

Universidad Nacional Autónoma de
México



Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

**Importancia ecológica y abundancia del zooplancton,
en el microreservorio Huitchila en el estado de Morelos,
México.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

PRESENTAN:

RETANA RAMÍREZ JAKE

VÁZQUEZ ARROYO GIOVANNA DENISSE

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

REALIZADA CON APOYO DEL PROYECTO DGAPA-PAPIME PE205513

MÉXICO, D.F. FEBRERO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarnos la oportunidad de ser parte de esta máxima casa de estudios y por nuestra formación académica para llegar a este punto.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por abrirnos las puertas y por darnos la oportunidad de formar parte, poder realizar nuestros estudios profesionales e iniciar como investigadores en la carrera de Biología. Así mismo a los profesores de la facultad que nos guiaron a nuestra formación.

Agradecimientos Especiales:

Al Dr. José Luis Gómez Márquez por abrirnos las puertas desde un principio para formar parte del Laboratorio de Limnología, por ser director del presente trabajo, nuestro primer libro, por los consejos, por compartir con nosotros sus conocimientos, por sus regaños, paciencia, su amistad, anécdotas, por la oportunidad y la confianza que nos brindo durante este periodo.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza por sus consejos, la atención, por compartir sus conocimientos, su buen humor, sus anécdotas, su amistad y ayudarnos a enriquecer este trabajo.

Al Biólogo José Luis Guzmán Santiago por el apoyo incondicional, por su tiempo, paciencia, amistad y por ayudarnos con sus comentarios y sugerencias para mejorar este trabajo.

A la Bióloga Angélica Elaine González Schaff que con sus comentarios y atención brindada durante este proyecto, nos ayudo a mejorarlo.

Al Biólogo Ernesto Constanzo Casillas por sus comentarios, atención y sugerencias que ayudaron a la mejora de esta tesis.

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

Agradecemos al programa DGAPA-PAPIME PE205513, por el apoyo financiero para el desarrollo de esta tesis.

Dedicatorias

La vida te lleva por muchos caminos, a veces creemos saber cuál es el indicado, sin embargo la vida te pone caminos que desconocemos, pero te llevan al lugar que perteneces y es así como puedo pensar que la Biología llegó a mí sin querer y parece como si la biología me hubiera elegido a mí.

A mi papá Dr. Miguel Ángel Vázquez García y a mi mamá Dra. Marisela Arroyo Camargo, por darme la vida, a ellos que con su amor, apoyo, regaños, paciencia, consejos, me ayudaron a definirme como persona para alcanzar mis metas. La frase "de aquí pa'arriba" la estoy llevando a cabo poco a poco, a ti papi que sin duda alguna siempre me impulsas a ser mejor cada día, a ti mami la que me brinda todo el apoyo a la hora que sea, también por lo regaños, consejos. A los dos por estar al pie del cañón, por impulsarme a ser profesionalista y por supuesto por todo su amor incondicional. A los dos GRACIAS, por todo lo que me han enseñado, por trabajar por y para su familia, son mi ejemplo a ser más y más cada día, les puedo decir que es un honor y un orgullo ser su hija, espero ser su orgullo. Esto no es un logro solo mío también es de ustedes. Los amo.

A mis hermanas Michelle y Valerie, que sin duda alguna son el mejor regalo que me pudieron haber dado mis papás ya que soportaron mi estrés, que con sus ocurrencias, risas, amor y peleas me han hecho madurar como persona y como hermana, espero algún día ser un ejemplo para ellas. A mis hermanitas, gracias por llegar a mi vida y por ustedes todo. Las amo.

A mi familia Vázquez - Arroyo por estar al pendiente de mi formación y por su apoyo hasta esta etapa. Gracias a cada uno de sus integrantes.

A mis amigos, pero en especial a los de la FES-Z donde ha sido la mejor etapa de mi vida: A mis amigas: Andrea y Diana gracias por dejarme conocerlas, por brindarme su amistad, por las carcajadas, por las anécdotas, por las historias y por ser cómplices, sin duda alguna teníamos que conocernos. Las amo.

A nuestros compañeros de laboratorio, pero en especial a nuestros amigos Gaby, Ángel y Daniel por compartirnos sus conocimientos, por las carcajadas, por su amistad, por las anécdotas, por esas prácticas de campo y técnicas que sin ustedes todo hubiera sido diferente. Gracias.

A mis amigos César, Fernando y Gael que sin duda alguna fueron parte esencial de esta etapa en este grupo que se formó desde el inicio de este trayecto, por sus ocurrencias, por las carcajadas, por las pláticas y por supuesto por su amistad, los adoro. También a Daniel (Cepillo), Galo, Miguel, Sebastián, Eder, Juan, César Montoro, Miros y Tona por ser parte de esta etapa.

Gracias a cada uno que hicieron este trayecto más ameno, divertido, por las vivencias, por el apoyo, por las pláticas. GRACIAS por tantas risas y por haber hecho esta etapa inolvidable.

A mis maestros Dr. Gómez, Dra. Peña y Biol. Guzmán por aceptarnos desde un inicio en el laboratorio, por el espacio, el material, por su amistad, las risas, por supuesto por los conocimientos compartidos, de igual manera por su tiempo, por prepararnos, e impulsarnos para seguir al siguiente nivel. A la Biol. González Schaff y al Biol. Ernesto Constanzo por sus observaciones y sugerencias para este trabajo.

A la familia Retana Ramírez por el apoyo y estar al pendiente del desarrollo de este proyecto.

A mi compañero Jake Retana Ramírez, que desde antes del inicio de esta travesía llamada "proyecto de tesis" estuviste junto a mí, por darme la fortuna de contar contigo, por darme el aliento a seguir, por darme ánimo, por ser mi cómplice, por tu buen humor, por tomar mi mano y decir "¡aquí estoy!", por tu inteligencia prestada para este trabajo, a ti que entiendes lo que costo, por ser mi amigo, por creer en esto, por tu ayuda, por las risas, por aguantar mis altos niveles de estrés, por compartir los momentos malos y las alegrías. Siempre vas a contar conmigo, aquí estoy para apoyarte, GRACIAS por ser tú, por ser un necio, por tu amor incondicional y muchas cosas más, porque esté es el inicio de todo y vamos por más. Volvería hacerlo, Volvería a elegirte todas las veces. Te Amo.

G. Denisse Vázquez Arroyo

Dedicatorias

A mis padres Sandra Ivonne Ramírez Heredia y Mario Retana Álvarez por haber estado siempre a mi lado, por confiar en mí, el día de hoy no me queda más que decir gracias infinitamente, se que jamás les podre pagar todo lo que han hecho por mí, reconozco que este logro no es solo mío sino de ustedes, espero nunca haberlos decepcionado, al contrario que se sientan orgullosos del presente trabajo que les dedico con todo mi amor, cariño y esfuerzo, de la misma manera que ustedes me han brindado todo, quiero que sepan que este es solo el principio de una trayectoria porque no me conformare solo con esto, sino que me esforzare siempre por ser mejor, gracias por hacerme un hombre de bien, con valores y educación.

A mi hermana Mariana Retana Ramírez por haber llegado a alegrarme la vida, espero que este trabajo sea un ejemplo para que te sigas preparando académicamente y nunca te rindas. El proceso es difícil, no te distraigas de tus metas, espero que en unos años vivas esta emoción que el día de hoy estoy viviendo, créeme es algo increíble, Te quiero muchísimo Mari.

A mis primos Oscar, Vichi, Karina, Christopher, Alan, Ariel, Emilio, Jatsiri, Enrique, Ángel, Natanael, Dara y Kalef, sé que somos los amigos que no pudimos elegir quiero que sepan que los estimo mucho, que hemos pasado momentos en familia que no olvido, a algunos de ustedes la vida los ha llevado por diferentes rumbos, pero espero que al igual que a Mariana los que aun tengan la oportunidad, se superen académicamente porque es lo único que dura por siempre.

A familia Retana quiero que sepan que les comparto este logro, porque cada que podían me preguntaban que como iba y cosas así, el día de hoy les digo que con mucho esfuerzo y dedicación e concluido el presente trabajo, espero y también lo sientan suyo.

A la familia Ramírez (Abuelita Ruth, a mis tíos, Yaz, Eliza, Mario, Gustavo, por estar siempre al pendiente de mi, por preocuparse y preguntar a cerca de mis estudios, superación y estar cerca cuando los necesitamos.

