



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA



**Ecología del zooplancton del sistema acuático de
Huitchila en el estado de Morelos, México.**

T E S I S

QUE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A :

ESCALONA CRUZ MAYRA PATRICIA

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ
MÁRQUEZ

REALIZADA CON EL APOYO DEL PROYECTO DGAPA-PAPIME
PE205513

Ciudad de México

Octubre, 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

“Antes de ser hombres de ciencia, deberíamos ser hombres”

Albert Einstein.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme parte de mi formación la ENP No. 2 “Erasmus Castellanos Quinto”, donde tuve la oportunidad de conocer y ampliar mis expectativas acerca del estudio de las ciencias naturales; después al ser parte de la comunidad de FES Zaragoza en la carrera de Biología, puede completar mi formación, donde adquirí e incrementé mis conocimientos, habilidades, capacidades, lo cual me llena de gratas enseñanzas por parte de la máxima casa de estudios.

A los profesores, que han dedicado su tiempo a la enseñanza y que han formado parte de mi formación académica y personal.

Al Dr. José Luis Gómez-Márquez, a la Dra. Bertha Peña-Mendoza y el Biól. José Luis Guzmán Santiago, por permitirme terminar mi formación bajo su dirección, por compartir parte de su saber y conocimientos, por brindarme su apoyo incondicional, sus consejos y por motivarme a alcanzar mis metas y proponerme tantas más.

A la Biól. Angelica Elaine González Schaff y al M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo, por ser parte de mi comité, por darme herramientas para desarrollar e incrementar mi interés hacia mi objetivo; y por compartir parte de sus conocimientos y tiempo para culminar este objetivo.

A los integrantes de la Cooperativa para el Bordo Huitchila, que permitieron el desarrollo del presente trabajo y que proporcionaron conocimientos que han adquirido en su experiencia en el microembalse.

Al programa que ha permitido la realización de este trabajo: Actualización del inventario de sistemas lénticos del Estado de Morelos, aprobada por el comité de la carrera, (Acuerdo: FES-CACB-263-14) y al programa DGAPA-PAPIME PE205513, por el apoyo financiero para el desarrollo del presente trabajo.

A mi familia que siempre me ha demostrado su incondicional apoyo de diversas maneras.

III



Dedicatorias

Quiero, a través de estas líneas, dedicar este logro, que también es el suyo, a mis padres: Patricia Cruz Guerrero y Gerardo R. Escalona Cardona, a mis hermanos: Erick y Edwin; con todo cariño porque han sido mi mayor apoyo, por ser el mayor regalo en mi vida, por cariño, paciencia y amor incondicional.

Y finalmente quiero dedicar, con el más profundo y sincero agradecimiento este trabajo a TODOS quienes han formado y forman parte de mi vida, (primos, tíos, abuelos, de más familiares, amigos y compañeros), que me han brindado su apoyo, compañía, cariño, paciencia, comprensión y confianza.



Índice

Resumen.....	6
Introducción.....	7
Marco Teórico.....	10
Antecedentes.....	15
Justificación.....	18
Objetivos.....	19
Zona de estudio.....	20
Material y método.....	22
Fase de campo.....	22
Fase de gabinete.....	23
Resultados.....	25
Comunidad zooplanctónica.....	25
Parámetros físicos y químicos.....	35
Análisis estadístico.....	47
Discusión.....	51
Conclusiones.....	62
Bibliografía.....	63
Anexo.....	76



Resumen

El presente estudio tuvo como objeto de estudio, además del zooplancton, parámetros físicos, químicos y biológicos, a fin de entender la dinámica y el papel que juegan cada uno en la composición de las comunidades zooplanctónicas del bordo Hiutchila en el estado de Morelos, México.

Los muestreos se realizaron mensualmente en el periodo de Septiembre de 2015 a Agosto de 2016, donde se establecieron dos sitios de muestreo (EI y EII). Las muestras de agua fueron tomadas con una botella tipo Van Dorn de capacidad de 2L. Los microorganismos fueron recolectados mediante un arrastre superficial de 10 m con una red cónica, de apertura de malla de 54 μ m. Para la comunidad zooplanctónica se registraron 17 especies, dos copépodos que pertenecen a la familia Diaptomidae, dos cladóceros, uno perteneciente a la familia Sididae y otro a la familia Moinidae; y 13 rotíferos, la familia Brachionidae registró la mayor diversidad, con cinco especies, seguida de la familia Lecanidae, representada por tres especies. Cada grupo representó en abundancia el 55% para los copépodos, 5% para los cladóceros y 40% los rotíferos. Siendo los copépodos el grupo de mayor abundancia, ésta recae en la especie *Arctodiaptomus dorsalis*, que es la especie de mayor dominancia, de acuerdo al diagrama de Olmstead-Tukey, seguida de *Filinia longiseta* y *Moina micrura*. De acuerdo con los datos de la comunidad, la diversidad del sistema es baja (Índice de Shannon-Weinner: mín. 1.03, máx. 1.96), de igual modo la Equitatividad (Índice de Pielou mín. 0.08, máx. 0.69), mientras que la dominancia, que se comporta a la inversa, lo que indica que existe una abundancia alta (mín. 0.30 máx. 0.91).

Con respecto al resto de las variables, es posible determinar que la comunidad zooplanctónica se ve mayormente influenciada por los cambios en el componente edáfico, para ello se realizó un análisis de componentes principales, los primeros cuatro componentes representan el 82.35% de la variabilidad de las variables. Con los datos obtenidos se sigue catalogando al sistema como eutófico, de aguas cálidas (20.1 a 28°C), bien oxigenadas (0.66 a 14.7 mgO₂/L), productivas y/o duras (158 a 385 mg CaCO₃/L), ligeramente alcalinas (pH 8.02 a 9.3) y somero (1.1 a 4.7m Z_{máx.}); las características anteriores lo hacen un sistema productivo donde además de ser un reservorio de agua, es aprovechado para la acuicultura, siendo un recurso económico para las comunidades aledañas.



Introducción

En nuestro país los recursos hídricos están representados por ríos arroyos, lagos y lagunas, que son llamados cuerpos de agua epicontinentales o superficiales y también cuenta con reservorios subterráneos (García Calderón y De la Lanza, 2002).

La accidentada topografía y la ubicación de nuestro país favorecen el desarrollo de una gran variedad de cuerpos de agua, así como flora y fauna nativas. Estos sistemas acuáticos desempeñan un papel fundamental desde el punto de vista ecológico; por ello es necesario conocer, evaluar y manejar problemas relativos a su integridad, sostenimiento del ecosistema y supervivencia de las especies (Aguilar, 2003).

La reducción del volumen de aguas superficiales y subterráneas disponibles y el deterioro de su calidad, muestran claramente que las aguas interiores no son recursos inagotables. En lo general, poseen organismos acuáticos de alto valor nutricional que pueden tolerar actividades como la pesca comercial o deportiva y acuicultura. Por lo tanto, la capacidad de estos sistemas acuáticos de brindar servicios ambientales, generan parte del bienestar social y económico no sólo de una región sino de todo el país, de ahí la importancia de que su uso sea racional y sustentable (Arriaga *et al.*, 2000).

Es fundamental contar con toda la información posible acerca de estos ecosistemas para poder tener un mejor manejo de los recursos. La información sobre estas actividades, en los embalses mexicanos requiere ser ampliada y fortalecida para que puedan ser administrados y aprovechados en forma sustentable y no sólo en cuanto a la producción, sino del esfuerzo pesquero aplicado y de las tecnologías de cultivo desarrolladas, así como del tipo de organizaciones sociales que hacen uso de dichos recursos (Instituto Nacional de Pesca, 2002). Con ello se podría llegar a mejorar la calidad de los recursos y permitir que sigan siendo aprovechados por mucho más tiempo.

Los sistemas acuáticos de tipo lénticos, son un recurso importante para el desarrollo de diversas actividades antropogénicas y de forma general sostienen diversas formas de vida (Rodríguez, 2012). En particular, el estado de Morelos tiene una diversidad biológica que alcanza niveles extraordinarios, gracias a una



compleja conjunción de influencias climáticas, orográficas y de latitud. Sin embargo, esta misma variedad y riqueza es en extremo frágil (Batllori, 2001).

Los cambios en la mayoría de los cuerpos de agua son debidos principalmente a las actividades humanas, donde el efecto de éstas provocan cambios en las características físicas y químicas del agua, lo que induce cambios en las comunidades vegetales y animales, llevando a la pérdida de productividad, de agua y de alimentación.

Al igual que los lagos naturales, los embalses artificiales están sometidos a un progresivo enriquecimiento de nutrientes, que conduce a la eutrofización, a la proliferación de algas indeseables que confieren al agua propiedades organolépticas desagradables y en casos extremos, traen consigo toxicidad y mortandades masivas de especies, principalmente peces (Margalef, 1983; Haynes, 1988).

En los cuerpos de agua los organismos del fitoplancton son los productores primarios y el siguiente nivel es la transferencia de energía de este alimento primario a través de la cadena alimentaria. Los organismos del zooplancton cumplen esta misión ya que son el paso intermediario entre el fitoplancton y la vida acuática a una escala superior (Wickstead, 1979).

En el zooplancton dulceacuícola se pueden encontrar algunos grupos como los ciliados, rotíferos y crustáceos, de estos últimos copépodos y cladóceros (Iannacone y Alvaríño, 2007).

Otra característica relevante de las comunidades zooplanctónicas es que presentan variaciones temporales en la composición y abundancia generadas por cambios en los factores bióticos y abióticos. Así, estos cambios en las poblaciones generan variaciones en la biomasa y en las interacciones depredador-presa, afectando el flujo de energía en los cuerpos de agua. El estudio del zooplancton provee información invaluable acerca del estado trófico y de los procesos de productividad general de los lagos y de los reservorios, así como el nivel de contaminación por materia orgánica introducida al sistema acuático. Sin embargo, los estudios de la fauna planctónica del agua dulce están limitados, debido a que la mayoría de los trabajos limnológicos se han enfocado principalmente en aspectos hidrológicos en general (Gómez-Márquez *et al.*, 2013).



La composición y abundancia de estas comunidades puede ser influenciada por numerosos factores físicos, químicos y biológicos (Bini *et al.*, 2001, Bledzki y Ellison 2003; Rejas *et al.*, 2005; Suárez-Morales *et al.*, 2005).

Los estudios de las comunidades se analizan a lo largo del tiempo para mostrar la dinámica característica. Así, puede considerarse una composición cualitativa y cuantitativa, la cual puede permanecer más o menos constante o puede fluctuar siguiendo ciclos y ritmos regulares. Existen otros fenómenos que pueden ser estudiados como la productividad, las tasas de renovación de la biomasa, la competencia interespecífica y la simbiosis (Odum, 1972).

El zooplancton comprende una gran variedad de organismos que pueden considerarse como indicadores naturales de masas de agua y contaminación y también proporcionan información acerca de las características del medio. Además, sirven como base para programar acciones que permitan minimizar o eliminar, efectos negativos en los sistemas (Tait, 1987).

La importancia del zooplancton radica en el papel que tiene para la transferencia energética y de nutrientes dentro de los sistemas acuáticos, aunado a la capacidad que poseen como indicadores biológicos, es decir, son especies que al estar presentes en el ecosistema pueden proporcionar información acerca de la calidad del sistema (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

La composición específica del zooplancton también 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 zooplanctónica y en las relaciones zooplancton-fitoplancton (Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

Marco Teórico

Las aguas dulces del mundo constituyen un recurso escaso, amenazado y en peligro y de esta pequeña porción de agua dependen procesos vitales.

México enfrenta problemas de escases de agua dulce en diversos puntos del territorio, lo cual origina la necesidad de retener escurrimientos superficiales



temporales durante la época de lluvias, que tienen como finalidad la utilización del agua para riego, control de avenidas, generación de energía eléctrica, actividades recreativas y de manera secundaria para la producción de peces de agua dulce (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

Los bordos son reservorios artificiales de agua temporal o permanente que se llenan principalmente por la captación del agua de lluvia, que se constituyen de aguas turbias debido a la gran cantidad de sólidos en suspensión, así como materia orgánica y son utilizados sobre todo como abrevaderos para el ganado y para las actividades de extensionismo acuícola, particular para la producción piscícola. (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Hernández-Avilés *et al.*, 2002)

Los bordos o microembalses pueden ser clasificados de acuerdo a su permanencia de la siguiente manera:

*Permanentes: aquellos que presentan volumen constante durante todo el año.

*Semipermanentes: pueden llegar a secarse de forma esporádica

*Temporales: tienen una durabilidad de entre seis a ocho meses al año. (Hernández-Avilés *et al.*, 2002).

Al igual que en un lago, en un embalse se pueden distinguir tres zonas: litoral, limnética y profunda. En la zona litoral se encuentran todos los niveles tróficos, gran cantidad de nichos ecológicos y por lo tanto, una mayor diversidad (Lemly y Dimmick, 1982). La fuente de energía más importante es el detritus, donde la materia fecal de los herbívoros, carnívoros y la descomposición de organismos muertos es el principal aporte. De igual manera, las fluctuaciones de nivel producen migración en animales, desecación y lavado de las tierras aledañas que incrementan la llegada de detritus al cuerpo de agua (Roldán y Ramírez, 2008).

El plancton puede dividirse en dos grandes grupos, el primero por organismos productores o autótrofos que se denomina fitoplancton y el segundo por el llamado zooplancton o también consumidores primarios, que alberga a especies animales (Wetzel, 2001; Aguilar, 2003)



La importancia del zooplancton radica en que ocupa un papel esencial en la cadena trófica, puesto que permite la transferencia de energía entre productores primarios y consumidores secundarios, por lo tanto es una fuente de materia y energía. (Brooks y Dodson; 1965; Smith, 1979; Wallace *et al.*, 2006). Además contribuye a la recirculación del agua, a la heterogeneidad ambiental, creando corrientes y la difusión y recirculación de elementos químicos, así como la regulación y estabilización del ecosistema (Ostroumov, 2005).

En el zooplancton de aguas epicontinentales se incluyen tres grupos: cladóceros, copépodos y rotíferos; sin embargo, es importante aclarar que existen mucho más grupos que también forman parte de esta comunidad, como los protozoos y otros taxones de crustáceos como los ostrácodos, algunos anfípodos y otros grupos de los ácaros (Elías-Gutiérrez, 2014).

Los principales grupos que constituyen al zooplancton, (copépodos, cladóceros y rotíferos) conforman entre el 70 y 90% del total de la biomasa. Son tan abundantes que representan el alimento principal de muchos depredadores y pueden sostener la alimentación de poblaciones de peces y otros organismos. (Arredondo Figueroa *et al.*, 2007).

Rotíferos y cladóceros comparten características como la de ser en su mayoría organismos filtradores, se llegan a alimentar de los mismos recursos y en algunos casos son depredados por el mismo tipo de invertebrados y peces. La reproducción se lleva a cabo por partenogénesis la cual les permite colonizar de forma exponencial nuevos nichos por la generación rápida de nuevos individuos, pero la reproducción sexual permite la variabilidad genética y por lo tanto la permanencia de la especie, no presentan formas larvarias durante su desarrollo (Conde-Porcuna *et al.*, 2002).

Los rotíferos (Figura 1) tienen un tamaño promedio de 45-2500 μ m, se caracterizan por contar con una corona ciliada que les permite generar corrientes para desplazarse y poder trasladar el alimento hasta su boca. (Elías-Gutiérrez y Sarma, 1998). En cambio, los cladóceros (Figura 2) presentan tallas de 400-4000 μ m, su movimiento lo llevan a cabo con la ayuda de sus antenas, crean corrientes con sus apéndices torácicos para conseguir alimento, ya que tienen setas que les ayudan a atrapar partículas en suspensión (Dodson y Frey, 1991)





Figura 1. Morfología de un rotífero

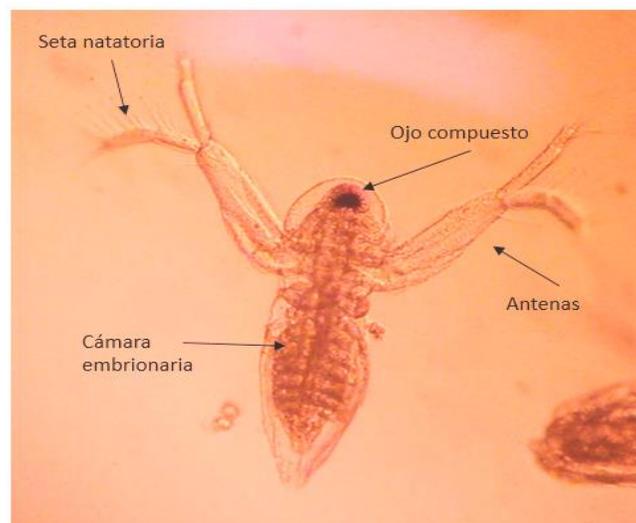


Figura 2. Morfología de un cladócero

En el caso de los copépodos (Figura 3) representan al grupo más importante por su abundancia dentro del zooplancton, pueden llegar a representar entre 60 y 80%



de la biomasa (Elías Gutiérrez *et al.*, 2008). Su reproducción es sexual, es así como ocupan diferentes posiciones a nivel trófico (Dussart y Defaye, 1995).

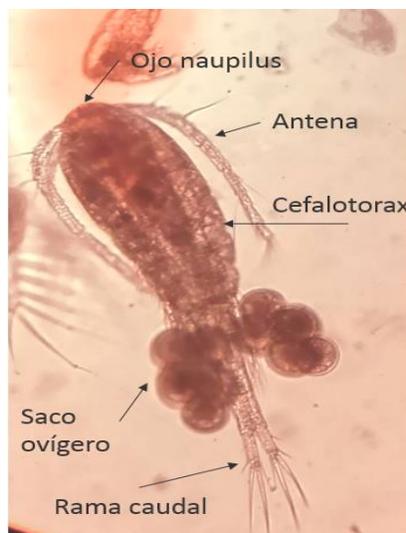


Figura 3. Morfología de copépodo

A pesar de que el zooplancton está constituido por animales de pequeño tamaño y que no poseen capacidad natatoria que les permita ir en contra de las corrientes, pueden ubicarse a diferentes profundidades y desplazarse a lo largo de la columna de agua. Se plantean distintas hipótesis acerca del motivo del desplazamiento, como: evasión de depredadores, búsqueda de alimento, cambio en la intensidad lumínica, variación estacional, ventajas metabólicas, beneficios demográficos (Armengol, 1978)

Los cuerpos de agua son sistemas sometidos a condiciones ambientales y a actividades antropogénicas, las cuales frecuentemente modifican los gradientes verticales y horizontales de las variables limnológicas tales como la penetración de la luz, temperatura del agua, oxígeno disuelto y concentración de nutrientes (González de Infante, 1998). La distribución y abundancia del zooplancton está



influenciada por estas condiciones y adicionalmente, por las interacciones bióticas como la depredación y competencia (Vanni, 1987, Folt y Burns 1999)

Estos factores ya sea individualmente o en conjunto, pueden causar cambios importantes en composición de la comunidad zooplanctónica, aunque dichos cambios si ocurren de forma natural, ocurren lentamente y es complicado darles un seguimiento. Pero si a lo largo del tiempo el estado trófico del cuerpo de agua cambia, especies sensibles pueden desaparecer, las especies resistentes serán capaces de permanecer o bien, que se observen nuevas especies (Gulati, 1983).

Con frecuencia, los productos de desecho de las actividades domésticas, agrícolas, industriales entre otras, pueden incorporarse en los sistemas acuáticos, donde éstos experimentan cambios físicos y químicos que afectan a las comunidades que allí viven. Entonces, la incorporación excesiva de nutrientes a los sistemas acuáticos va a tener una gran influencia sobre el fitoplancton, ya que modifica su composición específica y eleva su producción, mientras que los efectos sobre el zooplancton son indirectos porque se relacionan con el alimento o los cambios físicos y químicos del hábitat (González, 1998).

La turbidez, afectada por la cantidad de sólidos suspendidos totales del agua de un lago afecta su valor ecológico, económico y recreativo. Por consiguiente conviene potenciar estrategias encaminadas a reducirla (Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

Es recomendable continuar con el monitoreo de la diversidad del zooplancton en México, pues la mayor parte de los estudios en este sentido se han realizado de 1995 a la fecha y quedan enormes regiones por ser estudiadas (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2001; Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). También es fundamental monitorear las especies que se han considerado invasoras a fin de detectar y establecer, en su caso, programas de control que eviten su introducción en México. Desafortunadamente el número de especialistas en nuestro país en relación con el tema de taxonomía y diversidad del zooplancton dulceacuícola es muy pequeño (Elías-Gutiérrez, 2014).

En los sistemas acuáticos y terrestres el nitrógeno y el fósforo son los factores limitantes y se pueden encontrar en concentraciones menores en las plantas que en los herbívoros (Skinner y Cohen, 1994; Sterner y Hessen, 1994) y en





UNAM FES Zaragoza *Biología*

consecuencia, los nutrientes de la dieta limitan el crecimiento y reproducción de los organismos. Dentro del zooplancton, los rotíferos son más sensibles a la limitación de fósforo que los crustáceos (Morales-Baquero y Conde-Procuna, 2000).



Antecedentes

A nivel mundial existen muchos trabajos en sistemas acuáticos pequeños dentro de los que se pueden citar al de González y colaboradores, que en 2002 recolectaron muestras de dos embalses en Venezuela, el Pao-Cachinche (hipereutrófico) y Taguaza (Oligotrófico), donde establecieron dos y una estaciones, respectivamente y mediante barridos verticales a lo largo de la columna de agua, con una red de malla de 77 μ m, los resultados muestran que el grupo de mayor diversidad corresponde a los rotíferos, seguidos de los copépodos.

Merayo y González (2009), mencionan que se identificaron 16 taxa, dentro de los cuales el copépodo *Thermocyclops decipiens* dominó la comunidad y el grupo de los rotíferos fue el más diverso con 10 especies el muestreo se realizó en un embalse oligo-mesotrófico en el norte de Venezuela.

Otro es el de Mustapha (2009), en Nigeria; quién cita que la diversidad no fue alta y sólo tres grupos se registraron: Rotíferos con ocho géneros y cladóceros y copépodos con tres géneros cada uno. Los rotíferos dominaron numéricamente (71.02%), seguidos por los cladóceros (16.45%) y los copépodos (12.53%). Asimismo, indica que la mayor abundancia del zooplancton se registró durante la estación de lluvias.

