentes en el volumen de la botella. Este procedimiento se realizó por lo menos dos o tres veces.

Para la determinación de los organismos, se empleó la siguiente literatura especializada: Ahlstrom (1940), Osorio, (1942), Needham y Needham (1972), Koste (1978), Korovochinsky y Smirnov (1998). Silva-Briano y Suárez-Morales (1998), Nogrady y Segers (2002) y Elías-Gutierrez *et al.* (2008).

La densidad del fitoplancton se determinó por el método de conteo, con ayuda de cámaras de sedimentación con capacidad de 10 mL (Wetzel y Likens, 2000). El conteo e identificación se realizó en un microscopio invertido siguiendo el método de Utermöhl (Schwoerbel, 1975; Hasle, 1978), hasta el nivel taxonómico posible para posteriormente expresar los datos en cel/mL.

Clorofila "a": Para la determinación de clorofila "a", se utilizó el método propuesto por Lind (1979) y APHA, AWWA Y WPCF (1992). Se filtraron entre 150 y 200 ml de la muestra de agua con un filtro Millipore de 0.45 µm, y utilizando vacío, éste se colocó en un tubo para centrifuga, se adicionaron de 2 a 3 ml de acetona al 90%, después se macero el filtro y se completó el volumen de acetona hasta 10 ml. Se colocaron en obscuridad durante 2 horas a temperatura ambiente y después se centrifugó durante 10 minutos a 4000 rpm.

Posteriormente se extrajo el sobrenadante con una pipeta tipo Pasteur y se colocó en una celda de vidrio, para su lectura en el espectrofotómetro a longitudes de 750 nm (para correcciones por error de turbidez), 665, 645 y 630 nm, que son las máximas absorbencias de la clorofila a. Se utilizó un blanco de acetona al 90%. Se aplicó el índice de Margalef (D430/665) (Contreras 1994).

La concentración para la clorofila a en µg/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 obtenidos se multiplicaron por el volumen de la extracción en ml y se dividió por el volumen de agua en litros (Lind, 1979; Contreras, 1994).

Fase Gabinete

Índice de Shannon-Weiner: Para determinar la variación de la diversidad de especies dentro del sistema, se utilizó el índice de Shannon-Weiner (Brower y Zar, 1977; Moreno, 2001), este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores; el número de especies presentes y la abundancia relativa. Se recurre a este índice ya que asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. La fórmula es la siguiente:

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

Dónde: H= índice de diversidad

S= Número de especies

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

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 (Magurran, 1988).

Para la equidad se utilizará la siguiente fórmula:

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

(Moreno, 2001).

Donde $H' \text{max}$ se determina con la formula $H' \text{max} = \ln (S)$

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; Moreno 2001).

Para la jerarquización de las especies en función de la abundancia y la frecuencia de aparición en la comunidad zoopláctica, se utilizó el diagrama de Olmstead-Tukey (Sokal y Rohlf, 1979).

Para obtener el grado de eutrofización del sistema acuático, este se determinó a través del índice del estado trófico (IET), propuesto por Carlson y Simpson (1996). Los valores que se tomaron para determinar este índice son las medias mensuales de los siguientes parámetros: visibilidad al disco de Secchi (transparencia), concentración del fósforo total y la concentración de clorofila "a". El valor del IET está en una escala de 0 a 100, donde un valor inferior a 20 nos indica condiciones de ultraoligotrofia; entre 30 y 40 oligotrofia; entre 40 y 60, mesotrofia; en el rango de 60 y 90 representa la eutrofia y por arriba de ese valor hipereutrofia.

Las ecuaciones para el cálculo del IET son:

$$IET \text{ disco de secchi (IETs)} = 60 - (14.41 [\ln\{DS \text{ promedio}\}])$$

$$IET \text{ fosforo total (IET ft)} = 14.2 [\ln \{FT. \text{ promedio}\}] + 4.15$$

$$IET \text{ clorofila a (IET ca)} = 9.81 [\ln\{\text{clorofila a promedio}\}] + 30.6$$

Cuadro 3. Escala de valores del estado trófico de los cuerpos de agua (Modificado de Carlson (1977, 1980; en Moreno-Franco *et al.*, 2010)

Estado de eutrofia	TSI	D Secchi (m)	P total (mg/m ³)	Clorofila a (mg/m ³)
Oligotrófico (TSI<30)	0	64	0.75	0.04
	10	32	1.5	0.12
	20	16	3	0.34
	30	8	6	0.94
Mesotrófico (30<TSI<60)	40	4	12	2.6
	50	2	24	6.4
	60	1	48	20
Eutrófico (60<TSI<90)	70	0.5	96	56
	80	0.25	192	154
	90	0.125	384	427
Hipereutrófico (90<TSI<100)	100	0.062	768	1183

Se aplicó el Análisis Exploratorio de Datos (Salgado, 1992) para reconocer el comportamiento de los parámetros físico-químicos para relacionar las variables físicas, químicas y biológicas y aplicar los métodos paramétricos (t-student, ANOVA de una vía, correlación de Pearson) o no paramétricos (U de Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, Correlación de Spearman), dependiendo de la comprobación de los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Marques, 2004). Asimismo, se utilizó el análisis estadístico multivariado (Análisis de Componentes Principales) que es una técnica de síntesis de la información. Esto quiere decir que, dado un conjunto de datos con muchas variables, el objetivo es reducirlas, perdiendo la menor información posible y que puedan explicar el comportamiento de las variables que más influyen en la relación. Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete de STATGRAPHICS Centurion XVI Versión 16.1.18. Este análisis se efectuó con la finalidad de establecer el grado de asociación que existe entre las variables físicas, químicas y bióticas (Jeffers, 1978). Posteriormente, se aplicó el análisis de Correspondencia Canónica (CCA) utilizando el programa PAST v. 3.19, que es un método multivariado para explicar las relaciones y determinar la influencia de las diferentes variables físicas, químicas y biológicas sobre los grupos y las especies del zooplancton. Posteriormente se realizaron graficas de los parámetros físico-químicos contra el tiempo.

Resultados

Parámetros Físicos y Químicos

Se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney para los parámetros físicos químicos y biológicos (debido a que al aplicar la prueba de Levene, los datos no presentaron homocedasticidad), la cual mostró que no había diferencias significativas entre estaciones y niveles obteniendo los siguientes valores: Temperatura del agua ($W=78$; $p=0.758$), transparencia ($W=81$; $p=0.8762$), conductividad ($W=44$; $p=0.402$), sólidos disueltos totales ($W=52.5$; $p=0.1061$), pH ($W=100$; $p=0.4415$), profundidad ($W=29.5$; $p=0.0508$), alcalinidad ($W=103$; $p=0.3359$), dureza total ($W=117$; $p=0.1007$), clorofila "a" ($W=95.5$; $p=0.5895$), oxígeno disuelto ($W=80$; $p=0.8374$), fósforo total ($W=99$; $p=0.4726$), amonio ($W=71$; $p=0.5049$) y ortofosfatos o fósforo reactivo soluble ($W=82$; $p=0.9182$), es por esto que se decidió tomar promedios de ambas estaciones.

Al no encontrar diferencias significativas entre estaciones, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis ($p<0.05$) para comprobar que los parámetros presentaban diferencias de manera temporal a través de los meses de muestreo: Temperatura del agua ($H=23.7$; $p=0.022$), transparencia ($H=21.7$; $p=0.040$), pH ($H=22.5$; $p=0.031$), clorofilas ($H=22.8$; $p=0.028$), fósforo total ($H=22.6$; $p=0.030$), ortofosfatos o fósforo reactivo soluble ($H=22.1$; $p=0.035$), en los parámetros que no se registraron cambios significativos a través del estudio son: oxígeno disuelto ($H=19.6$; $p=0.074$), conductividad ($H=14.2$; $p=0.285$), sólidos totales disueltos ($H=15.1$; $p=0.232$), alcalinidad total ($H=13.0$; $p=0.363$), dureza total ($H=15.7$; $p=0.207$), profundidad total ($H=25$; $p=0.14$), y amonio ($H=18.9$; $p=0.088$).

La temperatura del agua en ambas estaciones del bordo La Palapa mostró sus valores máximos durante el mes de junio con 29.2°C y 28.3°C para la estación 1 y 2 respectivamente, los valores mínimos se registraron en el mes de enero con 19.3 y 19.7°C para cada estación; la temperatura del agua se mantuvo por encima de los 19°C a través de los meses de estudio (Figura 5). Con respecto a la temperatura ambiental, el mínimo se registró en el mes de marzo con 19°C y el máximo en abril con 34°C .

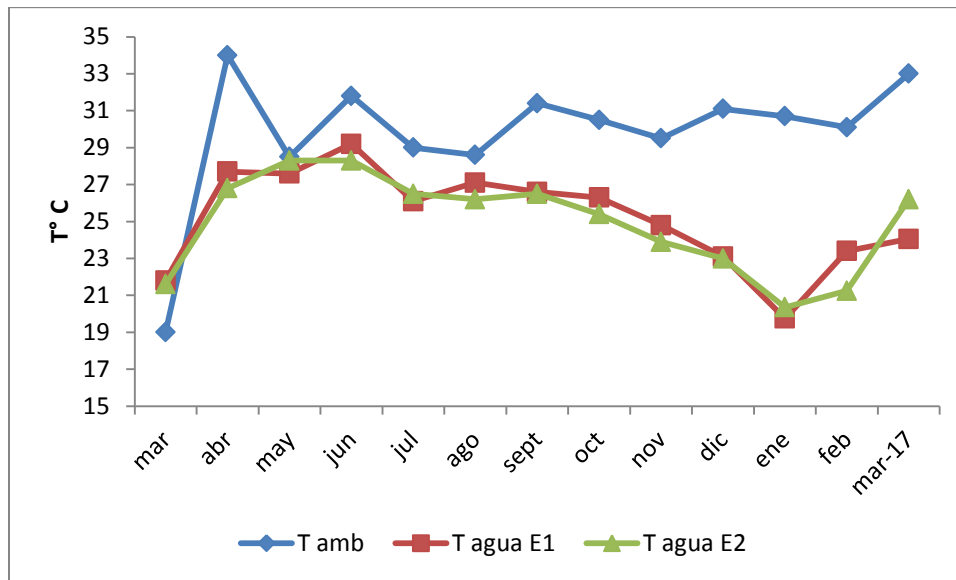


Figura 5. Comportamiento temporal de la temperatura del agua y ambiental para ambas estaciones

La visibilidad al disco de Secchi presenta el mismo comportamiento para ambas estaciones, el valor mínimo se registró en el mes de abril con 0.20 m en la E2 y el máximo en octubre con 0.47 m en la E1. La profundidad en E1 osciló entre 2.3 y 4.3 m para los meses de diciembre y julio respectivamente, mientras en la E2 va de 0.8 m en el mes de diciembre a 3.2 m, en el mes de agosto, durante la época de lluvias (figura 6).

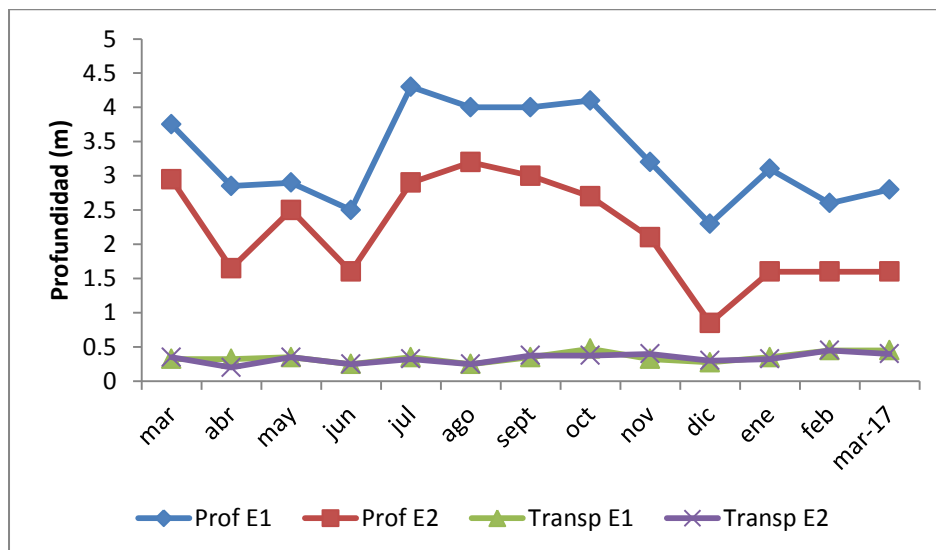


Figura 6. Visibilidad al disco de Secchi y la profundidad para ambas estaciones

En la figura 7 se observó la relación inversa entre la temperatura del agua y la concentración del oxígeno disuelto (OD), los valores mínimos de oxígeno disuelto se registraron en el mes de marzo, mayo y octubre, los máximos durante abril, diciembre y enero; en ambas estaciones no se detectó anoxia. Para el caso del pH, ambas estaciones registraron un comportamiento homogéneo, sin mostrar cambios bruscos en sus valores; de acuerdo con los valores del pH se catalogan a las aguas del bordo “La Palapa” como ligeramente alcalinas y cálidas por los valores de temperatura.

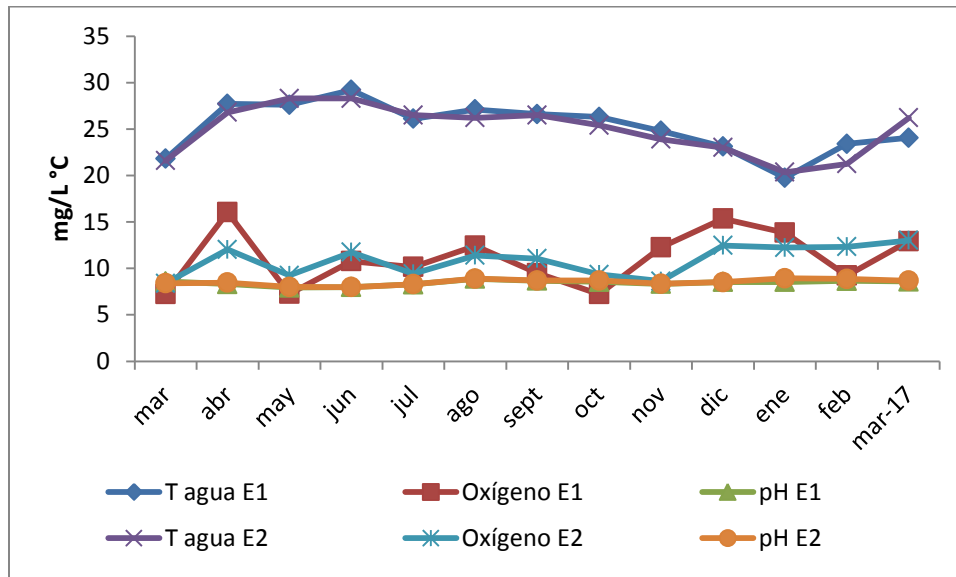


Figura 7. Comportamiento del oxígeno disuelto (OD), temperatura del agua y pH

Se puede observar (Figura 8) que la conductividad registró el valor máximo para E1 en el mes agosto y para E2 durante marzo, los valores mínimos se presentaron durante los meses de diciembre y agosto respectivamente

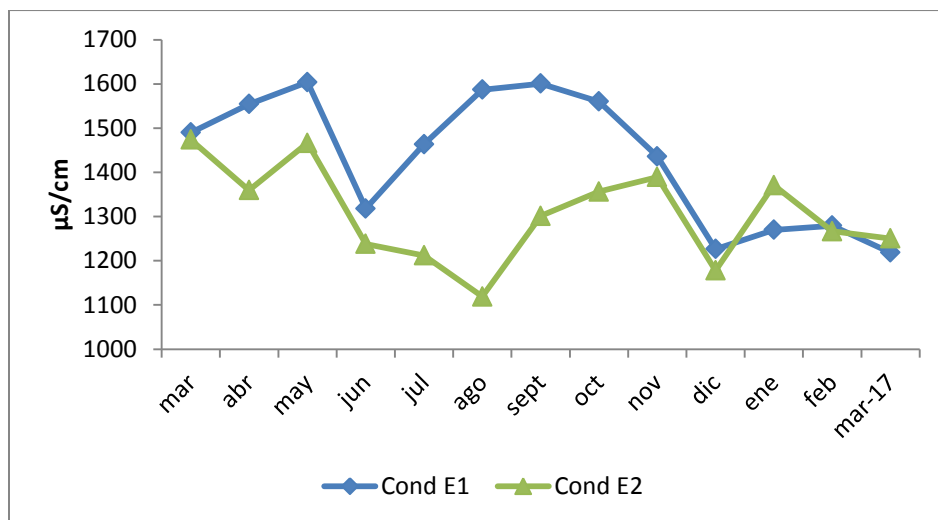


Figura 8. Comportamiento temporal de los sólidos y la conductividad en el bordo La Palapa

Se puede observar en la figura 9 que la alcalinidad y la dureza total tuvieron su valor máximo en el mes de julio y agosto con 287 y 356 mg/L de CaCO_3 respectivamente para la E1; mientras que en la E2 durante noviembre se registró un máximo de 427 mg/L de CaCO_3 para alcalinidad y de 311 mg/L de CaCO_3 de dureza para el mes de diciembre. Los valores mínimos se detectaron durante los meses de abril y mayo para ambas estaciones. De acuerdo a los valores registrados, el cuerpo de agua se puede considerar como productivo y con aguas duras.

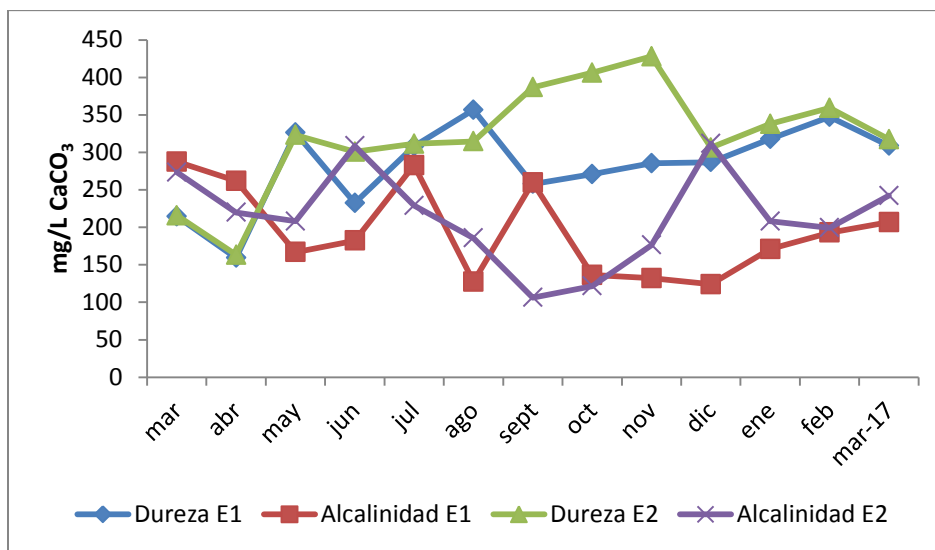


Figura 9. Comportamiento de la dureza total y alcalinidad para ambas estaciones del bordo la Palapa

Nutrimientos

Respecto a los nutrientes evaluados (fósforo total, fósforo reactivo soluble y amonio) se puede apreciar que en las dos estaciones se registró un comportamiento similar, se obtuvieron concentraciones máximas de fósforo total durante los meses de secas cálidas (abril, mayo y junio), de igual modo después del periodo de lluvias, esto se podría deber al lavado de los suelos destinados a la agricultura, acarreando grandes concentraciones de nutrientes a las aguas del bordo "La Palapa" (Figura 10). Respecto al fósforo reactivo soluble y amonio presentan el mismo comportamiento a través del tiempo, de igual modo, se puede apreciar que cuando aumenta la concentración del fósforo total también aumenta la del fósforo reactivo soluble (H_3PO_4). El amonio, al igual que el fósforo reactivo soluble incrementaron sus valores durante la época de secas frías y cálidas, disminuyendo durante los meses de lluvias.

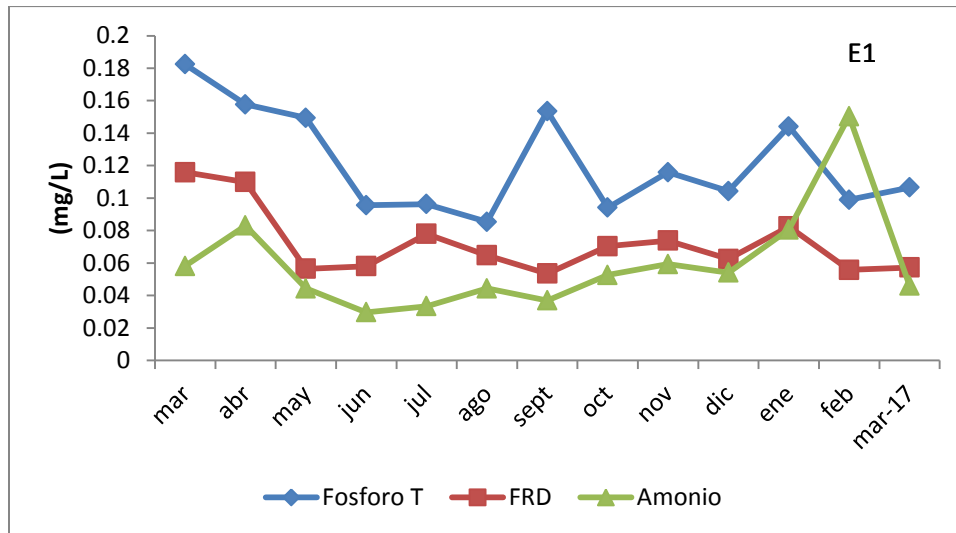


Figura 10. Comportamiento de nutrientes en la E1 del bordo "La Palapa"

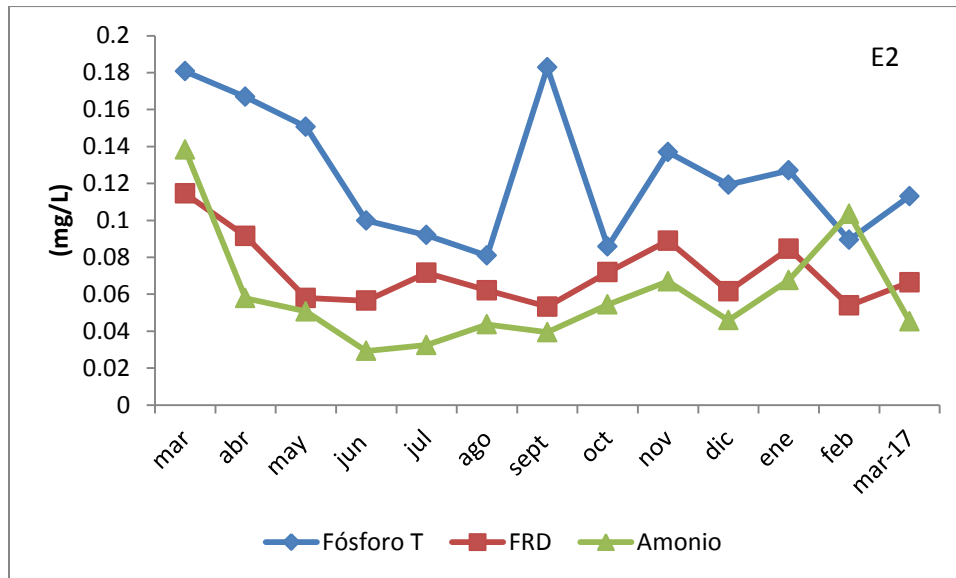


Figura 11. Comportamiento de nutrimentos en la E2

De acuerdo con los valores obtenidos de nutrimentos, se muestra que las aguas del microreservorio de “La Palapa” tienen buenas concentraciones para sostener las comunidades que habitan en ellas.

Perfil vertical de Temperatura y oxígeno disuelto

Se realizó el perfil vertical de la temperatura en la columna de agua para tener más información acerca de los procesos de estratificación o de mezcla que pueden llegar a presentarse en el bordo tomando en cuenta la temporada del año respecto a la profundidad. Para la estación 1 y 2 se registró una mezcla durante el mes de marzo. Para el resto de los meses se observa un proceso de estratificación, cabe mencionar que los registros se realizaron alrededor de las 13:00 horas, por esto no es posible determinar una evidente estratificación o periodos de mezcla, ya que es necesario realizar un ciclo nictimeral en el cual se pueda observar el comportamiento de la temperatura durante 24 horas en diferentes meses y así poder clasificar el sistema acuático. La temperatura más fría se registró en enero y la más cálida durante junio.

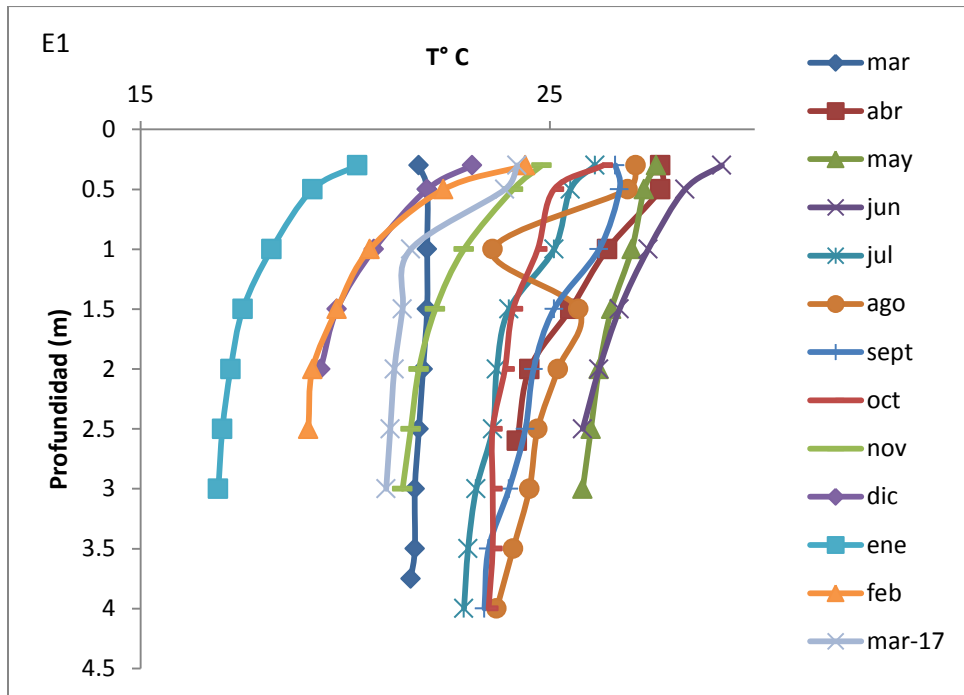


Figura 12. Perfil vertical de la temperatura en el sistema La Palapa

Los valores mínimos de temperatura para las E1 y E2 se registraron en enero. Las temperaturas más altas se registraron en los meses de mayo y junio para ambas estaciones.