A la familia Vázquez Arroyo por el apoyo hacia nosotros para la culminación de este trabajo y estar al pendiente de nuestro avance.

A mis amigos de la facultad Juanito, Pache, Tona, Diego, Eder, Daniel, Gaél, Compadre, Miguel, Cepillo, Sebas, Ángel, Gaby, Andrea, Miros y Diana con ustedes he vivido momentos increíbles que jamás olvidare, fiestas cumpleaños etc. etc. algunos de ustedes desde el inicio de esta aventura y hasta el momento no me han abandonado espero y así sea por siempre.

A todos mis amigos del Laboratorio de Limnología, al Dr. José Luis Gómez M., a la Dra. Bertha Peña M., al Biol. José Luis Guzmán S., a mi equipo de trabajo, en especial a Daniel, Ángel y Gaby, sin ustedes esto hubiera sido más difícil y aburrido, gracias por enseñarnos a Denisse y a mí cuando éramos "novatos" como dice el profe jeje.

Y por último la dedicatoria mas especial de todas, esta es para mí Giovanna Denisse Vázquez Arroyo, te deje al final porque sabes que te podría escribir cuartillas y cuartillas para ti solita jeje, te agradezco que hayas compartido conmigo tu tiempo, tus ganas, tu esfuerzo, tu dedicación para este nuestro primer trabajo, quiero que sepas que eres mi mejor amiga, mi confidente, gracias por ayudarme, por comprenderme, porque no por soportarme, por querer estar conmigo, por creer en mí, el día de hoy después de mucho esfuerzo en conjunto, desveladas y arduo trabajo podemos decir que lo logramos. Hemos vivido experiencias increíbles, momentos que en mi mente estarán por siempre, alegrías que perduraran por el resto de mis días, aventuras tan geniales que hay veces que no creo que lo nuestro sea una realidad, pero por fortuna lo es, nunca olvides que esto no acaba aquí, este es solo el inicio, que debemos de superarnos cada vez más y que mejor que apoyándonos uno al otro, juntitos, jamás se te olvide que cuentas conmigo para todo, por siempre y de nuevo muchísimas gracias por todo. Te amo mi cielo

Jake Retana Ramírez

Índice

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Marco Teórico.....	8
Rotíferos.....	10
Cladóceros.....	12
Copépodos.....	13
Importancia del Zooplancton.....	14
Antecedentes.....	15
Justificación.....	25
Objetivos.....	26
Zona de Estudio.....	27
Material y Método.....	29
Fase de Campo	29
Fase de Laboratorio	30
Muestreo de material biológico.....	30
Clorofila "a".....	31
Fase de Gabinete	32
Análisis Estadístico.....	32
Resultados.....	34
Riqueza Específica	34
Variación temporal del zooplancton	36
Dominancia de especies	39
Densidad poblacional	41
Relación Zooplancton-Clorofila "a"	44
Parámetros Físicos y Químicos	45
Perfil Vertical de Temperatura y Oxígeno	51
Análisis Estadístico.....	56
Diversidad	56
Análisis de Componentes Principales	57
Análisis de agrupamientos (Clúster)	60

Discusión.....	62
Conclusiones:.....	72
Bibliografía:	73
Anexo I	88
Copépodos.....	88
Cladóceros.....	89
Rotíferos.....	90



Resumen

El estudio del zooplancton ha sido desarrollado principalmente en grandes ríos y lagos. En Morelos existen 160 cuerpos de agua entre 1 y más de 100 ha cuya importancia cultural y ecológica es relevante. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la composición, abundancia y diversidad de la comunidad zooplánctica del bordo Huitchila, Morelos, México y su relación con la calidad de agua. Se realizaron muestreos mensuales de Marzo del 2013 a Marzo de 2014 en dos estaciones de monitoreo limnéticas. EL zooplancton se colectó con una red cónica con luz de malla de 80 μm y las muestras de agua con una botella Van Dorn de 2 L de capacidad. Se identificaron 15 especies de los cuales, los rotíferos fueron el grupo que presentó mayor riqueza específica, con 11 especies, los copépodos y cladóceros dos cada uno. Las especie más frecuentes y abundantes dentro de los copépodos fueron *Arctodiaptomus dorsalis* y *Termocyclops inversus*, en los cladóceros *Moina micrura* y *Daphanosoma birgei*, de los rotíferos las especies *Brachionus havanaensis*, *B. caudatus* y *Conochilius unicornius*, *Filinia longiseta* y *Asplanchna sp.*, con base en el diagrama de Olmsted-Tukey. El índice de diversidad de Shannon-Weiner osciló entre 0.3 a 1.1, para la estación 1 y respecto a la estación 2 de 0.5 a 1.4 sin mostrar una clara tendencia estacional. El microreservorio se clasificó como eutrófico, con aguas cálidas (20.3-27.5 °C), oxigenadas (4.3-13.9 mg/L), productivas y aguas duras (> de 200 mg/L de CaCO_3). El sistema se considera, como buen ambiente con abundante zooplancton para la producción de tilapia *Oreochromis niloticus*, especie explotada en la localidad así como para las especies de importancia ecológica.



Introducción

La gran diversidad fisiográfica y climática de México conlleva una distribución heterogénea de los recursos hídricos. La población humana no tiene una correspondencia con la disponibilidad de los recursos de agua dulce; más de tres cuartas partes de los recursos hídricos están alejados de las comunidades con mayor densidad de población y actividad económica. Esto origina un desequilibrio entre la oferta y la demanda de los recursos, y conduce a la sobreexplotación de los acuíferos y a tener que hacer transferencias de agua entre cuencas. La competencia por este recurso es ya causa de conflictos de diferente intensidad y escala y se presenta no sólo entre usuarios de la misma comunidad, sino entre distintas comunidades, municipios, estados e incluso en el ámbito transfronterizo (Sainz y Becerra, 2007).

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

Actualmente, México enfrenta un grave problema de escasez de agua dulce en muchas de sus regiones y aunado a esto es un país que cuenta con pocos cuerpos de agua lenticos naturales y dicho problema se ha tratado de resolver desde hace mucho tiempo, mediante la construcción de embalses artificiales como presas, bordos, etc. Así, en 1983 estos últimos ocupaban el 70% de la superficie lacustre nacional y cubrían 861, 426 Ha (De la Lanza, 1990).

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



El término "**microembalses**" (Hernández-Avilés *et al.*, 2007) o **bordos** hacen referencia a los cuerpos de agua construidos con la finalidad de riego para la agricultura o como abrevaderos para el ganado (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992). Un bordo es un reservorio artificial de agua temporal o permanente, con una cortina rústica construida de tierra o mampostería (Quiroz y Díaz, 2010). Estos pequeños embalses se llenan principalmente por la captación del agua de lluvia, generalmente estos sistemas están constituidos por aguas turbias debido a la abundancia de los sólidos en suspensión y a la materia orgánica presente.

La forma que presentan estos embalses generalmente es circular, pero puede variar en función a las características del terreno y por sus dimensiones se favorece un mayor intercambio de materiales con la cuenca y un incremento en la tasa de sedimentación. (Hernández-Avilés *et al.*, 2002; Hernández y García, 2007).

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

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

Cabe destacar que los "microembalses" menores de 10 ha constituyen el 84% del número total de cuerpos de agua en México (Rojas-Hoyo, 1986), lo que refleja en gran medida la dependencia hídrica respecto al clima.



También satisfacen en parte las necesidades de agua para la agricultura campesina, primordialmente de temporal, de tal modo que el éxito de los cultivos asociados con los pequeños reservorios depende de las variaciones en el tiempo atmosférico, de ahí la importancia de estos pequeños sistemas como un medio para la captación, depósito y uso con múltiples propósitos (Quiroz y Díaz, 2010). Los bordos son importantes ecosistemas dulceacuícolas en los cuales interactúan entre sí gran cantidad de especies, incluidos los seres humanos (Díaz et al., 2011).