Cortés y Arredondo en 1976 realizaron un estudio en la presa “El infiernillo”, en Michoacán, Guerrero, donde describen una baja diversidad de fitoplancton y zooplancton, en el cual realizaron una evaluación de los alimentos en los organismos que recolectaron (tilapia, carpa común y bagre), y el grupo más representativo en la alimentación de dichos organismos fue el de los cladóceros, seguidos de los rotíferos y sólo algunos organismos presentaron copépodos.

López-López y Serna-Hernández (1999) realizaron muestreo en tres sitios de la presa de Iturbide, con una red de 64 μ m de luz de malla, donde observaron 14 especies para rotíferos seguidas de los cladóceros que representaron 13 especies del total y finalmente los copépodos con sólo ocho especies.

En el año 2000, Gómez-Márquez y colaboradores realizaron muestreos en la laguna de Coatetelco, Morelos donde se realizaron muestreos obteniendo para el



Zooplankton al orden cladóceras como el de mayor abundancia para el mes de mayo, copépodos con alta abundancia en julio y gran abundancia de rotíferos en el mes de marzo principalmente.

Leal realizó muestreos mensuales durante un ciclo anual de Noviembre de 2008 a 2009, donde se establecieron 5 sitios de muestreo en la Laguna Azteca, Hidalgo; utilizó de una malla de 20 μm de apertura, y registraron que los rotíferos representan la mayor abundancia, seguidos de los cladóceros y por último los copépodos.

Aguilar en el 2010 trabajó en la Presa Iturbide, en Guanajuato, realizó muestreos mensuales a 10cm de la orilla de la presa, para lo cual se utilizó una red de 50 μm de apertura de malla y los resultados obtenidos muestran que el grupo abundante corresponde a los rotíferos tanto para riqueza como abundancia de especies.

En 2012, en el lago Zempoala, Morelos, Trejo realizó muestreos en seis estaciones, donde tres pertenecen a la zona superficial y tres a la zona limnética, para determinar la variación del zooplankton durante este tiempo, se utilizó una red de 60 μm de apertura de malla, los resultados obtenidos muestran un registro de 25 especies, donde los rotíferos representan 20 de éstas, tres los copépodos y los cladóceros con dos.

En los sistemas acuáticos Amate Amarillo y Los Planes, en el estado de Morelos se realizaron muestreos en 2013 por Palacios donde se establecieron dos estaciones para muestreos, utilizando una red de arrastre de 80 μm de apertura de malla, y los datos obtenidos indican la presencia de 11 especies y el grupo dominante pertenece a los Rotíferos.

En el 2013 Gómez-Márquez y colaboradores realizaron recolecta de zooplankton en el bordo Huitchila, en el estado de Morelos en dos estaciones del microembalse donde se utilizó una red de 80 μm de apertura de malla, los muestreos se realizaron a 0.3 y 1m de profundidad, la información obtenida indica que se encuentran 16 especies, correspondientes a tres grandes grupos: Rotíferos, Cladóceras y Copépodos, donde los copépodos fueron el género dominante.

Para el mismo sistema, Retana y Vázquez en 2015, realizaron muestreos estableciendo dos estaciones de muestreo, para la recolecta se utilizó una red de



arrastre de 80µm de apertura de malla, donde se registraron 15 especies pertenecientes a copépodos, cladóceros y rotíferos, donde los Copépodos fueron el grupo de mayor abundancia.

En el estado de Michoacán, en 2016, Ortega y colaboradores, realizan muestreos en el lago de Cuitzeo, el cual se cataloga como un sistema hipereutrófico; durante cuatro meses, en ocho sitios de muestreo se recolectaron mediante una red de luz de malla de 60µm diferentes organismos, donde se registran 17 especies, de las cuales el grupo de los rotíferos presenta la mayor riqueza de taxa con 11 especies, mientras que la mayor abundancia está dada por el grupo de los copépodos.

Desde la década de los 90's, en el estado de Morelos se iniciaron estudios sobre el conocimiento de la riqueza de especies zooplanctónicas para los diferentes ecosistemas acuáticos (Granados, 1990; Porrás, 1992; Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel, 2003a; Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Granados-Ramírez y Suárez-Morales. 2003b; Parra *et al.*, 2006; Granados-Ramírez *et al.*, 2007, 2008; Gómez-Márquez *et al.*, 2008; Gómez-Márquez *et al.*, 2013). La mayoría de éstos trabajos mencionan que la riqueza de especies no rebasa las 20 especies, en los cuales por abundancia los bordos son dominados por los copépodos y por diversidad de especies los rotíferos, dentro de los que destaca el género *Brachionus*, considerado como un indicador de cuerpos de agua eutróficos (Sampaio *et al.*, 2002). Asimismo, con base en el índice de diversidad, este fluctúa entre 1.5 y 2.8 que indica baja diversidad de especies, de acuerdo con lo establecido por Sergers y Dumont en 1996, quienes mencionan que para un embalse de la zona tropical de Sudamérica (Brasil), pueden registrarse hasta 150 especies. Sin embargo, los trabajos son escasos aunque han sido desarrollados en diversos aspectos (composición, diversidad, distribución, flora, fauna y su relación con factores físicos y químicos).



Hipótesis

Organismos como los rotíferos incluyen en su alimentación partículas en suspensión o detritus, por lo que se esperaría encontrar una mayor abundancia y diversidad de estos organismos en época de secas, que es cuando se concentra la mayor cantidad de partículas en suspensión, debido a una disminución del volumen del sistema.

Justificación

En los embalses naturales y en los los artificiales, los daños por contaminación así como el azolve y la eutrofización se presentan con rapidez, por lo cual la vida útil del reservorio se reduce drásticamente, puede ir desde los 10 hasta los 100 años. Por ello, es importante que en primera instancia se tenga un diagnóstico de las condiciones de calidad de agua así como de las comunidades para un manejo adecuado de los recursos y para ello, los organismos del plancton han sido utilizados como indicadores de las condiciones que prevalecen en los cuerpos de agua (Kalff y Knoechel 1978, Rosas *et al.*, 1992). Sin embargo, el impacto antropogénico sobre estos sistemas afecta la composición, abundancia de la comunidad del plancton en especial la zoopláctica, por lo que es necesario contar con la información necesaria de esta comunidad para predecir en qué momento y en qué condiciones, el microembalse se encuentra con mayor susceptibilidad de presentar cambios, que quebranten el equilibrio en la dinámica del ecosistema y con ello tratar de mitigar dichos efectos por medio de diferentes estrategias o técnicas de recuperación.

Este impacto en el plancton, se verá reflejado en la producción de la fauna íctica presente, que es explotada por la Sociedad Cooperativa Xalostoc, A.C. la cual depende de este recurso desde el punto de vista económico así como alimenticio, ya que las crías y los juveniles de tilapia al no tener disponibilidad de alimento no podrán llevar a cabo un buen desarrollo, transformarlo y acumularlo en biomasa que debería estar disponible para el grupo de pescadores y su aprovechamiento integral.



OBJETIVOS

General

Determinar la abundancia y composición temporal de la comunidad zooplanctónica, así como su relación con las variables físicas y químicas del ecosistema acuático.

Particulares

- *Reconocer hasta el nivel taxonómicamente posible a los individuos del zooplancton.
- *Evaluar a la comunidad de zooplancton por medio de la riqueza de especies y los índices de diversidad y dominancia.
- *Determinar la dinámica espacial y temporal de la fauna zooplántica presente en el microreservorio.
- *Analizar la relación entre los factores abióticos y los factores bióticos.



Área de estudio

Morelos es una de los estados de menor extensión en toda la República, se ubica en la parte centro y colinda al norte con el Distrito Federal, noreste y noroeste con el Estado de México, al sur con Guerrero y al oriente con el estado de Puebla.

El microreservorio de Huitchila se ubica en el municipio de Tepalcingo y representa al 7.5% del estado. El bordo (Figura 4) tiene una longitud máxima de 605 m y ancho máximo de 283 m y presenta una profundidad máxima de 5 m aproximadamente. Se ubica geográficamente entre los 18°39'40.35" y 18°38'55.74" latitud norte y 98°55'37.34" y 98°55'37.34" longitud oeste, a 1140 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2009). Es un sistema de tipo permanente.

La vegetación está conformada principalmente por bosque tropical caducifolio y vegetación secundaria (Granados-Ramírez *et al.*, 2014).

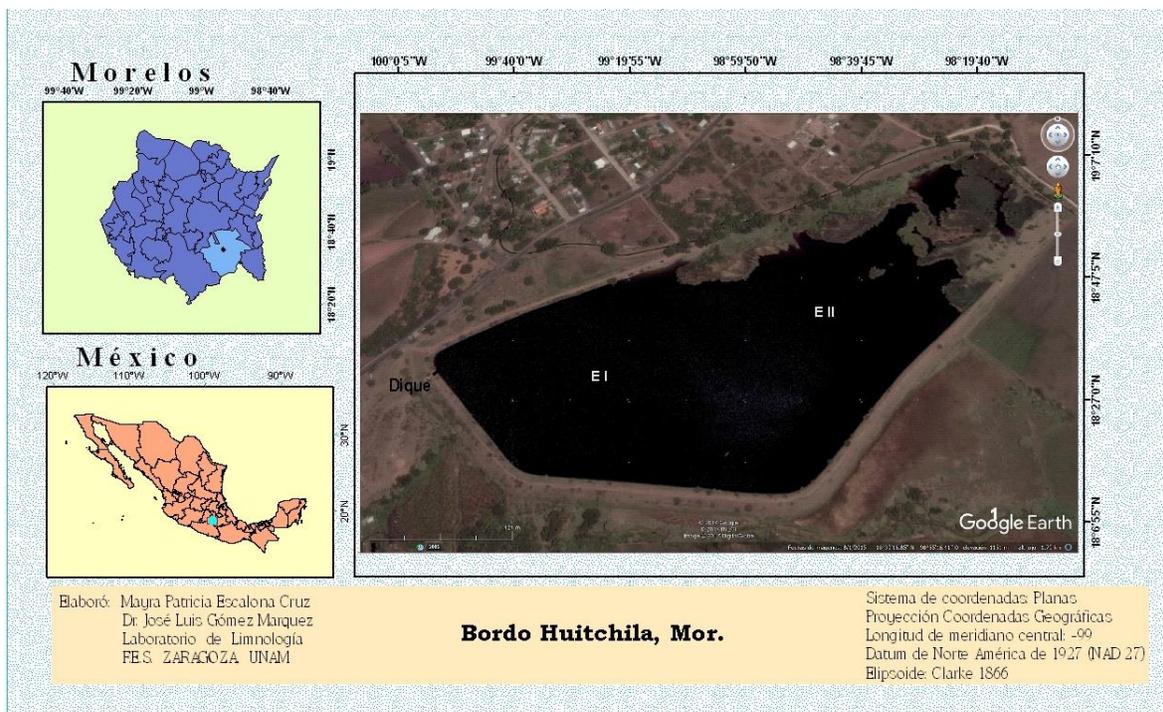


Figura 4. Ubicación de la zona de estudio.



Descripción de la zona de estudio

Clima. De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por García en 2004, la zona tiene un clima cálido subhúmedo (Awo (w) (i') gw), que es el clima más seco de los subhúmedos, con temperatura promedio anual de 24.3°C y una precipitación de 885.3mm (INEGI, 2009).

Geología. La zona presenta rocas ígneas intrusivas como: andesita-toba intermedia y toba ácida y rocas sedimentarias: arenisca-conglomerado, limolita-arsénica y caliza. En cuanto a los tipos de suelos, se presentan: Feozem, Vertisoles, Andosoles, Regosoles, Litosoles, Castañozems, Rendzinas, Chernozems, Cambisoles, Fluvisoles, Acrisoles y Luvisoles, donde predomina el Leptosol, Vertisol y Phaeozem, con 64.47, 18.21 y 7.91% respectivamente (INEGI 2009).

Hidrografía. El sitio es enriquecido por los escurrimientos de la barranca de Amayuca, que llegan al río Tepalcingo, el cual recibe las aguas de los manantiales de Atotonilco (INEGI, 2009).

La fauna se encuentra estructurada por especies como venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), jabalí de collar (*Pecari tajacu*), mapache (*Prosinidae spp.*), tejón (*Nasua narica*), zorrillo (*Mephitidae*), armadillo (*Dasypodidae*) conejo (*Oryctolagus cuniculus*), coyote (*Canis latrans*), gato montés (*Lynx rufus*), comadreja (*Mustela nivalis*), cacomixtle (*Bassaricus astutus*), tlacuache (*Marmosa mexicana*), murciélago (*Chiroptera*), chachalaca (*Ortalis poliocephala*), urraca copetona, zopilote (*Coragyps atratus*), cuervo (*Corvus corax*) y lechuza (*Strix chacoensis*). INEGI, 2009.



Material y Método

Se realizaron recolectas mensuales entre septiembre de 2015 a agosto de 2016 en el bordo Huitchila, Morelos. Se tomaron muestras de agua con ayuda de la botella Van Dorn de dos litros de capacidad y se depositaron en botellas de polietileno de un litro de capacidad a baja temperatura (4°C), mismas que se trasladaron al laboratorio para determinar posteriormente las variables como dureza, alcalinidad, clorofilas, nitrógeno y fósforo, según las técnicas convencionales establecida en APHA, AWWA y APCF (1992), Lind (1979) y Gómez-Márquez *et al.* (2014). La temperatura se determinó con un termómetro ($\pm 1^\circ\text{C}$) y la transparencia del agua empleando un disco de Secchi, éstos se determinaron en campo así como el pH, conductividad y sólidos disueltos totales, usando una sonda multiparámetros (HANNA-HI991300) y el oxígeno disuelto y la temperatura del agua con un oxímetro (HANNA-HI9146)

Las muestras de zooplancton se recolectaron usando una red de 54 μm de apertura de malla y 20 cm de diámetro de la boca, realizando arrastres horizontales de 10 metros; posteriormente se preservaron en botellas de polietileno de 500 mL con formalina comercial al 4%, para ser analizadas en el laboratorio.

Las muestras de zooplancton se analizaron colocando 1 mL de muestra en una cámara de conteo Sedwick-Rafter. La identificación de organismos se llevó a cabo con la ayuda de la siguiente literatura: Ahlstrom, 1940; Osorio-Tafall, 1942; Needham y Needham, 1972; Koste, 1978; Korovochinsky y Smirnov, 1998; Silva-Briano y Suarez-Morales, 1998; Nogrady y Segers, 2002; Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008. Cada muestra de zooplancton se analizó por duplicado y en algunas ocasiones por triplicado; cuando la diferencia de la abundancia fue mayor a 100 organismos entre muestras.

Para la determinación de clorofila "a", se utilizó el método propuesto en 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 al vacío, posteriormente se colocó en un tubo para centrifuga, se adicionaron de 2 a 3 mL de acetona al 90%, después se maceró el filtro y se completa el volumen de acetona hasta 10 ml. Se



colocó en la obscuridad durante 2 horas a temperatura ambiente y después se centrifugó durante 10 minutos a 4000 rpm.

Finalmente se extrajo el sobrenadante con una pipeta tipo Pasteur y se colocó en una celda, 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 absorbancias de la clorofila a. Se contó con 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 (Contreras, 1994).

Se aplicó el análisis de datos exploratorio (Salgado, 1992) para evaluar el comportamiento de las variables físico-químicas y biológicas del sistema para posteriormente la aplicación de pruebas paramétricas (t-student, ANDEVA, correlación de Pearson) o no paramétrica (U de Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, correlación de Spearman), con la finalidad de determinar la existencia o no de diferencias significativas de las variables físico-químicas y biológicas entre las estaciones y de manera temporal.

Se determinó la dominancia, abundancia y diversidad del zooplancton con ayuda del índice Shannon-Weiner (Moreno, 2001). Este índice permite utilizarlo siempre y cuando se asuma que la muestra es representativa y que los organismos han

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



UNAM FES Zaragoza *Biología*

sido seleccionados al azar.

Dónde:

H= índice de diversidad

s= número de especies

p_i = proporción del total de la muestra pertenecientes a las "i" especies.

Se estimó Índice de Equidad de Pielou el cual mide la proporción de la diversidad observada, en relación a la máxima diversidad esperada, sus valores van de 0 a 1. Si el valor resultante es igual a 1, significa que todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988; Moreno, 2001).

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

Donde:

$$H'_{\text{max}} = \ln(s)$$

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 jerarquizar la dominancia de las especies se construyó el diagrama de Olmstead-Tuckey para la comunidad zoopláncica. Las especies dominantes, constantes, ocasionales y raras se determinaron a partir de la relación entre el logaritmo natural de la abundancia de cada especie y la frecuencia de aparición de los organismos (Sokal y Rohlf, 1981).

Se aplicó el análisis de agrupamiento (Cluster) para establecer las relaciones principales entre los grupos zooplanctónicos y cada una de las variables físico-químicas del sistema, mediante el método de Ward, que agrupa de forma





UNAM FES Zaragoza *Biología*

jerárquica elementos de modo que se minimice una determinada función objetivo (mes) (Dallas, 2000)

Para establecer la relación entre las variables físicas, químicas y biológicas se aplicó un análisis estadístico multivariado, específicamente un Análisis de Componente Principales (ACP), donde a partir del análisis de las variables originales, se pretende reducir el número de ellas, con el fin de simplificar el total de parámetros obtenidos durante el estudio y así determinar el comportamiento del sistema con base en las variables que más influyen, pero evitando la menor pérdida de información. (Pla, 1986; Dallas, 2000).



Resultados

Comunidad Zooplanctónica

De los tres grupos principales que componen al zooplancton, se registró una mayor abundancia, en ambas estaciones, para los Copépodos (52 y 58%), seguidos de los Rotíferos (42 y 38%) y los Cladóceros (6 y 4% respectivamente) (Fig 5).

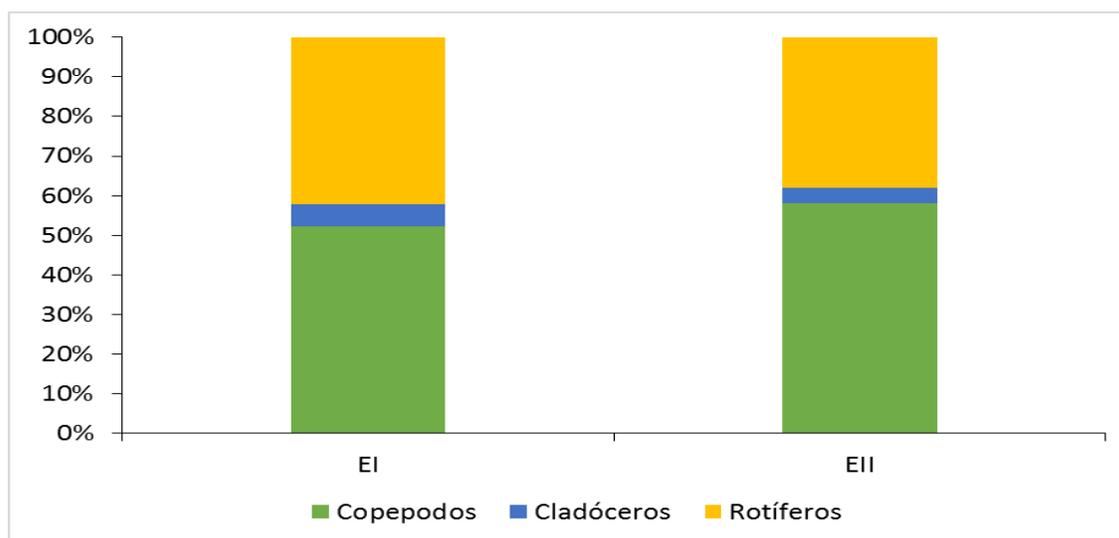


Figura 5. Abundancia por grupos en cada estación para el bordo Huitchila, Morelos.

Se reportan 17 especies registradas para este sistema, de las cuales dos son copépodos de la familia *Diaptomidae*, dos cladóceros, uno de la familia *Sididae* y otro de la familia *Moinidae* y 13 Rotíferos; la familia más representativa fue *Brachionidae* con cinco especies, seguida de la familia *Lecanidae* con tres especies (Tabla1).

El sistema Huitchila presentó la mayor densidad de organismos en septiembre, época de lluvias, seguido de otro incremento en mayo, época de secas, el comportamiento entre estaciones puede mostrar una alternancia de abundancia, ya que en general, cuando incrementa la densidad en una estación, existe una



disminución en la otra, (Fig.6); sin embargo, no se registraron diferencias entre estaciones

En el mes de septiembre la E I presenta la mayor abundancia (época de lluvias) y la menor abundancia en mayo (época de secas), mientras que la E II presenta su mayor abundancia en mayo, seguida del mes de septiembre.