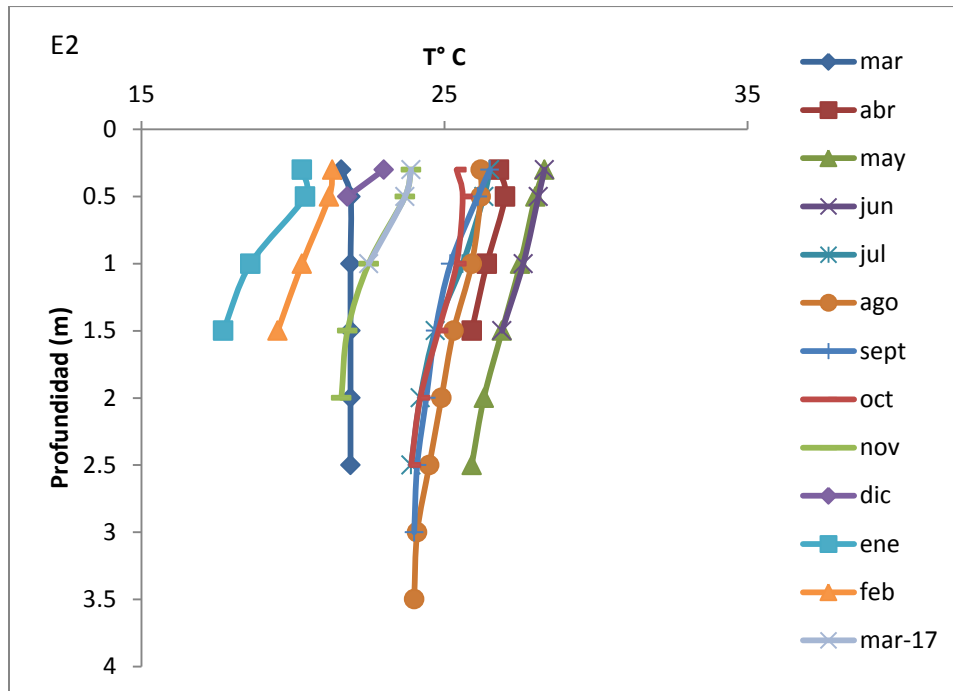


Figura 13. Perfil vertical de la temperatura en el bordo La Palapa

En la figura 14 se muestra que la mayor concentración de oxígeno disuelto en la E1 se registró en la superficie de la columna de agua (zona trofógena), donde se tiene una mayor actividad del fitoplancton, pero conforme aumenta la profundidad disminuye la cantidad de organismos del fitoplancton y con ello la cantidad de oxígeno disuelto, esto debido en primer lugar a la poca transparencia que se registró en el sistema por la cantidad de sólidos en suspensión, por la disminución en la penetración de la luz debido al proceso de extinción y por otro lado, a los procesos de descomposición o degradación de la materia orgánica por los organismos aerobios, generando valores mínimos de oxígeno en el agua con tendencia posiblemente a la anoxia en la zona trofólítica después de los 2 m de profundidad, aunque esto no se llegó a registrar, a pesar de que los muestreos se realizaron alrededor de las 13:00 y 14:00 h. cuando la temperatura ambiental es alta y la cantidad de oxígeno en el sistema acuático disminuye.

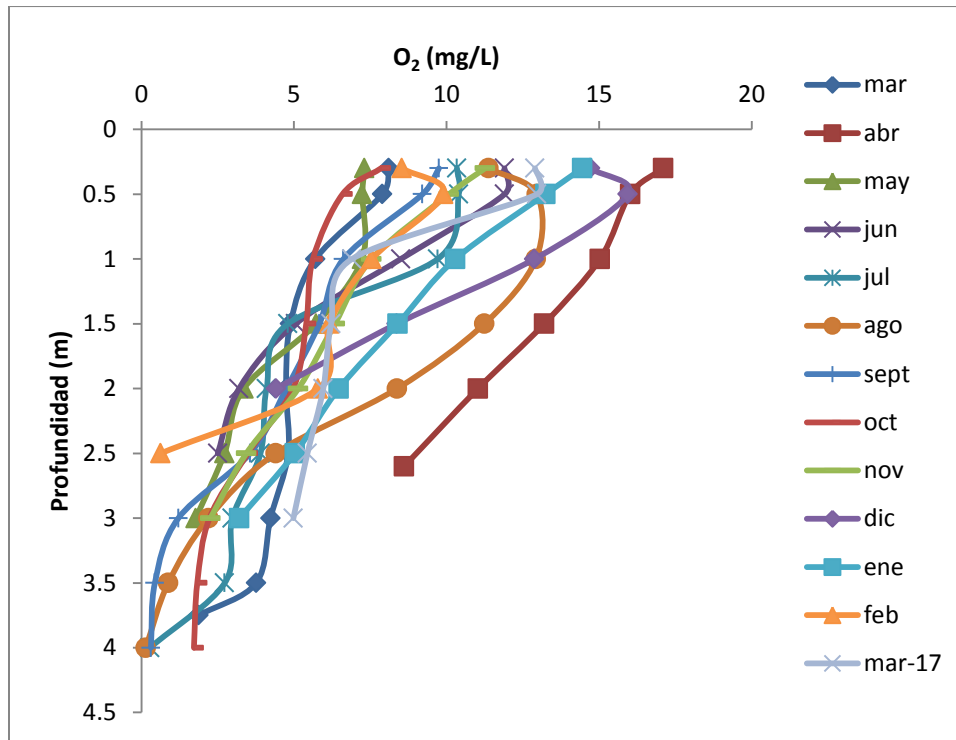


Figura 14. Perfil vertical de Oxígeno en la E1 el sistema La Palapa

Para la E1 los valores más altos de oxígeno han sido registrados en el mes de abril; cabe resaltar que en los meses de agosto y diciembre se observa un aumento de oxígeno a 0.5 m, esto podría ser resultado del proceso de fotoinhibición del fitoplancton que se registra a los 0.30 m y por lo tanto, un aumento en la producción de oxígeno en este nivel de profundidad, comportamiento que también se registró en la E2 en el mes de junio. Los valores máximos se registraron en los meses de abril y junio. Los mínimos se presentaron en los meses de marzo y mayo, esto en temporada de secas cálidas, lo cual se debe a una mayor concentración de los sólidos en suspensión debido a que el volumen del sistema disminuye, lo que dificulta la penetración de los rayos solares a mayor profundidad y con ello, la reducción de la zona trofogénica. El tipo de curva del oxígeno disuelto fue de tipo clinógrada para ambas estaciones.

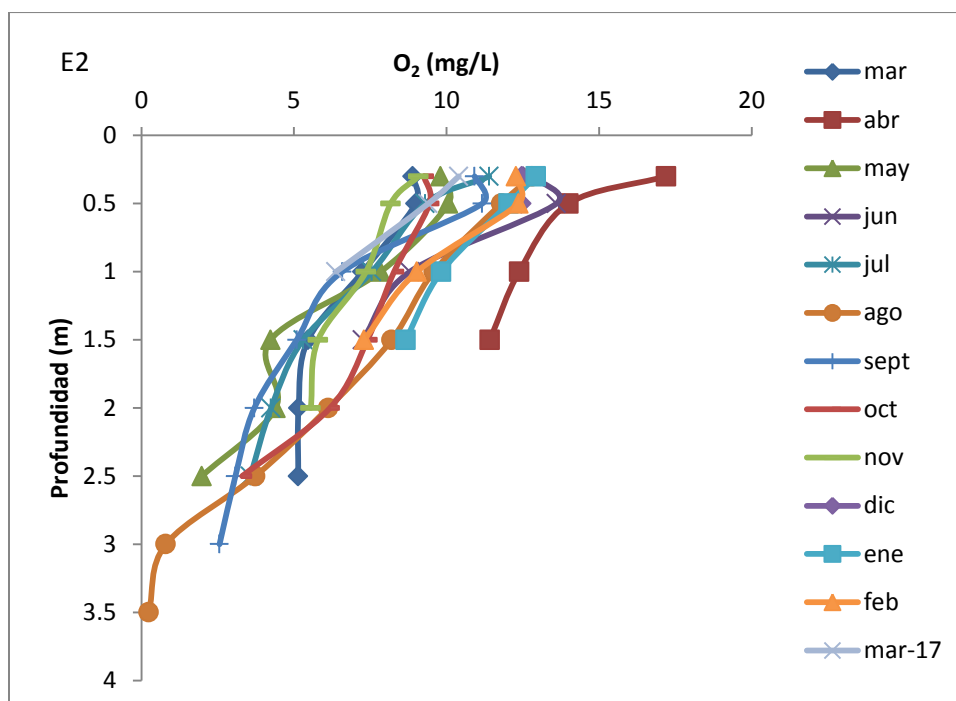


Figura 15. Perfil de Oxígeno disuelto para la E2 en el sistema La Palapa

En la tabla 4 y 5, se muestra el resumen de los valores de la calidad de agua registrada para estación 1 y 2 respectivamente, en el bordo La Palapa, durante el periodo de Marzo del 2016 a Marzo del 2017.

Tabla 1. Intervalos de los parámetros físicos y químicos para la Estación 1

Parámetro	Mín.	Máx.	Promedio
T agua (°C)	19.7	29.2	25.1
T ambiente (°C)	19	34	29.7
Disco de Secchi (m)	0.25	0.47	0.34
Profundidad (m)	2.3	4.1	3.2
Oxígeno Disuelto (mg/L)	7.22	16.0	11.09
pH	7.98	8.88	8.44
Conductividad (µS/cm)	1226	1604	1431
Sólidos totales (ppm)	635	836	729
Dureza total (mg/L)	159	356.5	282
Alcalinidad total (mg/L)	123	287.5	194
Fósforo total (mg/L)	0.085	0.18	0.11
FRD (mg/L)	0.053	0.11	0.07
Clorofila "a" (µg/L)	2.96	17.0	11.42
Amonio (mg/L)	0.02	0.15	0.05

Tabla 2. Intervalos de los parámetros físicos y químicos de la Estación 2

Parámetro	Mín.	Máx.	Promedio
T agua (°C)	20.3	28.3	24.9
T ambiental (°C)	19	34	29.7
Disco de Secchi (m)	0.2	0.45	0.33
Profundidad (m)	0.85	3.2	2.1
Oxígeno Disuelto (mg/L)	8.3	13.01	10.86
pH	7.9	8.9	8.5
Conductividad (µS/cm)	1119	1466	1306
Sólidos totales (ppm)	581	766	681
Dureza total (mg/L)	163	428	320
Alcalinidad total (mg/L)	106	311	214
Fósforo total (mg/L)	0.080	0.21	0.12
FRD (mg/L)	0.05	0.11	0.07
Clorofila "a" (µg/L)	2.96	57.6	16.3
Amonio (mg/L)	0.02	0.21	0.05

Riqueza de especies pertenecientes al fitoplancton

En el bordo "La Palapa" se identificaron 29 géneros de fitoplancton, correspondientes a 5 divisiones, destacando por su abundancia Chlorophyta (54%), Cyanobacteria (27%) y Euglenophyta (10%); con menor abundancia las divisiones Bacillariophyta y Criptophyta con 6% y 3% respectivamente.

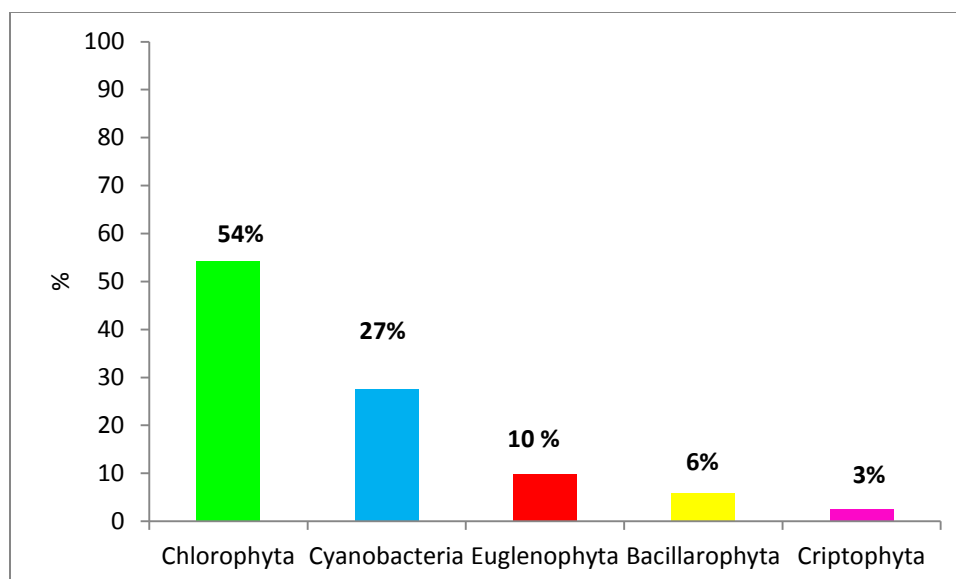


Figura 16. Porcentajes de la abundancia de las divisiones del fitoplancton presentes en La Palapa

**Cuadro 4. Listado ficológico del sistema La Palapa
Registro de géneros**

DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	GENERO
CHLOROPHYTA	TREBOUXIOPHYCEAE	Chlorellales	<i>Chlorella</i> (Beijerinck, 1890)
	CHLOROPHYCEAE	Volvocales	<i>Chlamydomonas</i> (Ehrenberg, 1833) <i>Monoraphidium</i> (Komárkova-Legnerová, 1969)
		Sphaeropleales	<i>Selenastrum</i> (Reinsch, 1867) <i>Kirchneriella</i> (Schmidle, 1863) <i>Ankistrodesmus</i> (Corda, 1838) <i>Scenedesmus</i> (Meyen, 1829)
		Chlorococcales	<i>Chlorococcum</i> (Meneghini, 1842) <i>Crucigenia</i> <u>Morren</u> , 1830
ZYGNEPHYCEAE	Nephroselmiales	<i>Nephroselmis</i> <i>Actinastrum</i> Lagerheim, 1882 <i>Coelastrum</i> (Nägeli, 1849)	
		Desmidiales	<i>Cosmarium</i> (Corda ex Rals 1848) <i>Closterium</i> (Nitzsch ex Ralfs, 1848) <i>Tetraselmis</i> F.Stein, 1878 <i>Tetrastrum</i> Chodat, 1895 <i>Elakathothrix</i> Wille, 1898
	Chaetophorales		
CYANOBACTERIA		Nostocales	<i>Spirulina</i> (Turpin ex Gomont, 1893)
		Chroococcales	<i>Aphanocapsa</i> (Nägeli, 1849) <i>Ceolospherium</i> Nägeli, 1849 <i>Chrococcus</i> (Nägeli, 1849) <i>Gleocapsa</i> (Kützing, 1843) <i>Merismopedia</i> (Meyen, 1839) <i>Microcystis</i> (Kützing, 1833 ex Lemmermann, 1907)
EUGLENOPHYTA		Euglenales	<i>Euglena</i> (Enrenberg, 1833) <i>Phacus</i> (Dujardin, 1841)
HETEROKONTOPHYTA (BACILLARIOPHYTA)	PENALES	Diatomea	<i>Navicula</i> Bory de Saint-Vincent, 1822
	RADIALES		<i>Cyclotella</i> (Kütz.) <u>Brébisson</u> , 1838
CRYPTOPHYTA		<i>Chroomonas</i>	<i>Chroomonas</i> (Hansgirk, 1885)

De los 28 géneros que componen la comunidad fitoplanctónica de La Palapa (Cuadro 3), sobresale la división Chlorophyta con 16 géneros, la división que sigue por su abundancia es Cyanobacteria con 7 géneros. Las divisiones Euglenophyta y Bacillariophyta están representadas por los 2 géneros cada una y la división Cryptophyta cuenta con un solo género (Chroomonas).

Variación temporal del fitoplancton

La variación y composición temporal de los organismos fitoplanctónicos, se puede observar en la figura 17, la división con mayor abundancia durante todos los meses de muestreo corresponde a Chlorophyta, dominando de manera temporal.

La división Cyanobacteria registró un comportamiento estable a través del tiempo; sin embargo, durante los meses de enero y febrero hubo un aumento considerable de los organismos que componen esta división. Los máximos se observaron en octubre, durante la época de lluvias con una disminución de la división Chlorophyta.

La división Euglenophyta tuvo el mismo comportamiento que la Cyanobacteria, ya que mostraron un aumento de organismos en los mismos meses (enero y febrero).

La división Heterokontophyta (algunas veces como Bacillariophyta) registró una mayor abundancia durante los meses de mayo, junio y julio; es decir, durante la época de secas cálidas y lluvias, aunque el resto del estudio tuvo un comportamiento con pocas variaciones.

La Cryptophyta tuvo pocas variaciones a través del tiempo; sin embargo, registraron bajos números de abundancia durante los meses de época de lluvias e inicio de secas frías (agosto, septiembre, octubre y noviembre).

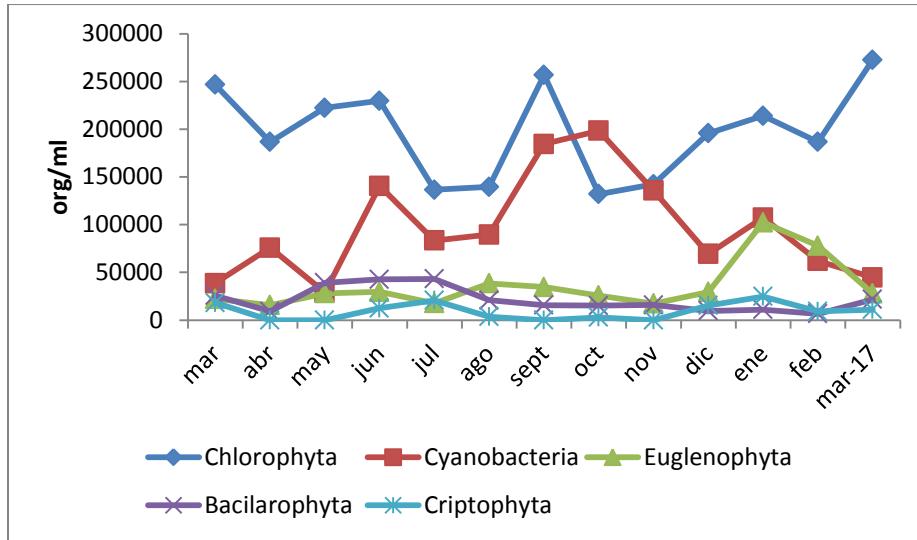


Figura 17. Variación temporal y composición del fitoplancton en “La Palapa”

Categorización de los géneros fitoplanctónicos

Se realizó el diagrama de Olmsted-Tukey para categorizar cada uno de los géneros de la comunidad fitoplanctónica y ordenar la importancia de estos (Fig. 7), en función de la frecuencia de aparición y la abundancia. Cabe mencionar que en algunos géneros se lograron identificar algunas especies; sin embargo, para homogenizar la información solo se tomó en cuenta a nivel de géneros.

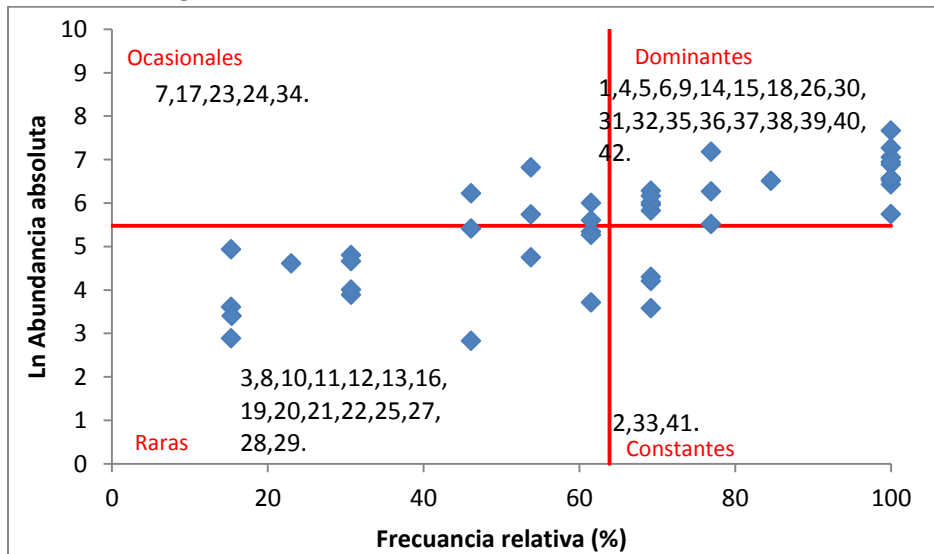


Figura 18. Categorización de los géneros del fitoplancton presentes en “La Palapa”

Para que esta jerarquización sea más clara, se anexa el cuadro 5 donde se enlistan los géneros que comprenden la clasificación anterior.

Cuadro 5. Composición y categoría (D=Dominantes, C=Constantes, O=Ocasionales y R=Raras) del fitoplancton presente en el bordo La Palapa

GÉNERO O ESPECIE	CATEGORIA	GENÉRO O ESPECIE	CATEGORIA
<i>Actinastrum sp.</i>	D(1)	<i>Scenedesmus sp.3</i>	R(22)
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	C(2)	<i>Scenedesmus sp.4</i>	O(23)
<i>Batrydiopsis sp.</i>	R(3)	<i>Scenedesmus sp.5</i>	O(24)
<i>Chlamydomonas sp.</i>	D(4)	<i>Selenastrum sp.</i>	R(25)
<i>Chlorella sp.</i>	D(5)	<i>Spermatozopsis sp.</i>	D(26)
<i>Chlorococcum sp.</i>	D(6)	<i>Tetraselmis sp.</i>	R(27)
<i>Closterium sp.</i>	O(7)	<i>Tetrastrum sp.</i>	R(28)
<i>Coelastrum sp.</i>	R(8)	<i>Ceolosphaerium sp.</i>	R(29)
<i>Cosmarium sp.</i>	D(9)	<i>Chroococcus sp.1</i>	D(30)
<i>Crucigenia sp.1</i>	R(10)	<i>Chroococcus sp.2</i>	D(31)
<i>Crucigenia sp.2</i>	R(11)	<i>Chroococcus sp.3</i>	D(32)
<i>Elakathothrix sp.</i>	R(12)	<i>Gleocapsa sp.</i>	C(33)
<i>Kirchneriella sp.1</i>	R(13)	<i>Merismopedia sp.1</i>	O(34)
<i>Kirchneriella sp.2</i>	D(14)	<i>Merismopedia sp.2</i>	D(35)
<i>Kirchneriella sp.3</i>	D(15)	<i>Microcystis sp.</i>	D(36)
<i>Monoraphidium sp.1</i>	R(16)	<i>Spirulina sp.</i>	D(37)
<i>Monoraphidium sp.2</i>	O(17)	<i>Euglena sp.</i>	D(38)
<i>Monoraphidium sp.3</i>	D(18)	<i>Phacus sp.</i>	D(39)
<i>Nephroselmis sp.</i>	R(19)	<i>Cyclotella</i>	D(40)
<i>Scenedesmus sp.1</i>	R(20)	<i>Navicula</i>	C(41)
<i>Scenedesmus sp. 2</i>	R(21)	<i>Chroomonas</i>	D(42)

Relación del fitoplancton con la clorofila a

Aunque todas las divisiones del fitoplancton contienen clorofila a, la división Chlorophyta aporta la mayor parte de la clorofila a presente en La Palapa, la abundancia de esta división tuvo variaciones a través del tiempo de estudio, pero siempre fue la más representativa. La abundancia de los organismos fitoplanctónicos registrada en los meses de estudio se puede observar en la figura 19, comparándola con la cantidad de clorofila a cuantificada en el sistema. Existe una relación gráfica entre las

abundancias de fitoplancton y las concentraciones de clorofila a y también estadística aunque poco significativa (0.3845, P=0.0620).

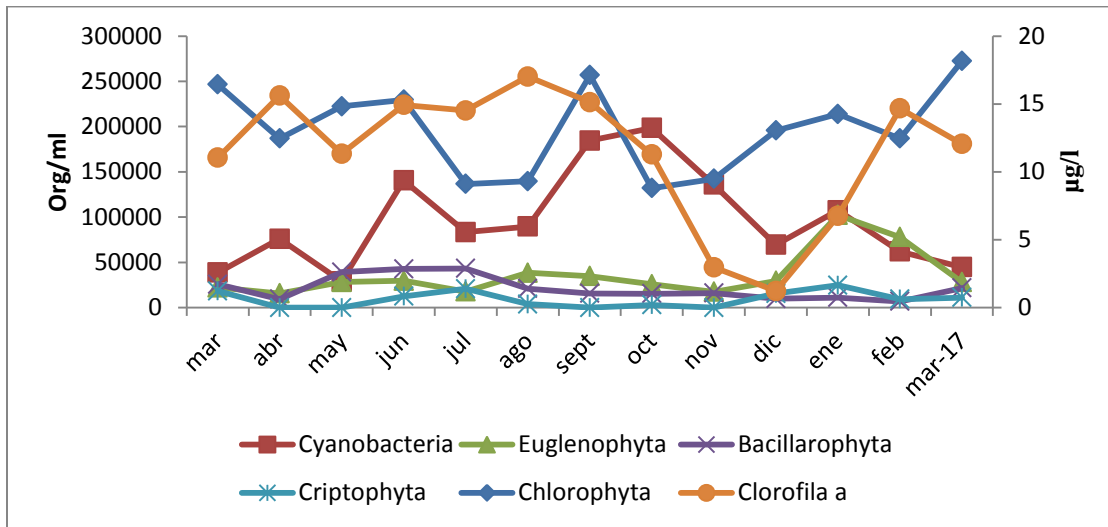


Figura 19. Variación temporal de la clorofila a y densidad fitoplanctónica de La Palapa

Relación del fitoplancton con respecto a la abundancia del zooplancton

La relación entre la abundancia del zooplancton y el fitoplancton tiene una tendencia a ser inversa (Fig. 20), ya que cuando la abundancia del fitoplancton es alta, el zooplancton se mantiene o disminuye en cuanto el número de individuos, sin embargo, durante los meses de agosto y diciembre se registró una mayor abundancia de zooplancton respecto al fitoplancton.