La importancia de estos embalses acuáticos resultan de gran interés desde un punto de vista económico, al ser sistemas ricos en nutrientes y muy productivos (eutróficos) y por ende adecuados para la acuicultura (Hernández-Avilés et al., 2007). La mayoría son eutróficos y se mantienen en ese estado ya que no pueden compensar el proceso debido a que son someros y tienen una estrecha relación con el sedimento. Algunos de estos reservorios poseen una salida de agua (compuerta) para el manejo útil del excedente del agua para uso antropogénico (ganadería, siembra, etc.) y también para evitar el desbordamiento del embalse (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

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

En los últimos años se ha demostrado que los microembalses tienen una gran importancia ecológica (Margalef, 1983). En cuerpos de agua de características ampliamente variables como los bordos, con fluctuaciones en sus niveles de inundación y con poca profundidades que en ciertos



periodos favorecen el desarrollo de pastos y hierbas, así como con superficies de más de tres hectáreas, las interacciones entre los parámetros físicos y químicos en los micro hábitats pueden ser variables y afectar a su vez a los diferentes organismos presentes en ellos (Quiroz y Díaz, 2010).

Estos sistemas están sujetos cada vez más a mayores presiones como consecuencia de las actividades humanas, ya que la sobrepoblación en las comunidades que se sirven de estos cuerpos de agua, genera un impacto negativo al realizar una explotación pesquera excesiva, contaminación por agroquímicos, etc. Es por ello que es necesario complementar el monitoreo rutinario de la calidad del agua tomando en cuenta la presencia y abundancia de los organismos presentes en ambientes contaminados (De la Lanza *et al.*, 2000).

Los altos niveles y los cambios de productividad primaria modifican las condiciones bióticas y abióticas del sistema, alterando las redes tróficas y la distribución espacial y temporal del zooplancton, así como el aumento en la demanda bioquímica de oxígeno, fluctuaciones en el pH y disminución de la transparencia en la columna de agua (Scholten *et al.*, 2005).

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

A pesar de la gran cantidad de estos cuerpos de agua, la información sobre sus características, tanto bióticas como abióticas, aun es mínima. Es por ello que se requiere hacer estudios con el fin de conocer la información necesaria para su aprovechamiento. En el presente trabajo se evaluaron las condiciones físicas, químicas y biológicas (principalmente el zooplancton) del bordo Huitchila.



Marco Teórico

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

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

El zooplancton es un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios y pueden transferir materia y energía desde bacterias y partículas detriticas de pequeño tamaño, que son recursos no utilizables por otros organismos planctónicos. La comunidad del zooplancton está constituida principalmente por tres grupos: rotíferos y dos subclases de crustáceos, los cladóceros y los copépodos, estos últimos divididos en ciclopoideos, calanoideos y harpacticóideos, los cuales constituyen los tres grupos predominantes en el zooplancton de las aguas lénticas (Margalef, 1983; González de Infante, 1988; Wetzel, 2001; Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

La importancia del zooplancton radica en que está colocado en la cadena trófica entre los depredadores de niveles tróficos superiores y los productores primarios. Asimismo, son la presa preferida para vertebrados e invertebrados. Resulta ser el alimento fundamental para los peces durante las etapas cruciales de reclutamiento (Brooks y Dodson, 1965).

La composición bioquímica del zooplancton para los peces es importante, siendo considerado el alimento que contiene la mayoría de las sustancias nutritivas y que sirve como base para las dietas experimentales (Prieto y Atencio, 2008). Estos organismos se alimentan de fitoplancton y por lo general son la bisagra más importante entre la producción primaria (las



algas) y los consumidores mayores como los peces (Zambrano, 2007). En general se ha mencionado que el zooplancton es responsable de transferir la energía captada por el fitoplancton a los niveles tróficos superiores; aunque a nivel mundial, en diversos estudios se ha considerado a la biomasa y dinámica trófica del zooplancton como indicadores para el desarrollo de las pesquerías, tanto de agua dulce como marinas (Williams, 2008).

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

Es por lo anterior que el estudio del zooplancton provee información invaluable acerca del estado trófico y de los procesos de productividad general de los lagos y reservorios. Sin embargo, los estudios de la fauna pláncica del agua dulce están limitados debido a que la mayoría de los trabajos limnológicos se han enfocado principalmente, a los aspectos hidrológicos en general (Suárez *et al.*, 1991, 1993).

Los grupos de zooplancton (copépodos, cladóceros y rotíferos) constituyen entre el 70 y 90% del total de la biomasa productiva secundaria. Las poblaciones de estos tres grupos son tan abundantes que conforman el alimento principal de muchos depredadores, e incluso llegan a sostener el desarrollo de poblaciones de peces y de otros organismos en los sistemas naturales (Arredondo Figueroa *et al.*, 2007). Debido a la diversidad de estos organismos y principalmente por la adecuación y adaptación de sus partes bucales, ocupan diversas posiciones dentro de la red trófica; es decir, que pueden desarrollar hábitos detritívoros (obtiene su alimentación de materia orgánica en descomposición), herbívoros (que se alimentan de fitoplancton), carnívoros y omnívoros; estas características les han proporcionado el desarrollar una amplia variedad de formas dentro de los diferentes sistemas dulceacuícolas, facilitando las interacciones intra e interespecíficas (Arredondo-Figueroa *et al.*, 2007)

En los estudios del zooplancton, la determinación de la biomasa es muy importante y puede complementar la información de la composición,



abundancia y estructura comunitaria. La producción de un determinado nivel trófico acuático se define por la cantidad de materia orgánica sintetizada por unidad de tiempo. Aunque la biomasa de una comunidad mide condiciones instantáneas, puede usarse como medida de producción, ya que el análisis temporal y frecuente brinda una estimación de la abundancia y conocimiento de su comportamiento, evolución y dinámica. Asimismo, al ser un parámetro estandarizado, permite comparaciones geográficas (Margalef, 1983; Wetzel, 2001).

A continuación se describen los tres grupos más representativos de la comunidad zooplánctica:

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

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

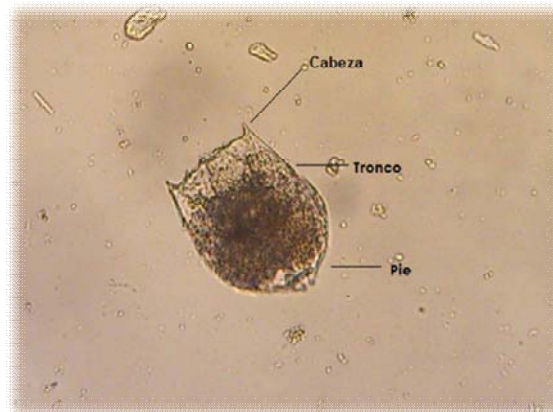


Figura 1. Morfología general de rotífero

La alimentación omnívora se efectúa creando corrientes por el movimiento de los cilios que llevan las partículas vivas o de materia orgánica detritica al inferior de la boca (filtradoras), suelen desplazarse en el agua en línea recta como resultado del movimiento rotatorio de los cilios de la corona, también se desplazan a saltos. Su reproducción es sexual o partenogenética y su desarrollo dura de 8 a 12 días. La vida de los rotíferos es de un par de semanas o menos (Armengol, 1982; Wetzel, 2001). Los factores que afectan la reproducción, la supervivencia y el crecimiento del zooplancton son la temperatura así como la cantidad y calidad nutricional de alimento (Sarma *et al.*, 2002), ya que han demostrado que un incremento en la temperatura acelera la eclosión de huevos, reduce la edad de reproducción y la densidad de alimento, causa un incremento en la producción de huevos y reduce la longevidad (Sarma y Nandini, 2002).

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



Cladóceros: Estos organismos son conocidos comúnmente como pulgas de agua, existen más de 500 especies, agrupadas en tres órdenes: Anomopoda, Ctenopoda y Onychopoda, en México existen alrededor de 150 especies. Los cladóceros tienen un tamaño de 0.2 a 3.0mm de longitud. Su cuerpo está dividido en cabeza, tórax y un abdomen cubierto por un caparazón bivalvo que se prolonga hasta la cabeza cubriéndola y en las hembras forma una cámara incubadora en la parte dorsal. La cabeza presenta un ojo compuesto, anténulas y antenas, el tórax presenta cinco o seis pares de apéndices torácicos llamados toracopodos, con funciones respiratorias filtradoras (Margalef, 1983; Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). La mayoría de estos organismos son filtradores y tiene la capacidad de alimentarse de fitoplancton y residuos orgánicos, presentan altos coeficientes de reproducción y una amplia tolerancia ambiental (Peña-Aguado, 2003).