Tabla 1. Registro de especies para el bordo Huitchila, durante el periodo de estudio



Phyllum	Clase	Familia	Género	Especie
Arthropoda	Maxilopoda	Diaptomidae	<i>Arctodiaptomus</i>	<i>Arctodiaptomus dorsalis</i> Marsh 1907
			<i>Thermocyclops</i>	<i>Thermocyclops inversus</i> (Kiefer, 1936)
	Branchipoda	Sididae	<i>Diaphanosoma</i>	<i>Diaphanosoma birgei</i> (Korinek, 1981)
		Moinidae	<i>Moina</i>	<i>Moina micrura</i> Kurz, 1984
Rotífera	Monogonta	Asplachnidae	<i>Asplanchna</i>	<i>Asplanchna sieboldii</i> Gosse, 1851
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus caudatus</i> Barrois and Daday, 1894
			<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	
			<i>Brachionus havanaensis</i> Rousselet, 1973	
			<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	
		<i>Brachionus urceolaris</i> , Muller, 1773		
		Conochilidae	<i>Conochilus</i>	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1982
		Floscuraliidae	<i>Ptygura</i>	<i>Ptygura</i> sp. Ehrenberg, 1832
		Filiniidae	<i>Filinia</i>	<i>Filinia longiseta</i> . (Ehrenberg, 1834)
		Lecanidae	<i>Lecane</i>	<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)
<i>Lecane papuana</i> (Murray)				
<i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913)				
Eutatoria	Trochosphaeridae	<i>Horaëlla</i>	<i>Horaëlla thomassoni</i> (Koste, 1973)	



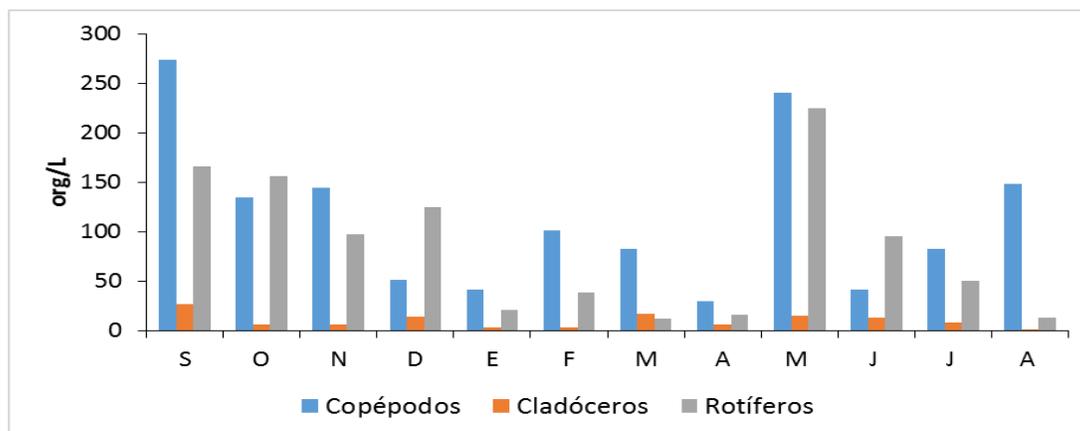
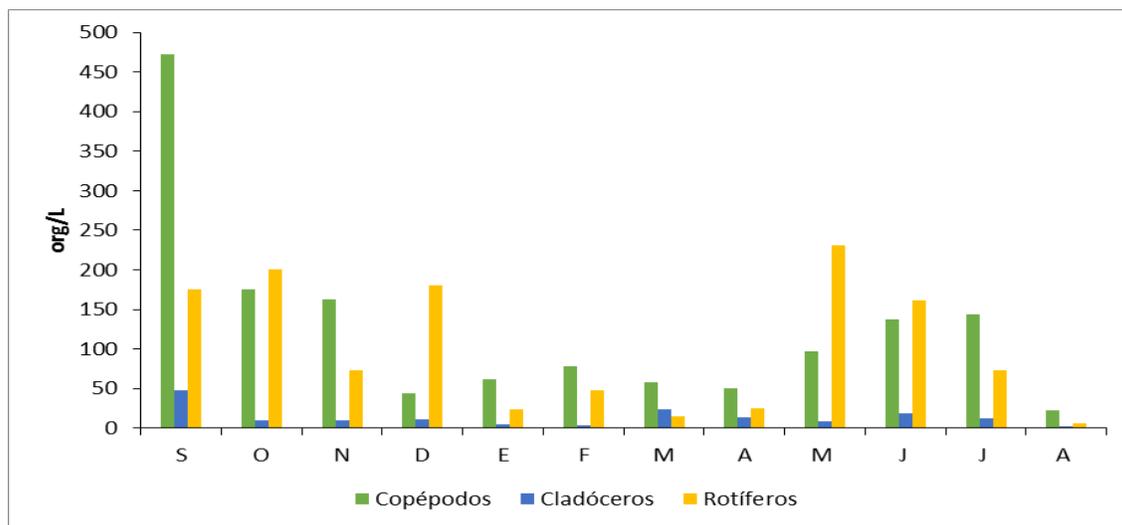


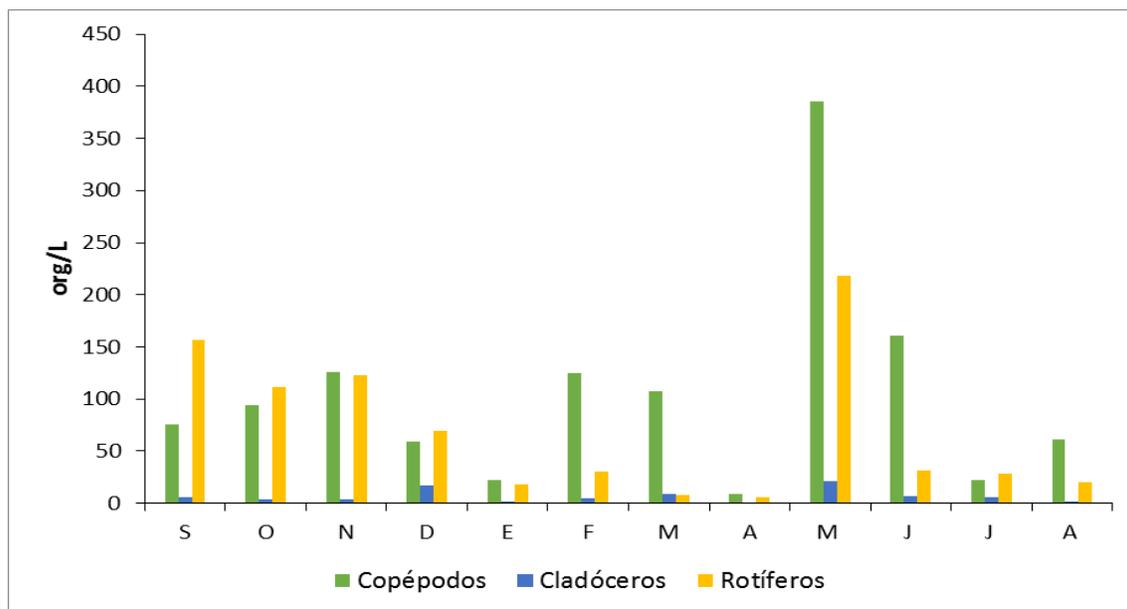
Figura 6. Abundancia total a lo largo del estudio en el bordo Huitchila, Morelos

Los copépodos en la E1 registraron el mayor valor de abundancia con 472 org/L en el mes de Septiembre; en la estación dos tuvo la mayor densidad en mayo con 385 org/L, y la menor densidad se observó en la estación uno en el mes de agosto con 22 org/L y en la estación dos en abril con 9 org/L. Para el grupo de los cladóceros, la mayor abundancia se registró en la E1 corresponde al mes de septiembre con 48 org/L y para E II en mayo con 21org/L. El grupo de los rotíferos presenta su mayor abundancia en la E1 durante el mes de mayo con 231org/L y para EII en el mismo mes con 218 org/L (Fig. 7a, 7b).





a)

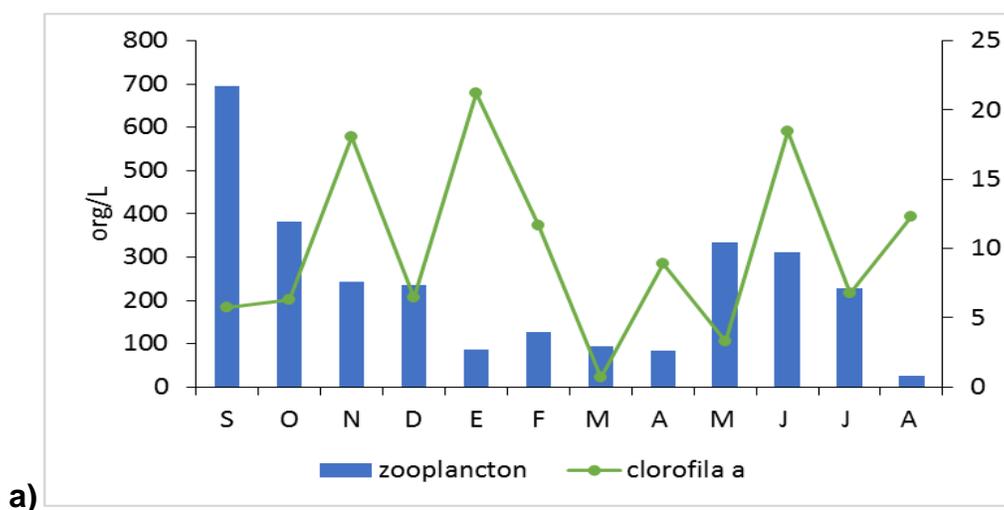


b)

Figura 7. Abundancia por grupos para cada estación en el bordo Huitchila, Morelos. (a) El I y b) EII)



El comportamiento de la clorofila "a" (como indicador de la biomasa de fitoplancton). Con respecto a la abundancia del zooplancton, puede describirse, de manera general, para todo el sistema, como inverso. Es decir, mientras incrementa la densidad zooplanctónica, disminuye la concentración de clorofila y viceversa (Fig. 8).



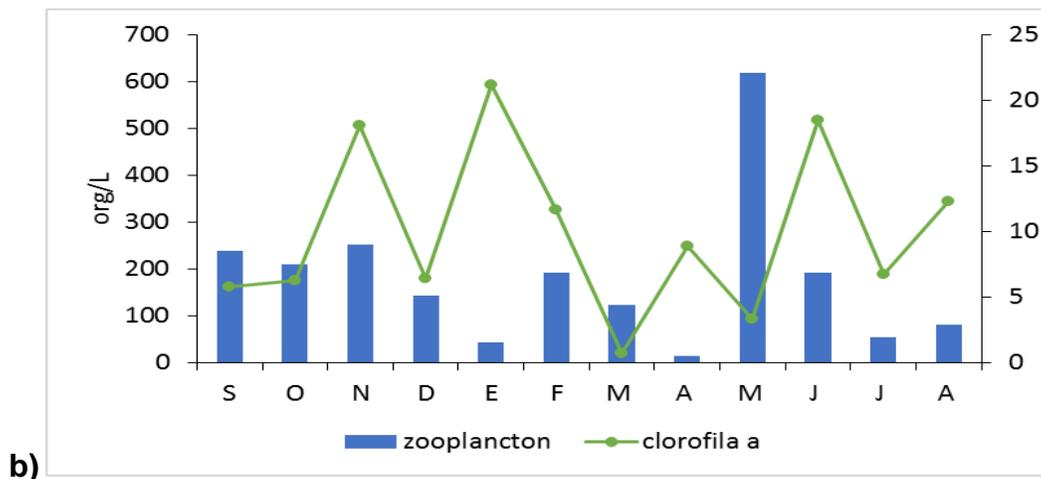


Figura 8. Relación clorofila, abundancia de organismos para a)El y b)ElI del bordo Huitchila, Morelos

De las dos especies que pertenecen al grupo de los copépodos, *Arctodiaptomus dorsalis* es más abundante, ya que se registra en ambas estaciones durante todo el estudio, teniendo su mayor densidad en el mes de mayo, febrero y diciembre en la EII; se puede describir una abundancia inversa entre estaciones para esta especie. El comportamiento de *Thermocyclops inversus* es de una especie rara, registrando su presencia a finales del estudio y en densidades bajas, comparadas con *A. dorsalis*, su mayor densidad ocurrió en mayo y junio para ambas estaciones (Fig. 9).



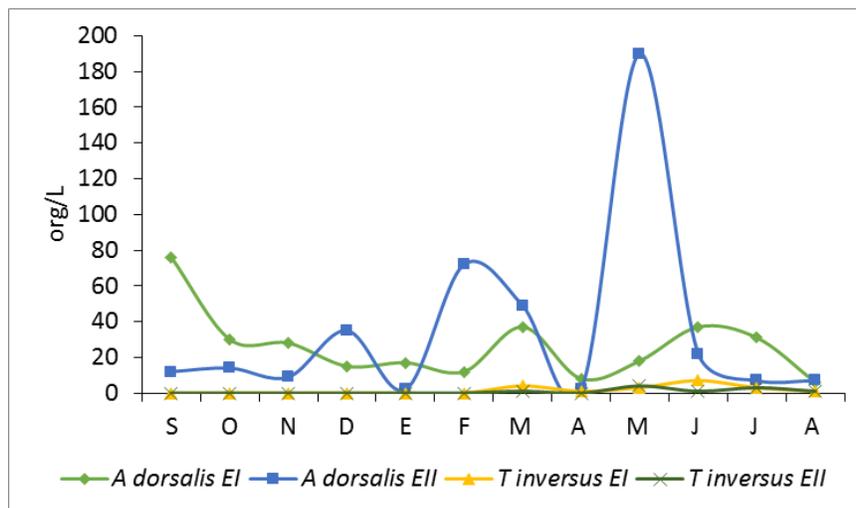


Figura 9. Abundancia de las especies de copépodos para el bordo Huitchila, Morelos

En el grupo de los cladóceros ambas especies registradas pueden catalogarse como dominantes, presentan su mayor densidad en Septiembre, con otros incrementos en Diciembre, Marzo y Mayo. *Diaphanosoma birgeii* es la especie con mayor densidad del grupo de los cladóceros, con un máximo en Septiembre de 32 org/L y un mínimo en enero de 1 org/L. *Moina micrura* presenta su máximo con 17 org/L en Septiembre en la EI y mínimo de 1 org/L en Abril en la EII. Ambas poblaciones decrecen hacia los meses secos fríos, presentando mayor abundancia en los meses de secos cálidos y durante lluvias (Fig. 10).



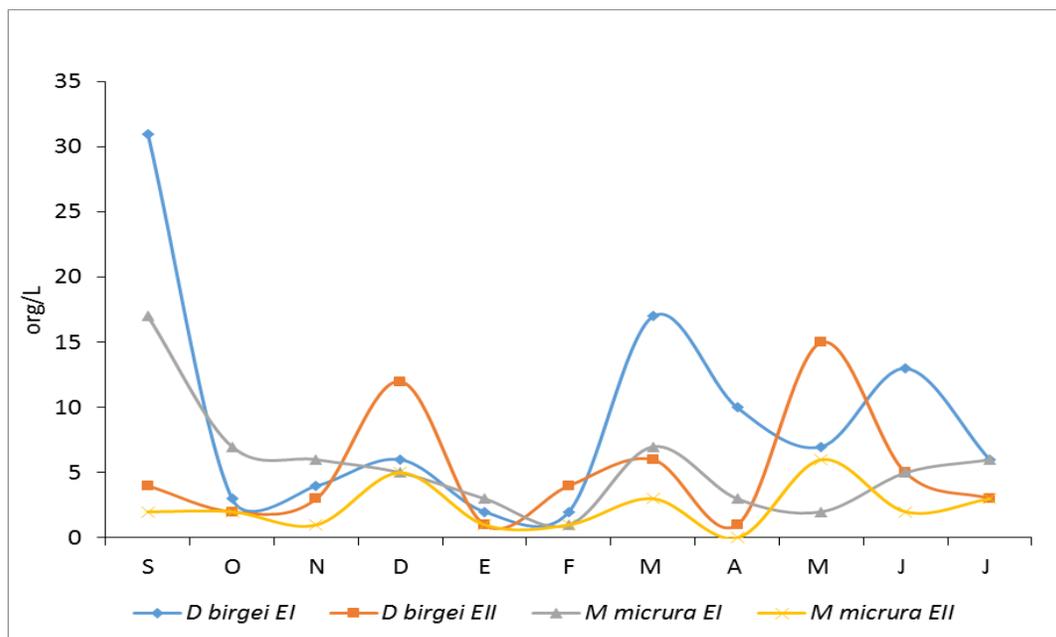


Figura 10. Densidad de cladóceros entre estaciones del bordo Huitchila, Morelos

El grupo con mayor número de especies corresponde a los rotíferos, los cuales presentan su mayor incremento para la EI en Mayo, representado por *Filinia longiseta*, también muestra altas densidades en Octubre y Diciembre, en la EII los incrementos se registraron en Mayo y Noviembre; *Brachionis falcatus* registró su máximo valor en Octubre con un decremento, hacia los meses secos fríos (Enero y Febrero) y *Conochilus unicornis* presenta máximos en Diciembre, Febrero y Julio (Fig. 11a,b).



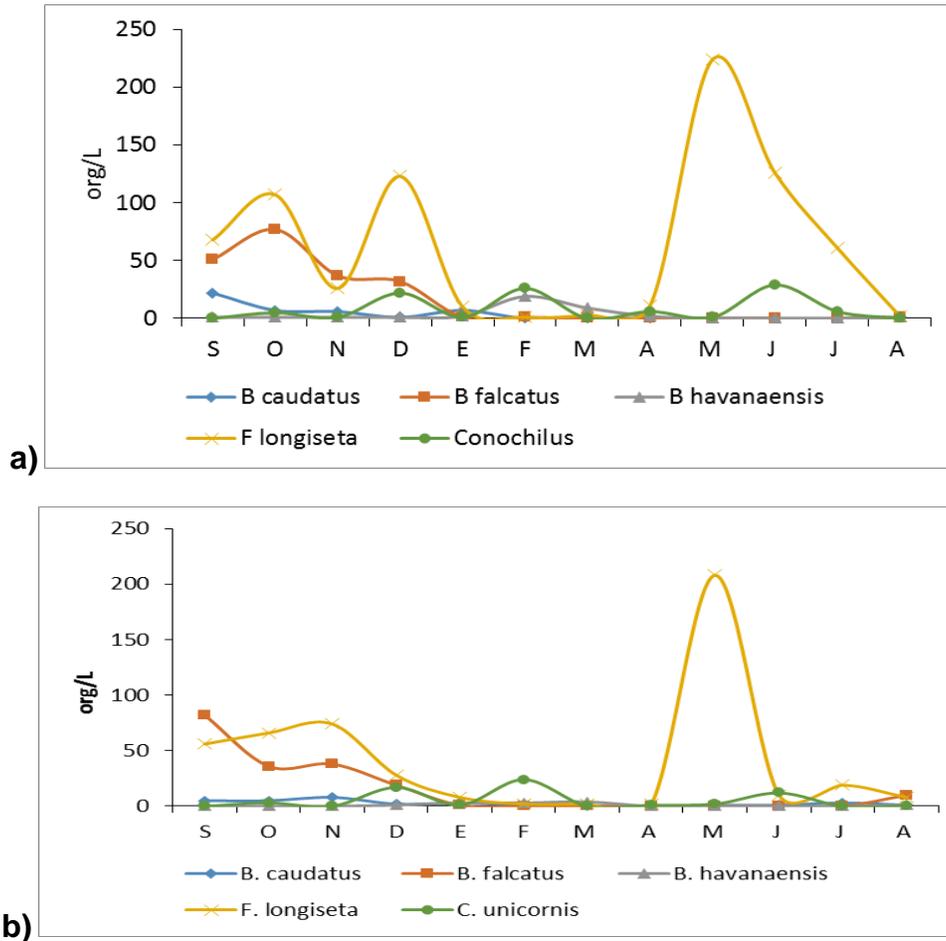


Figura 11. Densidad de las especies más abundantes de rotíferos para EI (a) y EII (b) en Huitchila, Morelos

Con base en el diagrama de Olmstead-Tuckey, en ambas estaciones se reportan especies como *Arctodiaptomus dorsalis*, *Moina micrura* y *Filinia longiseta* como especies dominantes, ya que fueron especies que se registraron durante todo el estudio; la especie constante que se registró en ambas estaciones fue *Asplanchna sieboldii*; las especies ocasionales son *Brachionus falcatus* y como especies raras *Thermocyclops inversus*, *B. quadridentatus*, *Lecane luna*, *Horaëlla thomassni* (Fig. 12).



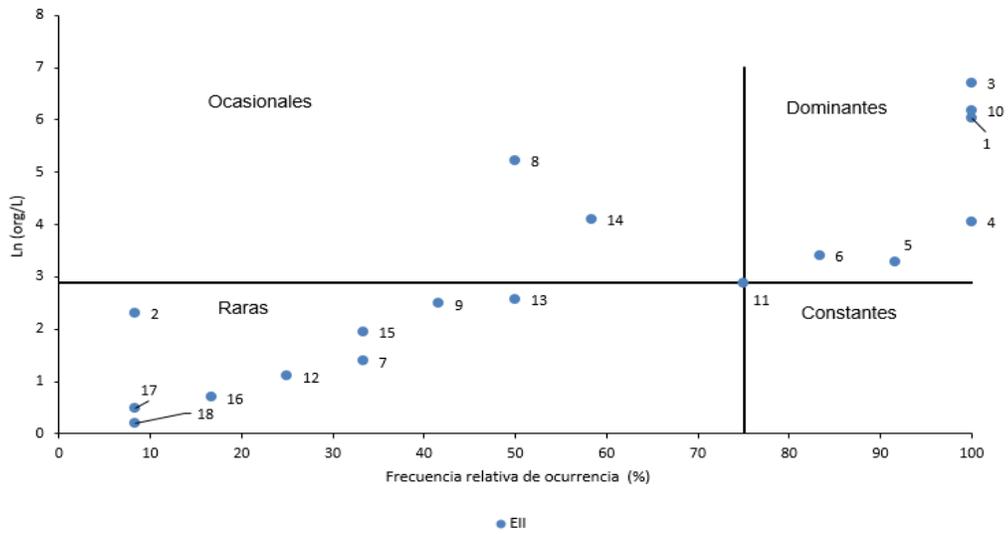
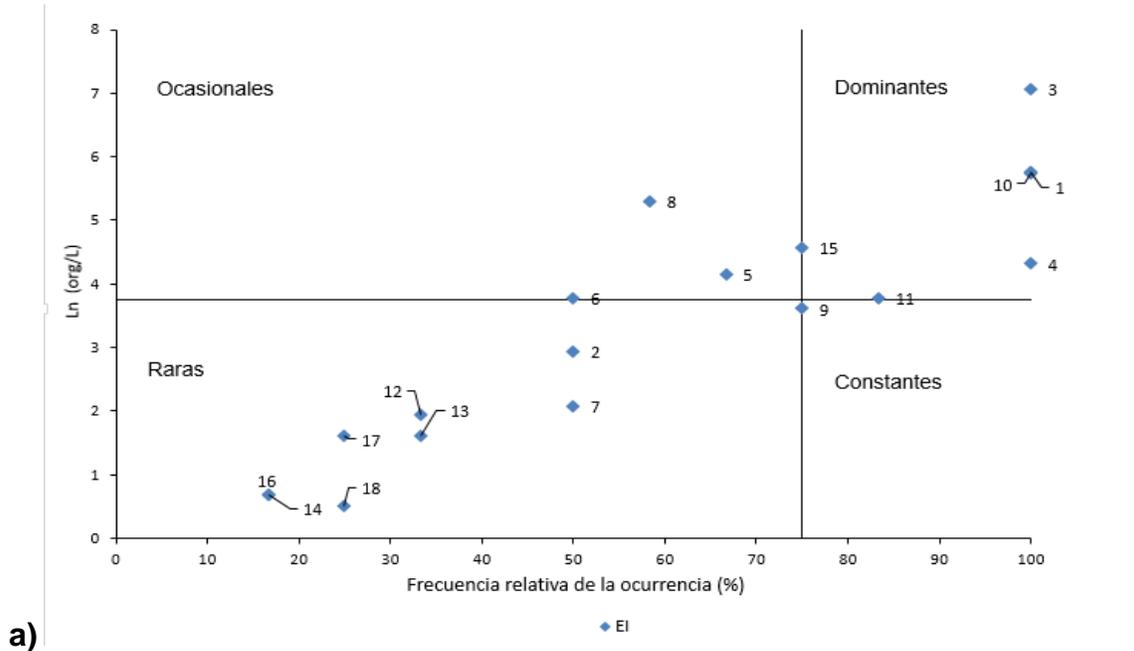


Figura 12. Diagramas de Olmstead-Tuckey para ambas estaciones EI a) y EII b) del bordo Huitchila, Morelos



1. *Arctodiaptomus dorsalis*, 2, *Thermocyclops inversus*, 3 copepoditos, 4 *Moina micrura*, 5 *Diaphanosoma birgei*, 6 *Brachionus caudatus*, 7 *B. quadridentatus*, 8 *B. falcatus*, 9 *B. havanaensis*, 10 *Filinia longiseta*, 11 *Asplachna sieboldii*, 12 *B. angularis*, 13 *Horaeëlla tomasonii*, 14 *Conochillus unicornis*, 15 *Ptygura sp*, 16 *Lecane luna*, 17 *L. papuana* 18, *L. curvicornis*

El análisis estadístico ($p < 0.05$), aplicando la prueba U de Mann-Whitney (W) para la comunidad zooplanctónica por grupos y con la abundancia total, no muestran diferencias significativas entre estación 1 y estación 2: Abundancia total (W= 61.0; $p = 0.369368$), Copépodos (W= 66.0; $p = 0.530996$), Cladóceros (W=39.5; $p = 0.0381799$), Rotíferos (W= 56.5; $p = 0.253075$), sólo mostró diferencias significativas el grupo de los cladóceros entre estaciones.