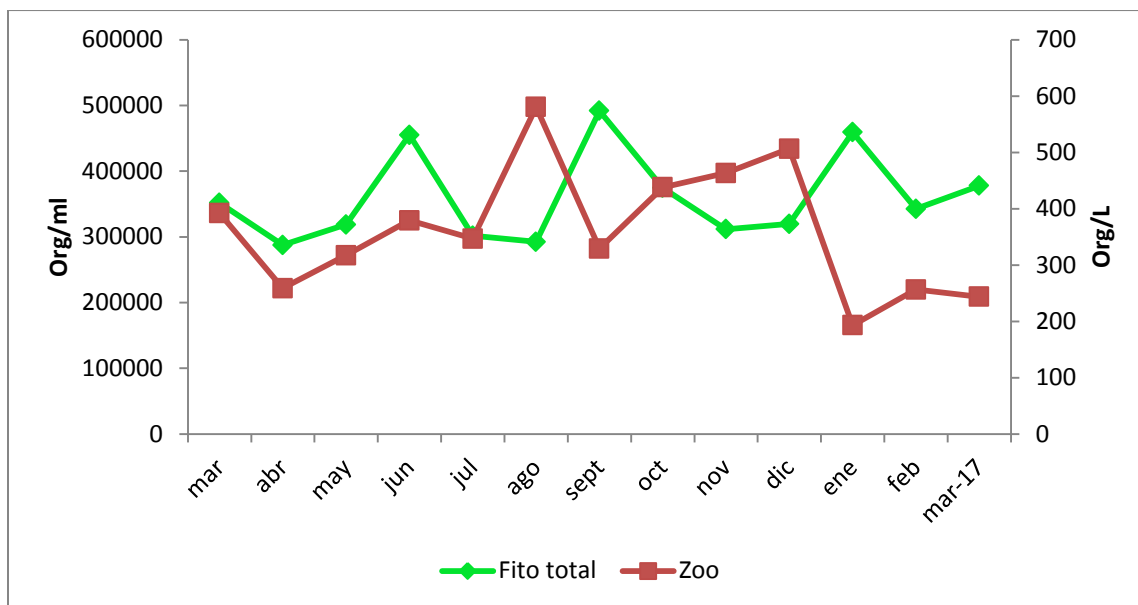


Figura 20. Relación de la abundancia del fitoplancton respecto al número de organismos del zooplancton

La relación que existe entre el fitoplancton y el zooplancton está estrechamente relacionada por los papeles que juegan estos organismos en la cadena trófica; cuando existe una mayor abundancia del fitoplancton posteriormente se aprecia un incremento del zooplancton debido a una mayor disponibilidad del alimento y también cuando el alimento disminuye, la cantidad de organismos del zooplancton se ve reducida en el siguiente periodo de tiempo. Los valores mayores de zooplancton se registraron durante la época de lluvias.

Riqueza de especies del zooplancton

En el análisis se registraron tres grupos del zooplancton, siendo el más representativo de acuerdo a su abundancia los copépodos pertenecientes a la clase Maxillopoda que representaron el 68.5% y el 72% en las estaciones 1 y 2 limnéticas respectivamente. El segundo grupo pertenece a la clase Monogonta del grupo de los rotíferos con el 21% y 19% para cada estación y por último, los cladóceros de la clase Branchiopoda con 10.5% en E1 y 9% para la E2, siendo este grupo el menos abundante en la primera fase del muestreo (Fig. 21).

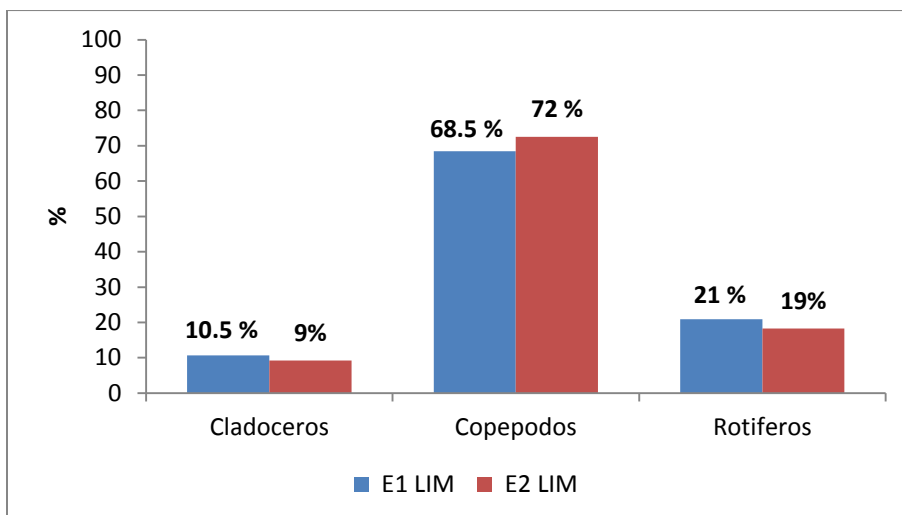


Figura 21. Composición porcentual de los grupos del zooplancton en ambas estaciones

En el sistema se registraron un total de 24 especies pertenecientes a los tres grupos del zooplancton: Copépodos, Cladóceros y Rotíferos (Cuadro 6), los cuales han sido clasificados taxonómicamente con base en el Sistema de Información de Taxonomía Integrada (ITIS, 2016). En cuanto a los copépodos se registraron 2 especies, *Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*, en este grupo de registraron altas abundancias de copepoditos. En el grupo de los cladóceros se identificaron 2 especies *Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura*. Los Rotíferos han sido el grupo más diverso con 20 especies, de las cuales la familia *Brachionidae* tuvo 9 especies; la familia que le sigue es *Lecanidae* con tres especies y por último las familias *Trochosphaeridae*, *Asplanchnidae*, *Flosculariaceae*, *Conochilidae*, *Filinidae*, *Dicranophoridae*, *Testudinellidae*, con una especie cada una.

Cuadro 6. Registro de especies en el microreservorio La Palapa, Mor.

PHYLUM	CLASE	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Arthropoda	Maxilopoda	Diaptomidae	<i>Arctodiaptomus</i>	<i>Arctodiaptomus dorsalis</i> (Marsh, 1907)
		Cyclopoida	<i>Thermocyclops</i>	<i>Thermocyclops inversus</i> (Kiefer, 1936)

	Branchiopoda	Sididae	<i>Diaphanosoma</i>	<i>Diaphanosoma birgei</i> Korinek, 1981
		Moinidae	<i>Moina</i>	<i>Moina micrura</i> Kurtz, 1874
Rotifera	Monogonta	Asplanchnidae	<i>Asplanchna</i>	<i>Asplanchna sieboldii</i> Sudzuki, 1956
		Conochilidae	<i>Conochilus</i>	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus caudatus</i> Barrois y Daday, 1894
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus havanaensis</i> Rousselet, 1911
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus urceolaris</i> Müller, 1773
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus bidentatus</i> Anderson, 1889
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898
		Testudinellidae	<i>Testudinella</i>	<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)
		Flosculariaceae	<i>Ptygura</i>	<i>Ptygura</i> sp. Ehrenberg, 1832
		Lepadelliae	<i>Lepadella</i>	<i>Lepadella</i> sp. Vincent, 1826
		Dicranophoridae	<i>Dicranophorus</i>	<i>Dicranophorus grandis</i> (Ehrenberg, 1832)
		Lecanidae	<i>Lecane</i>	<i>Lecane papuana</i> (Murray, 1913)
		Lecanidae	<i>Lecane</i>	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)
		Lecanidae	<i>Lecane</i>	<i>Lecane dicipiens</i> (Murray, 1913)
		Filinidae	<i>Filinia</i>	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)

<i>Brachionidae</i>	<i>Platyias</i>	<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)* zona Litoral
<i>Trochosphaeridae</i>	<i>Horaëlla</i>	<i>Horaëlla thomassoni</i> (Koste, 1973)

Variación temporal del zooplancton en la zona limnética

En la figura 22 se muestra el comportamiento de la densidad del zooplancton en las dos estaciones del bordo La Palapa durante el periodo de estudio (marzo de 2016 a marzo de 2017). Se registró una tendencia a aumentar el número de organismos del zooplancton durante la época de lluvias para ambas estaciones.

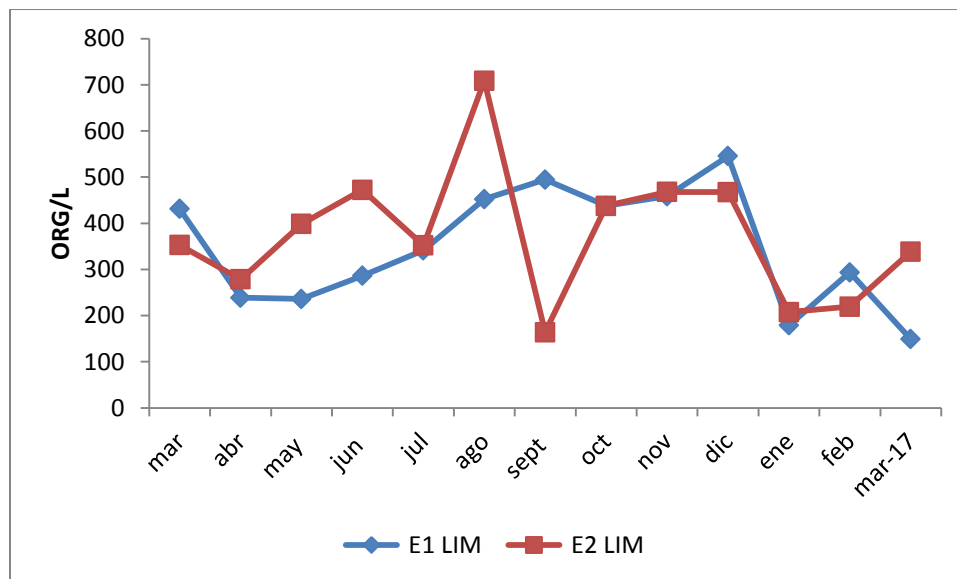


Figura 22. Variación temporal del zooplancton para ambas estaciones

En cuanto a la variación y composición temporal de los integrantes de la comunidad zoopláncica, el grupo con mayor abundancia durante la primera mitad del estudio fue el de los copépodos, los cuales dominaron en la temporada de secas cálidas y lluvias, siendo más notable en los meses de marzo, junio y agosto con 261, 243, 338 org/L respectivamente.

(Fig. 23). Para la estación 2 de igual manera tuvo sus valores máximos en los meses de junio y agosto con 331 y 605 org/L para cada mes.

De acuerdo al análisis estadístico, al aplicar la prueba de U de Mann-Whitney para la comunidad zooplánctica por grupos, no se registraron diferencias significativas entre las estaciones 1 y 2 limnéticas: para los cladóceros ($W= 66.5$; $p=0.369$), rotíferos ($W=80$; $p=0.837$) y copépodos ($W= 142.5$; $p=0.3$).

Sin embargo, a través de los diferentes meses de muestreo, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis ($P<0.05$) y para los copépodos ($H=142.5$; $p=0.0031$) si registraron diferencias a través del tiempo; los grupos de cladóceros y rotíferos no registraron diferencias significativas a través de los meses de estudio; cladóceros ($H=66.5$; $p=0.369$) y rotíferos ($H=80$; $p=0.837$).

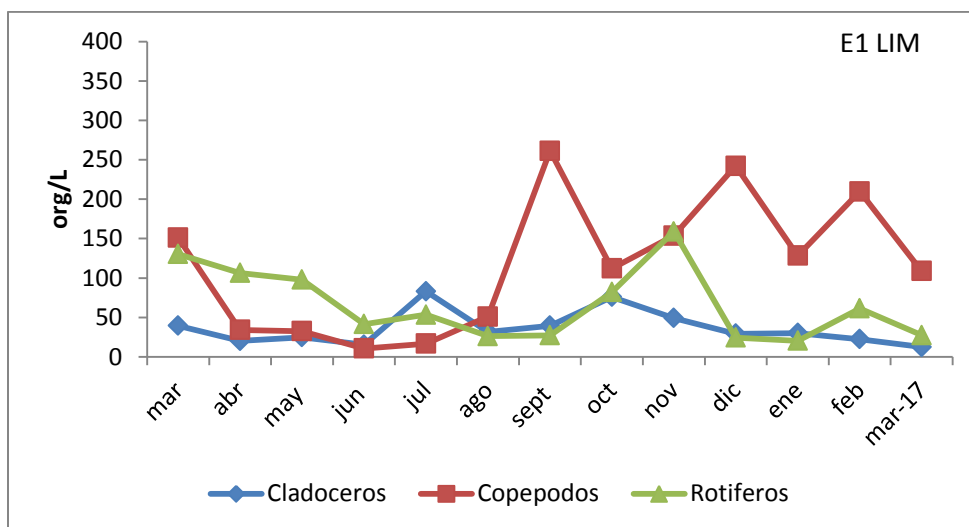


Figura 23. Variación temporal de la densidad de los grupos del zooplancton registrados en La Palapa

Los copépodos en la E1 registraron una mayor abundancia a partir del mes de septiembre hasta el mes de marzo de 2017, para la E2 este grupo fue el más abundante a través de todo el periodo de estudio registrando los valores más alto en la época de secas cálidas e inicio de lluvias (marzo, mayo, junio y julio). El grupo de los cladóceros tuvo el valor máximo en el mes de julio con 83 org/L en la estación 1 y el resto del estudio la población de cladóceros se mantuvo con poca variación a través de los meses de

muestreo y con tendencia a la disminución; similar comportamiento se observó en la E2. Esto nos da la idea de que el grupo de los cladóceros no se ve influenciado por las épocas de secas y lluvias a través de los meses de muestreo.

Los rotíferos en la E1 tuvieron una mayor presencia durante los primeros tres meses de estudio; en la época de secas cálidas, registró valores de 128, 141 y 66 org/L, en los meses de marzo, abril y mayo respectivamente. Los menores valores se cuantificaron en junio y hacia el final del estudio, en los meses fríos (Fig. 24).

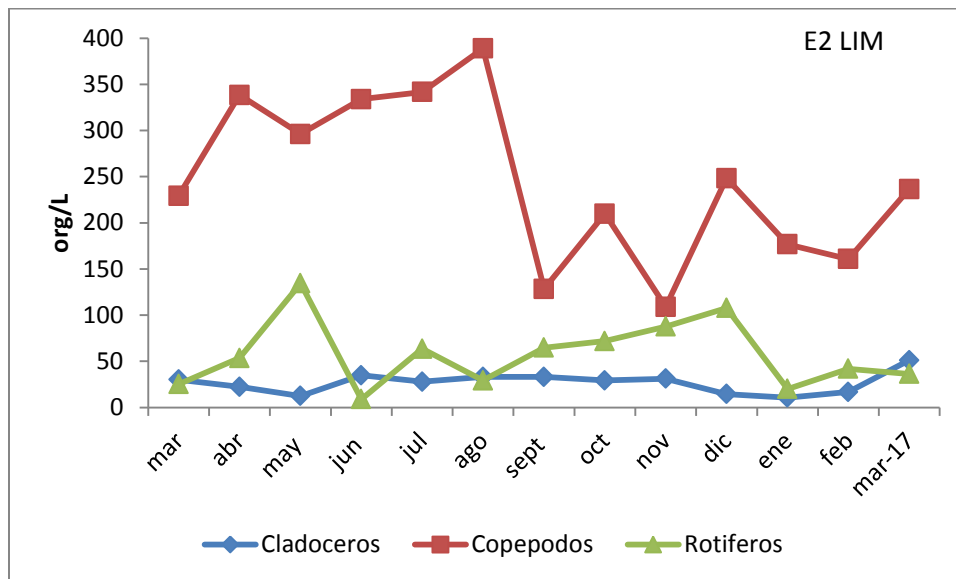


Figura 24. Variación temporal de los grupos del Zooplancton del microreservorio La Palapa

Jerarquización de las especies

El diagrama de Olmsted-Tukey para la comunidad zooplánctica del bordo La Palapa muestra las abundancias y la frecuencia con la que se presentaron las especies a través del tiempo de estudio. Para la E1 (Fig. 25), se obtuvieron un total de 9 especies dominantes, 5 pertenecen al grupo de los rotíferos, 2 pertenecen a los cladóceros y por último, las 2 especies de copépodos.

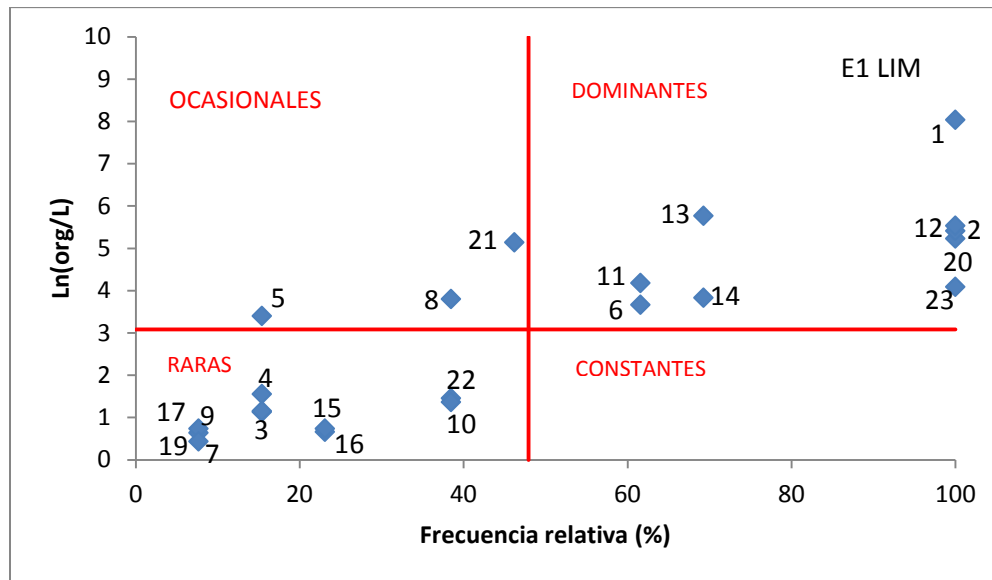


Figura 25. Categorización de las especies del Zooplancton en el bordo La Palapa

Arctodiaptomus dorsalis 1, *Asplanchna sieboldii* 2, *Brachionus angulararis* 3, *B. bidentata* 4, *B. calyciflorus* 5, *B. caudatus* 6, *B. falcatus* 7, *B. havanaensis* 8, *B. quadridentatus* 9, *B. urceloaris* 10, *Conochilius unicornis* 11, *Diaphanosoma birgei* 12, *Filinia longiseta* 13, *Horælla thomassoni* 14, *Lecane bulla* 15, *L. dicipencis* 16, *L. papuana* 17, *Lepadella* 18, *Dicranophorus grandis* 19, *Moina micrura* 20, *Ptygura* 21, *Testudinella patina* 22, *Thermocyclops inversus* 23, *Platyas quadricornis* 24.

En la estación 2 el análisis presenta un total de 10 especies dominantes, 2 del grupo de los copépodos, 2 de los cladóceros y seis a los rotíferos; dos ocasionales y 10 especies raras, todas pertenecientes al grupo de los rotíferos (Fig. 26).

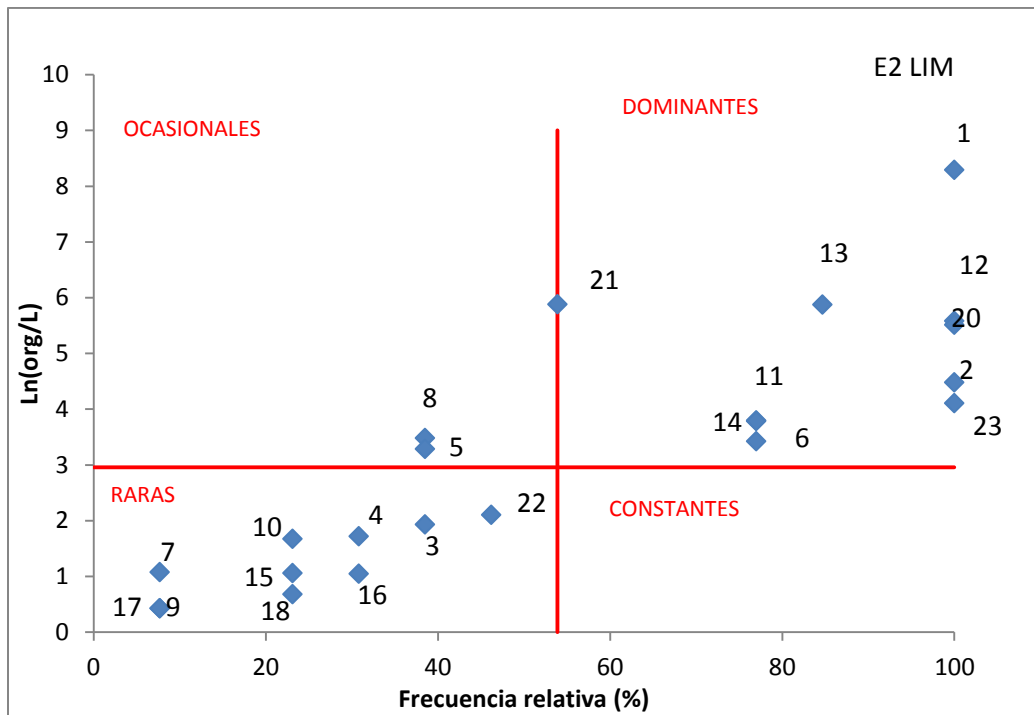


Figura 26. Categorización de la presencia de especies del Zooplancton en el microreservorio E2 LIM

Arctodiaptomus dorsalis 1, *Asplanchna sieboldii* 2, *Brachionus angulararis* 3, *B. bidentata* 4, *B. calyciflorus* 5, *B. caudatus* 6, *B. falcatus* 7, *B. havanaensis* 8, *B. quadridentatus* 9, *B. urceloaris* 10, *Conochilus unicornis* 11, *Diaphanosoma birgei* 12, *Filinia longiseta* 13, *Horaëlla thomassoni* 14, *Lecane bulla* 15, *L. dicipencis* 16, *L. papuana* 17, *Lepadella sp.* 18, *Dicranophorus grandis* 19, *Moina micrura* 20, *Ptygura* 21, *Testudinella patina* 22, *Thermocyclops inversus* 23, *Platyas quadricornis* 24.

En ambas estaciones las dos especies de copépodos (*Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*) y las dos pertenecientes al grupo de los cladóceros (*Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura*) se observan entre las especies dominantes, ya que alcanzan altas frecuencias y valores superiores a la media del logaritmo (Ln) de la abundancia absoluta, así como a la frecuencia de aparición a lo largo de los muestreos.

Algunas especies del grupo de los rotíferos (genero *Brachionus*), también presentan altas abundancias y frecuencias de aparición; sin embargo, otras especies de rotíferos como *Lecane sp.* presentaron valores muy bajos que las situaron como especie raras.

Densidad poblacional

De las 22 especies registradas en las zona limnetica, las de mayor importancia de acuerdo a los altos valores de abundancia y la frecuencia de aparición que tuvieron durante el periodo de estudio son: *Arctodiaptomus dorsalis*, *Thermocyclops inversus*, *Moina micrura*, *Diaphanosoma birgei*, *Asplanchna sieboldii*, *Brachiounus caudatus*, *Horaëlla thomassoni*, *Conochilius unicornis*, *Filinia longiseta* y el género *Ptygura* sp. sólo se registró en la estación dos de la zona limnética.

En la figura 27 se muestran las especies dominantes pertenecientes al grupo de los copépodos; la especie *A. dorsalis* registró una mayor abundancia en el periodo de lluvias y secas frías (junio a octubre y de diciembre a marzo) para ambas estaciones; los valores mínimos se registraron durante septiembre para la E1 en los primeros meses del año y en enero y marzo del 2017 para la E2.

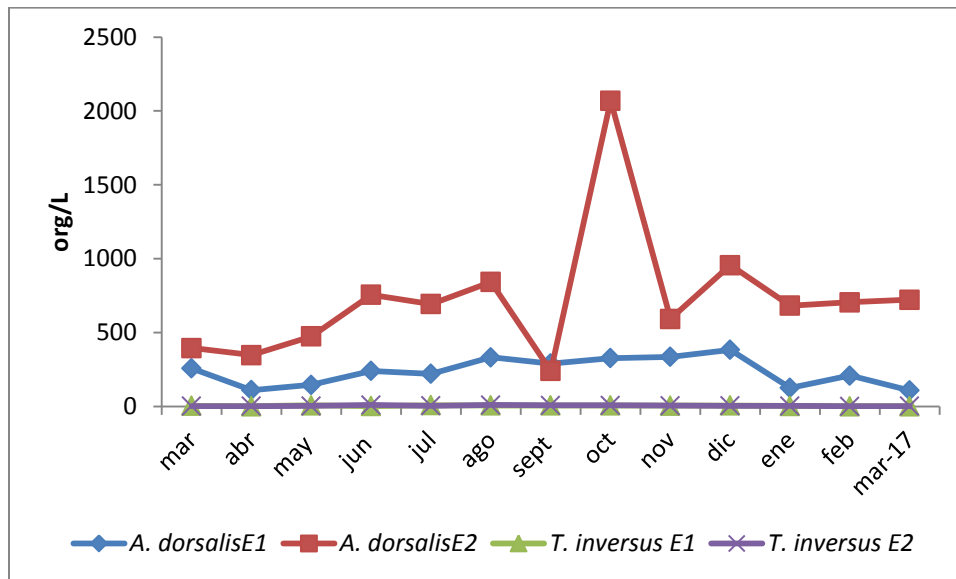


Figura 27. Abundancia de las especies pertenecientes al grupo de los copépodos durante los meses de muestreo

Para el grupo de los cladóceros (Fig. 28) las especies tuvieron un comportamiento similar en las dos estaciones; los valores mayores se registraron terminando la época de lluvias (octubre) y los mínimos durante las secas cálidas e inicio de lluvias (abril, mayo y junio) y secas frías (diciembre, enero y febrero).