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



Figura 2. Morfología general de cladóceros

Copépodos: Son el grupo más importante por su abundancia dentro del zooplancton, ya que pueden representar entre el 60% y el 80% de la biomasa zooplántica y miden entre 0.5 y 2.0 mm (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). En México se tienen registradas al menos 100 especies de agua dulce (Suárez-Morales y Elías-Gutiérrez, 2003), la mayoría de estos registros son de copépodos de vida libre (Suarez-Morales *et al.*, 2000). Estos organismos se alimentan de diferentes fuentes de algas, detritus, bacterias, rotíferos y a veces larvas de pez, se pueden encontrar especies detritívoras, herbívoras y carnívoras (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). La diversidad de estos organismos se debe a la adaptación y adecuación de sus partes bucales, lo que les permite desarrollar los hábitos ya mencionados (Suarez *et al.*, 1996).

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

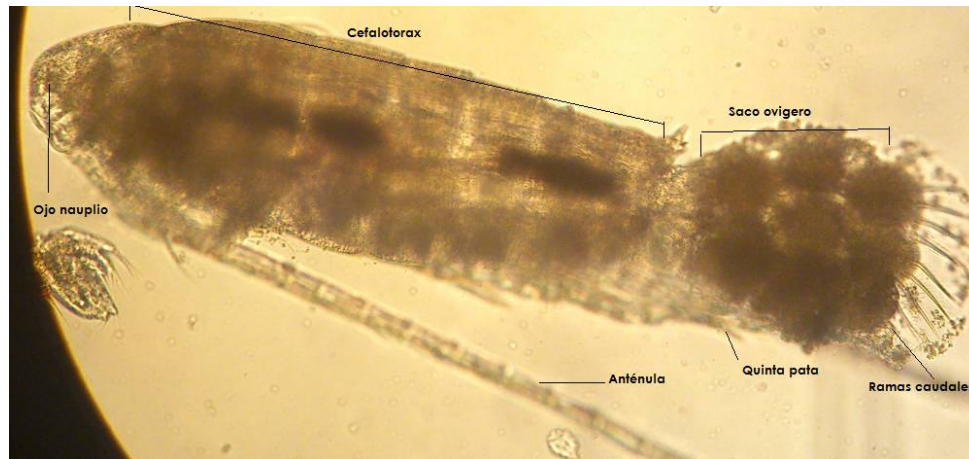


Figura 3. Morfología general de copépodo

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

Importancia del Zooplancton

- El zooplancton representa el canal de transmisión del flujo de energía de los productores primarios a la cima de los consumidores, porque ellos incluyen a los principales herbívoros y son dieta importante de peces y otros predadores.
- Constituye un eslabón clave en la trama trófica de los sistemas acuáticos. Su composición específica puede ser excelente criterio para caracterizar el estado trófico de estos sistemas.
- Al ser organismos de vida cortos, altas tasas de crecimiento, reproducción rápida y su sensibilidad a los cambios en las características físico-químicas, son buenos indicadores biológicos y son de facilidad adaptativa.
- Fuente de alimento. Algunos cladóceros y rotíferos se pueden cultivar para ser suministrado como alimento vivo a peces.
- Importantes para la regulación del sistema.



Antecedentes

Se realizó una búsqueda de la información que permitiera conocer los aspectos relevantes de la composición, abundancia y diversidad del zooplancton en los cuerpos de agua continentales. A continuación se presentan algunas citas.

En 1976, Cortés y Arredondo realizan un estudio hidrológico en la presa “El Infiernillo” Michoacán-Guerrero en donde clasifican el embalse como mesotrófico con tendencia a la eutrofia y definen 3 áreas de acuerdo al contenido en iones: río Tepalcatepec, río Balsas medio norte y río Balsas interior hasta la cortina, asimismo hacen una descripción del fitoplancton, el zooplancton y los recursos pesqueros del lugar. En sus resultados señalan una baja diversidad de fitoplancton y zooplancton y la pesquería de tilapia (*Oreochromis aureus*) que representaba el 79% de la captura total y el resto integrada por carpa común (*Cyprinus carpio*), carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*) y bagre (*Ictalurus balsanus*).

En el Estado de Morelos, Porras (1986), llevó a cabo un estudio en varios bordos y embalses temporales del estado, en el que se determinaron los factores morfométricos de los reservorios, la calidad del agua con base en los parámetros físico-químicos (temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos disueltos, transparencia, coeficiente de extinción, pH, alcalinidad, dureza, magnesio, CO₂, calcio y cloruros) y el metabolismo de la comunidad (fitoplancton, zooplancton y peces); encontrando dos fases: de dilución y concentración con una correlación estrecha con el aporte de agua de la barranca y del canal que los abastece, además menciona que estos sistemas están en un estado de oligotrofia y uno en el límite de la eutrofia.

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



Porras *et al.*, (1991), presentaron un inventario sobre el recurso acuático del Estado de Morelos, en este se reconocieron 130 cuerpos de agua donde 68.5% corresponden a embalses con superficies que van de 1 a 10 ha, estos son utilizados para irrigar zonas de cultivo, como abrevaderos para ganado y actividades piscícolas. Reportan 27 especies de los cuales destacan rotíferos, crustáceos e insectos.

Arredondo-Figueroa y Flores-Nava (1992), analizaron la importancia de los pequeños cuerpos de agua epicontinentales de México, principalmente del sureste y de la Meseta Central, como generadores de proteína animal para el consumo humano, su disponibilidad a nivel nacional y describen las características limnológicas de algunos de ellos. Para cada caso se marcaron las pautas de su manejo y explotación en actividades acuícolas.

Hernández-Avilés y Peña-Mendoza (1992), realizaron un análisis factorial en los bordos semipermanentes Chavarría y Michapa; en el estado de Morelos. En ellos desarrollaron policultivos en tres etapas para cultivo de tilapia, carpa barrigona, carpa plateada y carpa cabezona. Las variables que se relacionaban con el factor edáfico y la temperatura resultaron ser las más importantes para la determinación del comportamiento del bordo Chavarría y los de autorregulación del sistema de carbono en el bordo de Michapa.

Suárez-Morales *et al.*, (1993) estudiaron las variaciones estacionales del zooplancton en la presa Alzate durante un ciclo anual (1986-1987). Encontraron que los rotíferos, cladóceros y copépodos mostraron variaciones en cuanto a su distribución y densidad, la comunidad se encuentra dominada por cladóceros se encontraron en otoño. La estructura de la comunidad zooplanctónicas se ve fuertemente afectada por los efectos de vaciado y llenado de la presa.

Lugo *et al.*, (1998) determinaron 11 especies de rotíferos durante un estudio en la presa Guadalupe, Estado de México, la mayoría de los organismos de este grupo se alimentan de bacterias, algas pequeñas, flagelados, ciliados y detritos filtrados del agua, pero algunos como los del género *Asplanchna*, se alimentan de algas de mayor tamaño, protozoos y otros rotíferos. Las especies más abundantes fueron: *Filinia longiseta* y *Polyartha vulgaris*.



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

Martínez (1999), a través de experimentos de preferencia alimentaria en condiciones de laboratorio, determina las tasas de ingesta de los cladóceros *Moina micrura*, *Ceriodaphnia dubia* y *Daphnia ambigua* sobre las microalgas clorofíceas *Chlorella* sp. y *Oocystis* sp., ofrecidas en forma simultánea y que no difirieron en tamaño corporal. Los resultados mostraron que, a diferencia de *D. ambigua* que consumió indistintamente ambos recursos, *M. micrura* presentó preferencia por *Chlorella* sp. y *C. dubia* por *Oocystis* sp. Mientras que el nivel de ingesta sobre *Chlorella* sp. fue proporcional al tamaño de los consumidores, no se encontró esta relación sobre *Oocystis* sp. Estos resultados revelan la utilización de diferentes estrategias de forrajeo entre estas especies de cladóceros y que atributos diferentes al tamaño de las partículas intervendrían en la conducta alimentaria de los Cladóceros.