Para conocer si hay diferencia en la abundancia a lo largo del estudio, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (H) para los mismos grupos: Abundancia total (H=20.2847; $p = 0.0415854$), Copépodos (H=15.8025; $p = 0.148624$), Cladóceros (H=14.1377; $p = 0.225467$), Rotíferos (H=21.1436; $p = 0.0319132$). Se presentan diferencias para la abundancia total y para el grupo de los Rotíferos a lo largo del estudio.

El análisis de los índices de la comunidad muestra que el valor máximo para el índice de diversidad de Shannon en EI es de 1.85 en Abril y el mínimo en 1.03 en mayo, el cual se mantiene casi constante durante el estudio con variaciones en la época de secas e inicio de lluvias. En EII el valor máximo fue de 1.96 en Diciembre y un mínimo de 1.24 en Agosto, con fluctuaciones durante todo el estudio.

El índice de equidad de Pielou para EI muestra el máximo valor en Abril (0.71) y el mínimo en (0.1) Julio. Para la EII el valor mínimo se presenta en Agosto (0.45) y el máximo en Diciembre (0.76)

La dominancia para la EI muestra su máximo en el mes de Julio con un valor de 0.91 y el mínimo en Abril con un valor de 0.34; para la EII el máximo corresponde a Marzo y Junio con 0.56 y el mínimo a Diciembre y Julio con un valor de 0.30.



De forma general el comportamiento de los índices para ambos sistemas se observa como recurrente a lo largo del estudio, observando incrementos y decrementos regulares de los valores (figura 13b) que corresponde principalmente a la EII.

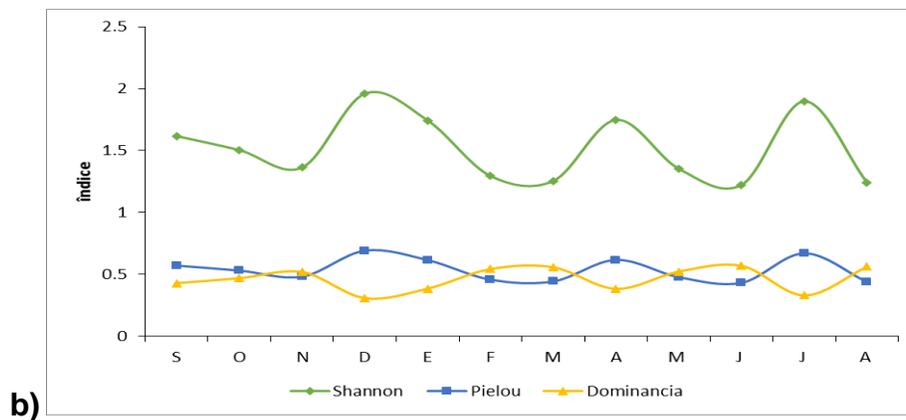
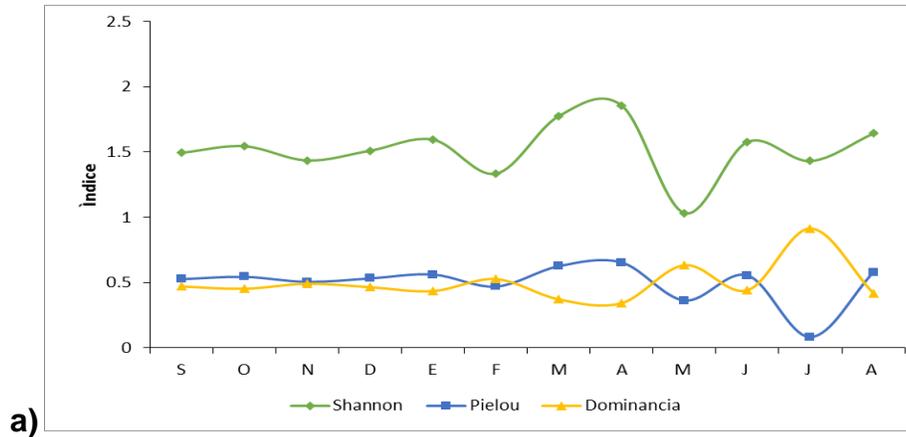


Figura 13. Índices para la comunidad zooplanctónica del bordo Huitchila, Morelos; a) Estación 1 y b) Estación 2

Parámetros físicos y químicos



La temperatura ambiente registró un mínimo en Enero (22.1°C), mes que pertenece al período de secas frías y un valor máximo en Abril (32.7°C), que pertenece al período de secas cálidas. La temperatura del sistema presenta un comportamiento similar al de la temperatura ambiente, aunque el máximo para la estación 1 y 2 se registró en Septiembre con 26.9 y 26.7°C respectivamente, los valores mínimos se registran en Febrero con 20.5 y 20.3°C para la estación 1 y 2 respectivamente (Fig. 14).

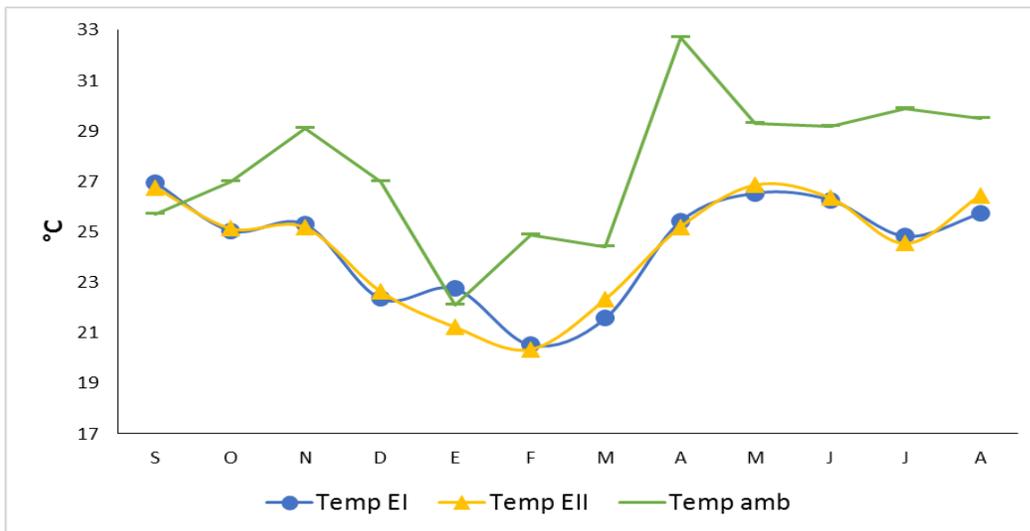


Figura 14. Variación de la temperatura ambiental y el agua para ambas estaciones en el sistema Huitchila, Morelos

Se observó una relación inversa entre la concentración de Oxígeno disuelto (OD) y la Temperatura del agua, la cual se puede observar en la figura 16, donde los mayores valores de OD para la EI y EII (12.78 y 12.85mg/L respectivamente), le corresponden los menores valores de temperatura, que se presentan en Febrero, contrario a lo que ocurre en Septiembre y Mayo, donde hay un incremento en la temperatura y se registró un decremento en el OD (Fig. 15).



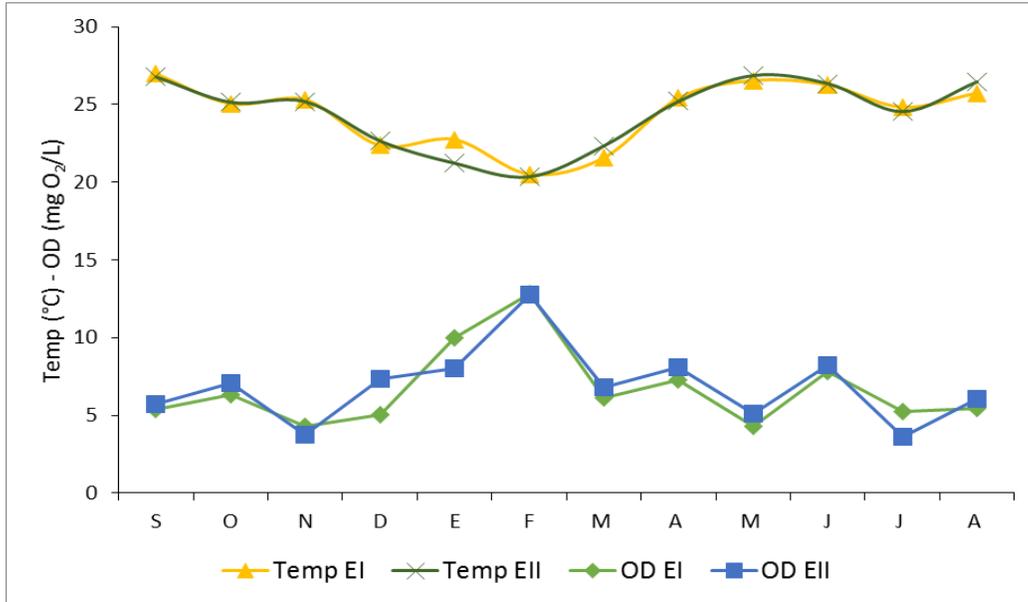


Figura 15. Variación temporal del oxígeno disuelto y la temperatura del agua en el bordo Huitchila, Morelos

El pH que se registró en el sistema acuático muestra valores superiores a 8, lo que lo cataloga como un cuerpo de agua con aguas alcalinas, ya que se observan valores altos de pH en Agosto (EI 9.37 y EII 9.33 unidades) durante la época de lluvias. En el caso de la conductividad los máximos valores se cuantificaron durante la época de secas principalmente en Mayo en ambas estaciones y los valores menores en la etapa de lluvias en el mes de Octubre para ambas estaciones (Fig. 16).



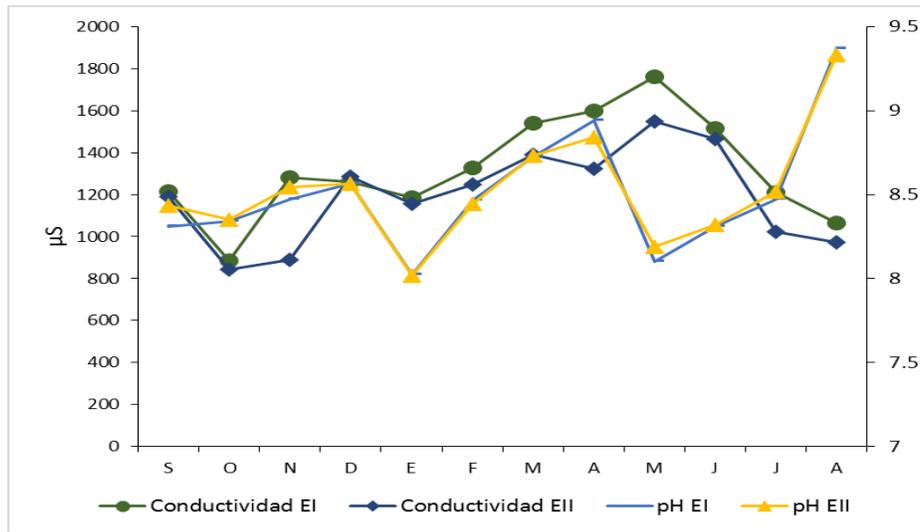


Figura 16. Variación de la conductividad y pH en el bordo Huitchila, Morelos

La mayor profundidad correspondió a la estación uno en el mes de Septiembre y Julio (meses donde se presentan lluvias) con valores de 4.7 metros, el valor mínimo corresponde a los meses de Febrero y Mayo con 2 y 2.1 metros para la EI y EII respectivamente, meses que corresponden a época de secas. La visibilidad al disco de Secchi mostró su máximo valor para ambas estaciones durante la época de lluvias y el menor en la época de secas. Además se puede afirmar que estas variables del sistema guardan una relación directamente proporcional entre estas (Fig. 17).



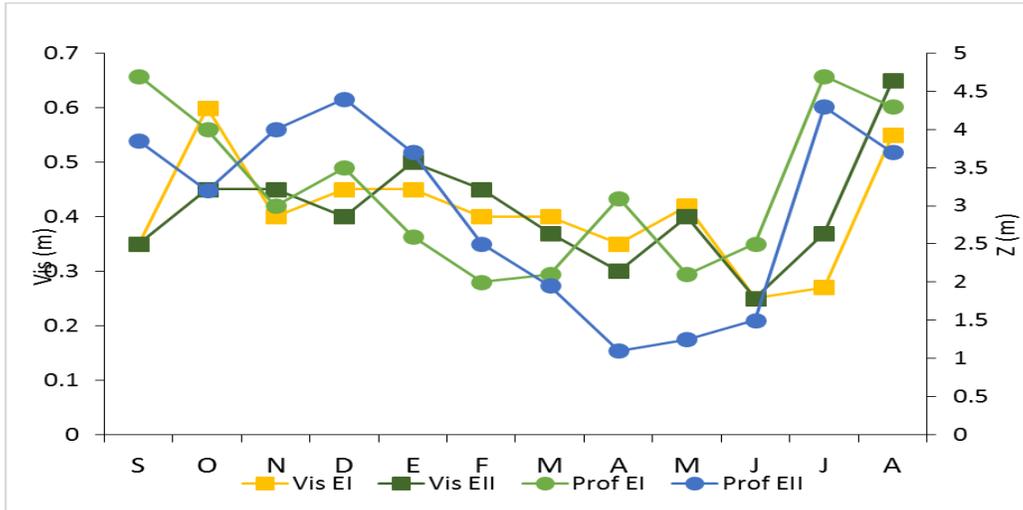


Figura 17. Variación estacional de la profundidad y la visibilidad al disco de Secchi del bordo Huitchila, Morelos

La presencia de carbonatos en el sistema muestra que puede catalogarse como un cuerpo de aguas duras. La alcalinidad muestra un comportamiento constante, que se observa con mayor claridad para la EII, mientras que la EI muestra un decremento en el mes de marzo que corresponde a secas cálidas, incrementando hacia la época de lluvias, este decremento puede considerarse debido a que la EI está ubicada cerca de la compuerta, donde en época de estío, disminuye parte del volumen del sistema debido a la extracción que llevan a cabo comunidades aledañas. La dureza muestra los menores valores al inicio del estudio que corresponde a época de lluvias y va incrementando hacia la época de secas, disminuyendo nuevamente al final del estudio, lo cual muestra un incremento en el volumen del sistema, donde es menor la disponibilidad de aniones y cationes, con lo que disminuye la dureza total (Fig. 18).



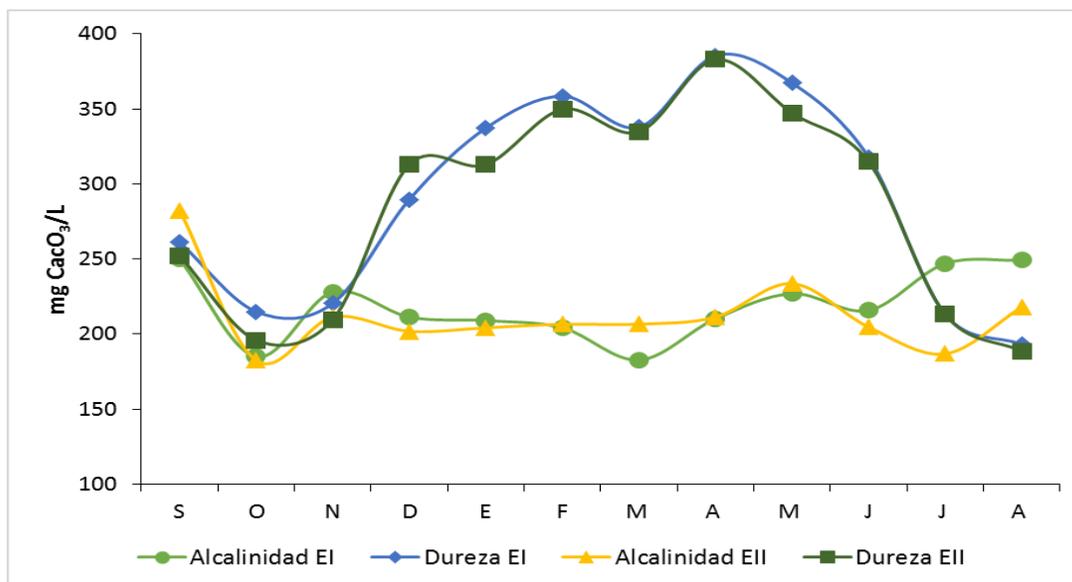


Figura 18. Variación temporal de alcalinidad y dureza total del bordo Huitchila

Se aplicó la prueba U de Man-Whitney a los datos reportados para los parámetros en ambas estaciones, estimándose que no existen diferencias significativas en ninguno de los parámetros comparados. Alcalinidad ($U=62.0$; $p=0.398814$), Dureza ($U=67.5$; $p=0.586272$), pH ($U=87.0$; $p=0.643324$), Conductividad ($U=54.0$; $p=0.20108$), T° ambiente ($U=72.0$; $p=0.976864$), Temperatura del agua ($U=80.0$; $p=0.934955$), Oxígeno disuelto ($U=87.0$; $p=0.643771$), Clorofila a ($U=80.5$; $p=0.913117$), Profundidad ($U=70.5$; $p=0.702895$), Visibilidad al disco de Secchi ($U=91.0$; $p=0.493214$).

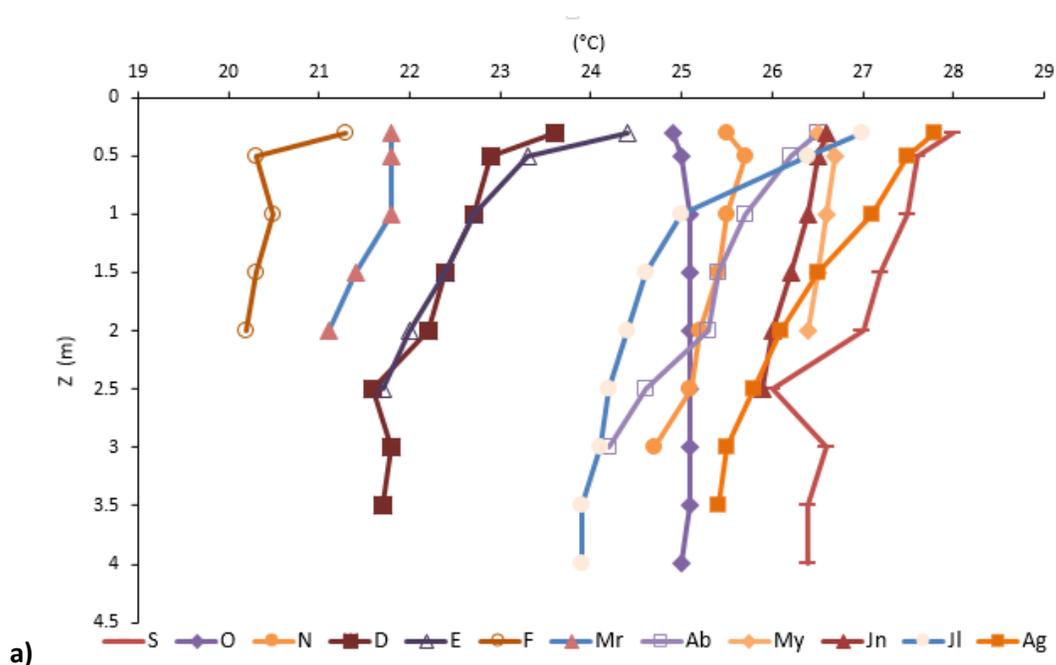
La prueba Kruskal-Wallis, muestra que existen diferencias significativas para todos los parámetros del sistema de manera temporal. Alcalinidad ($H=17.923$; $p=0.0833856$), Dureza ($H=21.8883$; $p=0.0252528$), pH ($H=23.5694$; $p=0.0146757$), Conductividad ($H=21.4575$; $p=0.0289296$), T° ambiente ($H=23.0$; $p=0.0176751$), Temperatura del agua ($H=23.4152$; $p=0.0154373$), Oxígeno disuelto ($H=21.476$; $p=0.0287623$), Clorofila a ($H=24.0$; $p=0.0127332$), Profundidad ($H=19.2474$; $p=0.0567947$), Visibilidad al disco de Secchi ($H=20.1719$; $p=0.0430385$).



Perfiles verticales

Se realizaron perfiles verticales para la temperatura y OD en la columna de agua, en ambas estaciones de muestreo, a fin de establecer la existencia de estratificación o mezcla.

Para la temperatura en la EI se observa que es sistema es homogéneo en los meses de Febrero, Marzo y Abril y para la EII los meses de Febrero y Marzo, el resto presenta una ligera estratificación, que se observa con mayor claridad en la EI durante Julio, Diciembre y Enero y para la EII durante Diciembre y Julio (Fig. 19). Sin embargo, para una mejor visualización se presentan los diagramas del ciclo nictimeral (24 horas) para una mejor caracterización de la información y poder clasificar el cuerpo de agua en función del régimen térmico.