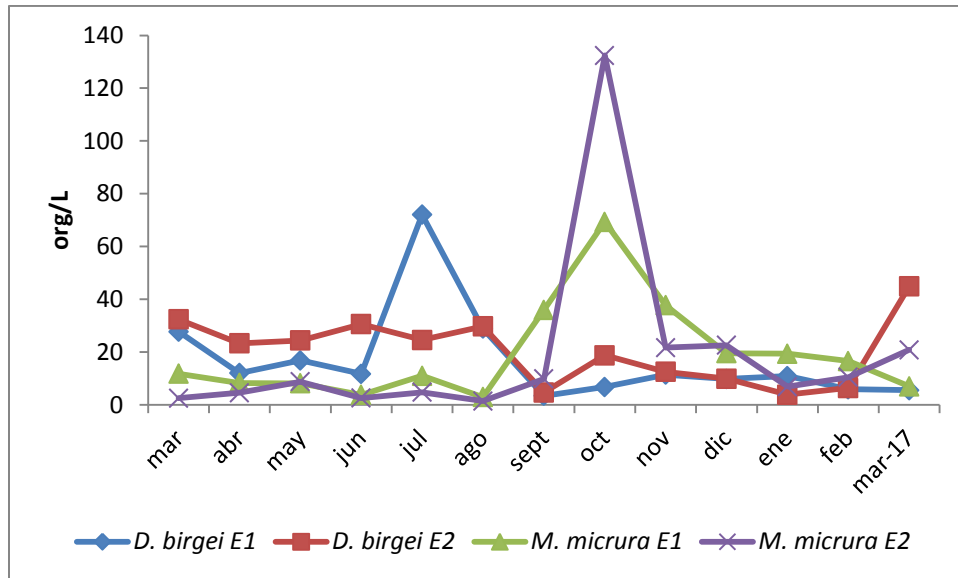


Figura 28. Variación temporal de las especies del grupo de los cladóceros

En cuanto a las seis especies de rotíferos dominantes en la E1, en el estudio se aprecia que *Filinia longiseta* registró el valor máximo durante la época de lluvias en los meses de agosto y septiembre y los valores mínimos durante las secas frías (diciembre 2016, enero, febrero y marzo de 2017). Respecto a *Asplanchna sieboldii* presentó valores altos de abundancia en la época de secas cálidas (marzo, abril y mayo) y después registró un comportamiento uniforme a través de los meses de estudio al igual que las otras cuatro especies de rotíferos dominantes. Respecto a la estación 2 (Fig. 29) se registró un comportamiento uniforme de las especies dominantes, a excepción de la especie del género *Ptygura*, que registro un valor máximo en el mes de noviembre (Fig. 30).

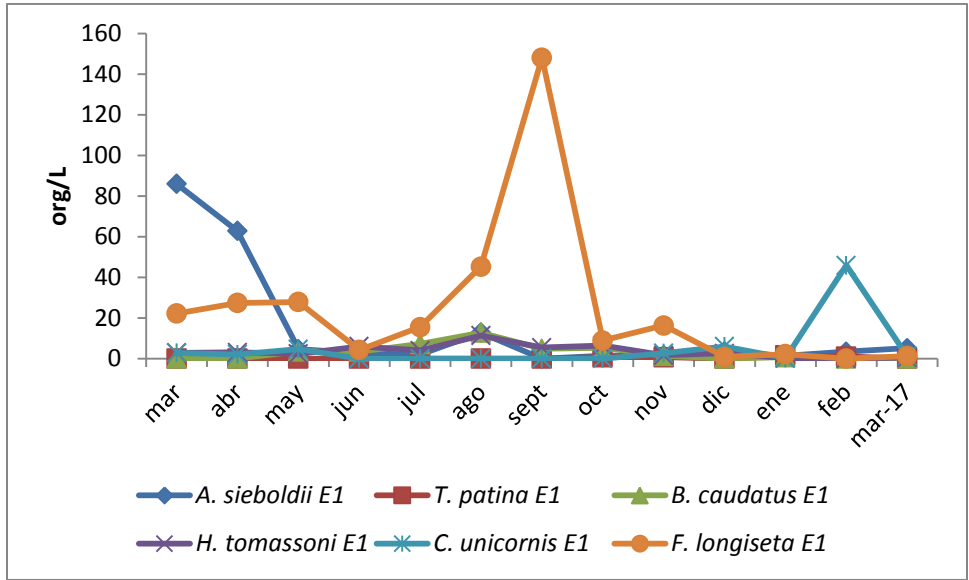


Figura 29. Comportamiento temporal de las especies sobresalientes del grupo de los rotíferos en “La Palapa”

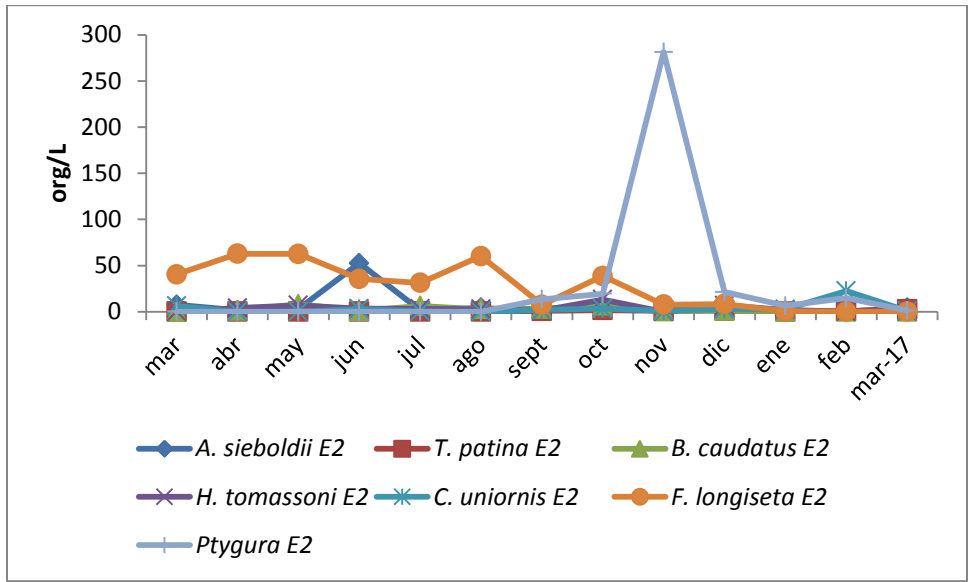


Figura 30. Abundancia de las especies dominantes de los rotíferos E2

Zooplankton en la zona Litoral

En la zona litoral se registraron tres grupos del zooplankton, siendo el más representativo por su abundancia el grupo de los cladóceros con 36.5%, para la E1, seguido por los copépodos con 32.5% y por último los rotíferos con 31%. Respecto a la E2 Litoral el grupo más abundante fue el de los rotíferos con 50%, después el grupo de los cladóceros con 29% y el menos abundante el grupo de los copépodos con 21% (Fig. 31).

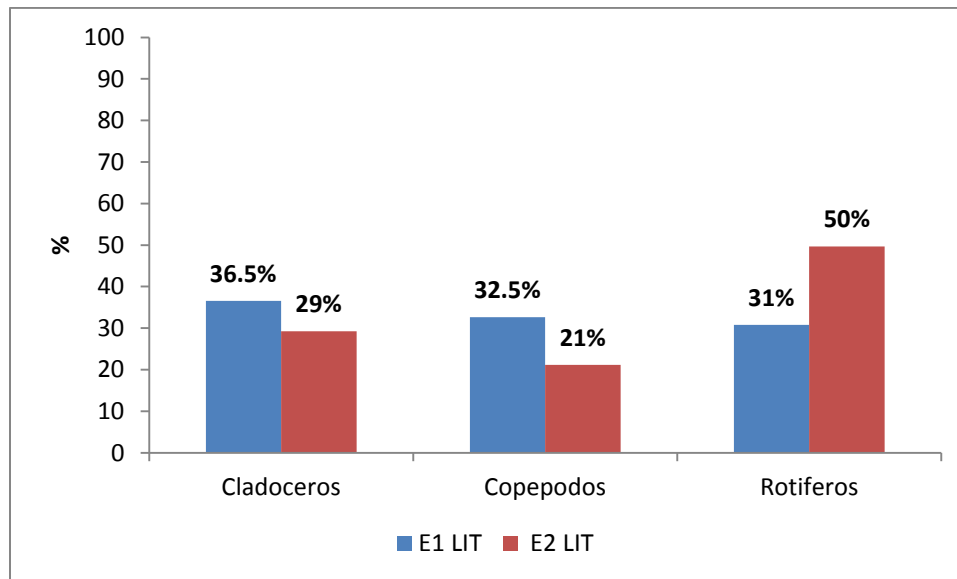


Figura 31. Composición porcentual de los grupos del Zooplankton de las dos estaciones litorales del bordo La Palapa

En la zona Litoral se registraron las 24 especies, dos más a diferencia de la zona limnética, estas especies pertenecen a los tres grupos principales del zooplankton. Respecto a los copépodos y cladóceros se registraron el mismo número de familias y especies y para los rotíferos se presentó una especie diferente, *Platyas quadricornis*.

En la Cuadro 7 se muestra el listado de las especies presentes en sistema "La Palapa" y la comparación de la presencia de estas en las cuatro estaciones de muestreo.

Cuadro 7. Comparación de las especies presentes entre la zona litoral y limnética

Especie	E1 LIM	E2 LIM	E1 LIT	E2 LIT
<i>Arctodiaptomus dorsalis</i>	P	P	P	P
<i>Asplanchna sieboldii</i>	P	P	P	P
<i>Brachionus angulararis</i>	P	P	P	P
<i>Brachionus bidentata</i>	P	P	P	P
<i>Brachionus calyciflorus</i>	P	P	P	P
<i>Brachionus caudatus</i>	P	P	P	P
<i>Brachionus falcatus</i>	P	P	P	P
<i>Brachionus havanaensis</i>	P	P	P	P
<i>Brachionus quadridentatus</i>	P	P	P	P
<i>Brachionus urceloaris</i>	P	P	P	P
<i>Conochilus unicornis</i>	P	P	P	P
<i>Diaphanosoma birgei</i>	P	P	P	P
<i>Filinia longiseta</i>	P	P	P	P
<i>Horaëlla thomassoni</i>	P	P	P	P
<i>Lecane bulla</i>	P	P	P	P
<i>Lecane dicipencis</i>	P	P	P	P
<i>Lecane papuana</i>	P	P	P	P
<i>Lepadella sp.</i>	A	P	P	P
<i>Dicranophorus grandis</i>	P	A	P	P
<i>Moina micrura</i>	P	P	P	P
<i>Ptygura</i>	P	P	P	P
<i>Testudinella patina</i>	P	P	P	P
<i>Thermocyclops inversus</i>	P	P	P	P
<i>Platyas quadricornis</i>	A	A	P	A

P= Presente; A= Ausente

Variación temporal del zooplancton en la zona litoral

En cuanto a la variación temporal de los grupos del zooplancton en la zona Litoral 1, el grupo más abundante durante los primeros seis meses de muestreo fue el de los rotíferos, que han dominado en las épocas de secas cálidas a excepción de los meses de abril y mayo donde resaltaron los copépodos con 565 y 1224 org/L respectivamente (Fig. 32). Con respecto a los cladóceros, estos registraron un repunte durante los meses de secas frías (octubre, noviembre y diciembre). Para la estación dos de la zona litoral, el comportamiento es distinto, ya que el grupo más abundante fue el de los copépodos durante la mayoría de los meses de muestreo, seguido por el grupo de los rotíferos y por último los cladóceros (Fig. 33).

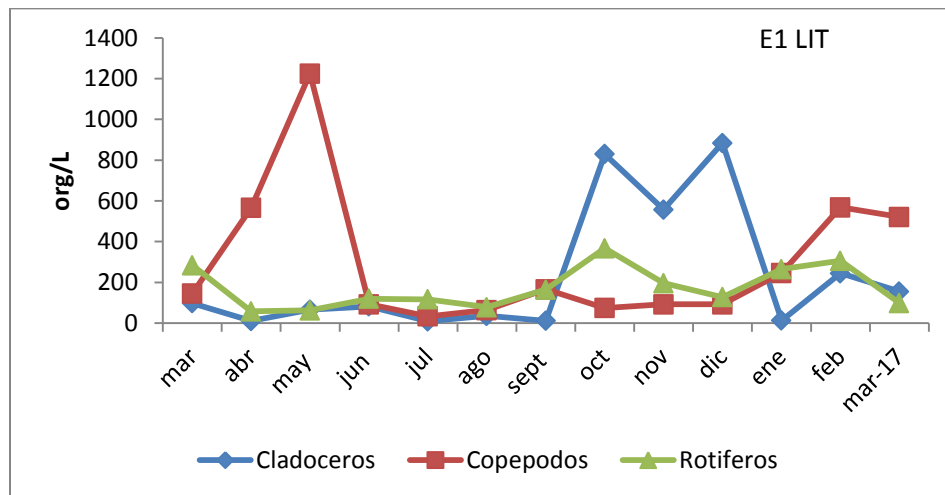


Figura 32. Variación temporal de la abundancia de los grupos del zooplancton registrados en zona litoral E1 del bordo La Palapa

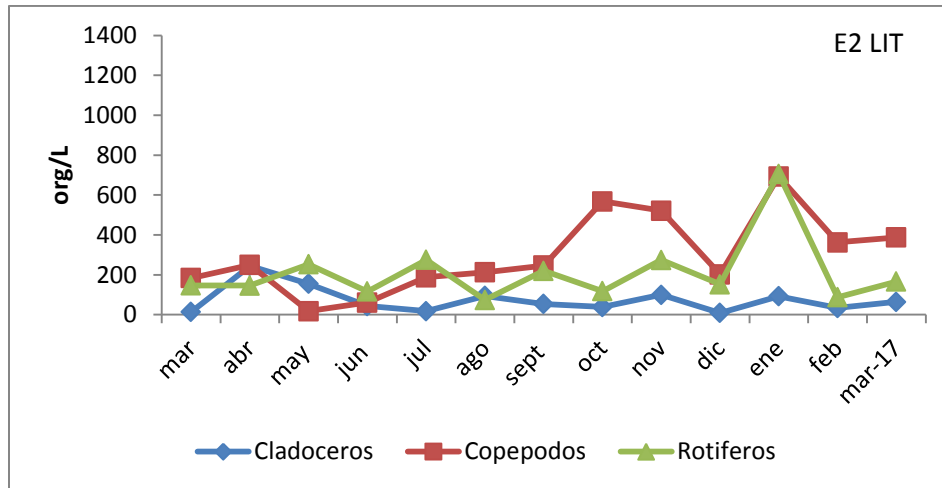


Figura 33. Variación temporal de la abundancia de los grupos del zooplancton registrados en zona litoral E2 del bordo La Palapa

En la figura 34 se muestra el comportamiento de la abundancia de los organismos del zooplancton en las dos estaciones de la zona litoral del bordo La Palapa a través del tiempo (marzo 2016 a marzo de 2017). Para la estación 1 Litoral se aprecia que el número de organismos aumenta durante la época de secas frías y después disminuye la densidad de organismos, el número de organismos es muy variable y la tendencia fue de incrementar hacia el final del estudio. En la estación 2 Litoral se registró una mayor cantidad de organismos y presenta el mismo comportamiento que la estación 1.

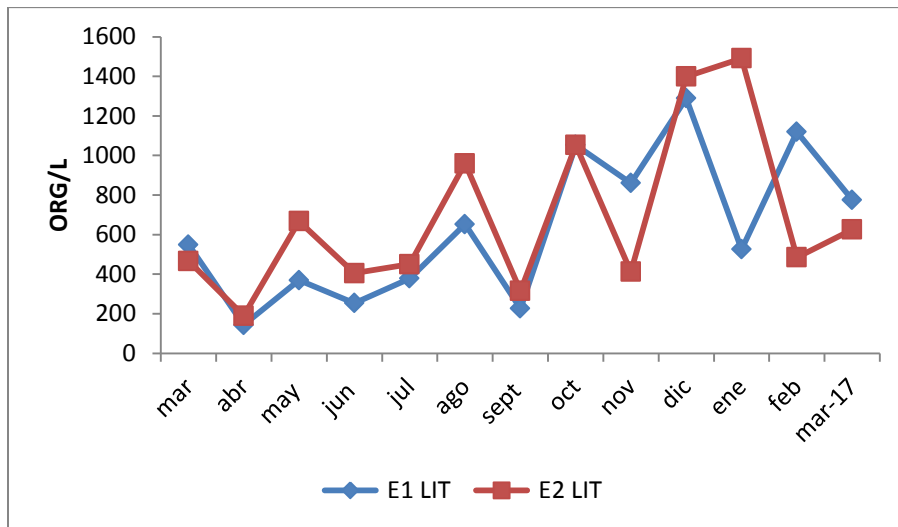
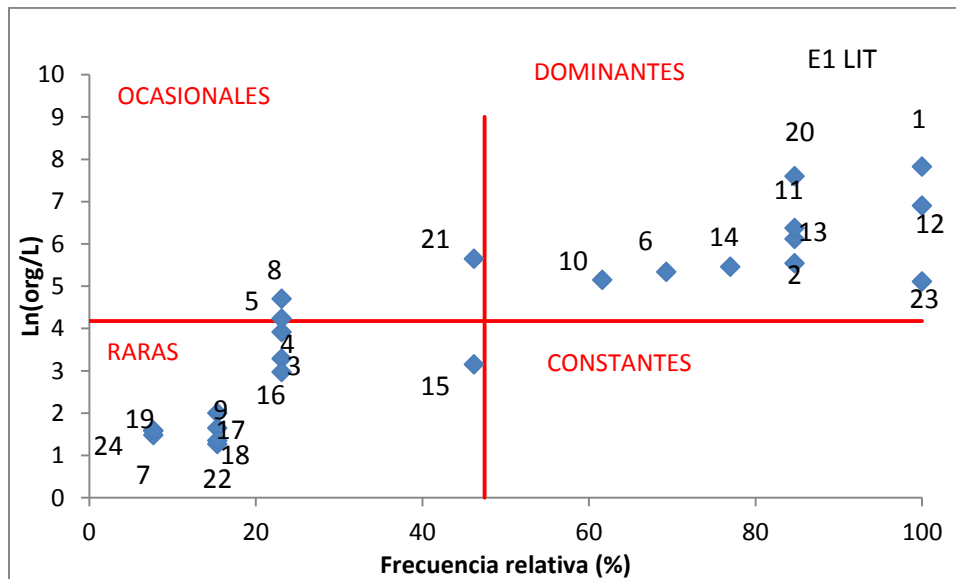


Figura 34. Variación temporal de la comunidad zoopláncica de la zona Litoral

Jerarquización de las especies en la zona Litoral

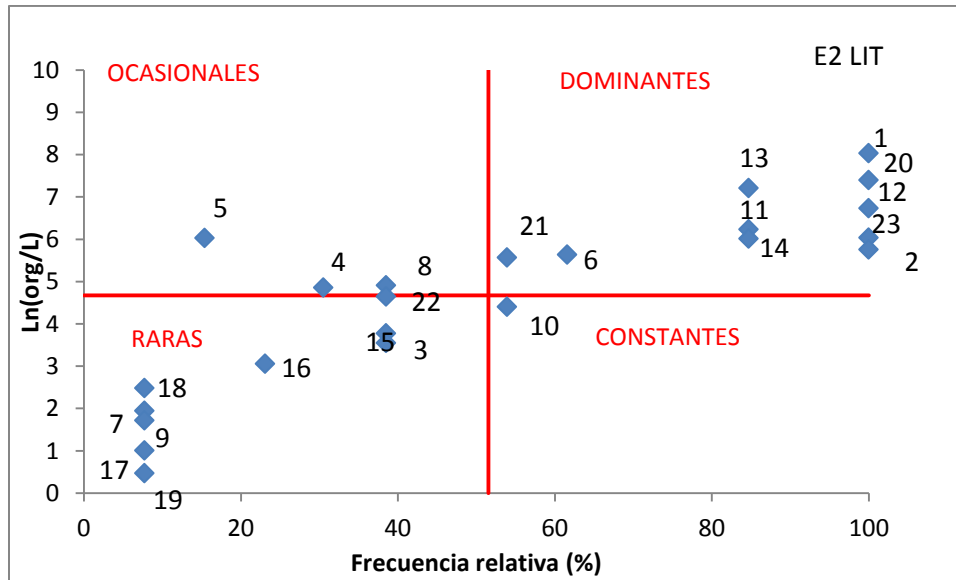
El diagrama de Olmsted-Tukey para la estación Litoral 1 (Fig. 35) se obtuvo un total de 10 especies dominantes que alcanzaron altas frecuencias y abundancias (*Arctodiaptomus dorsalis*, *Filinia longiseta*, *Diaphanosoma birgei*, *Thermocyclops inversus*, *Asplanchna sieboldii*, *Moina micrura*, *Conochelius unicornis*, *Brachionus urceloaris*, *B. caudatus* y *Horëlla thomassoni*), 11 especies raras y 3 ocasionales.



Arctodiaptomus dorsalis 1, *Asplanchna sieboldii* 2, *Brachionus angulararis* 3, *B. bidentata* 4, *B. calyciflorus* 5, *B. caudatus* 6, *B. falcatus* 7, *B. havanaensis* 8, *B. quadridentatus* 9, *B. urceloaris* 10, *Conochelius unicornis* 11, *Diaphanosoma birgei* 12, *Filinia longiseta* 13, *Horëlla thomassoni* 14, *Lecane bulla* 15, *L. dicipencis* 16, *L. papuana* 17, *Lepadella sp.* 18, *Dicranophorus grandis* 19, *Moina micrura* 20, *Ptygura* 21, *Testudinella patina* 22, *Thermocyclops inversus* 23, *Platyas quadricornis* 24.

Figura 35. Categorización de la presencia de especies del zooplancton en el bordo La Palapa E1 Litoral

En la estación 2 Litoral se registraron 9 especies dominantes, las mismas que en la E1 litoral a excepción de *Brachionus urceloaris*; en el grupo de ocasionales se registraron 3 especies, 13 en el de especies raras y una en constantes (Fig. 36).



Arctodiaptomus dorsalis 1, *Asplanchna sieboldii* 2, *Brachionus angulararis* 3, *B. bidentata* 4, *B. calyciflorus* 5, *B. caudatus* 6, *B. falcatus* 7, *B. havanaensis* 8, *B. quadridentatus* 9, *B. urceloaris* 10, *Conochilius unicornis* 11, *Diaphanosoma birgei* 12, *Filinia longiseta* 13, *Horaëlla thomassoni* 14, *Lecane bulla* 15, *L. dicipencis* 16, *L. papuana* 17, *Lepadella* sp. 18, *Dicranophorus grandis* 19, *Moina micrura* 20, *Ptygura* 21, *Testudinella patina* 22, *Thermocyclops inversus* 23, *Platyas quadricornis* 24.

Figura 36. Categorización de la presencia de especies del zooplancton en el bordo La Palapa E2 Litoral

Densidad poblacional en zonas litorales

De las 24 especies que se registraron en las zonas litorales, las diez especies con mayor importancia son: *Arctodiaptomus dorsalis*, *Filinia longiseta*, *Diaphanosoma birgei*, *Thermocyclops inversus*, *Asplanchna sieboldii*, *Moina micrura*, *Conochilius unicornis*, *Brachionus urceloaris*, *B. caudatus* y *Horëlla tomassoni*; esto debido a su alta abundancia y la frecuencia con la que aparecieron a través de los meses de estudio.

En la figura 37 se observa que *A. dorsalis* presenta una tendencia a incrementar hacia el final del estudio en ambas estaciones, no así para *T. inversus* que se mantuvo constante con bajas abundancias durante todo el estudio; en la figura 38 los cladóceros mostraron altas abundancias durante la época de secas frías (octubre–diciembre). En la figura 40, *F. longiseta* muestra altas abundancias durante la época de lluvias y *C.*

unicornis en el mes de febrero. Por último, la figura 40 denota el comportamiento de las especies de rotíferos dominantes para la E2 litoral a través de los meses de muestreo.