López-López y Serna-Hernández (1999), estudiaron las comunidades de plancton y de los factores ambientales del embalse Ignacio Allende, las cuales fueron muestreadas de julio de 1990 a junio de 1991. Un total de 57 especies de fitoplancton fueron identificadas. Hubo una floración de algas verde azules en el verano, simultáneamente con los niveles más altos de agua, seguida por el dominio de diatomeas en los meses más fríos (febrero y marzo). *Chlorophyceas* llegó a ser dominante en la primavera, en consonancia con los registros más altos de temperatura. *Bacillariophyceas* y *Cyanophyceas* tuvo la mayor riqueza de especies, mientras que *Dinophyceas* y *Euglenophyceas* tenían los valores más bajos. La floración de verano de *Anabaena variabilis* y la abundancia de *Ceratium hirundinella*, *Aulacoseira granulata*, y *Crotonensis* sp. y *Fragilaria* sp. están asociados con aguas eutróficas tropicales. El zooplancton fue compuesto por 39 grupos, de éstos, *Diaphanosoma birgei*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia pátvula*, *Diaptomus (Mastigodiptomus) montezumae*, *Acanthocyclops vernalis*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris* y *Asplanchna priodonta* ocurrieron a lo largo del ciclo anual. Un análisis de correspondencia canónica mostró un patrón sucesional en diversos procesos ambientales. La riqueza de especies más baja ocurrió durante la



estación seca, en los meses más fríos. En la temporada de lluvias, aumento la riqueza de especies y la densidad de población disminuye, en consonancia con la proliferación de algas azul-verde, los mayores valores de sólidos en suspensión y los más altos niveles de agua en el depósito.

Gómez-Márquez *et al.*, (2000) realizaron un análisis de la calidad del agua enfocado a la explotación de tilapia en la laguna de Coatetelco, Morelos en donde se observó que los valores de conductividad oscilaron entre 574 y 1110 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los valores de pH los consideraron ligeramente alcalinos con un promedio de 8.9, alcalinidad con un promedio de 82.04 mg/L, con temperaturas del agua de 21 a 32 °C, baja transparencia, debido a la cantidad de materia en suspensión presente; aguas bien oxigenadas (5.85 mg/L) y aguas duras (204.68 mg/L), sólidos totales (859.5 mg/L), sus valores denotan una alta concentración de materia inorgánica en suspensión y la profundidad varió durante todo el estudio de 0.3 a 1.50 m; considerándolo un cuerpo hipereutrófico. Los grupos de zooplancton en la clase de Crustácea se identificaron al orden cladóceras (*Daphnia sp.* y *Moina sp.*) con mayor abundancia en mayo; al suborden Copépoda (*Diaptomus sp.*) y al orden Cyclopoidea (*Cyclops sp.*) con alta abundancia en junio; en el phylum Rotatorio se registró a *Brachionus sp.*, principalmente en marzo.

Hoz-Zavala y de la Lanza-Espino (2000), realizaron un estudio sobre la limnología y la contaminación de un jagüey en el Noreste de México. Las características ambientales y el grado de contaminación de un jagüey al noreste de México fueron identificados por medio de una matriz de impacto ambiental. Mencionan que los jagüeyes son importantes como principales fuentes de agua, sin embargo, no han sido estudiadas debido a su pequeño tamaño. Un diagrama de flujo fue diseñado para incorporar los principales factores ambientales climáticos, geológicos e hidrológicos, así como los datos físico-químicos de los sedimentos y la calidad del agua, aspectos biológicos, y socioeconómicos. En cuanto a la elección de parámetros químicos en el sedimento, tomaron como base: grasas y aceites, fósforo total, nitrógeno total, materia orgánica (%), pH, conductividad, sulfatos, fenoles, cianuro, cromo, cadmio, fierro y plomo, que representaron la geoquímica local, y también se definieron la permeabilidad, el uso actual del suelo, así como los procesos de erosión y depósito. El índice resultante en la matriz de impacto ambiental indica un



impacto negativo severo del jagüey sobre la entrada de nutrientes alóctonos, debido a su escasa profundidad, circulación limitada y la alta tasa de evaporación. El jagüey estudiado aparece en un estado de la hipertrofia y la senilidad, a pesar de la juventud geológica.

Aguilera (2003), estudió la relativa capacidad de cuatro especies de cladóceros *Alona rectangularis*, *Ceriodaphnia dubia*, *Moina macrocopa* y *Daphniapulex* para observar su crecimiento en aguas residuales de tres estanques de estabilización de una planta de tratamiento ubicada dentro de la ciudad de México y dichas muestras se utilizaron como medio para el crecimiento o tasa poblacional de cada especie de cladóceros.

Hoz et al., (2003) Determinaron las características geológicas, sedimentológicas y químicas de los sedimentos del fondo de un pequeño cuerpo de agua superficial, denominado jagüey, en el noreste de México. Mencionan que el jagüey es una depresión costera reciente cubierta por una delgada lámina de agua dulce de forma circular, de poca circulación, con predominancia de arena-arcillosa en el fondo, lo que permite el contacto con el manto freático del que se alimenta a través de filtraciones. Una delgada capa de sedimentos superficiales es ácida y el resto son sedimentos alcalinos, debido a la presencia de carbonato de calcio. El alto contenido de nitrógeno y fósforo en los sedimentos indican un impacto en el jagüey a causa de la entrada de nutrientes alóctonos. Dada su poca profundidad, su circulación limitada, una prolongada sequía y la alta tasa de evaporación, consideraron a este cuerpo de agua en un estado de hipertrofia y senilidad, a pesar de tener un origen geológico reciente.

Trejo-Albarrán et al., (2000) reportan para el lago Zempoala en el Estado de Morelos un total de 26 especies de zooplancton distribuidas en tres grupos: los copépodos con 2 especies, los rotíferos con 21 especies y los cladóceros con tres especies, donde los rotíferos ocupan un 47.3%, los cladóceros un 30.8% y los copépodos un 21.9%. La especie mejor representada por su densidad y frecuencia fue *Daphnia laevis* con 11822 org/l y *Keratella cochlearis* con 6442 org/l.

Ramírez-García et al., (2002), realizaron un estudio en el Lago de Valle de Bravo el trabajo presenta información cuantitativa sobre la variación



estacional de la abundancia del zooplancton y variables físico-químicas como el pH, conductividad, transparencia y análisis de otras variables como oxígeno disuelto, amonio disuelto, nitratos, nitritos y fosfatos. Determinando el estado trófico de este lago como mesotrófico con base en datos de nutrientes. Información sobre la densidad y diversidad del zooplancton de depósitos de agua potable en México es escasa. Esto es importante no sólo desde el punto de vista de la gestión del lago, sino también para proporcionar agua potable a las poblaciones humanas. Basándose en los datos de nutrientes, este depósito lo consideran como mesotrófico. Sin embargo, encuentran una alta densidad de fitoplancton. Entre *Cyanophyceae*, *Anabaena*, *Microcystis*, *Nostoc* y *Oscillatoria* se encontraron, sobre todo durante los meses más cálidos. Floraciones de *Microcystis* se observaron a partir de junio a septiembre. Las diatomeas dominaron el fitoplancton durante los meses restantes del año. Entre zooplancton, rotíferos compone el mayor número de especies. Las especies más comunes que se producen a lo largo del año fueron *Keratella chochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca capucina*, *Trichocerca similis*, *Asplanchna priodonta* y *Synchaeta pectinata*. Se observó la mayor abundancia de *K. cochlearis* en mayo en el sitio 5 (340 ind 1-1). Se encontraron Tanto *Trichocerca capucina* y *T. similis* en números bajos (media anual promedio: 10 ind 1-1). Entre los crustáceos del zooplancton, *Bosmina longirostris* ocurrieron en números más altos (hasta 105 ind 1-1), independientemente de la época del año. Los copépodos fueron predominantemente de los *Mesocyclops* géneros y *Megacyclops*; los calanoideos eran raros. Etapas nauplios fueron dominantes durante los meses de invierno (hasta 670 ind 1-1). Estos resultados se han discutido desde el punto de vista del control *Microcystis* en cuerpos de agua.

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



hipertrófico por encontrarse dentro de los valores del índice del estado trófico de 70 a 100. Se reconocieron 4 divisiones del fitoplancton (Clorophyta, Cianophyta, Bacillarophyta y Euglenophyta). Referente al zooplancton se registraron la clase Crustácea, el suborden Calanoideo, el suborden Cyclopoidea y el Phylum Rotatoria. En cuanto a la fauna íctica en todos los meses se encontraron a organismos de *Oreochromis niloticus* en fase de desove y se detectaron dos periodos de máxima actividad reproductiva: enero-febrero y junio. Se obtuvo un rendimiento para esta especie de 91.3 ton/año.