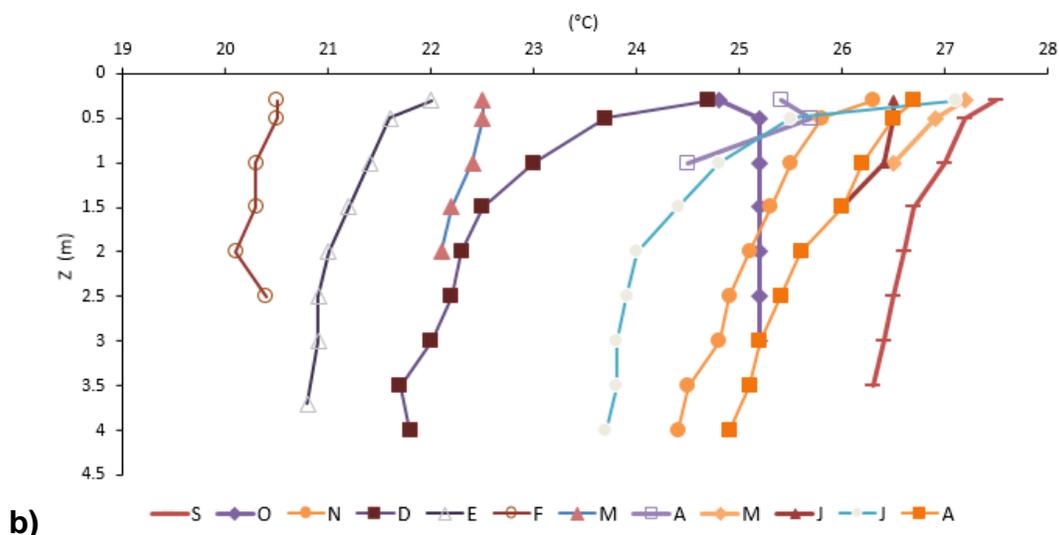


Figura 19. Perfiles verticales de la temperatura del sistema Huitchila, Morelos. (a) EI, b) EII)

Para el perfil de OD en la EI se observa una tendencia hacia la disminución de los valores de OD sin llegar a la anoxia a mayor profundidad; debido a que la actividad fotosintética se realiza mayormente en la parte superficial o la zona fótica del sistema, el mayor registro de oxígeno se registra en Febrero, en los meses de Agosto, Junio y Enero de igual forma, se observa un incremento del oxígeno después de la zona superficial (0.50 m), debido a un proceso denominado fotoinhibición, en los primeros centímetros de la columna de agua.

En la EII se puede observar fotoinhibición durante Septiembre, Enero, Febrero y Agosto. En Diciembre se puede observar que los valores de oxígeno a través de la columna de agua prácticamente no cambian, puede considerarse en mezcla.

Ambas estaciones presentan una curva de tipo clinógrada que es característica de los sistemas de agua eutróficos, donde hay un decremento a medida que incrementa la profundidad, sin llegar a manifestar anoxia el cuerpo de agua (Fig. 20) por efecto de la cantidad de partículas suspendidas en el columna de agua que limitan la penetración de los rayos luminosos.



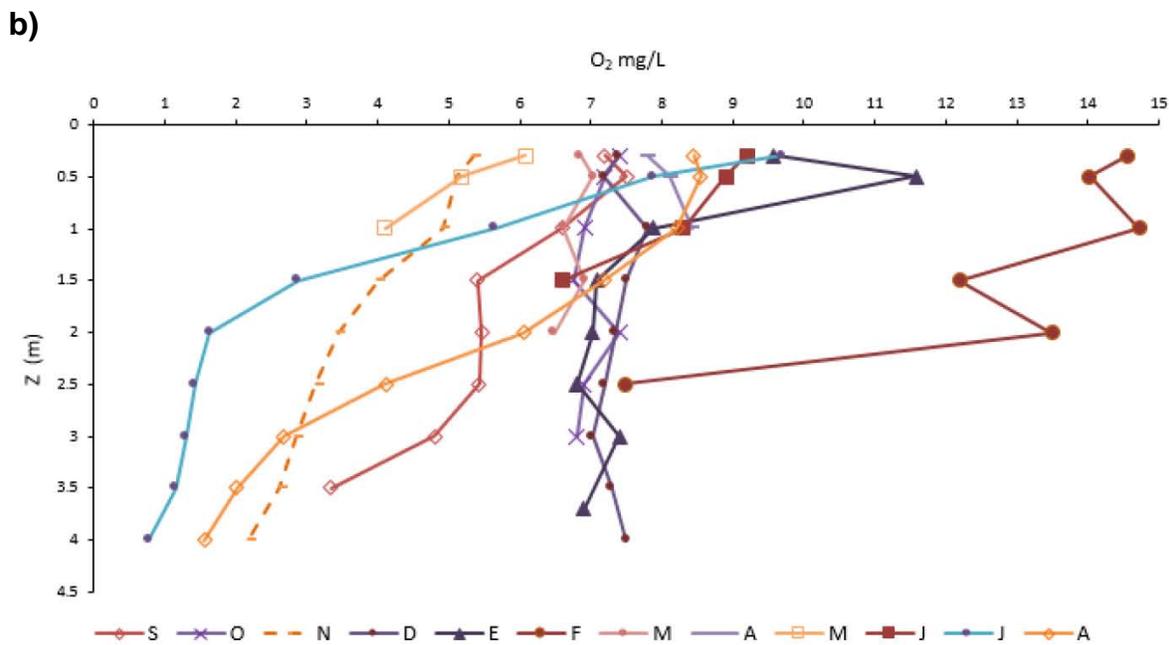
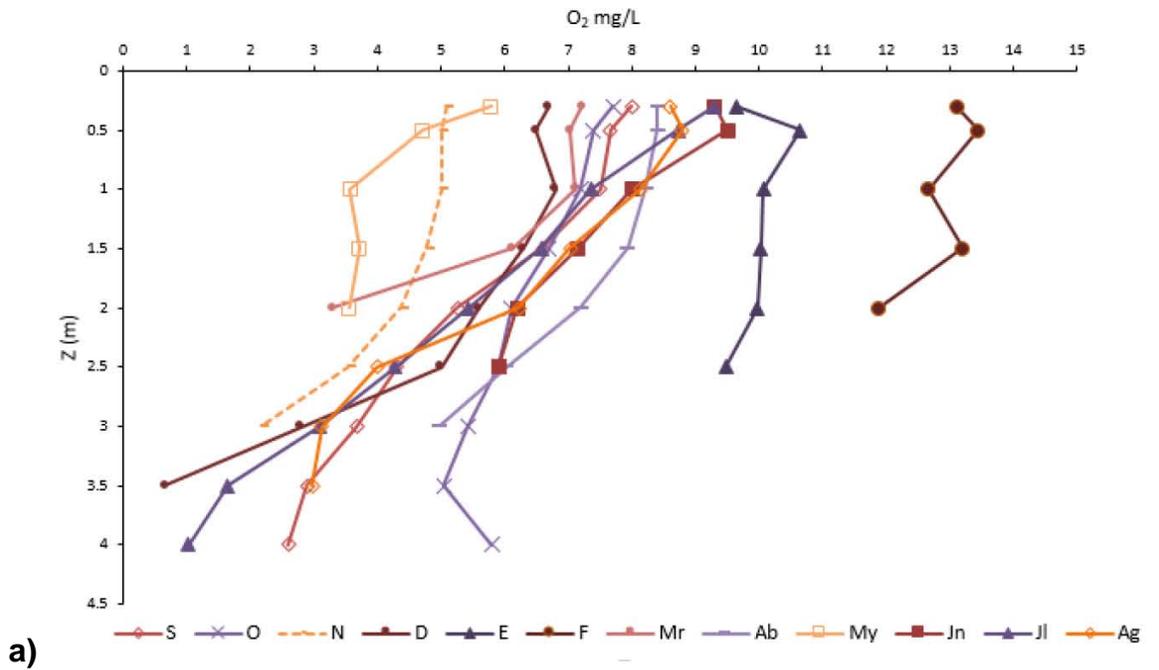
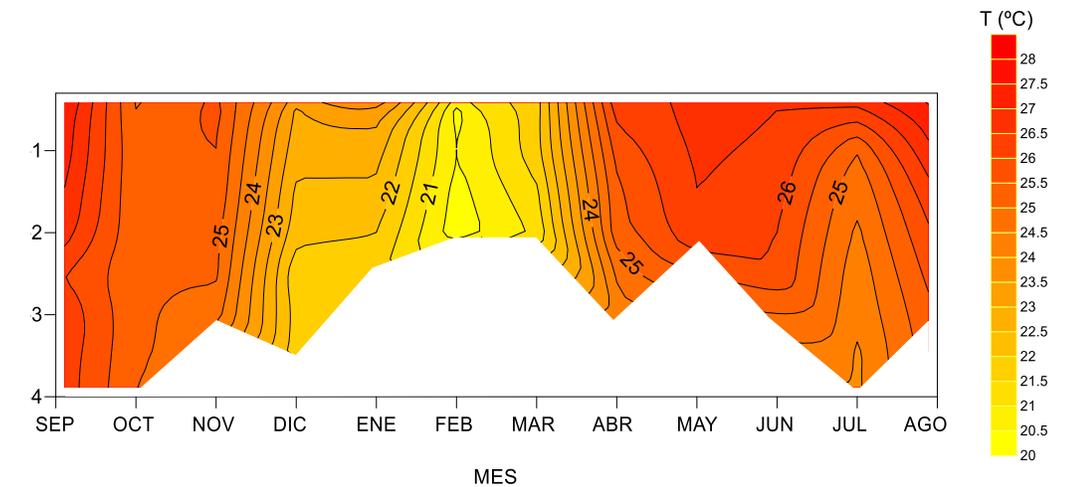
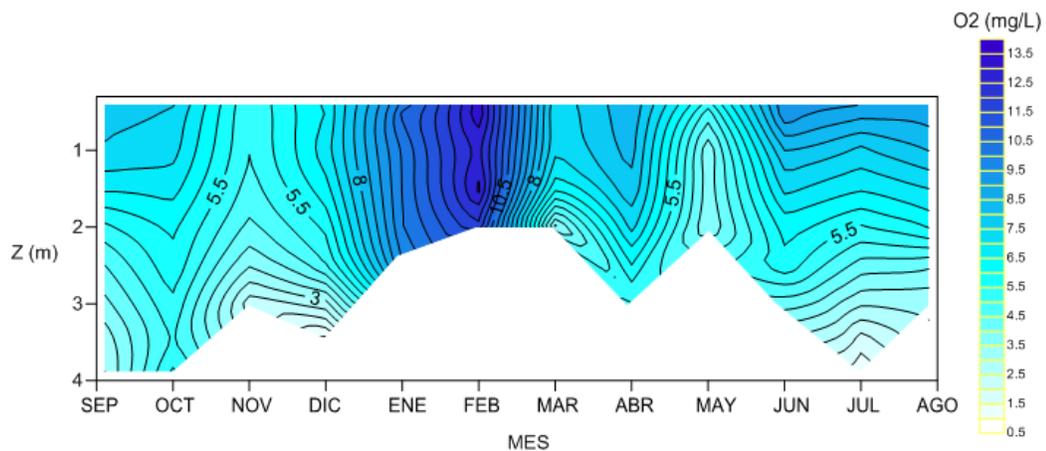


Figura 20. Perfiles verticales de Oxígeno disuelto en el sistema Huitchila, Morelos (a) EI y b) EII)

De forma más detallada utilizando el programa SURFER 10. Se muestran en las figuras 21 y 22 el comportamiento de la temperatura y el OD de cada estación, donde las temperaturas más bajas se presentan de Diciembre a Marzo, que corresponde a los meses de secas frías y en donde existe un proceso de mezcla y el OD presenta sus mayores valores, contrario a los meses cálidos en los cuales se muestra un proceso de estratificación.

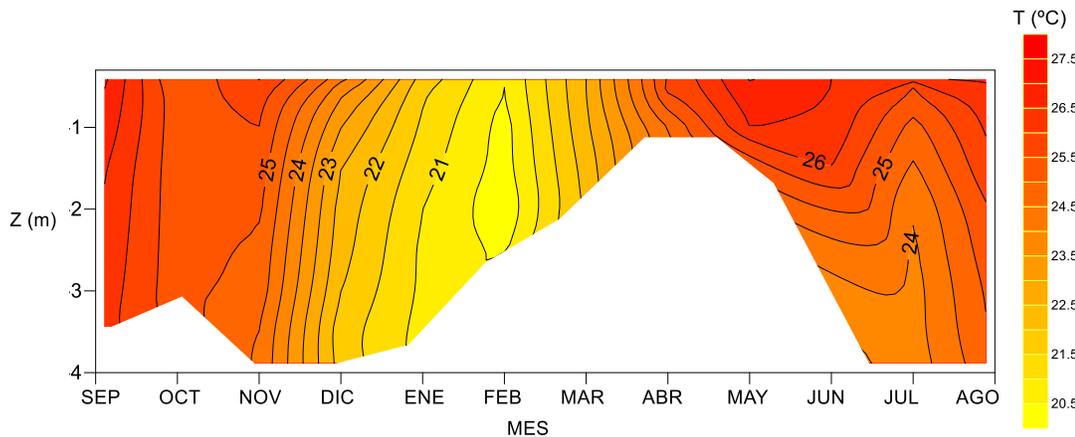


a)

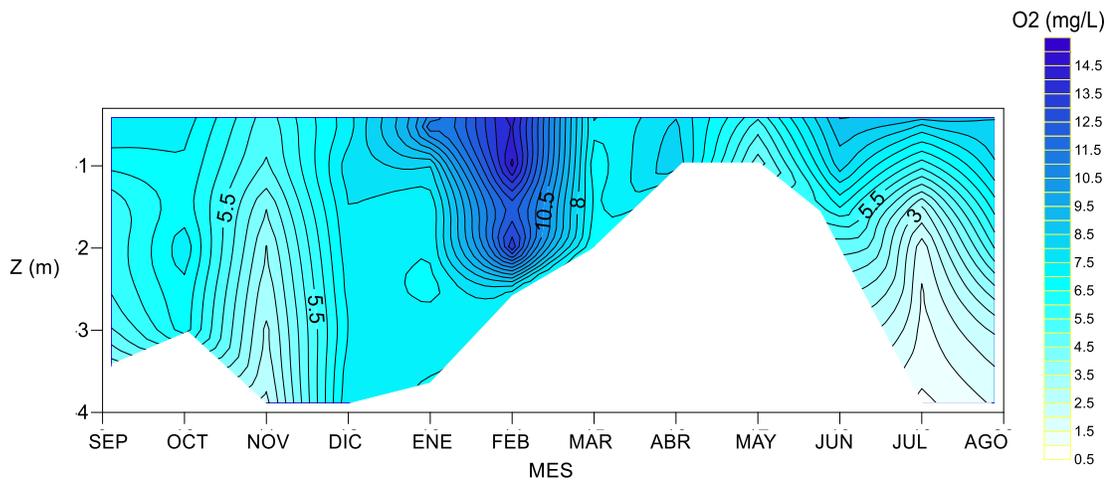


b)

Figura 21. Perfiles verticales de temperatura a) y OD b) para la EI



a)



b)

Figura 22. Perfiles verticales para Temperatura a) y OD b) de la EII, del bordo Huitchila, Morelos

El ciclo nictimeral realizado durante época de secas (Abril), muestra una estratificación en la mayor parte de las hora de luz y una mezcla en las horas de oscuridad que van desde las 20 a las 24 horas.



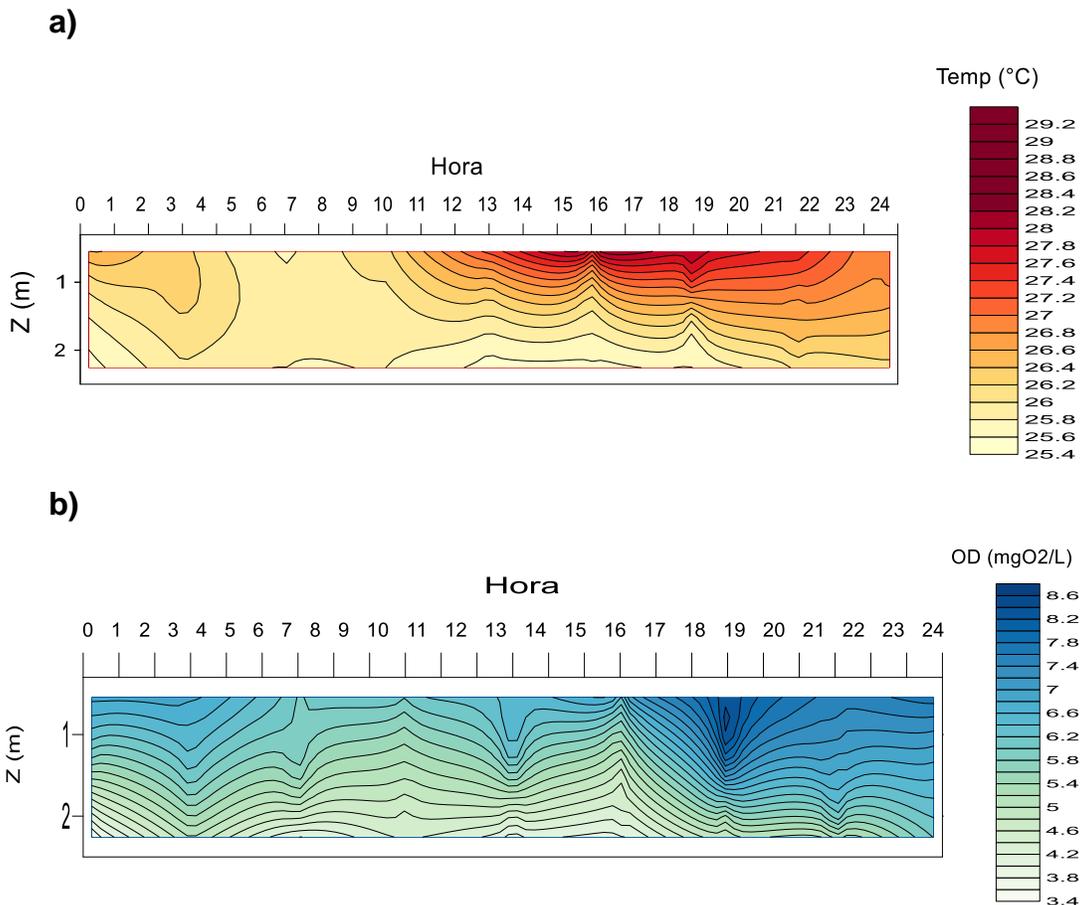


Figura 23. Estudio nictimeral con respecto a la Temperatura (a) y OD (b) del bordo Huitcila, Morelos, correspondiente a Abril.

El gráfico correspondiente a la época de lluvias permite apreciar con mayor claridad, que durante este época se incrementó el nivel del agua y por lo tanto se registra mayor profundidad, con lo cual se observa un claro comportamiento de un sistemaolimíctico cálido continuo, ya que durante las horas de mayor incidencia de la luz solar hay una estratificación, con valores que fluctúan entre 25.5 y 29 °C, la cual es desplazada por una mezcla durante las horas de oscuridad, por efecto



de la disminución de la temperatura ocasionada principalmente por la presencia de viento sobre el sistema acuático que muestran temperaturas homogéneas de entre 23 a 25°C aproximadamente. Figura 24.

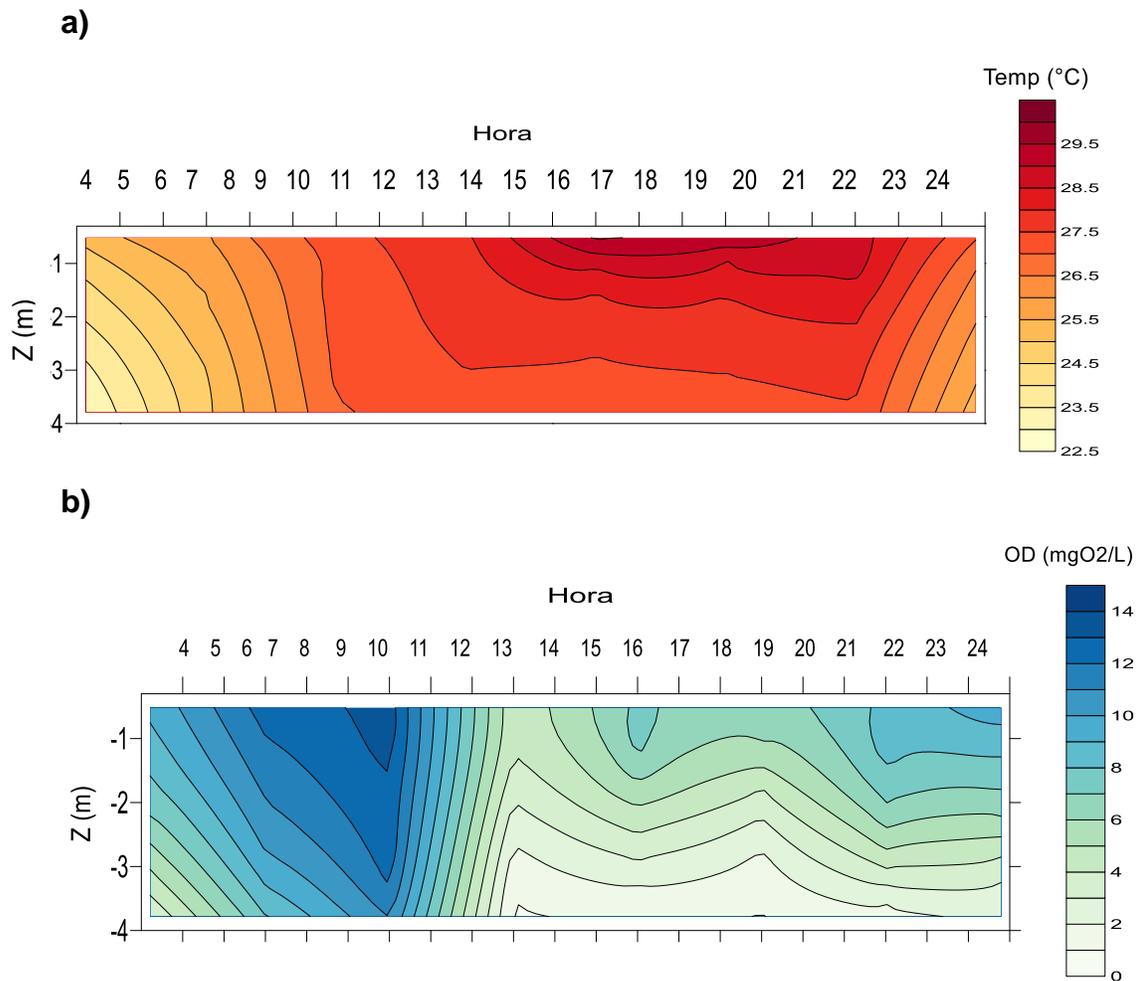


Figura 24. Ciclo nictimeral para la Temperatura (a) y OD (b) en el bordo Huitcila, Morelos, correspondiente a Agosto



El resumen de los valores para los parámetros del sistema indica que es un sistema cálido, con aguas bien oxigenadas, ligeramente alcalinas, poco profundas y altamente productivas por tener buenos niveles de dureza y alcalinidad (Tabla 2).