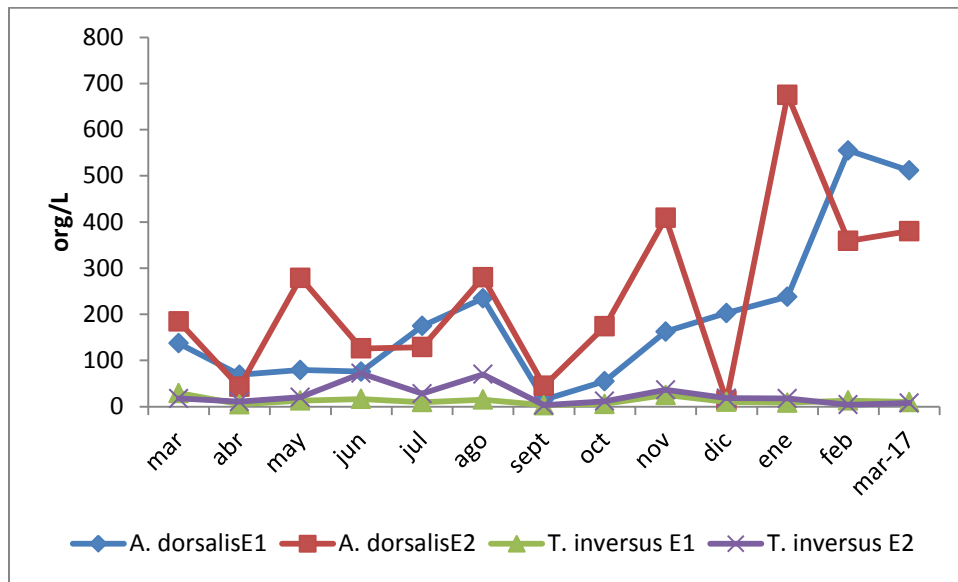


Figura 37. Abundancia de las especies pertenecientes al grupo de los copépodos a través del tiempo

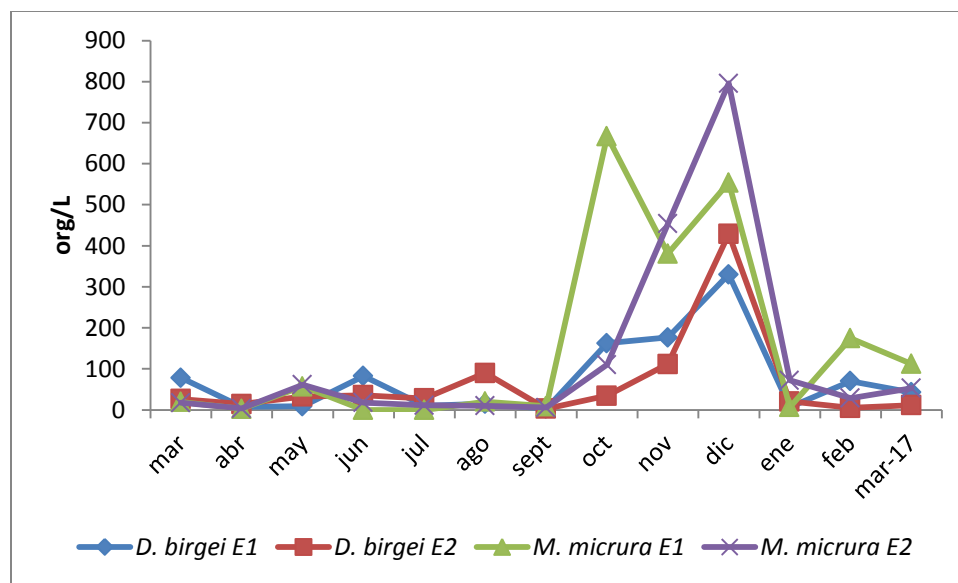


Figura 38. Variación temporal de las especies del grupo de los cladóceros

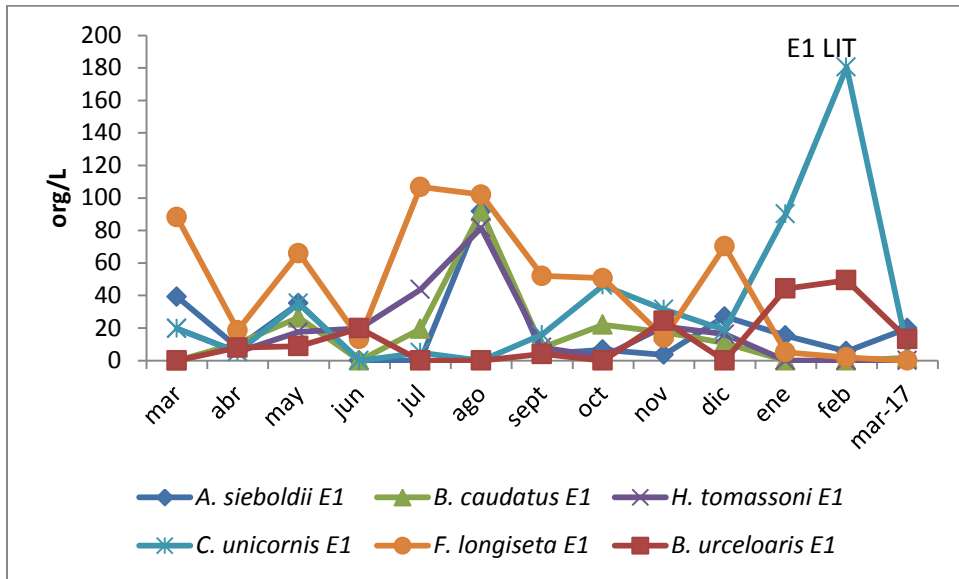


Figura 39. Comportamiento temporal de las especies dominantes del grupo de los rotíferos E1 Litoral

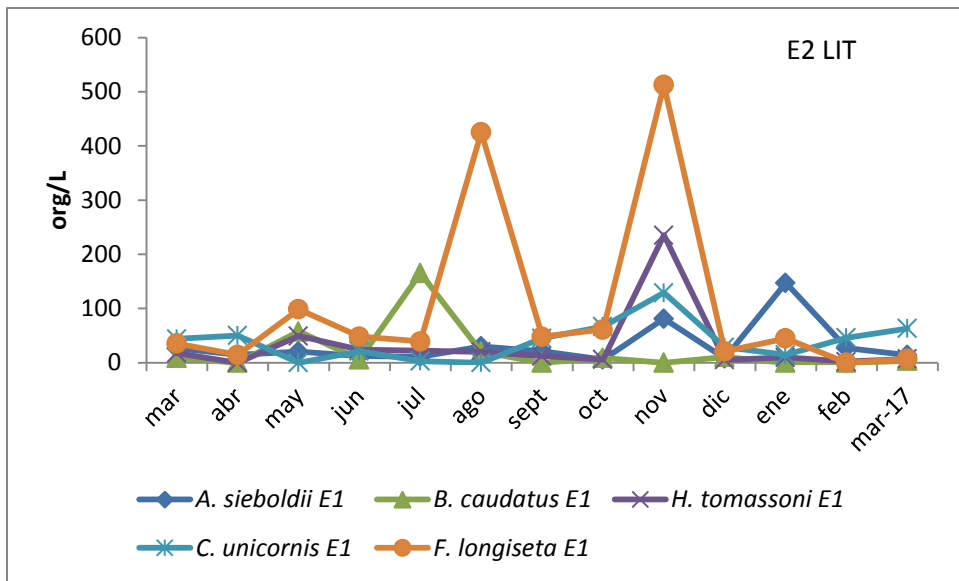


Figura 40. Variación temporal de las especies del grupo de los rotíferos en E2 Litoral

Relación Zooplancton-Clorofila "a"

La concentración de la clorofila "a" presente en el bordo La Palapa (Fig. 41), es mayor durante los meses de secas cálidas y época de lluvias y disminuye en los meses de secas frías (octubre, noviembre y diciembre) y tiene un repunte hacia el final del estudio (enero y febrero de 2017). También se puede apreciar que hay una relación inversa entre la clorofila "a" y la densidad del zooplancton (-0.4211; $p=0.1519$) de manera gráfica, pero no estadísticamente. La mayor concentración de clorofila "a" en los meses de secas se debe a una disminución en el volumen del sistema, lo que representa una concentración de los nutrimentos, haciendo un ambiente propicio para la proliferación de organismos del fitoplancton. La concentración de clorofila "a" disminuye al final de la época de lluvias ya que produce un efecto inverso a lo ya mencionado en la época de secas cálidas (un proceso de dilución por aumento en el volumen del sistema).

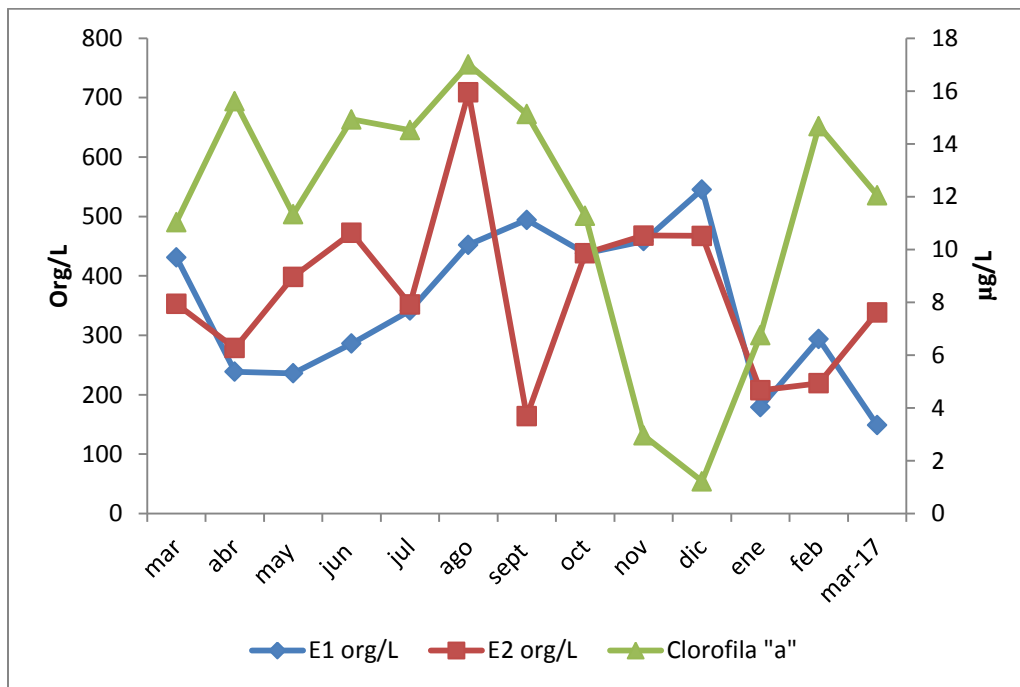


Figura 41. Relación abundancia de zooplancton y la clorofila "a" del microreservorio La Palapa

Indicadores ecológicos de la comunidad

Diversidad

El índice de Shannon-Weiner para la estación 1 limnética osciló entre 0.79 en el mes de junio a 1.51 durante el mes abril, esto en la época de secas cálidas y a partir del mes de junio, el índice se mantuvo constante a través del tiempo; respecto a la estación 2 limnética el valor menor se registró en el mes de octubre con 0.2 y un máximo de 1.15 en junio. Para la equitatividad (reparto del recurso) y la dominancia se obtuvo un comportamiento similar entre las dos estaciones; sin embargo, para la E1 los valores máximos de dominancia y mínimos de equitatividad se registraron en el mes de junio y para la E2 durante el mes de octubre. La equitatividad y la dominancia tienen un comportamiento inverso; es decir, a mayor dominancia menor equitatividad y viceversa (Fig. 42 y 43).

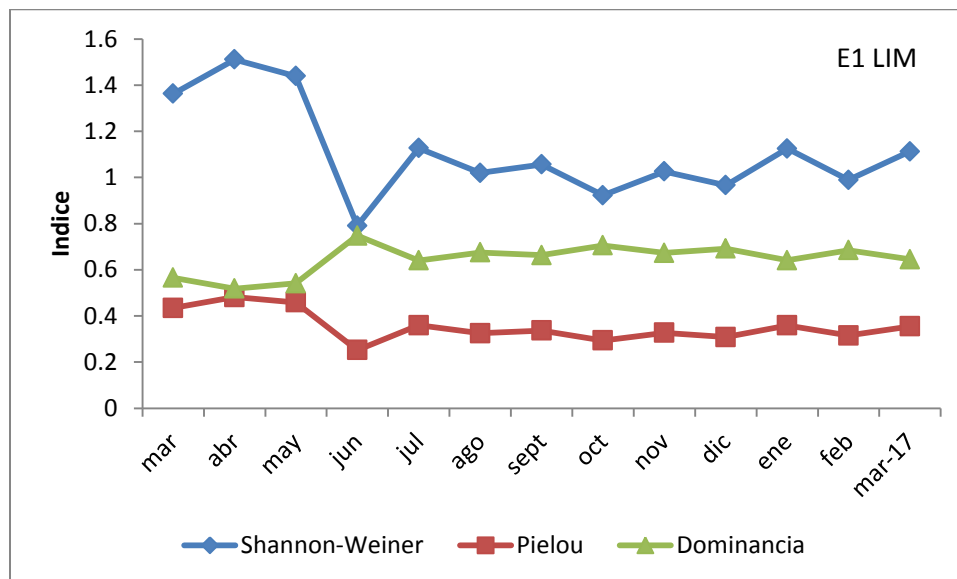


Figura 42. Variación temporal de los indicadores de la comunidad zoopláncica en la E1 Limnética

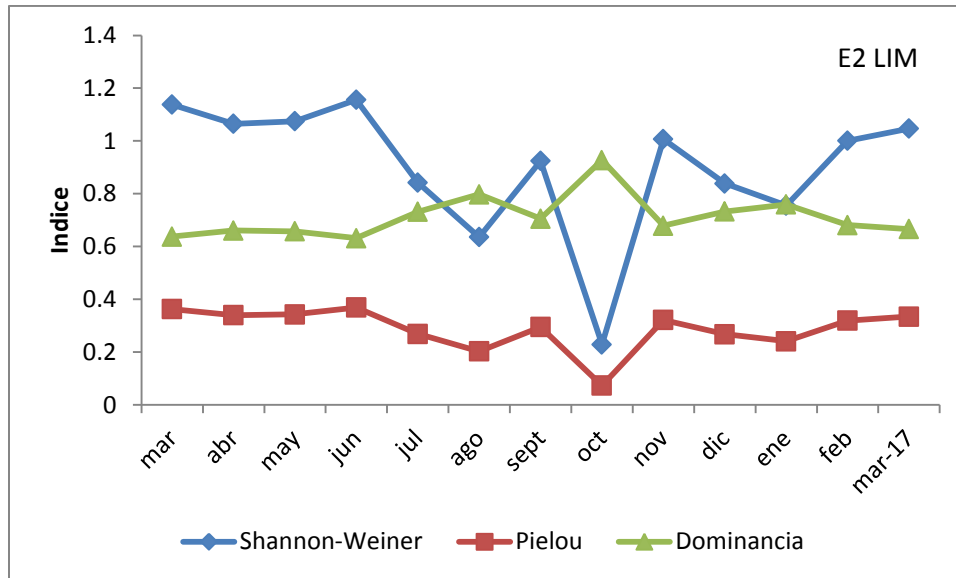


Figura 43. Comportamiento temporal de los indicadores de la comunidad del zooplancton para la E2 limnética

Respecto a la zona litoral los valores máximos del índice de Shannon-Weiner se registraron en el mes de mayo con un valor de 2.23 y el mínimo en el mes de octubre con 1.30 en la E1 (Fig. 44), con la tendencia de disminuir hacia el final del estudio (época seca fría); los valores de equitatividad y dominancia se mantuvieron constantes a través de los meses de muestreo.

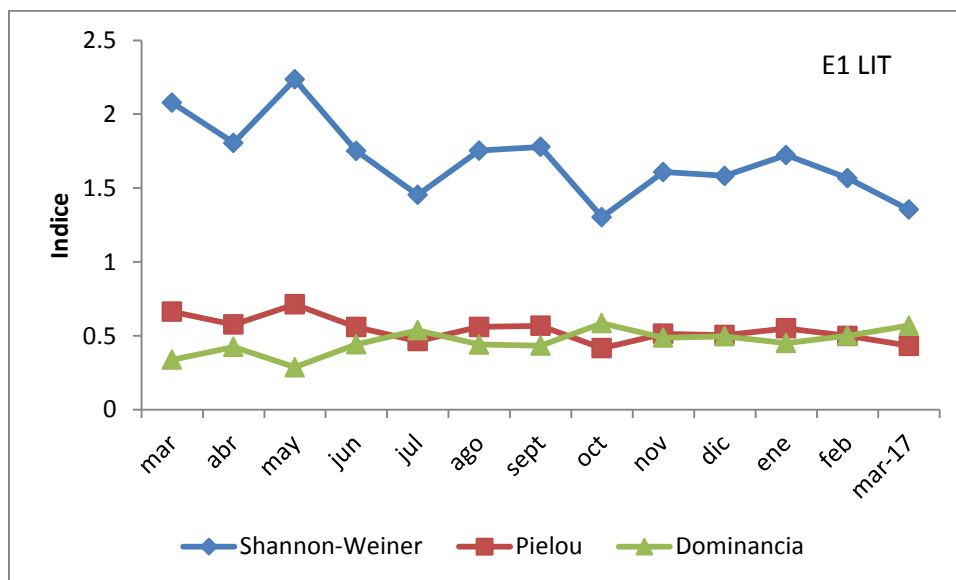


Figura 44. Indicadores de la comunidad zoopláncica de marzo del 2016 a marzo del 2017 para la E1 litoral

Para la E2 el índice de Shannon-Weiner fue muy variable a través de los meses de muestreo (Fig. 45); sin embargo, el valor máximo se registró en el mes de junio con un valor de 2.14, esto durante la época de secas cálidas y el mínimo de 1.01 en el mes de febrero de 2017. La tendencia de este índice fue de disminución hacia el final del estudio. La equitatividad y la dominancia presentaron ligeros cambios a través de los meses de estudio.

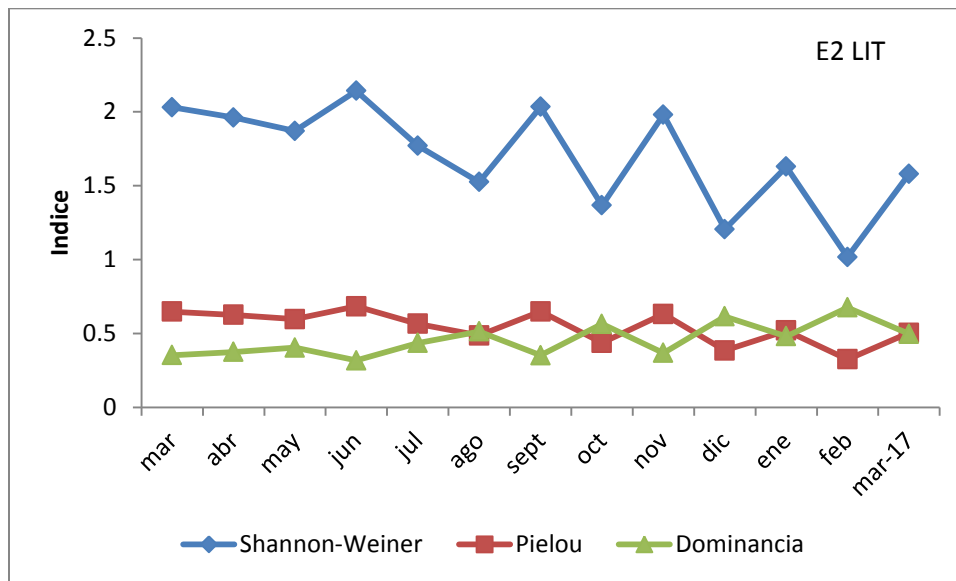


Figura 45. Variación a través del tiempo de los índices de diversidad del zooplancton en la E2 litoral

Análisis de Componentes Principales: Se aplicó el Análisis de Componentes Principales a las variables físicas, químicas y biológicas (Zooplancton). Se tomaron en cuenta 15 variables. Se agruparon las variables en 6 componentes como se muestra en la tabla 6, los cuales presentan un eigenvalor igual o mayor a 1.0, que juntos dan un valor de 90.6% de variabilidad de los datos originales.

Cuadro 8. Valores y Porcentajes del Análisis de Componentes Principales

Componente	Porcentaje de		Porcentaje
Número	Eigenvalor	Varianza	Acumulado
1	4.14843	27.656	27.656
2	2.82006	18.800	46.457
3	2.62414	17.494	63.951
4	1.70173	11.345	75.296
5	1.25263	8.351	83.647
6	1.04943	6.996	90.643

En el bordo La Palapa, los primeros seis componentes principales explicaron el 90.6 % de la variación total y se utilizó el criterio de González-Villela y Banderas-Tarabay (2002) y Rivera y Hernández (2011), que plantean no usar los componentes principales que no expliquen más del 10%, por esta razón no se incluyen en el análisis los componentes que van del número 7 al 15.

Cuadro 9. Pesos de los componentes principales del bordo “La Palapa”.

	Componente	Componente	Componente	Componente	Componente	Componente
	1	2	3	4	5	6
t° amb	-0.392563	0.0380467	0.169704	0.145244	0.380192	-0.0841944
t° agua	-0.0619254	0.29681	0.467467	0.243102	-0.0906372	-0.114595
transparencia	-0.0150673	0.0979188	-0.467415	0.391451	0.0807586	0.203853
Conductividad	0.371832	0.265793	0.144701	0.149978	0.246395	-0.198278
Sólidos	0.414838	0.126111	0.109259	0.132191	0.2249	0.0514153
ph	-0.0957957	-0.0151484	-0.428537	-0.181515	0.0998192	-0.614821
Profundidad	0.253195	0.357862	-0.0647404	0.0332168	-0.240165	-0.428082
Alcalinidad	0.0762498	-0.424341	0.193797	0.143078	-0.479404	0.0362016
Dureza	-0.174891	0.379086	-0.343635	-0.0708607	0.0571572	0.275208
Clorofila	-0.174893	-0.0438421	-0.112247	0.540395	-0.272209	-0.383171
Oxígeno	-0.329469	-0.303718	0.109718	-0.198643	0.24193	-0.282143
Fósforo	0.247059	-0.213441	0.0900207	0.0856369	0.49253	-0.0890555
Amonio	0.308151	-0.260316	-0.339758	0.00419374	-0.0439698	0.0589407
FRD	0.352144	-0.280479	-0.0445458	-0.131677	0.0351905	-0.119227
Abundancia	0.0515665	0.275854	0.0876607	-0.55757	-0.224282	-0.0768852

En el cuadro 9 se muestran los pesos de cada variable dentro de cada componente elegido. En el primer componente se encuentra de manera directa la conductividad (0.371832) y el FRD (0.352144), de manera inversa

la temperatura ambiente (-0.3925) y el oxígeno disuelto (-0.329469), se puede apreciar que el peso de este componente está dado por el factor edáfico. En el segundo componente se encuentra la dureza con una relación directa (0.379086), mientras que en el tercer componente se encuentra la temperatura del agua con (0.467467) y la concentración de amonio de manera inversa (-0.339758). En el cuarto componente se presentan de manera directa la transparencia (0.391451) y la concentración de la clorofila "a" (0.540395) en relación inversa a la abundancia del zooplancton (-0.55757). En el quinto componente se encuentra de manera directa la temperatura ambiental (0.380192), la concentración de fósforo (0.49253) y de modo indirecta la alcalinidad (-0.479404). En el componente seis se encuentran de manera indirecta las variables de profundidad y el pH con valores de (-0.428082) y (-0.614821) respectivamente.

En el bordo "La Palapa" los primeros dos componentes principales explican el 46.45% de la variación total, lo cual indica que son varias las variables que afectan el comportamiento del sistema. En la figura 46 muestra a los componentes que están divididos en cuatro cuadrantes, esta separación está dada por el carácter climático como son: época de lluvias, secas frías y secas cálidas. La abundancia está más relacionada con la profundidad y la conductividad durante la etapa de dilución.

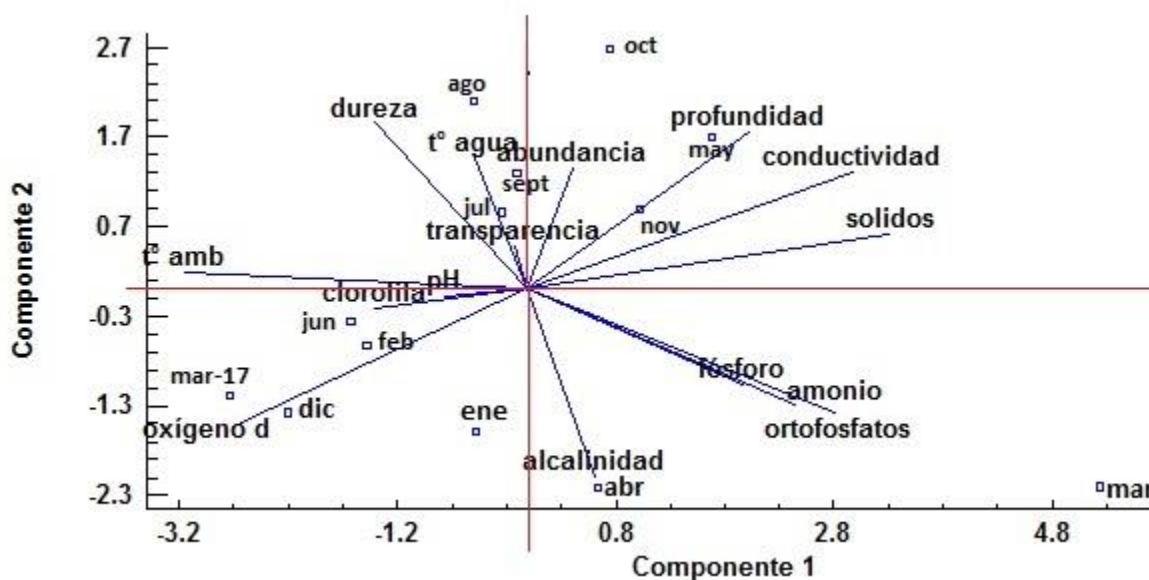


Figura 46. Análisis de Componentes Principales para el microreservorio La Palapa

Análisis de Correspondencias Canónicas

En el gráfico de las correspondencias canónicas por especies perteneciente a las zonas limneticas se puede apreciar que varias especies de rotíferos ven beneficiada su abundancia de acuerdo con el comportamiento de diversos factores físico-químicos y ambientales. Ejemplo de ello las especies *Lecane bulla* (Lb) y *Lecane dicipencis* (Ld) que de acuerdo al grafico están estrechamente relacionadas con las variables de la conductividad, profundidad y la temperatura del agua (Fig. 47). Otra de las especies que tiene relación muy estrecha con la visibilidad al disco de Secchi es *Testudinella patina* (Tp) esto podría deberse al tipo de hábito alimentario que posee, que es la filtracion. Respecto a las especies *Brachionus calyciflorus* (Bcal), *Brachionus bidentatus* (Bb) y *Asplanchna sieboldii* (As) tienen relación con el pH, dureza y alcalinidad respectivamente denotando que estas especies tienen una afinidad por los sistemas con aguas duras y alcalinas, es decir productivas y eutróficas.