Gómez-Márquez *et al.*, (2003), elaboraron un estudio en el lago Coatetelco con respecto al zooplancton, con un total de cinco especies registradas: Los copépodos, estuvieron presentes en altas abundancias relativas (83%); los cladóceros fueron el segundo grupo de importancia (15%), por último, los rotíferos solo se presentaron 2% del total de zooplancton. El comportamiento del zooplancton mostró fluctuaciones con respecto a los tres grupos: los copépodos representados por calanoideos y los ciclopoideos con máxima abundancia relativa en febrero y julio; su menor abundancia se observó en mayo y diciembre. Los cladóceros representaron un comportamiento mensual homogéneo con abundancia relativa máxima en primavera, finales de otoño y principios de invierno; las mismas abundancias fueron en febrero y julio. La variación de composición del zooplancton, muestra que el grupo más abundante fue el de los copépodos que incluye al ciclopoideo *Termocyclops inversus* que dominaron en noviembre y el resto del tiempo, prevalecieron los calanoideos representados por *Arcodiantomus dorsalis*.

Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003), realizaron un estudio acerca de la diversidad de los rotíferos de tres sistemas acuáticos (Bordo Amate amarillo, Las Teclas y Presa Palo blanco) en la subcuenca del río Cuautla, Morelos. Determinaron 16 especies de rotíferos de las cuales una especie presentó amplia distribución (*Horaëlla thomassoni* n. sp.) considerando a diversos taxa de este grupo con una amplia distribución. Concluyeron que la composición de especies es homogénea en los ambientes, con la dominancia de algunos taxa durante muestreo.



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

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

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

Nandini *et al.*, (2007) analizaron el fitoplancton y la abundancia del zooplancton, así como algunos parámetros físico-químicos en el embalse de Valle de Bravo durante un periodo anual (marzo 2001 a febrero 2002). Mencionan que en el caso del zooplancton las especies de rotíferos más comúnmente encontradas fueron *K. cochlearis*, *P. vulgaris* y *t. smilis*; y las especies de cladóceros *Bosmina longirostris*, *D. laevis* y *C. sphaericus*.



Relacionan el tamaño del zooplancton con su abundancia obteniendo una relación inversa, las especies más pequeñas son más abundantes que las especies grandes y menciona que esto también se expresa en términos de biomasa.

Gómez-Márquez *et al.*, (2008), evaluaron la composición, abundancia y variación temporal de la comunidad del zooplancton durante un ciclo anual (2001-2002) en el lago el Rodeo y su relación con los factores físicos y químicos del embalse. Mediante el análisis de componentes principales, observaron que la abundancia del zooplancton se relaciona más con la cantidad de fitoplancton, la temperatura del agua y ambiente y la época de lluvias.

Díaz *et al.* (2010) hablan de la importancia de los bordos; Ellos dicen que la importancia hablando ecológicamente, son sistemas muy dinámicos, pues tienen amplias fluctuaciones de nivel y en las condiciones ambientales a lo largo del año; altas cargas de nutrientes por el acarreo de materiales de la cuenca de drenaje durante la época de precipitación pluvial o por fertilización periódica con estiércol, la cual provoca que los organismos se vean expuestos a cambios drásticos; incremento en la carga de nutrientes y, por ende, del estado trófico; bajos niveles de intensidad lumínica por turbidez abiogénica o biogénica (material suspendido en el agua de origen inorgánico u orgánico, respectivamente); movimientos continuos en el nivel horizontal y vertical de la columna de agua por acción del viento; periodos prolongados de sequía (en sistemas temporales); amplias fluctuaciones de temperatura a lo largo del día y de las estaciones del año y reducción en la concentración de oxígeno por procesos de descomposición de la materia orgánica en los sedimentos.

Villabona-González *et al.*, (2011) evaluaron la variación espacio-temporal de la estructura del ensamble de rotíferos y microcrustáceos, asociados a macrófitas y se comparó con la variación de su estructura en aguas abiertas, para lo cual tomaron muestras integradas de zooplancton y biomasa de fitoplancton en cuatro sitios de aguas abiertas y en cuatro sitios cubiertos por macrófitas, durante diferentes niveles limnimétricos en el complejo cenagoso de Ayapel (Córdoba, Colombia). Las diferencias significativas de la estructura se obtuvieron mediante la prueba de Kruskal-Wallis y discriminantes; y la similitud entre sitios de muestreo mediante Bray y



Curtis. Las macrófitas favorecieron la riqueza zooplanctónica; sin embargo, no hubo un patrón espacial constante en la densidad, pero sí tendencias particulares condicionadas por el pulso de inundación. Sólo la densidad de algunos taxones y grupos del zooplancton se relacionó con las condiciones ambientales y la biomasa de fitoplancton.

Gallardo (2013), analizó la composición, abundancia y riqueza del zooplancton en el bordo Huitchila, Morelos, México y su relación con los factores ambientales durante un periodo sep. 2010 a sep. 2011. Identificó 16 especies pertenecientes a tres grupos principales: 11 rotíferos, 3 cladóceros y 2 copépodos. La especie más frecuente fue el copépodo *Arctodiaptomus dorsalis*, presente en el 100% de las muestras, con una densidad de 1182 org/L. Entre los cladóceros la especie más frecuente y abundante fue *Brachionus falcatus* (1511 org/L) y la más frecuente *B. caudatus* (92%). La familia Brachionidae registró mayor riqueza de especies en el sistema estudiado. La máxima riqueza de especies y abundancia de zooplancton se registró en la época de secas. El microreservorio se considera eutrófico, con aguas cálidas (20.3-28 °C), bien oxigenadas (4.1-16.2 mg/L), ligeramente alcalinas, duras y de baja conductividad (693-1258 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Santibáñez (2014), realizó un estudio en el microreservorio Huitchila, en el cual muestreó mensualmente de sep. 2012 a ago. 2013, con el principal objetivo de analizar la composición, abundancia y riqueza de especies del fitoplancton y su relación con los factores físicos y químicos. Identificó 4 divisiones en la comunidad fitoplanctónica, compuesta por 42 especies. Siendo Chlorophyta la división dominante con 31 especies. La división Cyanophyta la constituyen 5 especies, Euglenophyta con 2 especies. Registró la máxima riqueza de especies y abundancia del fitoplancton en la época de secas. Con respecto a las determinaciones de calidad de agua considera al sistema eutrófico, con tendencia a la hipereutrofia, productivo, aguas cálidas (20.6-26.3° C), bien oxigenadas (4.2-9 mg/L) duras y de baja conductividad (898-1350 $\mu\text{S}/\text{cm}$).



Justificación

Muchos de los cuerpos acuáticos continentales de México son de gran importancia para la vida silvestre, la biodiversidad y el ecoturismo. Asimismo son esenciales para las diversas actividades humanas, incluidas la agricultura, el desarrollo industrial, urbano y las economías locales. Con el fin de poder garantizar su uso sustentable, es urgente que se dirijan recursos y esfuerzos considerables a su investigación científica y a programas de conservación.

Dentro de los grupos de organismos animales fundamentales en los sistemas acuáticos epicontinentales, están aquellos incluidos dentro de la comunidad del zooplancton, que es responsable de la producción secundaria para estos sistemas y por lo tanto, su importancia reside en ser el soporte de todos los niveles tróficos superiores, caso concreto los peces (Lara-Lara *et al.*, 2009).

El presente estudio analiza la variabilidad del zooplancton de agua dulce y la importancia de su papel en este tipo de ecosistemas. Está compuesto por animales con altas tasas de crecimiento, un rasgo que permite responder rápidamente a ambientes cambiantes, siendo un indicador biológico importante por su transferencia de energía, acumulamiento de esta, su estabilidad, y producción secundaria, lo que lo hace un importante recurso biológico de alto valor ecológico y económico para la acuacultura.



Objetivos

Objetivo General:

- Determinar la composición, abundancia y diversidad de la comunidad zoopláctica y su relación con la calidad del agua.

Objetivos Particulares:

- Reconocer taxonómicamente hasta el nivel específico posible a los individuos zooplanctónicos.
- Analizar los parámetros físico-químicos del agua y su relación con la comunidad zooplanctónica.
- Obtener el índice de diversidad de Shannon-Winner (diversidad alfa) para la comunidad del zooplancton durante un periodo anual.
- Comparar la composición, distribución y abundancia del zooplancton de manera espacial y temporal en el sistema acuático.