Tabla 2. Valores mínimos, máximos y promedios de los parámetros del sistema Huitchila, Morelos

Variable	Mínimo	Promedio	Máximo
T ambiente (°C)	22.1	27.56 ±2.93	32.7
T agua (°C)	20.1	24.47 ±2.17	28
OD (mg O ₂ /L)	0.66	6.52 ±2.48	14.7
Profundidad (m)	1.1	3.08 ± 0.15	4.7
Transparencia (m)	0.25	0.4 ± 1.12	0.65
Clorofilas (µg/L)	0.67	9.97 ± 6.45	21.21
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)	128	213 ± 29	282
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	158	282 ± 73.	385
pH	8.02	8.51 ± 0.35	9.37
Conductividad (µS/cm)	845	1257.31 ± 234	1760
Abundancia (org/L)	16	198 ±170	695

El Análisis de componentes principales agrupa las variables, un total de 11, en 4 componentes que tienen valores de eigenvalor mayores o iguales a 1.0, los cuales acumulan el 82.35% de la variabilidad de todos los datos, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de Eigenvalor para cada componente

Componente	Eigenvalor	Porcentaje de	Porcentaje
Número		Varianza	Acumulado
1	3.39038	30.822	30.822
2	2.86079	26.007	56.829
3	1.633	14.845	71.674
4	1.17477	10.680	82.354
5	0.791158	7.192	89.546
6	0.527197	4.793	94.339



En la tabla 4 se pueden apreciar las variables que más influyen en el comportamiento de la abundancia de manera directa o inversa. Las variables que más influyen corresponden a los componentes uno y dos y con menor peso las tres y cuatro.

Tabla 4. Valores del peso de los componentes

	Componente	Componente	Componente	Componente
	1	2	3	4
Alcalinidad	-0.277094	-0.292129	-0.245777	0.25286
Clorofila a	0.0289858	0.144239	-0.232684	0.812246
Conductividad	0.359431	-0.386996	0.146693	-0.0746626
Dureza	0.484643	-0.184955	0.0789492	0.0510944
OD	0.382405	0.249837	-0.0799493	0.248163
pH	-0.190588	0.129419	0.630621	0.0524845
T° agua	-0.319202	-0.401466	0.0679171	0.164284
T° amb	-0.188207	-0.301148	0.505019	0.281346
Abundancia	-0.0779307	-0.45379	-0.393421	-0.228546
Transparencia	-0.164878	0.369328	0.0265476	-0.209906
Profundidad	-0.45297	0.1911	-0.196171	-0.0368046

El análisis de componentes principales muestra que existe una alta influencia directa de las variables como dureza y oxígeno y de manera inversa la profundidad en los meses secos cálidos e inicio de lluvias y durante la época de lluvias influyen más la alcalinidad total y la conductividad así como la temperatura; las dos primeras variables corresponden al factor edáfico.

Por efecto de la época de lluvias, variables como el pH, la transparencia y la profundidad son afectadas y tiene una influencia directa con la abundancia de los organismos como lo muestra la figura 21.



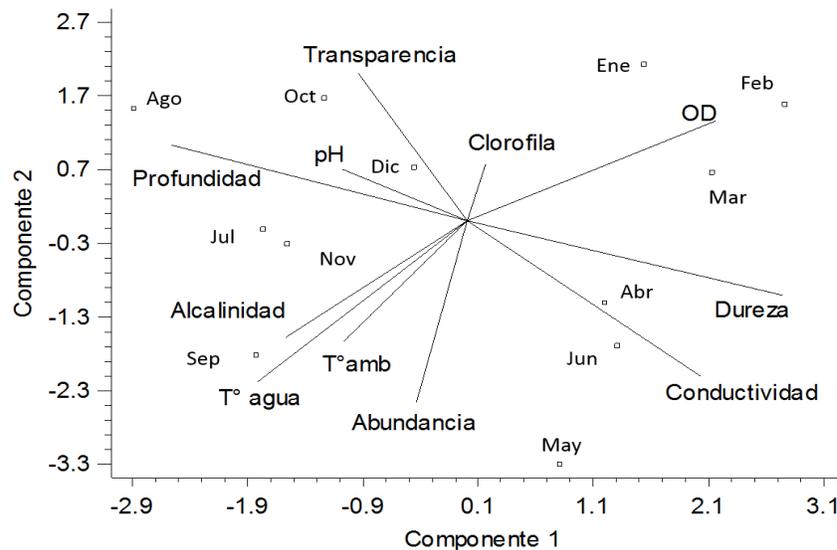


Figura 21. Análisis de Componentes principales para las variables del bordo Huitchila

El análisis de agrupamiento (Cluster) muestra tres grupos donde el primero lo componen los meses de Septiembre, Mayo, Abril y Junio, que corresponden al período de secas y lluvias, que afecta el comportamiento de la abundancia del zooplancton. El segundo grupo se conforma por Octubre, Noviembre, Diciembre, Julio y Agosto que corresponde a los meses de fin de lluvias e inicio de época de fríos. El tercer grupo lo forman los meses de Enero, Febrero y Marzo, que corresponde a el período de secas frías. (Fig. 22).



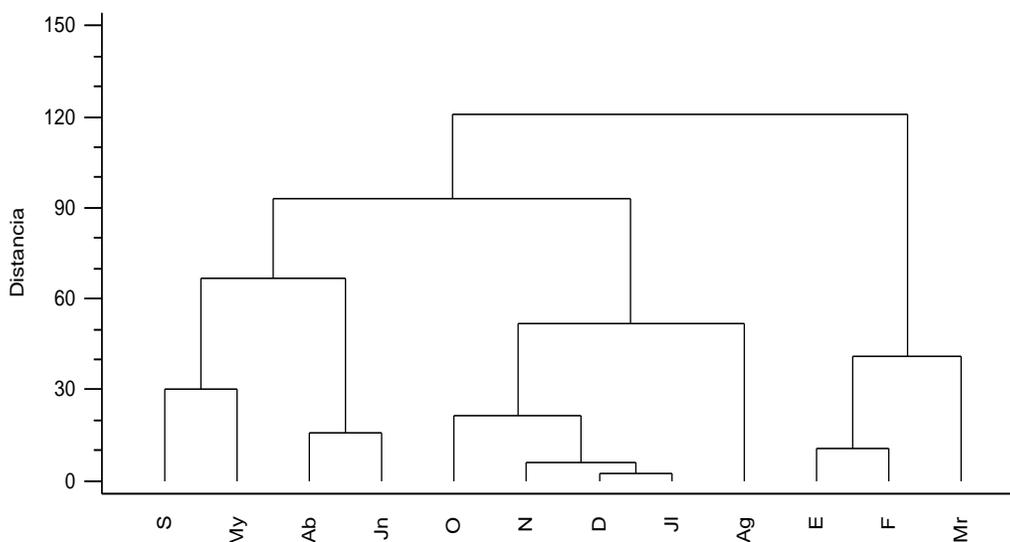


Figura 22. Análisis de agrupamiento (Cluster) por el método de Ward.

Se realizó el análisis de correlación de Spearman, para el sistema Huitchila y éste muestra una relación inversa entre la Alcalinidad y OD y directa entre la alcalinidad y la temperatura del agua. Asimismo, la dureza mostró una relación directa con la Conductividad e inversa con la profundidad. La abundancia del zooplancton no mostró correlación con ninguna variable física, química o ambiental como se muestra en la Tabla 4.



Tabla 5. Correlación de Spearman entre las variables analizadas en el sistema acuático

	Alcalinidad	Dureza	Conductividad	pH	OD	T del agua	T° amb	Profundidad	Clorofila	Transparencia
Alcalinidad		-0.1856 p=0.5318	-0.1051 p=0.7275	0.0630 p=0.8344	-0.634 p=0.035	0.7951 p=0.0084	0.5281 p=0.0799	0.3187 p=0.2904	0.0736 p=0.8073	-0.2130 p=0.4799
Dureza			0.8322 p=0.0058	-0.1818 p=0.5465	0.4196 p=0.164	-0.0839 p=0.7808	-0.1296 p=0.6673	-0.7552 p=0.0122	-0.1469 p=0.6262	-0.3163 p=0.2941
Conductividad				-0.1748 p=0.5620	0.2517 p=0.4037	0.1049 p=0.7279	-0.0070 p=0.9815	-0.7762 p=0.0100	-0.2517 p=0.4037	0.2727 p=0.3657
pH					-0.2168 p=0.4721	-0.1329 p=0.6594	0.3538 p=0.2407	0.2727 p=0.3657	-0.1189 p=0.6934	0.007 p=0.9814
OD						-0.4266 p=0.1571	-0.1433 p=0.1704	-0.4056 p=0.1876	0.3357 p=0.2656	0.1898 p=0.5290
T°							0.5254 p=0.0814	0.0000 p=1.00	-0.0839 p=0.7808	-0.3058 p=0.3105
T° amb								0.0806 p=0.7893	0.0595 p=0.8434	-0.3820 p=0.2051
Profundidad									0.0140 p=0.9630	0.1968 p=0.5139
Clorofila										-0.2727 p=0.3657
Abundancia	0.2837 p=0.3467	0.0000 p=1.000	0.2727 p=0.3657	-0.5385 p=0.741	-0.3636 p=0.2278	0.4755 p=0.1148	-0.1329 p=0.6594	-0.0946 p=0.7538	-0.2727 p=0.3657	-0.2390 p=0.4279



Discusión

De la extensión territorial total de nuestro territorio que corresponde a 1 975 546 km², sólo 49 542 km², son sistemas acuáticos catalogados como lénticos (Alcocer *et al.* 2000). El estado de Morelos tiene una ubicación geográfica que le ha otorgado diversidad de clima, vegetación y fauna y alrededor de 165 cuerpos de agua, de los cuales 124 sistemas son presas, embalses, ollas o charcas que pueden ser permanentes, semipermanentes o temporales, dependiendo de la estación del año y el objetivo para el que fueron construidos, un total de 138 son catalogados bordos, microembalses o jagüelles (Granados-Ramírez *et al.*, 2014).

Conocer el estado actual de las condiciones ambientales, particularmente ecológicas de los cuerpos de agua pequeños y artificiales, cuya superficie oscila generalmente entre una hectárea y menos de diez, el considerar el problema de su caracterización es de importancia fundamental, ya que representa un aporte para el mejor manejo de los recursos naturales de nuestro país (López y Zambrano, 2001).

La gestión de los recursos hídricos constituye una parte fundamental para el desarrollo social, económico y ambiental, en cualquier país y del mundo. La gestión de dichos recursos se convierte en un recurso esencial para beneficio de todos. (Mendoza, 2009).

En promedio para los bordos del estado de Morelos se pueden obtener de 30 a 40 kilos de producción acuícola por semana (Granados-Ramírez *et al.*, 2014), lo cual depende de la abundancia de la población de organismos en el sistema, el número de pescadores, la temporada del año, entre otros factores; de ahí que sea necesario evaluar la calidad y estado de los recursos que suministran.

Las características del bordo Huitchila, permiten catalogarlo como un bordo de tipo permanente, donde su máxima profundidad es de 5m (en época de lluvias) y su mínima de 1.5m. La permanencia del agua en el bordo se ve afectada por diversos factores, los principales son: la precipitación, la evaporación y el escurrimiento superficial, como factores secundarios pueden afectar el flujo de agua subterránea, la pérdida por filtración, la captura de agua de la vegetación aledaña (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992), así como la pérdida por el uso para



riego y como abrevadero principalmente para lo cual fue creado este sistema acuático.

El microreservorio se ubica geográficamente en la zona tropical, donde las temperaturas son relativamente constantes y se caracteriza por tener dos temporadas bien establecidas (época de estío y época de lluvias), lo cual, de acuerdo con Champman y Kramer (1991) y Arredondo-Figeroa y Flores-Nava, (1992), indican que el inicio de la época de lluvias marca un cambio en las características físico-químicas del agua, donde se presenta la entrada de material orgánico alóctono, con lo que incrementa la alcalinidad, conductividad, TDS, pH, pero existe un incremento en la demanda bioquímica de oxígeno. Además existe el caso también que durante la misma época, la precipitación arrastra consigo materiales terrígenos, los cuales incrementan los valores de los parámetros anteriormente mencionados. Existen otros factores que pueden influir en la variabilidad de dichas características como el hecho de que los sitios aledaños al sistema son campos agrícolas y vegetación, además en la zona litoral, existen poblaciones de macrofitas, todo ello afecta la productividad del microembalse.

Las fluctuaciones térmicas del lago presentaron una estrecha relación con la variación de la temperatura ambiental, ya que como lo menciona Díaz-Pardo *et al.* (1986) un factor importante que determina en cierto grado el comportamiento de la temperatura a través de la columna de agua, es la relación entre la temperatura de la superficie del agua y la del aire, que se manifiesta en el intercambio de calor entre ambas fases.

Cushing (1982) y McNaughton (1983) refieren que la variabilidad del clima modifica la estructura y función de los ecosistemas y las interacciones con la atmósfera y el tiempo crean variabilidad de el comportamiento de las variables del sistema acuático; es claro que no existió una diferencia en las condiciones climáticas que afectaron a una u otra estación, por lo que la entrada de agua proveniente del afluente que abastece a todo el sistema, y que se vierte directamente a la estación 1, no provoca que existan diferencias significativas de temperatura entre ambas estaciones, a pesar de que los meses en donde se registraron las temperaturas máximas y mínimas no fueron los mismos, pero de manera general tuvieron el mismo comportamiento durante la época de secas y la época de lluvias.



Por el intervalo de temperaturas registradas, el efecto del viento sobre la superficie y lo somero del sistema, se favorece el proceso de mezcla y esto permite clasificar al bordo como un cuerpo de agua polimícticos cálido continuo. Schindler (1991) menciona que los lagos someros pueden estratificarse y desestratificarse varias veces en el verano, como resultado del período de vientos y que los lagos polimícticos son tan comunes en los trópicos, en donde en algunos casos, los cambios diurnos de temperatura son tan grandes que llegan a inducir la mezcla de la columna de agua.

Es así que uno de los factores importantes para realizar un estudio limnológico es la temperatura del agua ya que afecta directamente los procesos anabólicos y catabólicos en los lagos, sus variaciones están relacionadas con la presencia o ausencia de gases fundamentales para los organismos. Es el factor con mayor influencia en los lagos y puede determinar la densidad, viscosidad y movimiento del agua; así mismo, representa un aspecto fundamental en la distribución y reproducción de los organismos, debido a que el agua presenta ciertas propiedades térmicas que tienen un efecto sobre su homeostasis como es mencionado por Al Amoudi *et al.* (1996) y Lewis (2000).

Rodríguez y Carmona, (2002), mencionan que un intervalo de 4 a 11mg/L de oxígeno disuelto es recomendable para el desarrollo de la vida acuática. En el bordo de Huitchila el oxígeno disuelto promedio registrado en el presente estudio, oscila entre dicho intervalo, el cual incrementa durante los meses fríos, lo que favorece la presencia de vida acuática en el mismo.

Aunque la respiración vegetal y animal puede consumir enormes cantidades de oxígeno disuelto, el mayor consumo dentro de un lago es debido a la respiración bacteriana que descompone la materia orgánica (Quiroz *et al.*, 2008). El límite mínimo ecológicamente hablando depende del medio (agua dulce, salobre o marino) y las aguas dulces deben de tener concentraciones de 3.5 a 5 mg/L (Thurston *et al.* 1979).

Zutshi *et al.* (1980) menciona que la mayor concentración de oxígeno en la superficie del agua puede deberse al movimiento del agua en la superficie del sistema, generada por las condiciones climáticas o bien, a un aumento poblacional de organismos autótrofos en esta zona y Lerman *et al.* (1995) menciona que los



lagos poco profundos presentan una sedimentación de materia orgánica y una posterior descomposición de ésta que puede alcanzar tal intensidad, que el contenido de oxígeno disuelto sufre una disminución severa en el fondo del lago.

En este sistema se observa un perfil vertical del oxígeno representado por una curva de tipo clinógrada, donde en superficie hay menor concentración que a 0.50 m de profundidad y hay nuevamente decremento conforme incrementa la profundidad, este efecto se debe a la fotoinhibición, que se produce por la inactivación de una parte del mecanismo fotoquímico como un medio para proteger a las células que están expuestas a altas intensidades luminosas que inciden sobre la superficie (Marín *et al.*, 1999).

Gómez-Márquez *et al.* (2013) registraron una mayor concentración de oxígeno disuelto en la capa superficial y conforme incrementa la profundidad ésta va disminuyendo, indicando que se presenta una curva de tipo clinógrada, característica de cuerpos de agua muy productivos o eutróficos; también mencionan que las concentraciones de oxígeno son más elevadas en la estación 1 que en la 2. Estas diferencias son provocadas por un mayor aporte de materia orgánica proveniente de los procesos de descomposición en la zona adyacente a los sedimentos, proveniente de la excesiva proliferación de algas (cianobacterias) que bloquea el paso de la luz a niveles más profundos, donde el oxígeno disuelto es consumido en la respiración de los organismos y el dióxido de carbono tiende a incrementarse como producto final de la degradación (Hernández-Avilés *et al.*, 2002).

Asimismo, Gómez-Márquez *et al.* (2003) mencionan que en el lago Coatetelco, las concentraciones de oxígeno muestran un comportamiento típico de un cuerpo de agua eutrófico, donde la concentración de oxígeno superficial se debe a la producción primaria que se realiza en la zona trofegénica así como la acción del viento y por el contrario, en la zona trofólítica la descomposición de la materia orgánica y la respiración, son los principales factores que contribuyen a la disminución del gas.

Harper (1992), cita que los cambios que ocurren en el régimen del oxígeno en los cuerpos de agua, obedecen a la acumulación y degradación de la materia orgánica, provenientes del fitoplancton o de las macrofitas, en los fondos lodosos



del lago. La extensión de estos cambios depende en mucho de la forma de la base del lago, particularmente de su profundidad. Asociado a esto, la poca pendiente que presenta el sistema permite un mayor contacto entre los sedimentos y el agua y si se presenta una mayor superficie para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, esto influye para que la respiración del fondo sea intensa y por lo tanto también el consumo de oxígeno disuelto.

Las épocas de estío y de lluvias marcan una diferencia en la concentración y la dilución de los nutrientes en el microembalse (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992). Por ejemplo, durante la época de lluvia hay un incremento en la concentración de los nutrientes en el sistema, y en consecuencia la disponibilidad es mayor, por lo que se observa un incremento en la abundancia del zooplancton (Quiroz y Díaz, 2010).

Otro factor de importancia es la transparencia que se ve afectada por los cambios en la densidad de la comunidad fitoplanctónica, la concentración de los sólidos en suspensión y los sólidos totales. El aporte de materia alóctona al sistema por efecto del arrastre de material terrígeno puede limitar el paso de energía luminosa hacia el fondo del sistema y se ve reflejado en los valores de visibilidad al disco de Secchi. Los valores denotan un cuerpo de agua con poca visibilidad durante la etapa de concentración que corresponde a los meses cálidos y mayor transparencia durante la época de lluvias.

La baja transparencia tiende a favorecer los procesos de estratificación térmica (lo cual no se presentó en este cuerpo de agua de manera estacional, pero si posiblemente en ciclos diurnos principalmente durante primavera-verano) y la disminución de la zona fótica, por lo que de acuerdo a la visibilidad del disco de Secchi el sistema en cuestión puede tipificarse como eutrófico con una probabilidad de 0.95 de acuerdo a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Harper, 1992).

Huitchila es un sistema con períodos de mezcla continuos favorecidos por la acción de viento, presenta una remoción constante de los materiales y nutrimentos del fondo y por lo tanto, una menor transparencia. El bordo al tener aportes constantes de materia orgánica (producto de la defecación del ganado que en él



abreva), así como por la constante actividad pesquera, conduce a que disminuya la capa fótica y la productividad primaria en la capa superficial.

El incremento de la conductividad durante la época de estío es debido a la disminución del volumen de agua del sistema, esto implica una mayor cantidad de sales como es reportado por Gómez-Márquez *et al.* (2013) para el mismo sistema; De acuerdo con los datos obtenidos en el periodo de estudio, éste parámetro es elevado y el agua del bordo presenta una elevada carga iónica y reserva alcalina, porque a mayor concentración de iones, se incrementa la conductividad del agua lo cual es un factor importante, ya que permite estimar el grado de mineralización que tiene el recurso agua.

Por otra parte, los valores de dureza total reflejan que el cuerpo de agua puede ser considerado como un sistema de aguas duras (Goldman y Horne, 1983). Como los valores de dureza total sobrepasan los valores de la alcalinidad total, los iones divalentes como el calcio y el magnesio están probablemente asociados con otros elementos tales como sulfatos, cloruros, silicatos, nitratos o boratos, más que con los carbonatos y bicarbonatos (Arredondo, 1986; Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1994), ya que la medición de la alcalinidad, dureza, conductividad y pH revelan la cantidad y las formas en las que se presenta el carbono inorgánico en un cuerpo de agua, el cual constituye uno de los principales nutrimentos para el metabolismo fotosintético de las algas y de las macrófitas sumergidas (Wetzel, 2001).

Se registró de manera general que las concentraciones de CaCO_3 estadísticamente no mostraron diferencias entre los meses de estudio y las estaciones, debido a que esta condición es típica de aguas duras, por el proceso de precipitación de este compuesto, como también lo reporta López-López y Soto-Galera (1993).