Cuadro 10. Ejes del análisis de Correspondencias Canónicas (zona limnética)

Eje	Eigenvalue	%
1	0.17967	42.65
2	0.089109	21.15
3	0.05675	13.47
4	0.040426	9.595
5	0.023288	5.528
6	0.017897	4.248
7	0.010454	2.481
8	0.0023812	0.5652
9	0.0013251	0.3145
10	1.904E-10	4.519E-08

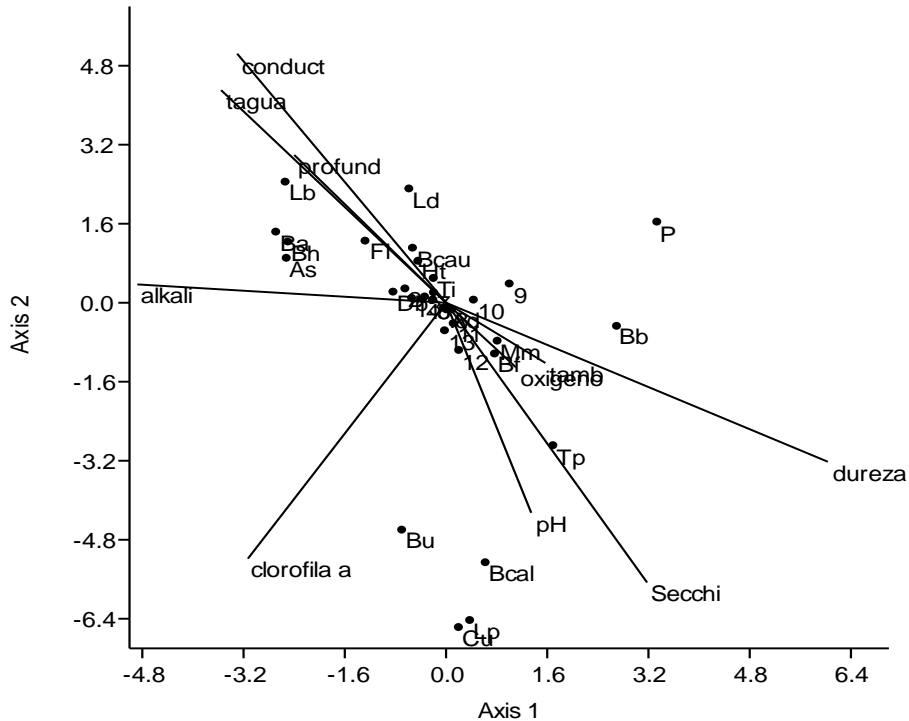


Figura 47. Análisis de Correspondencias Canónicas por especies de zonas limnéticas

Respecto al gráfico de las zonas litorales el comportamiento de las especies es muy similar al de las zonas limneticas, ya que presentan las mismas interacciones entre las especies y parámetros físico-químicos; sin embargo, se puede apreciar que las especies tienen una relación más estrecha porque la distancia entre los vectores de los puntos de las especies es menor en comparación con el gráfico de la zona limnetica, esto se podría deber a que en las zonas litorales las condiciones físicas y químicas son más cambiantes respecto a la zona limnetica principalmente por efecto de la fuerza y dirección del viento, indicando que la variación de los factores físicos y químicos y ambientales se refleja en la abundancia de las especies de los rotíferos ya mencionados. En los dos gráficos se ubicaron al centro de los vectores las especies pertenecientes a los grupos de los copépodos *Arctodiaptomus dorsalis* (Ad) y *Thermocyclops inversus* (Ti) y las dos de los cladóceros *Moina micrura* (Mm) y *Diaphanosoma birgei* (Db) y algunas de los rotíferos como *Brachionus caudatus* (Bcau) y *Filinia longiseta* (Fl) denotando que aunque los aspectos físico-químicos

presenten variaciones, estas especies son ampliamente tolerantes a las fluctuaciones de su entorno.

Cuadro 11. Ejes del análisis de Correspondencias Canónicas (zona litoral)

Eje	Eigenvalor	%
1	0.34799	38.19
2	0.22251	24.42
3	0.12095	13.27
4	0.087193	9.57
5	0.044981	4.937
6	0.043754	4.802
7	0.026073	2.861
8	0.012038	1.321
9	0.0056718	0.6225
10	2.9513E-09	3.239E-07

En los cuadros 10 y 11 se observa el número de ejes en cada gráfico del análisis de Correspondencias Canónicas perteneciente a la zona limnetica y litoral. De acuerdo al número de ejes y el porcentaje nos da una idea de la dispersión de los datos de las variables fisicoquímicas y biológicas por especies. En este caso se necesitaron un total de 10 ejes para determinar las relaciones que tienen todo el conjunto de variables para las dos estaciones.

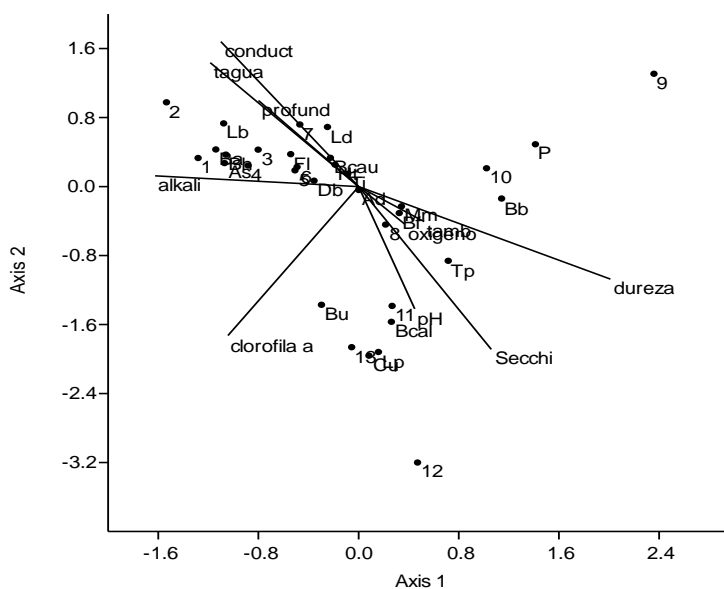


Figura 48. Gráfico de Análisis de Componentes Principales por especies en zonas Litorales

Análisis de agrupamiento (Cluster)

Se realizó un análisis de agrupamiento por medio de distancias euclidianas, donde los muestreos de las variables físicas y químicas se agrupan por similitud (Fig. 49), conforme al comportamiento de los meses y la relación que existe entre ellos. Este análisis mostró tres grupos según las épocas del año: el primer grupo (de izquierda a derecha) se muestran los meses de junio y julio correspondientes a los meses de inicio de la temporada de lluvias y marzo y abril a la época de secas cálidas; el segundo grupo está conformado por los meses de lluvia (agosto, septiembre, octubre y noviembre), aunque el mes de mayo se comporta similar a este grupo, porque durante este mes se presentaron ciertos días lluviosos y en el tercer grupo, se encuentran los meses pertenecientes a las secas frías (diciembre, enero, febrero y marzo de 2017).

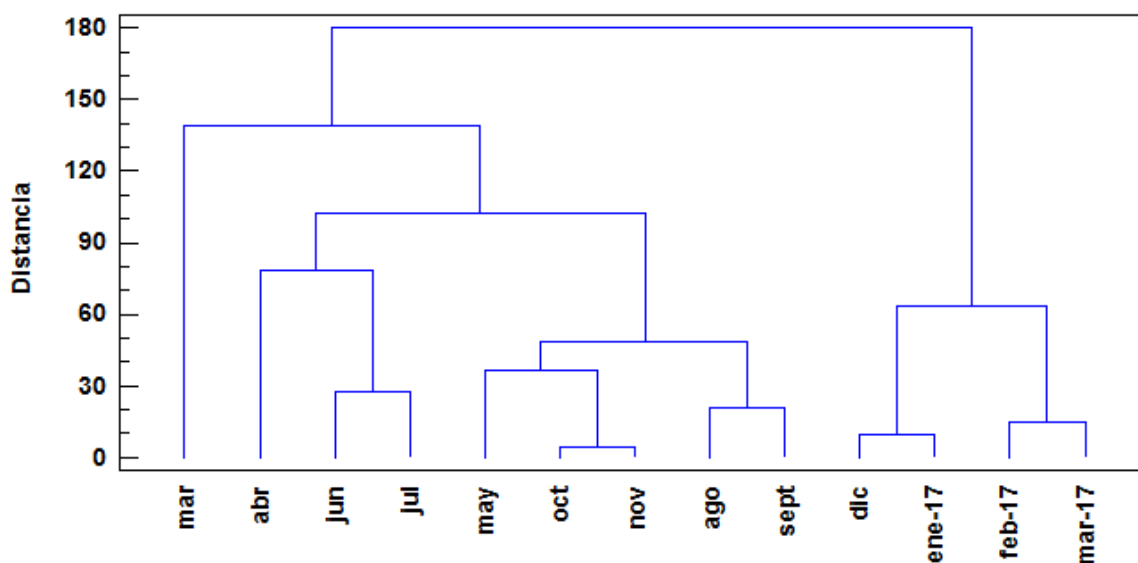


Figura 49. Agrupamiento de las variables en función de la época del año

Estado trófico del sistema acuático

En la figura 50 se observa el comportamiento del nivel trófico a través de los meses de estudio. Entre la E1 y E2 el comportamiento es similar registrando los valores máximos en el mes de abril, durante la temporada de secas cálidas.

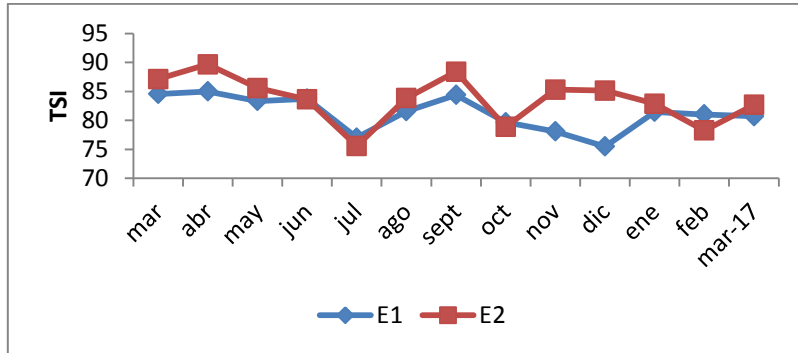


Figura 50. Variación temporal del estado trófico del agua del bordo La Palapa

Estado de eutrofia	TSI	D Secchi (m)	P total (mg/m ³)	Clorofila a (mg/m ³)
Oligotrófico (TSI<30)	0	64	0.75	0.04
	10	32	1.5	0.12
	20	16	3	0.34
	30	8	6	0.94
Mesotrófico (30<TSI<60)	40	4	12	2.6
	50	2	24	6.4
	60	1	48	20
Eutrófico (60<TSI<90)	70	0.5	96	56
	82.4	0.25	192	154
	90	0.125	384	427
Hipereutrófico (90<TSI<100)	100	0.062	768	1183

Figura 52. Nivel trófico promedio del sistema “La Palapa”, con base en la propuesta de Carlson y Simpson (1996)

El nivel trófico promedio del sistema es de 82.4, lo que indica que es un sistema eutrófico, aunque durante el mes de abril mostró una tendencia hacia la hipereutrofia. Sin embargo, es durante la época de lluvias cuando el sistema acuático presenta los mínimos valores, debido al proceso de dilución que sufre este cuerpo de agua, aun así, el nivel se considera como eutrófico.

Discusión

Es importante mencionar que en México las investigaciones limnológicas se han incrementado en las últimas dos décadas; sin embargo, muchos cuerpos de agua permanecen todavía inexplorados (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010) y en el estado de Morelos más de 150 cuerpos de agua de 163 sistemas lénticos (Granados-Ramírez *et al.*, 2014) permanecen sin ser analizados. En los últimos años se ha acelerado la construcción de presas y bordos de diferentes tamaños y usos, no solamente sobre corrientes permanentes, sino también sobre cualquier caudal que permita retener el agua para satisfacer las necesidades de la población y con ello, la disponibilidad del recurso para el riego de cultivos, la generación de energía eléctrica, el control de avenidas, el abastecimiento de agua potable entre otros fines (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; García-Calderón *et al.* 2002). El uso de estos sistemas, también denominados jagüeyes, bordos o microreservorios se ha diversificado al ser empleados como abrevaderos para ganado, actividades de extensionismo acuícola y como factor secundario, para recreación y agua para consumo humano (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava 1992; Quiroz y Díaz. 2010).

Uno de los aspectos importantes a evaluar en los sistemas acuáticos son las características físicas y químicas que presenta el agua, las cuales pueden estar influenciadas por el medio que rodea al cuerpo de agua, algunos pueden tener variaciones relacionadas con el incremento de materia orgánica alóctona como autóctona, ya que en los cuerpos de agua se presentan organismos tanto autótrofos como heterótrofos que son susceptibles a las variaciones ambientales y tales parámetros, ayudan a la interpretación de la capacidad productiva de los recursos acuáticos y su comportamiento en el tiempo y espacio (Boyd, 1979; Margalef, 1983; De la Lanza, 1987).

En la República Mexicana existen cientos de cuerpos de agua someros que tienen una profundidad promedio de menos de tres metros y la dinámica y la diversidad del plancton en estos sistemas someros, son significativamente diferentes a los lagos profundos, ya que debido a su escasa profundidad estos cuerpos de agua presentan una alta cantidad de nutrientes suspendidos en la columna de agua por el contacto con los sedimentos (De la Lanza-Espino y García-Calderón, 2002).

El microreservorio La Palapa es un cuerpo de agua que puede ser clasificado como un bordo permanente, con una profundidad mínima de 0.85 m en épocas de secas y de 4.1 m durante la temporada de lluvias. Por lo tanto, el tiempo de retención del agua en el bordo es de menos de un año y depende directamente de tres factores principales: precipitación, evaporación y el escurrimiento superficial para los cultivos aledaños, así como de otros procesos secundarios como el flujo de agua subterránea, las pérdidas por filtración y la captura de agua por la vegetación aledaña (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2007).

El bordo de “La Palapa” se localiza en una zona marcada por la temporada de secas y lluvias, que tienen influencia directa sobre el proceso de concentración y dilución de los nutrientes del sistema (Arredondo-Figueroa y Flores Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2007; Quiroz y Díaz. 2010). Esta dinámica afecta directamente a la calidad del agua, así como su estado trófico y por lo tanto, la dinámica de los organismos, lo cual coincide con lo descrito por Quiroz y Díaz (2010). Carvalho (1983) explica que el incremento en la densidad zooplanctónica durante el periodo de lluvias se debe a un enriquecimiento por nutrientes y materia orgánica aportada hacia el cuerpo de agua por efecto de los escurrimientos, que consecuentemente trae consigo una mayor disponibilidad de alimento para el zooplancton.

Chapman y Kramer (1991) señalan que el inicio de la época de lluvias indica un cambio radical en las características físicas y químicas de los pequeños cuerpos de agua tropical. Por lo tanto, la entrada de material orgánico alóctono, así como la cantidad de agua que es vertida hacia el sistema acuático durante la temporada de lluvias, disminuye la conductividad, pH, alcalinidad, sólidos disueltos totales, pero incrementa la demanda bioquímica de oxígeno. El cuerpo de agua posee áreas en las que crece abundante vegetación de macrófitos principalmente enraizados en la zona litoral con la consecuente acumulación de sedimentos, además de que está rodeado por campos agrícolas y vegetación que alteran la productividad del sistema y en consecuencia, el estado trófico.

Díaz *et al.* (2005) mencionan que la temperatura es un factor de suma importancia en un sistema acuático; en el caso del bordo “La Palapa se registraron temperaturas de 25°C promedio, presentando una mínima de

19.3 °C en el mes de enero y una máxima de 29.2 °C en el mes de junio; este factor es determinante en la distribución de algunas especies y sus diferencias se pueden relacionar con la altitud y productividad acuática, afectando la estructura de la comunidad como la abundancia y la diversidad (Urabe 1989; Green 1993), ya que como lo menciona Moss (2010), los lagos someros frecuentemente tienen una gran variedad de hábitats que permiten una gran diversidad de organismos zooplanctónicos, aunque el bordo de la Palapa registró una diversidad baja, pero en la época de secas una mayor cantidad de sitios que pudieron ser ocupados por el zooplancton.

Los registros de temperatura en el microreservorio La Palapa indican un periodo de estratificación durante el día en los meses de muestreo debido a la hora a la que se realizó el monitoreo, lo cual indica que para poder clasificar adecuadamente el cuerpo de agua, se debería realizar un ciclo nictimeral que permitiera verificar si la estratificación se presenta durante las 24 h o, si se registra mezcla por efecto del viento sobre la columna de agua asociada a la disminución de la temperatura durante la noche. Sánchez y Zamora (2012) para el bordo Huitchila, un bordo cercano a La Palapa, reportan que estos sistemas permanecen en mezcla durante toda la noche y se estratifican durante el día, por lo cual los clasifican como polimíctico cálido continuo de acuerdo con Lewis (1983). Gómez (2002) clasifica al lago Coatetelco como polimíctico cálido continuo, sobre todo si se toma en cuenta la latitud en la que se ubica y profundidad que presenta. Rivera y Hernández (2011) reportan para el bordo de La Palapa y Amate Amarillo una etapa de mezcla durante la noche y otra de estratificación a partir del mediodía con una duración aproximada de 9 horas esto, durante la época de secas, con temperaturas entre los 20 a 30°C y una ausencia de la estratificación de la columna de agua durante la época de lluvias, por lo cual los clasifican como cuerpos de agua polimícticos cálidos continuos.

Harris (1986), realizó un estudio en latitudes tropicales, donde la luz y la temperatura son relativamente constantes y las variaciones estacionales del plancton dependen del efecto de las lluvias, de la sequía e incluso de la mezcla, lo cual se puede observar en sus resultados, donde la variación en la abundancia del zooplancton durante la época de lluvias es mayor. Esto concuerda con el presente trabajo ya que la lluvia y el aporte de agua por los afluentes, generaron un incremento en el volumen del bordo;

por otra parte, el movimiento y la mezcla por el efecto del viento sobre la columna del agua del bordo, así como el acarreo de nutrimentos por aporte de la zona agrícola y la remoción de los sedimentos, generaron las condiciones idóneas para un aumento en el número de organismos pertenecientes a la comunidad zoopláncica durante los meses de julio, agosto y septiembre.

El oxígeno disuelto es el parámetro más importante de los sistemas acuáticos, ya que es esencial para el metabolismo de todos los organismos y dependerá de las características físicas, químicas y biológicas del sistema (Contreras, 1994; Wetzel, 2001). En el sistema los mínimos se presentan en los meses de mayo y octubre y los máximos en abril y diciembre sin registrarse anoxia, lo cual nos indica que hubo una relación inversa con la temperatura, al registrarse los valores más bajos cuando la temperatura fue mayor en el sistema. Por lo tanto, el sistema presentó aguas bien oxigenadas (>10 mg/L), como también lo reporta Gómez-Márquez *et al.* (2008) para el lago El Rodeo. Rodríguez y Carmona (2002), mencionan que un intervalo de 4 a 11 mg/L de oxígeno disuelto es recomendable para el desarrollo de vida acuática. Granados *et al.* (2014) reportan para La Palapa durante la época de secas valores de oxígeno disuelto entre 5.2 mg/L y de 12.6 mg/L en el periodo de lluvias. Los promedios registrados para el sistema de La Palapa, también se encuentran dentro de los intervalos reportado por Sánchez y Zamora (2012), Gallardo (2013) y Santibáñez (2014). Rivera y Hernández (2011) reportaron valores óptimos para el desarrollo de la vida acuática en el bordo La Palapa y Amate Amarillo de 8.69 y 10.64 mg/L respectivamente. Palacios (2013) indica que la concentración de oxígeno en dos bordos del estado de Morelos fue mayor en la época fría, similar a lo reportado en el presente trabajo.

Al analizar el perfil vertical de la concentración del oxígeno disuelto, se puede observar que la mayor concentración se encuentra en la capa superficial (0.30 m), la cual va disminuyendo a través de la columna de agua, comportamiento que indica una curva de tipo clinógrada. Por lo tanto, se puede decir que La Palapa presenta aguas bien oxigenadas propicias para el desarrollo de las comunidades que habitan en el sistema. Gallardo (2013) y Santibáñez (2014) reportan para el sistema de Huitchila el mismo comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto, indicando valores más altos en la superficie por la alta densidad de

organismos fotosintéticos; cabe resaltar que los valores también se ven influenciados por la acción del viento.

Con respecto al pH se obtuvo un promedio de 8.5 unidades, lo cual indica que el cuerpo de agua es ligeramente alcalino, esto coincide con muchos estudios que se reportaron en cuerpos de agua en México (Cervantes y Gutiérrez, 1996; Sarma y Elías-Gutiérrez, 1998; Gómez, 2002; Aguilar-Acosta, 2010; Rivera y Hernández 2011; Gómez-Márquez *et al.*, 2013; Santibáñez, 2014; Granados-Ramírez *et al.*, 2014).

Abarca, (2007) y Gayosso-Morales, (2010) mencionan que las variaciones de pH mayores a 8.5, se deban principalmente a la actividad fotosintética que es el principal consumidor de CO₂ y es una de las principales causas del incremento del pH, además de otros factores como la dureza, el factor edáfico y geológico de la zona donde está el bordo y la alta tasa de evaporación, así como el acarreo de fertilizantes de las tierras de cultivo adyacentes al bordo.

En cuanto a la conductividad en este estudio se observó una diferencia de los valores de conductividad entre las dos temporadas de estudio. Mustapha (2009) y Hujare (2005), mencionan que la conductividad promueve alta abundancia y crecimiento del fitoplancton y como consecuencia un mayor número de organismos del zooplancton, porque los nutrientes están más disponibles en un menor volumen de agua en la temporada de secas cálidas, lo cual concuerda con los resultados de Gómez-Márquez *et al.*, (2013), quienes reportan para el sistema Huitchila, un comportamiento similar al obtenido en el presente estudio.

Respecto a la alcalinidad, esta variable es importante para la productividad del sistema acuático y sirve de amortiguador para los cambios de pH. Arredondo (1986) menciona que los sistemas que contengan más de 40 mg/L de CaCO₃ son aguas productivas; para "La Palapa" se obtuvo un promedio de 194 y 215 mg/L de CaCO₃ para las estaciones 1 y 2 respectivamente, lo cual indica que las aguas del sistema son altamente productivas y adecuadas para llevar a cabo actividades de acuicultura de repoblamiento con especies ícticas. La dureza total, de este sistema acuático contiene aguas duras con un promedio de 301 mg/L CaCO₃, debido a las características edáficas y el origen geológica en el cual se encuentra asentado el bordo, así como a la tasa de evaporación durante la época de secas; sin embargo, Gómez-Márquez *et*

et al. (2013) mencionan intervalo de 250 a 750 mg/L de CaCO_3 describiendo al sistema Huitchila con aguas muy duras, sobrepasando los valores de alcalinidad, posiblemente porque los iones calcio y magnesio están asociados con sulfatos, cloruros, silicatos y nitratos (Arredondo 1986; Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1994). Wetzel, (2001) indica que la dureza del agua se refiere al contenido de las sales de calcio y magnesio, como carbonatos y bicarbonatos, pero que también pueden estar asociados a otros aniones.

Wetzel (2001), menciona que los lagos que tienen cantidades elevadas de carbonatos y bicarbonatos derivadas de la disolución de la calcita (CaCO_3), provocan valores elevados de alcalinidad y pH, como los presentes en el bordo "La Palapa" que son consideradas como muy productivas y con un pH de alrededor de 8.5 unidades, por lo que al sistema se puede considerar como alcalino y productivo, esto de acuerdo con los valores que establecen 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; las aguas duras además de favorecer los procesos de eutrofización contienen altas concentraciones de fósforo y nitrógeno que también generan problemas como el florecimiento de microalgas y la disminución de la cantidad de oxígeno disuelto.

En el caso de la transparencia, se registró en promedio 0.33 m para ambas estaciones; durante la época de dilución del sistema se registraron los valores máximos, básicamente asociados al contenido de fitoplancton y sólidos suspendidos, que es característico de los sistemas eutróficos (Wetzel, 2001). Los valores mínimos se registraron en los meses de secas, como efecto de la resuspensión del sedimento por efecto del viento sobre el sistema acuático y lo somero del mismo, la biomasa elevada de fitoplancton y la concentración de clorofila "a". 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 (Kerekes, 1983). Además, se ha observado que ésta turbidez biogénica incrementa la atenuación de la luz, disminuye la profundidad de la zona fótica y por lo tanto, limita la eficiencia fotosintética como ha sido señalado por Chacón-Torres *et al.*, (2000) y Hernández-Avilés *et al.* (2007).

Moreno (2003) menciona que es indispensable la integración del estudio de las comunidades microalgales para determinar la calidad del agua. Las divisiones dominantes en La Palapa son la Chlorophyta, Cyanobacteria y la Euglenophyta. Las diatomeas generalmente no alcanzan biomásas similares a las divisiones ya mencionadas.

Los organismos más representativos en los bordos de climas cálidos son las clorofitas (Arredondo, 1993, Hernández-Avilés *et al.*, 2007), lo que se observa claramente en el bordo La Palapa. Estos organismos predominan en los cuerpos de agua lénticos de estado de Morelos, ya que las condiciones presentes fueron propicios para el óptimo desarrollo de estas algas, debido a que la mayoría de las especies son características de ambientes eutróficos, desarrollándose con más facilidad en sistemas someros, son cosmopolitas, oportunistas y soportan variaciones en las condiciones ambientales (Ramírez, 2008).

De acuerdo con el diagrama de Olmstey-Tukey, se observa que los géneros dominantes de la división Chlorophyta fueron, *Monoraphidium sp.*, *Kirchneriella sp.*, según Ortega *et al.* (1994) estos organismos son indicadores de un sistema eutrófico; también géneros como *Selenastrum*, *Coelastrum*, *Crucigenia* y *Scenedesmus* son representativos en los bordos de climas cálidos (Hernández-Avilés *et al.*, 2002).

La segunda división más abundante dentro de la comunidad del fitoplancton es Cyanobacteria. Los florecimientos de cianobacterias son comunes en los sistemas lenticos y se asocian a varias causas: mayor cantidad de nutrientes, alta insolación, altas temperaturas, poca circulación de la columna de agua y poca o nula intensidad de los vientos (Paerl, 1988; Pizzolon, 1996; Reynolds 2006; Pérez *et al.*, 2008).

Otro de los factores que puede propiciar la presencia de estos organismos son las concentraciones de nitrógeno y fósforo, esto de acuerdo con Pizzolon, (1996), Watson *et al.* (1997) y Pineda-Mendoza *et al.* (2011), mencionan que al aumentar la concentración de estos nutrimentos como los fosfatos y el registrar temperaturas del agua mayores de 20 °C, la abundancia relativa de las cianobacterias aumenta, mientras que otros grupos disminuyen. Cabe mencionar que estos florecimientos pueden llegar a ser peligrosos ya que muchas de las especies pertenecientes a este género tienen la capacidad de producir sustancias tóxicas que alteran las características organolépticas del agua, disminución de las

concentraciones de oxígeno disuelto, liberación de metabolitos secundarios tóxicos conocidos como cianotoxinas y representan un riesgo potencial para la salud humana y sanidad animal, debido a que el sistema acuático está destinado a actividades recreativas y deportivas (Cavalli *et al.*, 2005; Arzate-Cárdenas *et al.*, 2010; Pineda-Mendoza *et al.*, 2011). Asimismo, Wetzel (1981) indica que las algas crecen mejor con pH neutro o casi neutro, pero un número considerable de cianobacterias crecen mejor con valores básicos, similar a lo reportado para este cuerpo de agua en estudio.