Zona de Estudio

El estado de **Morelos** se localiza al centro del territorio nacional. Colinda al norte con el Distrito Federal, al noreste y noroeste con el estado de México, al sur con el estado de Guerrero y al oriente con el estado de Puebla. Es uno de los estado más pequeños de la República mexicana con una superficie que representa el 0.3 % del territorio nacional.

El municipio de **Tepalcingo**, está a 1140 metros de altitud. Tiene una superficie de 349.713 kilómetros cuadrados, cifra que representa el 7.5 por ciento del total del estado. Limita al norte con Ayala y Jonacatepec; al sur con Tlaquiltenango y el Estado de Puebla; al este con Axochiapan y Jonacatepec; y al oeste con Ayala y Tlaquiltenango.

El bordo **Huitchila** se ubica geográficamente entre los paralelos $18^{\circ}39'40''$ de latitud norte y los $98^{\circ}55'37''$ de longitud oeste a 1,100 msnm (figura 4). (INEGI, 2009). Tiene una longitud máxima de 605.38 m, ancho máximo de 283.36 m de profundidad máxima de 5 m aproximadamente.

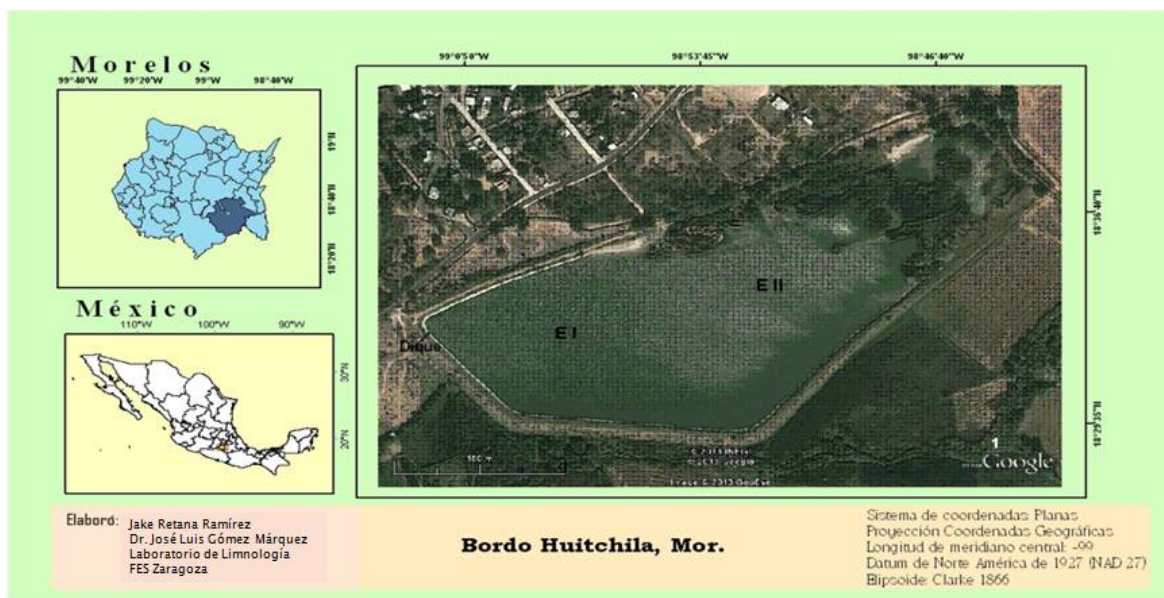


Figura 4. Ubicación de microreservorio Huitchila en el estado de Morelos



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

Hidrografía: Cuenta con los escurrimientos de la barranca de Amayuca, que se transforman en el río Tepalcingo, abajo de la cabecera municipal, recibe las aguas de los manantiales de Atotonilco. Pasa de Ixtlilco el Grande y sirve de límite a este municipio con el Axochiapan. Unos kilómetros más abajo recibe las aguas del arroyo Texcaltepec.

Flora y Fauna: La flora está constituida principalmente por: selva baja caducifolia de clima cálido con jacaranda (*Jacaranda mimosesifolia*), tabachín (*Caesalpinia pulcherrima*), cazahuate (*Ipomoea arborescens*), ceiba (*Ceiba petandra*) y bugambilia (*Bougainvillea spectabilis*), *Neobuxbaumia mezcalensis*, *Bursera morolensis*, *Bursera ápeterea*, *Bursera longipes*, *Comocladia engleriana*, *Ceiba aesculifolia*, *Haematoxylon brasiletto*, *Lippia graveolens*, *Lysiloma tergemina*, *Euphorbia schlechedalii*, *Acacia cymbipina*, *Pithecellobium acatlense*, *Cassia pringlei*, *Acacia farnesiana*, *A. cochliacantha*, *A. bilimekii*, *Willardia parviflora*, *Ipomoea intrapilosa*, pastizal (3.5%) y bosque (0.13%) (INEGI, 2000).

La fauna la constituyen venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), jabalí de collar (*Pecari tajacu*), mapache (*Prosynidae* spp.), tejón (*Nasua narica*), zorrillo (Mephitidae), armadillo (*Dasypodidae*), conejo común (*Oryctolagus cuniculus*), coyote (*Oryctolagus cuniculus*), gato montés (*Lynx rufus*), comadreja (*Mustela nivalis*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), tlacuache (*Marmosa mexicana*), murciélago (Chiroptera), chachalaca (*Ortalis poliocephala*), urraca copetona, zopilote (*Coragyps atratus*), aura, cuervo (*Corvus corax*) y lechuza (*Strix chacoensis*) (INEGI, 2009).

Características y Uso del Suelo: Tepalcingo es un municipio eminentemente agrícola ya que utiliza 120.6 km² en el uso pecuario y 256.2 km² para uso forestal, se puede señalar con este mismo dato que la tendencia de la tierra ejidal es de 305.8 km² y particular de 74.4 km².



Figura 5. Vista de microreservorio Huitchila

En el Bordo Huitchila la vegetación que prevalece es la Selva Baja Caducifolia y la geología corresponde a la Era Cenozoica, del periodo Cuaternario. Los tipos de suelo son el Vertisol pélico, y suelo secundario es Regosol con textura fina (INEGI, 2000).

Material y Método

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

Fase de Campo

Se realizaron muestreos mensualmente de marzo del 2013 a marzo del 2014 se establecieron dos estaciones de muestreo en los extremos del eje longitudinal del embalse (Fig.4), una en la zona cercana al dique (EI) y otra en la región fluvial del embalse (EII). Cada uno de ellos se ubicó mediante el sistema de coordenadas geográficas con un GPS (Sistema de Geoposicionamiento) y en ellos se tomaron las muestras de agua a 2 profundidades 0.3 y 1m.

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

Para la toma de muestras de agua se usó una botella Van Dorn de dos litros de capacidad y las muestras de agua fueron almacenadas a baja temperatura (4° C aproximadamente) hasta su cuantificación en el laboratorio, en donde se determinaron los siguientes parámetros (Cuadro 1).



Parámetro	Aparato
Temperatura ambiente (°C)	Termómetro ± 1 °C
Temperatura Agua (°C)	Oxímetro marca HANNA-HI9146
Oxígeno Disuelto (mg/L)	Oxímetro marca HANNA-HI9146
Transparencia (m)	Disco de Secchi
Profundidad (m)	Cuerda
Alcalinidad Total (mg/L)	Volumetría con indicadores
Dureza Total (mg/L)	Complejométrico
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	Multiparámetro marca HANNA-HI991300
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Multiparámetro marca HANNA-HI991300
Ph	Multiparámetro marca HANNA-HI991300

Cuadro 1. Métodos para determinar la calidad de agua.

(SARH, 1982; Arredondo, 1986; APHA, 1992, Blancas *et al.*, 2011)

Para la determinación del oxígeno disuelto se utilizó el oxímetro marca HANNA modelo HI9146. El pH, sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica se midieron con un multiparámetros marca HANNA, modelo HI 991300 (Cuadro 1).

Para la colecta del Zooplancton se empleó una red de arrastre de 80 μm de luz de malla en un transecto de 10 m, en la cual se obtuvo una muestra de aproximadamente 500 mL y se almacenó en una botella de polietileno. Las muestras con los organismos se fijaron utilizando alcohol al 70%.