De acuerdo a las características que presenta el microreservorio, este se puede considerar como un sistema productivo, con aguas duras, bien oxigenadas, con temperaturas cálidas (24°C), condiciones que permiten el establecimiento y desarrollo de poblaciones de zooplancton en sistemas acuáticos tropicales y subtropicales (Green, 1994; Segers *et al.*, 1998). Además, de acuerdo a las dimensiones que presenta el bordo, se favorece un mayor intercambio de



materiales en la cuenca y un incremento en la tasa de sedimentación, por lo que se puede considerar un sistema acuático somero, con una profundidad de hasta 1.1 m en estío y hasta 4.7 m durante época de lluvias tal como es mencionado por Hernández-Avilés *et al.* (2007) para los cuerpos de agua someros.

Arredondo-Figueroa y López-Nava (1992) citan que los cuerpos someros se pueden considerar sistemas productivos, ya que al presentar profundidades mínimas (menores a uno), favorece la interrelación entre la masa de agua y los materiales del fondo, lo que se puede aplicar a este sistema; además, durante el periodo de estudio, hubo presencia de viento sobre la parte superficial del mismo, lo que indica que hay mezcla constante de la columna de agua y por lo tanto, se puede clasificar como un sistema polimíctico cálido continuo. Con base en el ciclo nictimeral se pudo corroborar la presencia de una etapa de estratificación durante las horas de oscuridad en el sistema y un proceso de mezcla durante las horas de incidencia solar en un periodo de 24 h.

La riqueza de especies obtenida para este sistema reporta un total de 17. El grupo más representativo en cuanto a especies fue el de los rotíferos, mientras que el grupo de mayor abundancia es el de los copépodos, un registro similar lo reportan Ortega Murillo *et al.* (2016) para el sistema Cuitzeo en Michoacán; para el mismo sistema en estudio, Gómez-Márquez *et al.* (2013) y Retana y Vázquez (2015). Estos últimos autores reportan un total de 16 y 15 especies respectivamente, donde el comportamiento de los grupos es igual, diferenciándose en el registro de Rotíferos, donde ambos reportes registran once especies, siendo la familia Brachinidae la más representativa. Además de las reportadas por Gómez-Marquéz *et al.* (2013), se pueden considerar nuevos registros de la familia Lecaniadae con tres especies, la diferencia en los resultados de estos trabajos puede estar influenciada por diversos factores, como el tipo de recolecta, ya que se utilizó una red de menor luz de malla, a los cambios que presenta el sistema debido a la disponibilidad de los nutrientes y al uso de las referencias para realizar la determinación de las especies, entre otros. Iannacone y Alvarino, (2007) reportan el mismo comportamiento para estas familias, donde son las más representativas del grupo.

Dumont y Segers (1996) mencionan que los valores de riqueza específica del zooplancton para un embalse ubicado en la zona tropical de la región de



Sudamérica, puede ser mayor a 150 especies. De acuerdo a lo anterior, la riqueza específica para este sistema durante el periodo de estudio, es considerada muy baja (menor a 20 especies), similar a los reportados por Granados (1990), Gómez-Márquez *et al.* (2003), Parra *et al.* (2006), Mustapha (2009) y Retana y Vázquez (2015). La diversidad guarda una relación inversa con respecto a la uniformidad, los mayores valores de diversidad para la EI se obtuvieron en marzo y abril y para la EII hay un incremento en diciembre y otro en abril; los valores bajos de diversidad y uniformidad pueden ser debidos a las actividades antropogénicas que causan alteraciones o efectos perjudiciales, además de la ictiofauna, que es común encontrar en el sistema, la cual realiza depredación sobre la comunidad de zooplancton. Anderson *et al.* (1978) y Elías-Gutiérrez *et al.* (1999) han reportado este efecto, lo cual indica que la fauna íctica puede ser considerada como depredadora del zooplancton.

Beisner (2001) menciona que la variación temporal en la disponibilidad de los recursos y el nivel de fluctuación del ambiente físico, tienen un fuerte impacto sobre la diversidad del plancton, porque ambos elementos están fuertemente relacionados, aunque esto todavía no es muy claro desde el punto de vista ecológico.

La composición bioquímica del zooplancton para los peces es importante, siendo considerado el alimento que contiene la mayoría de las bases nutritivas y que sirve como base en dietas experimentales (Sipaiba-Tavares y Roca, 2003; Lavens y Sorgeloos, 1996). Organismos como los rotíferos, específicamente la familia Brachionidae (que representan el 80% del grupo) es llamado el ratón blanco, ya que es objeto de diversos experimentos, desde ecoevolutivos hasta bioquímicos, también como modelo en estudios de tipo fisiológicos y toxicológicos (Gallardo y Hagiwara, 2006; Lee *et al.*, 2010, Ciro-Pérez *et al.*, 2001). Debido a su contenido de ácidos grasos esenciales, es una buena opción para la nutrición de las larvas, siendo fuente importante de vitaminas y minerales. Además el movimiento natural de organismos zooplanctónicos estimula el comportamiento depredador de las larvas (Lavens y Sorgeloos, 1996; Portelle *et al.*, 2000). El alimento artificial no supe las necesidades nutricionales, constituyendo el zooplancton la mejor opción en la larvicultura (Portella *et al.*, 2002; Blair *et al.*, 2003).



La temperatura, el tamaño del cuerpo de agua, el estado trófico, el estado sucesional, la calidad y la disponibilidad de alimento, la competencia y la depredación, pueden afectar la composición y la diversidad poblacional; así mismo, estos factores pueden ejercer actividad de forma simultánea en los sistemas y de igual modo, determinar su composición como es reportado por Rodríguez y Matsumura-Tundisi (2000), Sampaio *et al.* (2002), Arora y Mehra (2003), Nagorskaya (2004) y De Meester *et al.* (2005).

En referencia a escalas espaciales, los ciclopoideos son menos endémicos que otros copépodos, por ejemplo los diaptomidos. Muchas especies de ciclopoideos como *Mesocyclops*, *Metacyclops*, *Eucyclops*, entre otros, están extensamente distribuidos a nivel mundial en la región Neotropical (Reid, 1985; Silva, 2008), a la cual pertenece el sistema Huitchila.

Del calanoideo *Arctodiaptomus dorsalis*, una de las dos especies registradas para el grupo de los copépodos, fue la especie más abundante a lo largo del estudio, mismo que reportan Merayo y González (2009), así como Gómez-Márquez *et al.* (2013) para el mismo sistema en estudio.

El grupo de los copépodos estuvo representado en su mayoría por estadios juveniles y nauplios, que son producto de una continua reproducción de estos organismos, en regiones neotropicales (Neves *et al.*, 2003); un factor que puede determinar la densidad de formas inmaduras y adultos es la intensidad de depredación y el balance de la misma por vertebrados e invertebrados. Así, las poblaciones pueden captar nichos diferentes, siendo que las formas inmaduras pueden ser filtradores herbívoros, mientras los adultos pueden ser del tipo carnívoros.

Organismos del género *Thermocyclops* se distribuyen generalmente en la parte central de México hacia el sureste y tiene una afinidad neotropical; dicho género ha sido reportado por Chacón *et al.* (1991) para el Lago de Pátzcuaro y por Suárez y Reid (1998), así como los trabajos anteriores para el sistema Huitchila, Morelos. También ha sido reportado en cuerpos de agua de Aguascalientes, México, Michoacán, Morelos, Quintana Roo, San Luis Potosí y Yucatán y presenta una afinidad neotropical (Suárez-Morales y Reid, 1998).



Fernandes y Motta en 2007, mencionan que organismos de *T. inversus* presentan conductas como la migración vertical que pueden estar altamente influenciadas por factores como la depredación principalmente y la concentración de oxígeno en el sistema; así pues, organismos juveniles se pueden encontrar mayormente en la superficie y los adultos pueden migrar al fondo del sistema aun cuando el ambiente presente anoxia, esto puede ser parte del porqué durante el muestreo se observaron pocos organismos, ya que se realizaron arrastres del forma superficial.

Los cladóceros son un grupo importante, ya que al ser organismos filtradores participan en el reciclamiento de nutrientes (Pennak, 1989) y para este grupo se observa un incremento hacia los meses de estío, caso contrario a los copépodos.

Gómez-Márquez *et al.* (2013) mencionan que especies como *Diaphanosoma* y *Moina*, se ven favorecidas cuando el sistema presenta alta turbidez, debida a materia orgánica o a los sólidos disueltos totales y que son menos abundantes que los rotíferos, lo cual corresponde con los resultados del presente estudio.

Diaphanosoma birgei se considera una especie de hábitat limnético y es registrada por Elías-Gutiérrez (1995) para el estado de México, López-López y Serna-Hernández (1999) para el estado de Guanajuato, Gómez-Márquez *et al.* (2003) y Parra *et al.* (2006) para el estado de Morelos.

En la zona tropical, se reportan estudios donde además de ser el grupo de mayor riqueza, los rotíferos, también presentan la mayor abundancia de los sistemas, como el trabajo de Sampaio *et al.* (2002), para el río Parananema, Brasil; Neves *et al.* (2003) trabajaron en los márgenes del río Cuiabá, Mato Grosso, Brasil y en 2005 Iannacone y Alvaríño en los pantanos de Villa, Perú. Dicho comportamiento es común en ambientes dulceacuícolas tropicales, lo cual se puede atribuir a que tales organismos son estrategias de tipo r, oportunistas, de tamaño pequeño, ciclo de vida corto y una amplia tolerancia a la variabilidad de diversos factores ambientales (Neves *et al.*, 2003).

Los rotíferos, que corresponden al grupo más representativo durante el estudio, presentan una alta tolerancia a un amplio intervalo de temperatura y a la concentración de alimentos. De este grupo el género *Brachionus*, de acuerdo a Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003), se presenta en regiones templadas y tropicales, en ambientes mesotróficos o eutróficos, pero evitando



condiciones hipereutróficas y para especies como *Filinia*, mencionan que se ubica en zonas subtropicales y tropicales, se distribuye ampliamente en sistemas temporales y permanentes y que corresponde a una especie termófila y epilimnética.

Dentro del grupo de los rotíferos, la familia más representativa corresponde a la familia Brachionidae, con cinco especies, y la familia Lecanidae con tres especies.

La familia Brachionidae ha sido descrita por Michelangelli *et al.* (1980) y Margalef (1983) como organismos que habitan diversos sistemas acuáticos, con una mayor preferencia hacia ecosistemas eutróficos, de aguas alcalinas, que presentan un pH ligeramente alcalino. Carvalho (1983), Sládecek (1983) y Sampaio *et al.* (2002) mencionan que son de amplia distribución y se alimentan de algas y detritus

El género *Lecane* es característico de la zona litoral, es considerado como cosmopolita, pero existen especies que se distribuyen en áreas tropicales y subtropicales, entre la que se encuentra *L. papuana* (Martínez y José de Paggi, 1988), especie que fue registrada para el presente trabajo. Así mismo, menciona que el género tiene afinidad a la zonas con vegetación, pero durante la época de lluvias son arrastrados hacia los cursos principales de los sistemas, es entonces cuando pueden ser capturados en mayor número en las muestras de plancton; lo que puede explicar que al realizar arrastres en la zona limnética se ha recolectado también a especies del género.

La familia Trochosphaeridae está representada en México, por siete especies, dentro de las cuales se registra *Horaëlla thomassoni*, que puede observarse en sistemas dulceacuícolas (CONABIO, 2017). Esta especie ha sido reportada por Granados-Ramírez *et al.* (2007) para tres cuerpos de agua de la cuenca del Río Cuautla, Morelos en densidades altas.

La clase Rotatoria representa un papel muy importante en la cadena trófica, ya que forma parte de la transferencia energética al pasar de los productores a los consumidores secundarios, siendo un eslabón dentro del sistema; en su mayoría estas especies son filtradoras y generalmente se ubican en la zona litoral del sistema, cercanas a la vegetación (Stemberger 1979, Cervantes *et al.*, 2012). La región Neotropical, es la tercera más diversa en cuanto a la clase Monogonta, donde la familia Brachionidae está representada por 71 especies (Serges, 2008).



Por lo tanto, la dominancia del número de especies de *Brachionus* en este embalse, es un indicador de condiciones eutróficas y su abundancia se debe a la presencia de alta cantidades de materia orgánica por aporte de la temporada de lluvias, lo cual es también mencionado por Carvalho (1983), Sládecek (1983) y Sampaio *et al.* (2002).

Los rotíferos están considerados como buenos indicadores de la saprobididad, fueron utilizados por primera vez como indicadores por Kolkwitz y Marsson (1902, 1909), quienes mencionan dos especies como polisaprobicas, seis como alfa-saprobicas, siete como beta-saprófitas y tres como oligosaprobicas. Años posteriores se realizan cambios en la lista, donde especies como *B. urceolaris*, *B. calyciflorus* y *B. quadridentatus*, son consideradas beta-saprófitas, mientras que *F. longisetia* es considerada una especie de tipo oligosaprófitas. Por lo tanto, la familia Brachionidae se puede considerar como altamente tolerante a ciertas concentraciones de contaminantes así como a diversos factores ecológicos como lo señala Sládecek (1983).

Pennak (1978) y Margalef (1983) mencionan que *Brachionus falcatus*, prefiere aguas alcalinas, duras, con alta temperatura en reservorios productivos ubicados en regiones templadas y tropicales, después del periodo de lluvias. Esta especie es reportada por Gómez-Márquez *et al.* (2013)

Con respecto a *Asplanchna sieboldii* este es uno de los rotíferos más comunes de los pocos vivíparos de este grupo, ya que presenta una amplia distribución y es un depredador del zooplancton en los sistemas lénticos en la región templada y tropical como lo cita Fernando *et al.* (1990).

En 1959, Bartos incluye a *F. longisetia* dentro de los organismos que se encuentran en sistemas eutróficos, que se considera la clasificación más adecuada para dicha especie, ya que ha sido reportada por Palacios, 2013 para cuatro sistemas del municipio de Tlayacapan y se ha registrado con anterioridad para el mismo sistema, Huitchila, por Gómez-Márquez *et al.* (2013) y por Retana y Vázquez en 2015.

Gómez-Márquez *et al.* (2013) y Granados-Ramírez *et al.* (2014) reportan que existen aproximadamente 160 cuerpos de agua en el estado de Morelos, en los cuales la composición faunística de la mayoría de ellos no se conoce todavía, en



especial en lo referente al zooplancton, debido a que la mayoría de ellos son utilizados actualmente para actividades de acuicultura (pesquerías) o recreación turística, aunado también a que son utilizados como reserva de agua para actividades agropecuarias o para consumo humano

Los resultados muestran que es necesario continuar evaluando el sistema Huitchila, así como mantenerlo, ya que alberga una gran diversidad y abundancia de especies de invertebrados, de los cuales, algunos no han sido previamente reportados para el sistema; además, el zooplancton mantiene a otros organismos que son de interés principalmente económico para la zona.



Conclusiones.

-El presente estudio reporta un total de 17 especies para el sistema Huitchila, Morelos con lo cual incrementa el número de organismos registrados.

-De los tres principales grupos del zooplancton de agua dulce, el de mayor abundancia fue el grupo de los Copépodos y el de mayor diversidad el grupo de los Rotíferos.

-La mayor abundancia se registró durante Septiembre, donde el grupo de los copépodos fue el grupo representativo, donde *Arctodiaptomus dorsalis* fue la especie de mayor abundancia; y durante Mayo, donde el grupo representativo fue el de los rotíferos, siendo *Filinia longiseta* la especie más abundante.

-Se incluyeron en el registro para este sistema tres especies del género *Lecane* y una para *Horäella*.

-El sistema no presenta diferencias significativas en cuanto a los parámetros físicos y químicos entre estaciones, pero sí a lo largo del tiempo, que se ven influenciados, por las épocas de lluvias y secas.

-Con los datos que se obtuvieron, se puede inferir que es un embalse de tipo permanente, somero, de baja visibilidad, de aguas alcalinas, bien oxigenadas, productivas, muy duras.

-Puede realizarse un estudio más detallado de la comunidad si se realiza un muestreo a diferentes profundidades o bien, en la zona bentónica o en la zona limnética o una comparación de todos los sitios, para conocer de qué zonas hay mayor preferencia de grupos o si el sistema puede ser considerado homogéneo.

-Las características del ambiente acuático indican que es un sistema eutrófico, por lo tanto es de tomar en cuenta que para mantener la producción y que siga como un sistema permanente, se debe mantener el nivel y las condiciones del agua.



Bibliografía

- Aguilar, V. 2003. Aguas continentales y diversidad biológica de México: un recuento actual. *Biodiversitas*, 8(48): 15-31
- Aguilar, A. 2013. Estudio de la comunidad del zooplancton (rotíferos, cladóceros y copépodos) En la zona litoral de la presa Iturbide, Estado de México. Universidad Nacional Autónoma de México. 77 p.
- Ahlstrom, E. H. 1940. A revision of the Rotatoria genera *Brachionus* and *Platyias* with descriptions of one new species and two varieties. *Bulletin American Museum of Natural History LXXVII*: 143-183.
- Al Amoudi, M., A.F.M. El-Sayed y A. El-Ghobashy 1996. Effects of thermal and termo-haline shocks on survival and osmotic concentration of the tilapias *Oreochromis mossambicus* and *Oreochromis aureus* x *Oreochromis niloticus* híbridos. *Journal of the World Aquaculture Society* 27(4): 456-461.
- Alcocer, J., E. Escobar, M. R. Sánchez & G. Vilaclara. 2000. Water column stratification and its implications in the tropical warm monomictic Lake Alchichica, Puebla, Mexico. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 27: 3166-3169p.
- Anderson, G., H. Berggren, G. Cronberg & C. Gelin. 1978. Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes. *Hydrobiologia* 59: 9-15.
- APHA, AWWA y APCF. 1992. Standard Methods for Examination of Water and Sewage and Wastewater, 18^a ed. EE.UU. 1100 p.
- Armengol, J. 1978. Ecología del zooplancton de los embalses. *Mundo científico. (LA RECHERCHE)*, 11 (1):168-178.
- Arora, J, Ehra, N.K.M. 2003. Species diversity of planktonic and epiphytic rotifers in the backwaters of the Delhi segment of the Yamuna Rivers, with remarks on new records from India. *Zoological studies* 42: 239-247



- Arriaga, L., V Aguilar y J. Alcocer. 2000. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México 327 p.
- Arredondo, F.J.L. 1986. Breve descripción de los criterios y las técnicas para el manejo y la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Dirección General de Acuicultura, Secretaría 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 acuicultura. *Hidrobiológica* 3(4): 1-10 p.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y S.D. Lozano-García. 1994. Water quality and yields in a polyculture of nonantive cyprinids in Mexico. *Hidrobiológica*, 4(1-2):1-8.
- Arredondo-Figueroa, J.L, Chávez O. E, Ponce-Palafox. J.T, Castillo-Vargas Machuca. S. 2007. Efecto del peso inicial de cultivo sobre el crecimiento del pargo lunajero *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en jaulas flotantes marinas. México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(3): 261-267 p.
- Athié, L. 1987. Calidad y cantidad de agua en México, Universo Veintiuno, México. 247 p.
- Bartok, E., 1959. Vilnici - Rotatoria. Fauna CSR 15. NCSAV, Praha, 969 p.
- Batllori, G. A. 2001. Los problemas ambientales del estado de Morelos: la educación como parte de la solución. *Gaceta Ecológica*. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (61): 47-60p.
- Beisner, B. 2001. Plankton community structure in fluctuating environments and the role of productivity. *Oikos*, 95, 496–510p.
- Bini, I.M, Bonecker, C.C Lansac-T ôha, F.A. 2001. Vertical distribution of rotifers on the upper Paraná River floodplain: the role of thermal stratification and chlorophyll-a. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36: 241- 246p.



- Bledzki, L.A, Ellison, A.M. 2003. Diversity of rotifers from northeastern U.S.A. bogs with new species records for North America and New England. *Hydrobiologia* 497: 53-62p.
- Blair, T. Castell, J. Neil, S. D'abramo. L, Cahu, C. Harmon. P et al., 2003. Evaluation microdiets versus live fees on growth survival and fatty acid composition of larval haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) *Acuaculture*, 225: 451-461p.
- Brooks, J. L., Dodson, S. L. 1965. Prediation, body size and composition of plankton. *Science*, 150, 28-35 p.
- Carbajal A. A y González F. M. 2012. Agua para la salud, pasado, presente y futuro. Ed Vaquero y Toxqui. 33-45 p.
- Carvalho, M. L. 1983. Efeitos da fluctacao do nivel da agua sobre a densidad e composicao do zooplancton em um Lago de Varzea da Amazonia, Brasil. *Acta Amazonica*. 13: 715-724.
- Cervantes Martínez, A. Gutiérrez Aguirre, M.A. Delgado Blas, V.H, Ruíz Ramírez, J.D. 2012. Especies de zooplancton dulceacuícola de Cozumel. Universidad de Quintan Roo (UQROO), México. 59p.
- Ciros-Pérez, J. Gómez. A, Serra, M. 2001. On the taxonomy of three symatric sibling species of the *Brachionus picatilis* (Rotifera) complex from Sapin, with the description of *B. ibecurus n. sp.* *Journal of Plankton Research* 23(12):1311-1328p.
- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad.2017. Disponible en : <http://bios.conabio.gob.mx/especies/4002845>. Recuperado: 01/06/2017.
- Conde-Porcuna, J. M., E. Ramos-Rodríguez y C. Pérez-Martínez. 2002. Correlations between nutrient concentrations and zooplankton populations in a mesotrophic reservoir. *Freshwater Biology* 47: 1463-1473.
- Conde-Porcuna, J. M., E. Ramos-Rodríguez y R. Morales-Baquero 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Ecosistemas* 13(2): 23-29.



- Contreras, E. F. 1994. La clorofila a, como base para un índice trófico en lagunas costeras. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México. 21(1-2): 55-66p.
- Cortés R. y F.J L. Arredondo. 1976. Contribución al estudio limnobiológico de la presa “El infiernillo”, Mochoacán-Guerrero. Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática. Serie Técnica (2):1-29.
- Cushing, D. H. 1982. Climatic change relevant to fisheries. *Climate and Fisheries*. Edit. Academic Press. London. 97-121.
- Dallas E.J. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Internacional ThomsonEditores e Internacional Thomson Publishing Company. 566p.
- De Meester, L.D, Declerck, S, Stoks,R, Louette, G, Va N De Meutter, F, De Bie, T, Michels E, Brendonck, L. 2005. Ponds and pools as model systems in conservation biology, ecology and evolutionary biology. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* (15): 715-725p.
- Díaz-Pardo, E., C. Guerra y G. Vázquez, 1986. Estudio bioecológico de la Laguna de Atezca, Hidalgo, México. I. Análisis limnológico. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.* 30: 171-189.
- Dodson S. I y D.G. Frey. 1991. Cladocera and other Branchiopoda. En: Thorp, J.H. y Covich, A.P. Eds. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. 2ª ed. Academic Press. USA.
- Dumont, H.J. y H. Serges. 1996. Estimating lacustrine zooplankton species richness and complementary. *Hydrobiologia* 341: 125-132.
- Dussart, B.H y D. Defaye. 1995. *Introduction to the Copepoda*. SPB Academica Publisging. 277p.
- Elías-Gutiérrez, M. 2014. Zooplancton de agua dulce: especies exóticas, posibles vías de introducción. pp. 309-315. En: R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.



- Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales y S.S.S. Sarma. 2001. Diversity of the freshwater zooplankton in the Neotropics: The case of Mexico. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung der Limnologie* 27: 4027-4031.
- Elías-Gutiérrez, M., J. Ciro-Pérez, E. Suárez-Morales & M. Silva-Briano. 1999. The freshwater cladocera (Orders Ctenopoda and Anomopoda) of Mexico, with comments on selected taxa. *International Journal of Crustacean Research* 72 (2): 171-186.
- Elías-Gutiérrez, M., Suárez-Morelos, E., Gutiérrez-Aguirre, M.A., Silva-Briano, M., Granados-Ramírez, J.G. y Garfías-Espejo, T. 2008. Cladóceras y Copépodos de las Aguas Continentales de México. Comisión Nacional para la Biodiversidad y Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. 322 p.
- Elías-Gutiérrez, M y S. S. S. Sarma. 1998. Phylum: Rotifera. *Enciclopedia de Quintana Roo*. Vol 1.
- Elías-Gutiérrez, M. 2014. Zooplancton de agua dulce: especies exóticas, posibles vías de introducción. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 309-315.
- Fernandes Bezerra-Neto, J y Motta Pinto-Coelho. 2007. Diel vertical migration of the copepod *thermocyclops inversus* (Kiefer, 1936) in a tropical reservoir: the role of oxygen and the spatial overlap with *Chaoborus*. *Aquat Ecol* (41): 535-545p.
- Fernando, C.H., C. Tudorancea & S. Mengestou. 1990. Invertebrate zooplankton predator composition and diversity in tropical lentic waters. *Hydrobiologia*, 198: 13 - 31p.
- Folt. C.L y Burns, C.W. 1999. USA. Biological drivers of zooplankton patchiness. *TREE*. 14(8): 300-305p.
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental. 2006. El agua en México: lo que todas y todos debemos saber. 96p.
- García Calderón, J. L y G. De la Lanza 2002. Las aguas epicontinentales de México. Ed. AGT. 680 p.



- Gallardo, W.C. Hagiwara. K.A. 2006. Growth hormonelike substance in the rotifer *Brachionus plicatilis*. Fisheries Science. 72(4): 781-786p.
- Goldman, R.C. y A.J. Horne 1983. Limnology. Mc Graw-Hill Company. 423 p.
- Gómez-Márquez, J. L. 2002. Estudio Limnológico-Pesquero del Lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 181p.
- Gómez-Márquez, J. L., B. Peña-Mendoza, I. H. Salgado-Ugarte y J. S. Hernández Avilés. 2003. Zooplankton in Lake Coatetelco, an 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 B. Zavala-Montero. 2008. Composición y abundancia del Zooplancton en el lago "El Rodeo", Morelos de febrero 2001 a febrero 2002. Capítulo 8. *In*: Sánchez, J. A., M. G.M. Hidalgo, S. L. W. Arriaga y W. M. S. Contreras (Comps.). Perspectivas en Zoología Mexicana. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. pp. 86-100.
- Gómez-Márquez, J.L, Peña- Mendoza. B, Guzmán-Santiago, J.L, Gallardo-Pineda, V. 2013. Composición, abundancia del zooplancton y calidad de agua en un microreservorio en el estado de Morelos. Hidrobiológica 23 (2): 227-240.
- Gómez-Márquez J,L. Blancas A.G.A. Constanzo, C.E. y Cervantes, S.A. 2014. Análisis de la calidad de aguas naturales y residuales con aplicación a la microescala. FES Zaragoza, 204p.
- González de Infante. A. 1988. El plancton de las aguas continentales. Monografía No. 33. Serie de Biología. Organización de los Estados Americanos. Washington D.C. 130p.
- González J. E, Ortaz. M, Leny M.M, Mendoza J, Peñaherrera. C y Carrillo. V. 2002. Zooplancton de los embalses neotropicales con distintos estados tróficos. Interciencia 27(10):551-558.



- Granados, R. G. 1990. Comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales de Estado de Morelos, México. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, México. 55 p.
- Granados-Ramírez, J. G. y C. Álvarez-Del Ángel. 2003a. Rotíferos de embalses: SubCuenca del Río Cuautla, Morelos, México. *Scientiae Naturae* 6 (1): 33-44.
- Granados-Ramírez, J. G. y E. Suárez-Morales. 2003b. A new *Hesperodiptomus* Light (Copepoda, Calanoidea, Diaptomidae) from Mexico with comments on the distribution of the genus. *Journal of Plankton Research* 25 (11): 1383-1395.
- Granados-Ramírez, J. G., C. Álvarez-Del Ángel, M. Martínez-Alaniz, M. Romero-Aguilar, L. M. Arteaga-Núñez y J. I. Zavala-Aragón. 2007. Variación poblacional de los Rotíferos (Clase: Monogononta) de tres cuerpos de agua de la Subcuenca del Río Cuautla, Morelos, México (Ciclo Enero-Diciembre 2003). *Scientiae Naturae* 9 (2): 5-17.
- Granados-Ramírez, J. G., J. L. Zavala, J. Quiroz y M. Martínez. 2008. Abundancia y estacionalidad de la clase Branchiopoda (Suborden: Cladocera) del área limnética de tres embalses de la sub-cuenca del Río Cuautla, Morelos. México. Capítulo 7. *In: Sánchez, J. A., M. G. M. Hidalgo, S. L. W. Arriaga y W. M. S. Contreras (Comps.). Perspectivas en Zoología Mexicana. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. pp. 69-83.*
- Granados-Ramírez, J.G., Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Martínez-Alanís, M. 2014. Inventarios de cuerpos de agua del estado de Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 1ª edición. Ed. AGT. 355p.
- Green, J. 1994. The temperate-tropical gradient of planktonic Protozoa and Rotifera. *Hydrobiologia* 272: 13-26
- Gulati, R. D. 1983. Zooplankton and its grazing as indicators of trophic status in Dutch lakes. *Environmental Monitoring and Assessment* 3: 343-354.
- Harper, D. 1992. Eutrophication of freshwaters. Principles, problems and restoration. Chapman and Hall, 327 p.



- Haynes, R. C. 1988. An introduction to the blue-green algae (Cyanobacteria) with an emphasis on nuisance species. North American Lake Management Society, Washington, D. C. 209 p
- Hernández-Avilés, J. S., M. C. Galindo-de Santiago y J. Loera-Pérez. 2002. Bordos o microembalses. Pp. 600-618. En: De la Lanza Espino G. y J.L García Calderón, Lagos y Presas de México. AGT Editor, México, D. F.
- Hernández-Avilés, J. S., M. C. Galindo-de Santiago y J. Loera-Pérez 1995. Bordos o microembalses. En: De la Lanza Espino G. y J.L García Calderón, Lagos y Presas de México. Centro de Ecología y Desarrollo, México. pp 291-308.
- Iannaccone, J y Alvarino, L. 2007. Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal pantanos de Villa, Lima, Perú. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma, Perú. Gayana 71(1): 49-65p.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tepalcingo, Morelos. México. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/17/17019.pdf>. Recuperado: 27 de agosto de 2015.
- Instituto Nacional de Pesca 2002. Pesquerías en tres cuerpos de agua continentales de México. Secretaría de Pesca. Octubre de 2002. México, D. F. 168p.
- Kalff, J. y R. Knoechel. 1978. Phytoplankton and their dynamics in oligotrophic and entrophics lakes. Annu. Rev. Ecol. Syst. 9: 475-495.
- Kolwitz, R, y Marsson, M. 1902. M. Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna.
- Kolwitz, R, y Marsson, M. 1909. M. Okologisches Pflanzlichen Saprobien.
- Korovochinsky, N. & N. Smirnov. 1998. *Introduction to the "Cladocera" (Ctenopoda, Anomopoda, Onychopoda and Haplopoda)*. Suplemented for America. A. N. Severtsov Institute of Animal Evolutionary Morphology and Ecology of the Russian Academy of Sciences, 143 p.



- Koste, W. 1978. *Rotatoria-Die Rädertiere Mitteleuropas*. I. Textband. VerlagGebr. Borntraeger Berlin, Stuttgart. 251 p.
- Lavens, P. Sorgeloos, P. 1996. Introduction. In: Manual on the production and use of life food for aquaculture. Fisheries Technical. Ghent, Belgium: FAO.
- Leal, R.X. 2011. Estructura e interacciones en las comunidades zooplanctónicas litorales del embalse, la laguna Azteca, Hidalgo. Universidad Nacional Autónoma de México. FES Iztacala, 73.
- Lee, J.K, Lee, M.S, Park, S.K, Byu, H.G. 2010. Angiotensin I converting enzyme inhibitory peptide extracted from freshwater zooplankton. *J. Med Food*. 13(2):357-363p.
- Lemly, A. D y J. F. Dimmick. 1982. Structure and dynamics of zooplankton communities in the littoral zone of some North Carolina Lakes. *Hydrobiologia* 88: 299-307.
- Lerman, A., Imboden, M. D. y Gat, R. J. 1995. Physics and chemistry of lakes. 2a. Ed. Springer, New York. 334 p.
- Lewis, W. M. 2000. Basis for the protection and management of tropical lakes. *Lakes and Reservoirs. Research and Management* 5:35-48.
- Lind, O. T. 1979. Handbook of common methods in Limnology. The C.V. Mosby Company. London. 199p.
- López, L. E. y H. J. Serna. 1999. Variación estacional del zooplankton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. *Revista de Biología Tropical* 47(4): 643-657.
- López-López, E. y E. Soto-Galera. 1993. Diagnóstico de eutroficación del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M.* 20(1): 33-42.
- Magurran, A.E. 1988. *EUA. Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey, 179p.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Omega, Barcelona. 1101 p.



- Marín L, J.L., Lerdo de medina, H., Hernández R, J.L., López, C. 1999. Variación vertical y temporal de la productividad primaria y su relación con algunos elementos nutritivos en un reservorio de agua tropical, río Socuy, Venezuela. *CIENCIA* 7(2): 163-180p.
- Martínez, C.C, José de Paggi,S. 1988. Especies de *Lecane Nitzsch* (Rotifera, Monogonta) en ambientes acuáticos del Chaco Oriental y del valle aluvial del río Paraná (Argentina). *Rev Hydrobiol* 21 (4) 279-295p.
- McGavigan, C. 2012. A quantitative method for sampling littoral zooplankton in lakes: The Active Tube. *Limnology and Oceanography: Methods* 10: 289-295.
- Mcnaughton, S. J. 1983. Serengety Grassland Ecology: The role composite environmental factors and contingency in community organization. *Ecological Monographs* 53: 291-320.
- Mendoza A. 2009. Estudio y análisis de la calidad del agua del embalse de Bellús mediante el desarrollo de un modelo de eutrofización, España, Universidad Politécnica de Valencia. 111p
- Merayo, S. y E. J. González. 2010. Variaciones de abundancia y biomasa del zooplancton en un embalse tropical oligo-mesotrófico del norte de Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 58 (2): 603-619.
- Michelangelli, F. Zoppi de Roa, E. Pourriot, R. 1979. Rotíferos de sabanas inundables del mantecal, Edo. Apure. Venezuela. *Cahiers ORSTOM Série Hydrobiologie* 13 (1-2): 47-59p.
- Morales-Baquero, R., Conde-Porcuna, J.M. 2000. Effect of the catchment areas on the abundance of zooplankton in high mountain lakes of Sierra Nevada (Spain). *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* (27): 1-5p.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la Biodiversidad*. Manuales y Tesis SEA, vol. 1., Zaragoza, 84 p.
- Mustapha, M. K. 2009. Zooplankton assemblage of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria. *Rev. Biol. Trop.* 57 (4): 1027-1047.



- Nagorskaya, L. 2004. Living freshwater ostracoda (Crustacea) of a floodplain relict oak forest (Polesye, Belarus). *Revista Española de Micropaleontología* (36): 135-145p.
- Neves, I.F. Rocha, O. Roche, K.F. Pinto, A.A. 2003. Zooplankton community structure of two marginal lakes on the river Cuiabá (Mato Grosso, Brazil) with analysis of rotifer and cladocera diversity. *Brazilian Journal of Biology* (63): 329-343p.
- Neeham, J.G. y Needham, J.M. 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. y H. Segers. 2002. Rotifera Volumen 6: Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, trochosphaeridae and Filinia. En: Dumont, H. J. F. (Ed.). *Guides to the identification of the Microinvertebrates of the continental waters of the World* Coordinating. Backhuys Publishers, Leiden. The Netherlands. 264 p.
- Odum, E.P. 1972. *Ecología*. Ed. Interamericana. 3ª Edición. 794p.
- Ortega-Murillo, Ma. Del. R., Hernández-Morales, R., Oropeza-Flores, H., Alvarado-Villanueva, R., Mora, Y. 2016. Estructura de la comunidad del zooplancton en un lago hipereutrófico en Michoacán, México. *Biológicas* 18 (2): 51-59p.
- Ortiz, R. A. 2006. Estudio de los sistemas acuáticos (Lénticos) del estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. México. 157p.
- Osorio-Tafall, B. F. 1942. Rotíferos planctónicos de México I, II y III. *Revista de la Sociedad Mexicana Historia Natural* 3 (1-4): 23-79.
- Ostroumov, S. A. 2005. Some aspects of water filtering activity of filterfeeders. *Hydrobiologia* 542: 275-286.
- Palacios A, Ivar A. 2013. Zooplancton en los sistemas acuáticos "Amate Amarillo y Los Planes", en el estado de Morelos. FES Zaragoza, UNAM. 104.



- Parra, F. A. M., E. P. S. Santibáñez & J. G. R. Granados. 2006. Productividad del zooplancton de dos embalses del alto Amacuzac-Morelos, México. *Scientiae Naturae* 6 (2): 5-16.
- Pennak, R. W., 1989, *Freshwater invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca*. 3. ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, 628p.
- Pla, L. E. 1986. *Análisis multivariado: Método de componentes principales*. Serie de matemáticas. Monografía No. 27. Secretaría General de los Estados Americanos. Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, E.E.U.U. 94 p.
- Porras, D. D. 1992. Aspectos de la distribución y ecología de algunos crustáceos en el Estado de Morelos. *Universidad: Ciencia y Tecnología, U.A.E.M.* 2 (2): 137-141.
- Portella, MC. Tasser, MB. Jomori, RK. Carneiro, DJ. 2002. Sustitución de alimento vivo en la larvicultura. IN: *Memorias de Simposio Brasileño de Acuicultura*. Goiania- Go. Actas, Goiania, ABRAQ. 45-58p
- Portella, MC. Verani, JR. Cestarolli MA. 2000. Use of live and artificial diets enriched with several fatty acid sources to feed *Prochilodus Scrofa* larvae and fingerlings. 1. Effects on survival and growht rates. New Delhi. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 15: 45-58.
- Quiroz, C. H., Oliva, M. E., Molina, A. I., García, R. y Díaz, V. M. 2008. Dinámica espacio-temporal de oxígeno temperatura en los lagos Zempoala y Tonatiahua* *Acta Universitaria*. 18 (1): 57-65.
- Quiroz, H. y M. Díaz. 2010. Los bordos y su aprovechamiento en Morelos. *Inventio, lagénesis de la cultura universitaria en Morelos*. 6 (12): 33-38
- Reid, J.W. 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as species continentais sulamericanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Boletim de Zoologia, Universidade de São Paulo* 9: 17-143p.



- Rejas, D, Declerck,S, Auwerkerken,J, Tak, P, Demeester, L. 2005. Plankton dynamics in a tropical floodplain lake: fish, nutrients, and the relative importance of bottom-up to top-down control. *Freshwater Biology* 50: 52-69.
- Retana, R. J. y Vázquez, A. G. 2015. Importancia ecológica y abundancia del zooplancton en el reservorio Huitchila en el estado de Morelos, México”. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 89 p.
- Rodríguez, M.P, Matsumura-Tundisi, T.2000. Variation of density, species composition and dominance of rotifers at a shallow tropical reservoir (Broa Reservoir, SP, Brazil) in a short scale time. *Revista Brasileira de Biologia* 60: 1-9p.
- Rodríguez G, L.S. 2012. Determinación del estado trófico de tres sistemas lénticos de la sabana de Bogotá con base al fitoplancton, en dos periodos climáticos contrastantes. Tesis de Licenciatura. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias Básicas, pregrado en biología aplicada, Bogotá, Colombia. 116p.
- Rodríguez –Serna, M y C, Carmona-Osalde. 2002. Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae: Cambaride) y perdida de energía en la tasa metabólica. *Universidad y Ciencia*, 18(36):128-134
- Roldán, G. A y J. J Ramírez. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Medellín (Colombia): Universidad de Antioquia. 2da edición. 529p.
- Rosas, I.A., Velasco, R., Belmont, A., Bàez y Martínez, A. 1992. México. The algal community as indicator of the trophic status of Lake Pátzcuaro, México. *Envir. Poll.* (80): 255-264p.
- Salgado-Ugarte, I.H. 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. *Fundamentos y Aplicaciones*. Marc. Ediciones y FES Zaragoza, UNAM, México, 243 pp.
- Sampaio,E.V., O.Rocha, T. Matsumura-Tundisi & J. G. Tundisi. 2002. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Brazil Journal of Biology* 62 (3): 525-545p.



- Schindler, D.W. 1991. Lakes and Oceans as Functional Wholes: Pp. 91-122. En: Barnes R.S.K. y K.H. Mann (Edited). *Fundamentals of Aquatic Ecology*. Second Edition, Blackwell Scientific Publ.
- Segers, H., N. L. Ferrufino & I. de Meester. 1998. Diversity and zoogeography of Rotifera (Monogononta) in a flood plain lake of the Ichilo River, Bolivia, with notes on little-known species. *International Review of Hydrobiology* 83 439-448.
- Sergers, H. 2008. Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. In: E.V. Balian, C. Leveque, H. Sergers & K. martens, (eds.) *Freshwater Animal Diversity Assessment*. Developments in Hydrobiology. Springer Netherlands. 49-59p.
- Silva-Briano, M. y E. Suárez-Morales. 1998. The Copepoda Calanoida (Crustacea) of Aguascalientes state, México. *Scientiae Naturae* 1: 37-68.
- Silva, W.M. 2008. Diversity and distribution of the free-living freshwater Cyclopoida (Copepoda:Crustacea) in the Neotropics. *Brazilian Journal of Biology* 68 (4): 1099-1106p.
- Skinner, R. H y Cohen, A.C. 1994. Phosphorus nutrition and leaf age effects on sweet potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology* 23: 693-698.
- Sládeček, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 100: 169-201.
- Smith, G.A. 1979. Structure and dynamics of zooplankton community in a small north-central Texas pond ecosystem. *Southwestern Naturalist*. EUA. (24): 1-16.
- Sokal, R.R. Rohlf, F. J. 1981. Comparing numerical taxonomic studies. *Systematic Zool.* (30): 459-490p.
- Stemberger, R.S. 1979. *Aguide to rotifers of the Laurentian Great Lakes* Enviromental Monitoring and Support Laboratory Office of Research and Development. EUA. Enviromental Protection Agency Cincinnati, Ohio. EUA. 174p.
- Sterner, R.W y Hessen, D.O. 1994. Algal nutrient limitation and the nutrition of aquatic herbivores. *AnnualReview of Ecology and Systematics* (25): 1-29p.



- Suárez-Morales, E. Elías-Gutiérrez, M. Ciro-Pérez J. Silva-Briano, M. Reid, J.W. Gasca, R. 2000. Cladóceras y Copépodos. En: Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Vol II. 1° ed. UNAM. México. 676
- Suárez-Morales, E. y J. W. Reid. 1998. An update list of the free-living freshwater copepods (Crustacea) of Mexico. *The Southwestern Naturalist* 43(2): 256-265
- Suárez-Morales, E., Reid, J.W, Fiers, F, Iliffe, T. M. 2004. Historical biogeography and distribution of the freshwater cyclopine copepods (Copepoda, Cyclopoida, Cyclopinae) of the Yucatán Peninsula, México. *Journal of Biogeography* (31): 1051-1063p.
- Suárez-Morales, E., Morales-Ramírez, A., Corrales-Ugalde, M., Esquivel, G, E. 2005. Diversity of the free-living marine and freshwater *Copepoda* (Crustacea) in Costa Rica: a review. *Zookeys* (457): 15-33p.
- Tait, V. 1987. Elementos de ecología marina. Ed. Acribia, Zaragoza, España. 446p.
- Thurston, R. V.; Russo, R. C.; Felner, Jr. C. M.; Edsall, T. A. y Barber, Jr. Y. M. (1979). A review of the EPA red Book: Quality criteria for Water. Water Quality Section, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 313 p.
- Trejo A. Roberto, 2013. Variación del zooplancton en el Lago Zempoala, Morelos México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. 171-
- Vanni, M.J. 1987. Indirect effect of predator on a structured prey population: Planktivorous fish and zooplankton. En W.C. Kerfoot y A. Sih (eds.). *Predation: Direct and indirect impacts on aquatic communities*, New England, US. 149-160p.
- Wallace, R. L., W.T Snell y T. Nogrady. 2006. *Rotifera Biology, Ecology and systematics*. SPB. Academic Publishing. 270 p.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology: Lake and river Ecosystems*. EUA. Ed. Academic Press. 3a ed. 1006p.
- Wickstead, J. 1979. *Marine zooplankton*. Ed. Edward Arnold. 1° edición. 70p.





UNAM FES Zaragoza *Biología*

-Zutchi, D. P., Subla A. B., Khan, A. M. y Wanganeo, A. 1980. Comparative limnology of nine lakes of Jammun and Kashmir Himalayas. *Hydrobiologia*. 72:101-112.



Anexo

Copépodos



Copépodos.



Rotíferos