Para la división Euglenophyta, esta tiende a presentarse en ambientes donde prevalecen aguas ricas en materia orgánica, situación que presenta el bordo La Palapa debido a la actividad ganadera al utilizar este sistema acuático como abrevadero. Ramírez (2008) menciona que la abundancia de esta división es mayor durante la época de lluvias, esto se puede deber a la gran cantidad de materia orgánica que es transportada por los afluentes y son depositados a los sistemas acuáticos. Quiroz-Castelán *et al.* (1999) mencionan que la presencia del género *Euglena* es un indicador de eutrofización de los sistemas acuáticos. En el bordo La Palapa se registró este género lo cual concuerda con el nivel trófico del sistema reportado en el presente trabajo, además de la presencia de ganado vacuno y caprino que abrevó en el sistema acuático y a la mismo tiempo, estaban defecando y orinando.

Los organismos de la división Bacillariophyta contienen sílice en sus estructuras y cuando existe una baja de este elemento en la temporada de secas, Margalef (1983) menciona que por lo regular las concentraciones de sílice se presentan en la capa tropogénica y con grandes variaciones en la distribución espacio-temporal. Aunque en el bordo de La Palapa se tienen concentraciones considerables de sílice (29 mg/L promedio), las diatomeas no presentan una proliferación mayor y son desplazadas por las divisiones dominantes. La baja abundancia de esta división también se puede deber a que son de carácter bentónico y cuando los pescadores lanzan el arte de pesca, induce una re-suspensión del fondo de las aguas y sedimentos y como resultado la presencia de las diatomeas en la columna de agua.

Por último Cryptophyta es un grupo de algas relativamente no conspicuas que pueden encontrarse en aguas dulces y en sistemas eutróficos.

Bellinger y Sigee (2010) mencionan que el grupo está conformado por 12 géneros y alrededor de 100 especies. La información para esta división es escasa por lo que no puede compararse profundamente con estudios previos.

Se ha registrado que el fitoplancton está sometido a una fuerte influencia estacional y en las zonas tropicales se pueden observar grandes contrastes entre las asociaciones de especies en la época de lluvias y en la época de secas (Horne y Goldman, 1994; en González *et al.*, 2004a). Además, en lo general el conjunto de factores abióticos determinan la presencia de una especie en un sitio y en un momento dado, los factores bióticos regulan sus poblaciones (de la Lanza y García, 2002).

Con respecto al zooplancton, este es un elemento importante, primero en la transformación de la materia orgánica y posteriormente en el almacenamiento de la misma y la transferencia de la energía captada por el fitoplancton hacia los niveles tróficos más altos y Armengol (1982), menciona que van variando en respuesta a ciertos factores ambientales como bióticos. El zooplancton presente en el bordo La Palapa se destaca por su papel en la cadena trófica, como una vía de transferencia de energía al ser una fuente de alimento para los organismos de los niveles superiores de la red trófica, un ejemplo de ello, es la gran cantidad de organismos del grupo de los copépodos que funcionan como reservorio de energía para ser transferido a los peces juveniles adultos de pequeña talla (*Poeciliopsis gracilis* y *Pseudoxiphophorus bimaculatus*) y de estadios juveniles de especies que de adultos ocupan otros nichos tróficos como *Oreochromis niloticus*, presentes en el sistema acuático.

En cuanto a la composición del zooplancton que se estudió en el presente trabajo, se registraron 24 especies. Sarma *et al.*, (2011) señalan que muchos cuerpos de agua como lagos, estanques y presas de México, son sistemas con una gran riqueza en especies de zooplancton. Asimismo, Sarma y Elías-Gutiérrez (1999) han reportado cerca de 65 especies en un cuerpo de agua situado a 2411 m.s.n.m. en la parte Central de México. Retana y Vázquez (2015) reportan en el sistema de Huitchila 15 especies, integradas por rotíferos, copépodos y cladoceros. Dumont y Seger (1996) mencionan que, la riqueza específica del zooplancton para un embalse de la zona tropical de la región Sudamérica (Brasil) puede ser mayor de 150 especies; por lo que podemos decir que la riqueza específica obtenida en este

estudio se considera baja, pero similar a lo reportado por Trejo-Albarrán *et al.*, (2000), Akin-Oriola (2003), Gómez-Márquez *et al.* (2003), Gómez-Márquez *et al.* (2013). Es probable que la baja diversidad y densidad de zooplancton en el bordo "La Palapa" en comparación con otros sistemas, fuera causada por las actividades humanas, debido a la contribución de aguas de desecho de las actividades agrícolas y domésticas que son vertidas a los sistemas sin previo tratamiento, así como a la actividad pesquera que se realiza en el bordo, lo que contribuye a la depredación del zooplancton por parte de las especies ícticas introducidas (principalmente *Oreochromis niloticus* y algunas especies vivíparas como *Poeciliopsis gracilis*, *Pseudoxiphophorus bimaculata* entre otras). Además, también se debe considerar la pérdida de agua por efecto de la salida de la misma, para ser utilizarla en las actividades agrícolas de las tierras aledañas.

Uno de los factores que más influyó posiblemente en la abundancia del zooplancton fue la temperatura, debido a que en los meses fríos-secos, la población disminuyó considerablemente y en la época de lluvias su abundancia tuvo los máximos probablemente por el aporte de materia orgánica alóctona así como por el aumento en la densidad de fitoplancton.

La especie *Arctodiaptomus dorsalis* fue la más abundante de los copépodos y esta ha sido reportado por Granados-Ramírez *et al.*, (2014) para el mismo sistema y la catalogan como una de las especies dominantes en los embalses artificiales del estado de Morelos. Suárez-Morales y Reid (1998) reportan la presencia de esta especie en los estados de Aguascalientes, Quintana Roo, Yucatán y Jalisco y mencionan que se distribuye desde el centro hasta el sureste de México y que tiene afinidad con la zona neotropical (Caribeña). De igual modo, Gómez-Márquez *et al.* (2003) para el lago Coatetelco y Gómez-Márquez *et al.* (2013) para el microreservorio Huitchila, señalan que esta especie está presente en los estos sistemas acuáticos del estado de Morelos. Parra-Flores *et al.* (2006) citan que esta especie está registrada en dos sistemas del Alto Amacuzac, Morelos, con máximas abundancias en los meses fríos.

El ciclopoideo *Thermocyclops inversus* estuvo presente en el estudio en bajas densidades pero muy frecuente, se ha reportado para México en

Zacatecas por Mercado-Salas y Suárez-Morales (2011). Suárez-Morales y Reid (1998) mencionan que esta especie es registrada para los estados de Aguascalientes, Edo. de México, Michoacán, Morelos, Quintana Roo, San Luis Potosí y Yucatán y señalan que presenta una afinidad neotropical. Palacios (2013) la registró en dos bordos en el estado de Morelos, Granados *et al.*, (2014) también lo reporta en varios sistemas acuáticos del estado de Morelos y en el mismo bordo en estudio. Suárez-Morales (2000) menciona que ecológicamente, los copépodos representan el nivel de los consumidores primarios y las formas depredadoras forman parte de los consumidores secundarios como las dos especies de copépodos reportados en este trabajo.

Reid (1989) menciona que las especies de *Thermocyclops* pueden alcanzar altas abundancias en sistemas que se han clasificado como ambientes eutróficos, en los cuales suelen dominar las cianobacterias, las cuales se pueden utilizar como una fuente alimenticia, incluidos otros grupos del fitoplancton y de protozoarios.

Respecto al grupo de los cladóceros este estuvo compuesto por dos especies, *Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura*; sin embargo, Elías-Gutiérrez *et al.* (1999) citan que los grandes reservorios mexicanos son dominados por varias especies de *Daphnia* y *Bosmina*, ninguna de estas fue encontrada en el estudio, esto pudo deberse a que el primer género es de aguas templadas y frías y el segundo a pesar de ser característico de zonas litorales no fue registrada en los muestreos de estas zonas. *D. birgei* y *M. micrura* fueron registradas en estudios anteriores de cuerpos de agua cercanos a la zona de estudio por Gómez-Márquez *et al.* (2003), Gómez-Márquez *et al.* (2013) y Granados *et al.* (2014).

Cuker y Hudson (1992) señalan que las especies de *Moina* y *Diaphanosoma* generalmente son favorecidas cuando el cuerpo de agua presenta alta turbidez abiogénica, aunque son menos abundantes que los rotíferos, lo cual es similar a las condiciones registradas para el cuerpo de agua estudiado. Sendacz (1993) señala que los cladóceros presentan una amplia distribución en ambientes tropicales; sin embargo, a veces ésta se ve restringida a pequeñas áreas debido a los requerimientos ecológicos y fisiológicos que presentan algunas especies. Desde un punto de vista

comercial la importancia de los cladóceros radica en que se utilizan como alimento vivo para la ictiofauna (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

Los rotíferos fueron el grupo con mayor diversidad, tal como lo menciona Elías-Gutiérrez *et al.* (2001) y Merayo y González (2010), los cuales poseen una diversidad de formas y de hábitos alimenticios, lo que les hace posible explotar exitosamente distintos niveles tróficos y representar un grupo de gran interés dentro de las redes tróficas en sistemas dulceacuícolas. Muchas especies de este grupo son sensibles a los cambios ambientales que se produjeron durante el estudio, ya que fueron pocas las especies que permanecieron con abundancias relativamente elevadas. Sendacz (1993) señala que la comunidad de rotíferos tiene una amplia distribución ya sea en zona tropical o templada y esto es debido a que colonizan fácilmente los sistemas acuáticos por tener un ciclo de vida corto, reproducción partenogenética y tamaño pequeño, entre otras. Merayo y González (2010) mencionan que estos organismos tienen la posibilidad de colonizar rápidamente ambientes perturbados.

Algunas especies registradas en el presente estudio se han considerado como indicadoras de ciertas condiciones ambientales. Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003) mencionan que el género *Brachionus* presente en este estudio, es típico de aguas alcalinas y duras, en regiones templadas y tropicales, predominando en ambientes mesotróficos o eutróficos y evitando las condiciones hipereutróficas.

Sládecek, (1983) cita que *B. calyciflorus* es una especie cosmopolita que tolera altos grados de contaminación y es considerada indicadora de ambientes mesosaprobios. Los rotíferos *B. calyciflorus*, *B. angularis*, *Filinia longiseta* y *B. quadridentatus*, son especies cosmopolitas que habitan en sistemas con aguas alcalinas. De acuerdo a Sládecek (1983), las tres primeras son indicadoras de aguas α -mesosapróbicas y polisapróbicas y la última, de sistemas β -mesosapróbicas (de acuerdo con el contenido de materia orgánica). Andrade (2001) encontró que *B. caudatus* se relaciona con una alta disponibilidad de material orgánico particulado y de la biota encargada de su descomposición (hongos y bacterias).

Asplanchna sieboldii (Leydig, 1854) es un rotífero muy común, tiene una amplia distribución y además es un depredador del zooplancton en los

sistemas lénticos templados y tropicales (Fernando *et al.*, 1990). Granados-Ramírez *et al.* (2007) registraron la especie en tres cuerpos cercanos al sistema; sin embargo, esta especie no es común en aguas alcalinas, con alta concentración de materia orgánica suspendida, poca transparencia y en embalses bien oxigenados.

Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003) mencionan que *Filinia longiseta* es una especie termófila, epilimnetica y de ambientes estratificados, que ocurre en las zonas subtropicales y tropicales (24-28 °C), por lo que está ampliamente distribuida en ambientes acuáticos temporales y permanentes (Koste, 1978; Sládeček, 1983).

Benítez-Díaz *et al.* (2014) mencionan que el phylum Rotifera, fue el grupo planctónico de mayor abundancia en la cuenca de Xochimilco, D.F. y que las especies de rotíferos más abundantes en las tres estaciones fueron *Keratella tropica*, *Brachionus budapestinensis*, *B. havanaensis*, *B. angularis* y *K. cochlearis*.

Wetzel (2001) y Segers (2003) mencionan que la temperatura constituye un factor clave para determinar las tasas reproductivas de los rotíferos, estableciendo que a temperaturas menores de 20°C es adecuada para la reproducción de estos organismos, lo cual coincide con la temperatura registrada en este cuerpo de agua estudiado durante la época seca fría (enero y febrero).

Nandini *et al.* (2002) citan que en los cuerpos de agua naturales, los cladóceros y los rotíferos compiten por el mismo recurso de alimentación para sus necesidades metabólicas y lo obtienen de la misma forma; así, algunas veces se presentaría una competencia dada por la limitación en alimento.

Merayo y González (2010) señalan que la mayoría de los rotíferos son "suspensívoros" y se alimentan básicamente de partículas detríticas muy pequeñas, las cuales no son utilizadas por organismos de talla grande como los copépodos y cladóceros, lo que confiere ventajas a este grupo, ya que son capaces de alimentarse de estas partículas, aun cuando el fitoplancton, la principal fuente de recursos para el zooplancton, se encuentre en bajas concentraciones.

Las menores densidades zoopláncticas, ocurrieron al disminuir el volumen del agua en el embalse, durante las épocas de secas (cálidas y frías), estas condiciones propician que los organismos sean capturados con más facilidad por sus depredadores. Además la introducción de peces exóticos como la tilapia (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)) y otras especies de poecilidos (*Heterandria bimaculata* (Heckel 1848)), *Poeciliopsis gracilis* (Heckel 1848), pueden tener efecto sobre las comunidades del zooplancton, por ser planctívoras (zooplantófagas) en sus etapas juveniles (Infante y Riehl, 1984.; Anderson *et al.*, 1978; Elías-Gutiérrez *et al.*, 1999).

Desde un punto de vista comercial, el cultivo en general de estos grupos, permite tener una excelente fuente de alimentación para la producción piscícola (Suárez-Morales, *et al.*, 2000), la tilapia *Oreochromis niloticus* es una especie explotada por los pescadores y por lo tanto, estos organismos del zooplancton son importantes para la alimentación de la tilapia, principalmente en etapas juveniles.

Gracias a sus dimensiones y forma, el bordo “La Palapa” tiene un gran intercambio de materiales con la cuenca y una acelerada tasa de sedimentación, por lo que se puede clasificar como un sistema somero, con una profundidad que oscila entre 0.8 y 4.1 m, esto en la temporada de secas y de lluvias respectivamente y altamente productivo, con un alto intercambio entre el sedimento y la columna de agua, lo que propicia una resuspensión de materiales inorgánicos necesarios para que se realice la producción primaria, como es citado por Hernández-Avilés *et al.*, (2007).

Se puede observar de acuerdo a los resultados del microreservorio “La Palapa”, es un sistema eutrófico, con periodos marcados a través del tiempo, asociados a los periodos de lluvias y secas, influenciados por los factores ambientales, como también es señalado por Merayo y González (2010). Todo esto se ve reflejado en la comunidad zooplántica que tuvo variaciones en cuanto a la abundancia a lo largo del tiempo de muestreo y que el máximo valor de abundancia, se registró durante la época de lluvias después de la proliferación del fitoplancton.

Al ser un sistema eutrófico, determinado con base en el IET de Carlson y Simpson (1996) y de acuerdo también a lo reportado por Granados *et al.*, (2014), el cuerpo de agua presenta baja diversidad de especies pero adecuada abundancia para sostener la pesquería de tilapia, recurso que

proporciona más beneficios aunados a la parte agrícola, de la cual dependen en su mayoría los pescadores y además como un elemento importante en la transferencia de la materia y energía en la cadena trófica del sistema acuático.

Sarma *et al.*, (2011) reportaron valores de diversidad que oscilan entre 1.0 y 4.3 bits en la Presa de Iturbide y lo clasificaron como un sistema mesotrófico en relación a los datos de transparencia y concentración de nutrientes; caso contrario con el bordo de La Palapa que se clasificó como eutrófico con tendencia a la hipereutrofia, además de que los valores máximos de diversidad registrados en La Palapa fue de 2.23 bits en la zona litoral 1. Estos valores del índice de diversidad están dentro del intervalo que ha sido reportado para diferentes cuerpos de agua de México, tal como lo cita Sarma *et al.* (2011). Aun así, la diversidad del sistema acuático se puede considerar como baja.

Cole (1979) y Arredondo-Figueroa y López-Nava (1992) mencionan que los cuerpos de agua someros pueden ser considerados como sistemas productivos, ya que al presentar valores de profundidad promedio menores a uno, se favorece la interrelación entre la masa de agua y los materiales del fondo, lo cual se puede aplicar al cuerpo de agua estudiado.

Respecto a la presencia de las especies, se registraron un total de 24 especies en el sistema; 23 de ellas presentes en las estaciones limnéticas y la estación 2 litoral, para la estación 1 litoral se registraron todas las especies, esta presencia casi homogénea de las especies en las diferentes zonas de muestreo se podría deber al efecto del viento, ya que produce una remoción de las aguas, provocando el desplazamiento de las especies con hábitos litorales a zonas de mayor profundidad y a la luz de malla empleada para su obtención (54 μm). Otro factor podría ser la explotación de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), ya que los pescadores provocan el movimiento de las aguas para ahuyentar a los peces de sus refugios en las zonas litorales, cubiertas por vegetación ribereña o zonas rocosas, hacia las redes de pesca y obtener una mayor cantidad del recurso pesquero.

Por lo tanto, se puede concluir que la dinámica de los diversos grupos de zooplancton constituye un reto importante en el manejo de los sistemas acuáticos, ya que la composición, abundancia y distribución espacial y

temporal de las comunidades del zooplancton están relacionadas con el estado trófico y puede ser un indicador de las condiciones tróficas del ecosistema.

Conclusiones

- Se registraron un total de 24 especies pertenecientes a tres grupos; copépodos con dos especies, cladóceros con dos especies y rotíferos con 20 especies.
- El índice de diversidad osciló entre 0.79 y 2.23 bits durante el periodo de estudio, lo cual indica una diversidad baja en comparación con estudios de sistemas acuáticos de otras regiones a nivel nacional y del mundo.
- *Arctodiaptomus dorsalis*, *Filinia longiseta*, *Diaphanosoma birgei*, *Thermocyclops inversus*, *Asplanchna sieboldii*, *Moina micrura*, *Conochelius unicornis*, *Brachionus urceloaris*, *B. caudatus* y *Horëlla tomassoni* y el género *Ptygura* fueron los organismos que dominaron a lo largo del periodo de estudio.
- Con base en el Índice del estado trófico (valor promedio de 82.4) y la presencia del género *Brachionus*, se puede mencionar que el sistema acuático La Palapa, presenta de altos niveles de eutrofización.
- Durante las épocas de lluvias se registraron las mayores abundancias de los organismos del zooplancton, esto se debe al acarreo de nutrimentos como consecuencia del lavado de las zonas de cultivo aledañas al sistema acuático.
- El agua del bordo de La Palapa se puede catalogar como productivo, bien oxigenado y aguas cálidas, favoreciendo el desarrollo del zooplancton.
- La clorofila a cuantificada como indicador de biomasa fitoplanctónica, refleja un comportamiento dinámico con la comunidad de zooplancton.
- De acuerdo con los análisis de Correspondencias Canónicas (por especies) se determinó que para el presente estudio el factor edáfico, (conductividad y profundidad) además de la temperatura ambiental y del agua, fueron las variables que más influyeron sobre algunas especies del zooplancton, ya sea de forma positiva o negativa.

Referencias

- ❖ Abarca, F. J., (2007). Técnicas para la evaluación y monitoreo del estado de humedales y otros ecosistemas acuáticos. En: Sánchez Ó., Herzig M., Peters E., Márquez-Huitzil R., Zambrano L. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología. México. 113-144 p.
- ❖ Aguilar-Acosta, C.R. (2010). Variaciones estacionales de crustáceos (Cladóceros y Copépodos) en la Presa Iturbide, Estado de México. Tesis de Licenciatura, FES Iztacala, UNAM. México. 52 p.
- ❖ Aguilar, V. (2003). Aguas continentales y diversidad biológica de México: Un recuento actual. Biodiversitas, CONABIO. 8(48): 1-15.
- ❖ Aguilera, L.D. (2002). Dinámica poblacional de cuatro especies seleccionadas de cladóceros (Cladóceros: Crustácea) realizada en aguas residuales urbanas parcialmente tratadas. Tesis profesional de Licenciatura, ENEP Iztacala, UNAM. 41 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.
- ❖ Akin-Oriola, G. A. (2003). Zooplankton associations and environmental factors in Ogunpa and Ona rivers, Nigeria. Revista de Biología Tropical 51 (2): 391-398.
- ❖ Alcocer J, Bernal-Brooks F W. 2010. Limnology in Mexico. Hydrobiologia , 644 (1): 1-54.
- ❖ Alhonen P. (1985). Lake restoration: a sediment limnological approach. Aqua . Fenn. 15, 269-273.
- ❖ Anderson, G., H. Berggren, G. Cronberg y C. Gelin. (1978). Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and chemistry in eutrophic lakes. *Hydrobiología* 59: 9-15.
- ❖ Andrade, C.E. (2001). Efecto de la fluctuación del nivel del agua sobre la estructura de la comunidad de rotíferos planctónicos en el

lago Yahuaraca. (Río Amazonas- Colombia). Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

- ❖ APHA, AWWA y APCF. (1992). Standard Methods for Examination of Water and Sewage and Wastewater, 18^a ed. EE.UU. 1100 p.
- ❖ Armengol, J. (1982). Ecología del zooplancton de los embalses. Mundo Científico (Le Recherche) 2(11): 168-178.
- ❖ Arredondo-Figueroa, J.L. (1986). Breve descripción de los criterios y las técnicas para el manejo y la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. México, Secretaria de Pesca. México. 182 p.
- ❖ Arredondo-Figueroa, J.L. y A. Flores-Nava. (1992). Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuacultura. Hidrobiológica, Vol. 3/4: 1-10.
- ❖ Arredondo-Figueroa, J. L., G. Díaz y J. T. Ponce-Palafox. (2007). Limnología de presas mexicanas. Aspectos teóricos y prácticos. Primera edición. AGT Editor, S.A y UAM Iztapalapa. 923 p.
- ❖ Arzate-Cárdenas, M.A., R. Olvera-Ramírez y F. Martínez-Jerónimo. (2010). *Microcystis* toxigenic strains in urban lakes: a case of study in Mexico City. Ecotoxicology 19:1157–1165.
- ❖ Barnes, R.D. (1989), Zoología de los invertebrados. Interamericana McGraw-Hill. Quinta edición. 967 p.
- ❖ Barrera-Escorcia, G. y I. Wong–Chang. (2007). Eutrofización y calidad del agua. En Arredondo-Figueroa, J.L., G. Díaz-Zavaleta y J.T. Ponce-Palafox (compiladores). Limnología de presas mexicanas, 1^a edición, AGT Editor S.A. México D.F. pp. 609-633.
- ❖ Bellinger, Edward G. and Sigeo, David. 2010. Freshwater algae: Identification and use as bioindicators, John Wiley & Sons, Ltd Inc. Chichester 140 p.
- ❖ Benítez-Díaz Mirón, M.I., Zamora-García, M., Castellanos-Paez, M.E., Garza-Mouriño, G., Contreras-Tapia, R., Flores-López Tello, J. (2014). Determinación de la biomasa de una comunidad zooplanctónica en

el Canal Nacional de Cuernavaca, Xochimilco. En: E-Bios, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Manejo Integral de la Cuenca de Xochimilco y Sus Afluentes. 73-80.

- ❖ Boyd, C. E. (1979). Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University Agricultural Experiment Station. Auburn Alabama. 32 p.
- ❖ Brooks, J.L., Dodson, S.L. (1965). Predation, body size and composition of plankton. *Science*, 150, 28-35.
- ❖ Brower, E.J. y J.H. Zar (1977). Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publishers. USA. 194 p.
- ❖ Carvalho, M. (1983). Efeitos da flutuação do nível da água sobre a densidade e composição do zooplâncton em um lago de várzea da Amazonia, Brasil. *Acta Amazonica* 13: 715-724.
- ❖ Castillo L. D. P. (2015). Biología reproductiva de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en el embalse, Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 83 p.
- ❖ Cavalli, V., J. R. Cidral y Nilson R. (2005). Contagem de cianobacterias do gênero *Microcystis* e determinacao de microcistinas pelo método de imunoensaio competitivo no controle de tratamento de água para abastecimento. In Blumenau. 10 p.
- ❖ Cervantes, S. A. (1984). Manual de técnicas básicas para el análisis de ambientes acuáticos. México. UNAM. 103 p.
- ❖ Cervantes, M.A. y A. M. Gutiérrez. (1996). Cladóceros del Estado de México, aportaciones sobre Biología y Sistemática. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, UNAM. 91 p.
- ❖ Chacón-Torres, A., C. Rosas-Monge y J. Alvarado-Díaz. (2000). The effects of hypereutrophication in a tropical Mexican lake. In: M. Munawar, S. G. Lawrence, I. F. Munawar y D. F. Malley (Eds). Aquatic ecosystem of Mexico: Status and Scope. Ecovision World Monograph Series, Bakhuya Publishers, Leiden, Netherlands. 89-101 p.
- ❖ Chapman, L.J. y D.L. Kramer. (1991). Limnological observations of an intermittent tropical dry forest stream. *Hydrobiology* 226: 153-166.

- ❖ Conde-Porcuna, E. Ramos-Rodríguez, R. Morales-Baquero (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.
- ❖ Cortés. R. y F.J. L. Arredondo. (1976). Contribución al estudio limnobiológico de la presa "El Infiernillo", Michoacán-Guerrero. (Noviembre de 1975). Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática. *Serie Técnica* (2)1-29.
- ❖ Cristina-da Silva, L., Felix-Negreiros, N., Martins-dos Santos R. (2012). Zooplâncton de um lago urbano dominado pela macrófita *Pistia stratiotes* L. (Araceae). *VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista* 8(3), 77-89.
- ❖ Cuker, B. E. y Hudson, L. Jr. (1992.) Type of suspended clay influences zooplankton response to phosphorus loading. *Limnology and Oceanography* 37: 566-576.
- ❖ De la Lanza, E. G. (1987). *Química de la fase sedimentaria en las lagunas costeras*. *Contribuciones Biológicas*. Publicaciones del Instituto de Biología Nacional. UNAM, México.
- ❖ De la Lanza, E. G (1990). Algunos conceptos sobre hidrología y calidad del agua. En: De la Lanza, E.G. y F.J.L. Arredondo. (Comp.). *La acuicultura en México: de los conceptos a la producción*. Instituto de Biología, UNAM México, D.F. Pp. 181-199.
- ❖ De la Lanza, E. G., S. P. Hernández y J. L. P. Carbajal. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*, Ed Plaza y Valdez, México. 633 p.
- ❖ De la Lanza-Espino, G. y J.L. García-Calderón. (2002). *Lagos y Presas de México*. (Eds) Segunda edición, AGT Editor, México 680 p.
- ❖ Díaz, V.M., Elizalde, A. E. E., Quiroz, C. H., Molina, A. F.I., y Gracia, R.J. (2005). Caracterización de algunos parámetros físico-químicos del agua y sedimento del lago Zempoala, Morelos, México. *Acta Universitaria*. 15(2): 5765.

- ❖ Díaz Vargas, M; Guzmán Gómez, E; García Rodríguez, J; Molina Astudillo, I. y Quiroz Castelán, H. (2010). condiciones actuales del desarrollo de actividades de acuicultura rural en dos bordos en Tepalcingo, Morelos. *Investigación Agropecuaria*. 7(2): 201-212.
- ❖ Dorantes, G.E. y M.B. Zavala. (2003). Estudio de la calidad de agua de tres cuerpos acuáticos en el estado de Morelos, Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza UNAM, México. 92 p.
- ❖ Douglas-Grant, S. (2001). *Pennak's Freshwater invertebrates of the United States: Porifera to Crustacea*. 4 ed. John Wiley y Sons, Inc. New York. 638 p.
- ❖ Elías-Gutiérrez, M., J. Ciro-Pérez, E. Suárez-morales y M. Silva-Briano. (1999). The freshwater cladocera (Orders Ctenopoda and Anomopoda) of Mexico, with comments on selected taxa. *International Journal of Crustacean Research* 72 (2): 171-186.
- ❖ Elías, G.M. (2006). Estudio corporativo del zooplancton de dos regiones de México. El Colegio de la Frontera Sur. Informe Final SNIBCONABIO proyecto No. AS019. México, D.F.
- ❖ Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morelos; M.A. Gutiérrez-Aguirre; M. Silva-Briano; J.G. Granados-Ramírez y T. Garfías-Espejo. (2008). Guía ilustrada de los microcrustáceos (Cladóceros y Copépodos) de las Aguas Continentales de México, ECOSUR, UNAM, CONABIO. 322 p.
- ❖ Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales, M.A., Gutiérrez-Aguirre, M. Silva-Briano, J.G. Granados-Ramírez y T. Garfías-Espejo. (2008). Cladóceros y Copépodos de las Aguas Continentales de México. Comisión Nacional para la Biodiversidad y Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. 322 p.
- ❖ Eskinazi-Sant'Anna, E.M. et al. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the Brazilian semi-arid. *Braz. J. Biol.* [online]. 2013, vol.73, n.1 [cited 2016-11-14], pp.37-52.
- ❖ Fernando, C. H. C. Tudorancea & S. Mengestou. (1990). Invertebrate zooplankton predator composition and diversity in tropical lentic waters. *Hydrobiología* 198(1): 13-31.

- ❖ Folt, C. y C. W. Burns. (1999). Biological drivers of zooplankton patchiness. *Trends Ecology Evolution* 14: 300-305.
- ❖ Gallardo, P. V. (2013). Composición y abundancia del zooplancton en el bordo Huitchila, Mor. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM, México. 87 p.
- ❖ García-Calderón, J.L., G.E. De la Lanza, A.L.A. Ibañez. (2002). Las aguas epicontinentales de México y sus pesquerías: 23-56. En: Cruz S.L.E., E.A.R. Bermúdez, E.M. Cabrera, R.M.Z. Gutiérrez y P.A.V. Pérez. (2002). Pesquerías en tres cuerpos de agua continentales de México. Instituto Nacional de la Pesca. Octubre. SAGARPA. México, D.F.
- ❖ García, G. M. A. (2011). Reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo "la palapa", Morelos, Méx. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM, México. 110 p.
- ❖ García-Morales, A.E. (2000). Análisis de la asociación de rotíferos en, sistemas temporales y permanentes localizados en el centro de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. Los Reyes Iztacala. UNAM. México. 72 p.
- ❖ García-Morales, A.E. y M. Elías-Gutiérrez, (2004). Rotifera from southeastern Mexico, New records and comments on zoogeography. *Anal. Inst. UNAM. Serie Zoología* 75 (1): 99-120.
- ❖ Gayosso-Morales, M.A. (2010). Variación espacial y temporal del zooplancton (énfasis: Cladóceras) en el embalse Manuel Ávila Camacho, período agosto del 2008 a febrero del 2009. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México D.F. 82 p.
- ❖ González-Villela, R. y A. Banderas-Tabaray. (2002). Multivariate analysis of the primary production in a tropical high mountain lake in Mexico. *Journal of Freshwater Ecology*. 17 (1): 75-83.
- ❖ Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza e H.I. Salgado-Ugarte, (2000). Análisis de la calidad del agua enfocado a la explotación de la tilapia en la laguna de Coatetelco, Morelos. XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, Chapala, Jalisco. Del 6 al 9 de Mayo del 2000. 146p.

- ❖ Gómez, M.JL. (2002). Estudio Limnológico-Pesquero del Lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 181 p.
- ❖ Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I.H., J. S. Hernández-Avilés (2003). Zooplankton in lake Coatetelco, a eutrophic shallow tropical lake, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology*, 18(4), 659-660.
- ❖ Gómez-Márquez, J. L., B. Peña-Mendoza, R. A. Ramírez-Razo, M. P. Rosas-Hernández, J.L. Guzmán-Santiago, A. Ortiz-Rivera y A. Zavala-Montero. (2008). Composición y abundancia del Zooplankton en el lago El Rodeo, Morelos febrero 2001 a febrero 2002. En Sánchez J. A., M. G. Hidalgo, S. L. W. Arriaga y W. M. S. Contreras (Compiladores). *Perspectivas en Zoología Mexicana*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. 86-100.
- ❖ Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Guzmán-Santiago, J. L. y Gallardo-Pineda, V. (2013). Composición, abundancia del zooplankton y calidad de agua en un microreservorio en el estado de Morelos. *Hidrobiológica*, 23(2): 227-240.
- ❖ Gómez-Márquez, J.L. Blancas Arroyo A.G., Constanzo, C.E. y Cervantes, S.A. (2014). Análisis de calidad de aguas naturales y residuales como aplicación a la microescala. FES Zaragoza, UNAM. 204 p.
- ❖ Gómez O.C.A. (2015). "Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos" Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 108 p.
- ❖ González de Infante, A. (1988). El Plancton de las aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington. 130 p.
- ❖ Granados, R.J.G. (1990). El comportamiento del zooplankton en tres ambientes acuáticos epicontinentales del Estado de Morelos, México, Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, México. 64 p.

- ❖ Granados-Ramírez, J.G. y C. Álvarez-Del Ángel, (2003). Rotíferos de embalses: subcuenca del río Cuautla, Morelos-México. *Scientae Naturae*, 6(1): 33-44.
- ❖ Granados-Ramírez, J.G. y C. Álvarez-Del Ángel, (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. Pp. 413-440.
- ❖ Granados-Ramírez, J.G, Gómez-Márquez, J.L, Peña-Mendoza, B, Martínez-Alaníz, M. (2014). *Inventario de cuerpos de agua del estado de Morelos*. AGT Editor. México 355 p.
- ❖ Green, J. (1992). Diversity and dominance in planktonic rotifers. *Hydrobiologia*, 255/256: 345-352.
- ❖ Harris, G.P. (1986). Escalas espacio-temporales en ecología de plancton. *Mecanismos, métodos, modelos y manejo*. *Aquatic Science* 37:877-907.
- ❖ Hasle, F. (1978). Counting phytoplankton. En: Armand I. y V. Barthaux. *Phytoplankton Manual Monographs in Oceanographic Methodology*. Soumina, A. (ed.). UNESCO, 6: 88-96.
- ❖ Hernández-Avilés y B. Peña-Mendoza. (1992). Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permantes en el estado de Morelos, México. *Hidrobiológica* 3(4):11-23.
- ❖ Hernández-Avilés, J. S., M. C. Galindo-de Santiago y J. Loera-Pérez, (2002). Bordos o Microembalses. En: De la Lanza Espino G. y J.L García Calderón (compiladores), *Lagos y Presas de México*. AGT Editor, S. A. México, D.F. Pp. 600-618.
- ❖ Hernández-Avilés, J. S., J. L. García-Calderón, M. C. Galindo de Santiago y J. Loera López. (2007). Microembalses: una alternativa de la limnicultura. En: De la Lanza Espino, G. (compiladora). *Las Aguas Interiores de México: Conceptos y Casos*. AGT Editor, S.A. México, D.F., Pp. 597-620.

- ❖ Hujare, M.S. (2005). Hydrobiological studies on some water reservoir of Hatkanangale Tashil (Maharashtra). Ph.D. Thesis, Shivaji University, Kolhapur, India.
- ❖ INEGI. (2000). Anuario estadístico del estado de Morelos. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Aguascalientes, México. 461 p.
- ❖ INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Ayala, Morelos (en línea). México, Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/17/17004.pdf>. Consultado 29 mayo. 2016
- ❖ Infante, A. y W. Reihl. (1984). The effect of Cyanophyta upon zooplankton in a eutrophic tropical lake (Lake Valencia, Venezuela). *Hydrobiología* 113: 293-298.
- ❖ Jeffers, J. N. R. (1978). *An Introduction to System Analysis: With Ecological Applications*. Arnold, London. 198 p.
- ❖ Jeppesen, E., P. Nõges, T. A. Davidson, J. Haberman, T. Nõges, K. Blank, T. L. Lauridsen, et al. (2011). Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia*, 676(1): 279-297. DOI 10.1007/s10750-011-0831-0
- ❖ Kerekes, J. 1983. Predicting Trophic Response to Phosphorus Addition in a Cape Breton Island Lake. *Proc. N.S. Inst. Sci.* 33: 7-18.
- ❖ Koste, W. 1978. *Rotatoria Die Rädertiere Mitteleuropas. Ein bestimmungswerk, bergründet von Max. Vol. I y II Texban. Voigt Überordnung Monogononta, Borntreager, Berlin.* 248 p
- ❖ Korovochinsky, N. y 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 Sciences.

- ❖ 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-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. *Rev. Biol. Trop* [en línea]. vol.47, n.4: 643-657. ISSN 0034-7744. Disponible en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441999000400001 Consultado 13 mar 2016.
- ❖ Lugo, A., Bravo-Inclán, L., y J. Alcocer. (1998). Effect on the planktonic community of the chemical program used to control water hyacinth (*Eichornia crassepes*) in Guadalupe Dam, México. *Acuat. Ecosystem Health y Manag.* 1: 333-343.
- ❖ Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.
- ❖ Margalef, R. (1983). *Limnología*. Primera edición. Editorial Omega. Barcelona, España. 1010 p.
- ❖ Marques, D.S. Ma. J. (2004). *Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas*. Facultad de Estudios Superiores, UNAM. México, D.F. 626 p.
- ❖ Mason C. F. (1984). *Biología de la contaminación del agua dulce*. Alhambra, Barcelona, 289 p.
- ❖ Merayo, S. y E. J. González. (2010). Variaciones de abundancia y biomasa del zooplancton en un embalse tropical oligo-mesotrófico del norte de Venezuela, *Revista de Biología Tropical* 58 (2): 603-619.
- ❖ Mercado-Salas, N.F. y E. Suárez-Morales. (2011). Morfología, diversidad y distribución de los Cyclopoida (Copépoda) de zonas áridas del centro-norte de México. I. Cyclopina. *Hidrobiológica* 21(1):1-25

- ❖ Molina, A. F. I, Quiroz, C. H., García, R. J. y Díaz, V. 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*. ISSN1695-7504. VI,(4). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040405html> (Consultado el 14 Mar 2016)
- ❖ Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la Biodiversidad, Manuales y Tesis SEA, vol. 1, Zaragoza 89 p.
- ❖ Moreno, J. L. (2003). Fitoplancton. Pp. 13-40. En: De la Lanza, E. G. (editor). Manual para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de calidad del agua, AGT Editores, México.
- ❖ Moreno-Franco, D. P., J. Quintero-Manzano, A. López-Cuevas. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Contactos* 78, 25-33.
- ❖ Moss B. R. (2010). *Ecology of Fresh Waters: A View for the twenty-First Century*. 4th edition. Wiley-Blackwell Company, London. 480 p.
- ❖ Mustapha, M. K. (2009). Zooplankton assemblage of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria. *Rev. Biol. Trop.* 57(4): 1027-1047.
- ❖ Namihira-Santillán, P. E., G, Barrera-Escorcia y A. Z. Márquez-García. 2002. Contaminación por bacterias fecales en el Lago de Huayamilpas México D.F. *Hidrobiológica* 12(2): 129-136.
- ❖ Needham, J.G. y J.M. Needham. (1972). Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces, Edit. Reverte, S.A Barcelona-Bogotá, Buenos Aires-Caracas, México-Río de Janeiro. 131p.
- ❖ Nogrady T, R.L. Wallace y T.w. Snell (1993). *Biology, ecology and systematics*. SPB Academic Publishing, The Hague, Netherlands. 142 p.
- ❖ Nogrady, T. y H. Segers, 2002. Guides to the identification of the Microinvertebrates of the continental waters of the World. Rotifera 6: Asplanchnidae, Gastropodidae, Lintiidae, Microcodidae,

Synchaetidae, trochosphaeridae and Filinia En: Dumont, H.J.F. Coordinating. Backhuys Publishers, Leiden. 264 p.

- ❖ Oberholster, P.J., A.M. Botha y T.E. Cloete, (2006). Toxic cyanobacterial blooms in a shallow, artificially mixed urban lake in Colorado, USA. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 11: 111-123.
- ❖ Ortega, M. J.L. Godínez, G. Garduño y M G Oliva. 1994. *Ficología de México: algas continentales*. Primera Edición Editorial AGT. Editor SA de CV México, D.F. 221 p.
- ❖ Osorio-Tafall, B.F. (1942). Rotíferos planctónicos de México I, II y III. *Revista de la Sociedad Mexicana Historia Natural* 3 (1-4): 23-79.
- ❖ Pacheco-Meneses, A., M. Galván-García, M. del P. Leal Hernández, J. Lugo Quintar, J. Gallina Álvarez y R. Romero Ramos. (1982). *Técnicas de análisis fisicoquímicos para Aguas*, 5° Edición, Dirección General de usos del agua y prevención de la contaminación. SARH México 319 p.
- ❖ Paerl, H.W. (1988) Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters. *Limnol. Oceanogr.* 33: 823-847.
- ❖ Palacios, A. I. A. (2013). *Zooplankton en los sistemas acuáticos Amate Amarillo y Los Planes en el Estado de Morelos*. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 104 p.
- ❖ Parra-Flores. A. M., E. P. Santibáñez S. y J. G. Granados-Ramírez (2006). Productividad del zooplankton de dos embalses del Alto Amacuzac, Morelos, México. *Scientiae Naturae*, 8(2): 5-16.
- ❖ Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. (2001). Past: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1): 9 p.
- ❖ Peña-Aguado, F. (2003). *Crecimiento poblacional de tres rotíferos y dos cladóceros planctónicos en relación con el tipo de dieta*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. 56 p.

- ❖ Pérez, D. S., A. L. Soraci y M. O. Tapia. (2008). Cianobacterias y cianotoxinas: rol de las microcistinas en la salud humana y animal y su detección en muestras de agua. *Analecta Veterinaria* 28: 48-56.
- ❖ Pineda-Mendoza, R., F. Martínez-Jerónimo, G. Garduño-Solórzano y R. Olvera-Ramírez. (2011). Caracterización morfológica y molecular de cianobacterias filamentosas aisladas de florecimientos de tres lagos urbanos eutróficos de la ciudad de México. *Polibotánica* 31: 31-50.
- ❖ Pizzolon, L. (1996) Importancia de las cianobacterias como factor de toxicidad en las aguas continentales. *Interciencia* 21: 239-245.
- ❖ Porras, D. D. (1986). Hidrobiología de embalses de la cuenca del río Atoyac, Morelos, México. Tesis Doctoral. UNAM, 180 p.
- ❖ Porras, D.D., O. Castrejón y O.D. Hernández. (1991). Recursos Acuáticos del Estado de Morelos (Embalses). Universidad. Ciencia y Tecnología. *UAEM* 1(14): 19-36.
- ❖ Quiroz-Castelán, H., J. C. Martínez., R. J. García., A. F. I. Molina y Díaz V. M. (2009). Análisis de los componentes zoobentónicos en un bordo temporal utilizado para acuicultura extensiva en el Norte del Estado de Guerrero, México. Laboratorio de Hidrobiología del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. 25 p. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. ISSN1695-7504. Vol,(10). Disponible en: www.researchgate.net/publication/26605009_Analisis_de_los_componentes_zoobentonicos_en_un_bordo_temporal_utilizado_para_acuicultura_extensiva_en_Norte_del_Estado_de_Guerrero (Consultado el 14 Octubre 2017).
- ❖ Quiroz, H. y M. Díaz. (2010). Los bordos y su aprovechamiento en Morelos. *Inventio*, 6 (12): 33-38.
- ❖ Ramírez, R. R. A (2008). Análisis del recurso acuático (sistemas lénticos) de Morelos en la parte norte-oriental. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. 98 p.
- ❖ Retana, R. J. y G. D. A. Vázquez. (2015). Importancia ecológica y abundancia del zooplancton, en el microreservorio Huitchila en el

estado de Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM, México. 91 p.

- ❖ Reynolds, C. S. (2006). *The Ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press: RU: 384 p.
- ❖ Rivera, C. O, A. y G. N. G. Hernández. (2011). Producción y calidad del agua de los reservorios “Amate amarillo” y “La Palapa”, Morelos. Informe de investigación de LIB'S V y VI como alternativa para obtener el título de Biólogo. FES Zaragoza, UNAM, México, D.F. 118 p.
- ❖ Rodríguez-Serna, M. y C. Carmona-Osalde. (2002) Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae: Cambaridae) y pérdida de energía en la tasa metabólica. *Universidad y Ciencia*, 18(36): 128-134.
- ❖ Rojas-Hoyo, J. (1986). Avance del inventario nacional de cuerpos de agua epicontinentales, rendimiento potencial e importancia para la acuicultura. *En: Vila, I. & E. Faggeti. (Eds.). Trabajos presentados al Taller Internacional sobre Ecología y Manejo de Peces en Lagos y Embalses*. COPESCAL Documento Técnico 4. Santiago, Chile. 244 p.
- ❖ Roldán. P. G., y Ramírez, J. J. R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. 2da. Edición. Editorial Universidad de Atioquia, Colombia. 442 p.
- ❖ Saíenz, J. y Becerra, M (2013). Los conflictos por agua en México: avances de investigación. INE. Disponible en http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/389/conf_agua.htm l. (Consultado 11 Mar 2015.)
- ❖ Sánchez, M.J.M. y S. D.A. Zamora. (2012). Producción y calidad del agua del bordo Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM, México. 102 p.
- ❖ Santos, R. M. et al. Biomass and production of Cladocera in Furnas Reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Braz. J. Biol.* [online]. 2010, vol.70, n.3, suppl. [cited 2016-11-14], 879-887.
- ❖ SARH, (1982). *Manual de técnicas de análisis fisicoquímicos para aguas*. 5ª edición. 319 p.

- ❖ Sarma, S.S.S., y M. Elías-Gutiérrez. (1999). A survey the rotífera fauna of the Yucatán Península (México), *Revista de Biología Tropical*, 47 (suplemento 1); 191-200.
- ❖ Sarma, S.S.S., L.R. Osnaya-Espinoza, , C.L. Aguilar-Acosta y S. Nandin. (2011). Seasonal variations in zooplankton abundances in the Iturbide reservoir (Isidro Fabela, State of Mexico, Mexico). *Journal of Environmental Biology* 32: 473-480.
- ❖ Sarma, S.S.S. y S. Nandini. (2002). Comparative Life table demography and population growth of *Brachionus macracanthus* DADAY, 1905 and *Platyias quadricornis* Ehrenberg 1832 (Rotífera: Brachionidae) in relation to algal (*Chlorella vulgaris*) food density. *Acta Hydrochim Hydrobiol.* 30(2-3): 128-140.
- ❖ Sarma, S.S.S. y M. Elías-Gutiérrez. (1999). Rotifers from four natural bodies of central Mexico. *Limnologica*, 29: 475-483.
- ❖ Sarma, S.S.S., S. Nandini y R. D. Gulati. (2002). Cost of reproduction in selected species of zooplankton (rotifers and cladocerans). *Hydrobiologia.* 481: 89-99.
- ❖ Sarma, S.S.S.S., C- Serranía-Soto y Nandini. (2009). Diversidad de rotíferos. *La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado Colección Mayor.* México. 113-117.
- ❖ Scholten M., E. Foekema, H. Van Dokkum, N. Kaag y R. Jak. (2005). *Eutrophication Management and Ecotoxicology.* Netherlands. 120 p.
- ❖ Schwoerbel, J. (1975). "Metodos de hidrobiología (biología del agua dulce)". Editorial H. Blume Ediciones Madrid, España. 262 p.
- ❖ SEGOB (2005). Enciclopedia de los municipios de México, Estado de Morelos. (http://www.e_local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM-morelos)
- ❖ Sendacz, S. (1993). Distribuição geográfica de algúnos organismos zooplanctônicos na América do Sul. *Acta Limnol. Brasil* 6: 31-41.
- ❖ Sergers, H. (2008). Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater, *Hydrobiology.* 595:49-59.

- ❖ Sheela, A.M., J. Letha y S. Joseph. (2011). Environmental status of a tropical lake system. *Environmental Monitoring and Assessment*. India. 180: 427-449.
- ❖ Silva-Briano M. y Suárez-Morales (1998) The copepoda calanoidea (Crustacea) of Aguascalientes state, México. *Scientiae Naturae* 1: 37-47.
- ❖ Sládeček, V. (1983). Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 100: 169-171
- ❖ Sokal R, R. y F. J. Rolfh (1979). *Biometría, principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*, H, Blume Ediciones, Madrid 832 p.
- ❖ Stumm y Stumm – Zollinger E. (1972). The role of phosphorus in eutrophication. En: *Water pollution microbiology*. V. 1 (R. Mitchell, Ed.). Wiley Interscience, Nueva York, pp. 11-42.
- ❖ Suárez, E., A. Vázquez y E. Solís. (1991). Variaciones espacio temporales de distribución y abundancia de los rotíferos planctónicos en la presa J. A. Alzate, México durante un ciclo anual. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 18(2): 217-227.
- ❖ Suárez-Morales, E.A. Vázquez-Mazy y E. M. Solís. (1993). On the zooplankton community of a Mexican eutrophic reservoir, a seasonal survey. *Hidrobiológica* 3(1-2): 71-80.
- ❖ Suárez, E. J. W. Reid, T. M. Liffé y F. Fiers. (1996). Catálogo de los copépodos (crustácea) continentales de la península de Yucatán, México. CONABIO-ECOSUR. 296 p.
- ❖ Suárez-Morales, E. & J. W. Reid. 1998. An update list of the free-living freshwater copepods (Crustacea) of Mexico. *The Southwestern Naturalist* 43 (2): 256-265.
- ❖ Suárez-Morales E., Elías. Gutiérrez M., Ciro-Pérez J., Silva-Briano M., Reid J. W. y Gasca R. (2000). Cladóceros y Copépodos. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*. Vol. II. 1 er edición. UNAM, México. 676 p.

- ❖ Suárez-Morales, E. y M. Elías-Gutiérrez. (2003). Estado actual del conocimiento de los copépodos de las aguas continentales de México. En: Barreiro-Güemes, M.T., Meave del Castillo, M.E., Sigmoret-Poillon, M. y Figueroa-Torres, M. G. *Planctología Mexicana*. El Colegio de la Frontera Sur, Universidad Autónoma Metropolitana, Estado de Veracruz. 157-169.
- ❖ Trejo-Albarrán, R, J. Granados-Ramírez, H. Quiroz Castela, I. Molina-Astudillo y J. García Rodríguez, (2000). El zooplancton del lago de Zempoala en el estado de Morelos, México. *Memorias, XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología*. Chapala, Jalisco del 6 al 9 de Mayo del 2000. Pp 99.
- ❖ Uhlman, D. (1998). Reservoirs ecosystems. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 83. Special Issue: 13-20.
- ❖ Urabe, J. (1989). Relative importance of temporal and spatial heterogeneity in the zooplankton community of an artificial reservoir. *Hydrobiologia*, 184:1-6.
- ❖ Villabona-González, Silvia Lucía; Aguirre R, Néstor Jaime y Estrada P, Ana Lucía. (2011). Influencia de las macrófitas sobre la estructura poblacional de rotíferos y microcrustáceos en un plano de inundación tropical. *Rev. Biol. Trop* [en línea]. 59(2): 853-870 pp.
- ❖ Vallentyne J. R. (1978). *Introducción a la limnología*. Los lagos y el hombre. Omega, Barcelona, 169 p.
- ❖ Vivier P. (1978). La eutrofización de los lagos, estructura, funcionamiento y evolución de los lagos. En: *La contaminación de las aguas continentales* (P. Pesson, Ed.). Mundiprensa, Madrid, pp. 77-101.
- ❖ Watson, S. B., McCauley E. y Downing J. A. (1997). Patterns in phytoplankton taxonomic composition across temperate lakes of different nutrient status. *Limnol. OCEANOGR.* 42: 487-495.
- ❖ Wetzel, R.G. (1981). *Limnología*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 679 p.

- ❖ Wetzel, R.G. (2001). *Limnology. Lakes and Rivers Ecosystem*. Third Edition. Academic Press. 1006 p.
- ❖ Wetzel, R.G. y G.R. Likens. (2000). *Limnological Analyses*. Springer Verlag, Nueva York. 429 p.
- ❖ Zannata, A.S., R.T. Orozco, A.H. Hurtado y A.H. Pérez. (2007). Rotíferos planctónicos de un lago tropical: diferencias en la distribución y migración entre dos eventos de mezcla con condiciones abióticas similares. *Hidrobiológica* 17(1):1-10.