Fase de Laboratorio

Muestreo de material biológico: Las muestras de zooplancton se determinaron colocando 1 mL de muestra en una cámara de conteo Sedwick-Rafter, esta cámara es especial para la cuantificación del zooplancton para expresar la densidad de plancton con respecto a una unidad de volumen org/L (Schwöergel, 1975), ya que es capaz de contener 1 mL de muestra lo que ayuda a calcular los números de individuos de los diferentes tres grupos de zooplancton (copépodos, rotíferos y cladóceros) presentes en el volumen de la botella. La cuantificación se realizó dos veces para cada muestra.



Para la determinación de los organismos, se emplearon los siguientes manuales de nomenclatura y clasificación: Ahlstrom (1940), Osorio, (1942), Needham y Needham (1972), Koste (1978), Korovochinsky y Smirnov (1998). Silva-Briano y Suárez-Morales (1998), Nogrady y Segers (2002) y Elías-Gutiérrez *et al.* (2008),

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

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

Donde V es el volumen de agua filtrada, r el radio de la boca de la red, d la longitud del trayecto de desplazamiento de la red y F el factor de eficiencia de filtración (González de Infante, 1988)

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

Consiste en filtrar entre 150 y 200 ml de la muestra de agua (dependiendo de la cantidad de sólidos suspendidos) con un filtro millipore de 0.45 μm al vacío, el cual se coloca en un tubo para centrifuga, se adicionó de 2 a 3 ml de acetona al 90%, después se maceró el filtro y se completó el volumen de acetona hasta 10 ml. Se colocaron en obscuridad durante 2 horas a temperatura ambiente y después se centrifugó durante 10 minutos a 4000 rpm.

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

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

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

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



Fase de Gabinete

Análisis Estadístico: Para conocer el comportamiento de los parámetros durante el periodo de muestreo, se realizó un análisis exploratorio de datos (Salgado, 1992); Se aplicó la "t-Student" ($p < 0.05$) o U de Mann-Whitney (dependiendo de la aceptación de los supuestos), con el fin de comparar diferencias y similitudes entre los sitios de muestreo de cada parámetro, de igual manera se aplicó el análisis de varianza (ANADEVA) o de la estadística no paramétrica (Kruskal-Wallis) para determinar la existencia o no de diferencias significativas de las variables físico-químicas y biológicas entre las estaciones de manera temporal. Para todos los análisis estadísticos se utilizó el paquete de STATGRAPHICS Centurion XVI Versión 16.1.18. Posteriormente se realizaron gráficas de la temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad total, dureza total, sólidos totales y conductividad contra el tiempo.

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

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

Dónde: H= índice de diversidad

S= Número de especies

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



Índice de Equidad de Pielou: Este índice mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

Para la equidad se utilizó la siguiente fórmula:

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

(Moreno, 2011)

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

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)

Para jerarquizar a las especies en función de la abundancia y la frecuencia de la comunidad zoopláctica se construyó un diagrama de Olmstead-Tukey, esta prueba se utiliza para determinar el carácter de las especies como dominantes, ocasionales, constantes y raras (Sokal y Rohlf, 1981). Este procedimiento analiza gráficamente la frecuencia relativa (%) o también llamada frecuencia de aparición de cada especie (eje X), con el \ln de la abundancia absoluta (\ln org/mL) en el eje Y.

Se realizó el análisis estadístico multivariado (Análisis de Componentes Principales) que es una técnica de síntesis de la información. Esto quiere decir, ante un conjunto de datos con muchas variables, el objetivo es reducirlos, perdiendo lo menos posible de información. Este análisis se efectuó con la finalidad de establecer el grado de relación que existe entre las variables físicas, químicas y bióticas (Jeffers, 1978).

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

Resultados

Riqueza Específica

En el análisis estadístico se registraron tres grupos del zooplancton, siendo el más representativo por su abundancia los copépodos que pertenecen a la clase Maxillopoda representado por el 73% y 70% en las estaciones I y II respectivamente de densidad total del zooplancton, el segundo grupo representativo pertenece a la clase Monogonta, del grupo de los rotíferos con el 20.5% y 25% para cada estación y por último, los cladóceros de la clase Branchiopoda con 7% para la estación I y 5% para la estación II siendo el menos abundante durante el periodo del muestreo (Fig. 6).

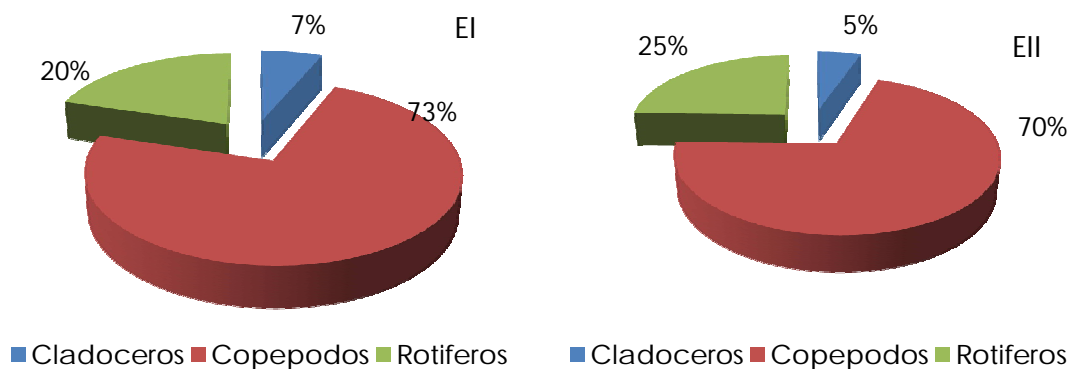


Figura 6. Composición porcentual de los grupos del Zooplancton en ambas estaciones

En el sistema se registraron un total de 15 especies pertenecientes a los tres grupos principales del zooplancton: Copépodos, Cladóceros y Rotíferos (Tabla 1), los cuales fueron clasificados taxonómicamente con base en el Sistema de Información de Taxonomía Integrada (ITIS) 2014. Con respecto a los Copépodos se registraron 2 especies *Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*, en este grupo se encontraron un gran número de copepoditos. En el grupo de los Cladóceros se identificaron 2 especies *Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura*. En el caso de los Rotíferos son los que presentaron una mayor riqueza específica, con un número de 11 especies, de las cuales la familia Brachionidae fue la más abundante con un total de 7 especies; las familias que le siguen son Asplachnidae, Conochilidae, Filinidae y Synchaetidae, con una especie cada una.



Tabla 1. Registro de especies en el microreservorio Huitchila (Anexo 1).

PHYLUM	CLASE	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Arthropoda	Maxilopoda	Diaptomidae	<i>Arctodiaptomus</i>	<i>Arctodiaptomus dorsalis</i> (Marsh, 1907)
		Cyclopoida	<i>Thermocyclops</i>	<i>Thermocyclops inversus</i> (Kiefer, 1936)
	Branchiopoda	Sididae	<i>Diaphanosoma</i>	<i>Diaphanosoma birgei</i> (Korinek, 1981)
		Moinidae	<i>Moina</i>	<i>Moina micrura</i> (Kurtz, 1874)
Rotifera	Monogonta	Asplanchnidae	<i>Asplanchna</i>	<i>Asplanchna silvestris</i> (Gosse, 1850)
		Conochilidae	<i>Conochilus</i>	<i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet, 1892)
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas, 1766)
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus caudatus</i> (Barrios y Daday, 1894)
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus falcatus</i> (Zacharias, 1898)
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus havanaensis</i> (Rousselet, 1913)
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)
		Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus urceolaris</i> (Muller, 1773)
		Filiniidae	<i>Filinia</i>	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)
		Synchaetidae	<i>Ploesoma</i>	<i>Ploesoma</i> sp. (Herrick, 1885)

Variación temporal del zooplancton

En cuanto a la variación y composición temporal de los integrantes de la comunidad zooplántica, el grupo con mayor abundancia durante todo el estudio fue el de los copépodos, los cuales dominaron en las dos temporadas (secas y lluvias), siendo más notable en los meses de abril, agosto, noviembre y marzo del 2014 con 156, 546, 439, 503 org/L respectivamente, para la estación 1 (Fig. 7). En cuanto a la estación 2 este tipo de comportamiento se dio durante los meses de marzo, agosto, diciembre y marzo de 2014 con 179, 643, 355, 492 org/L para cada mes.

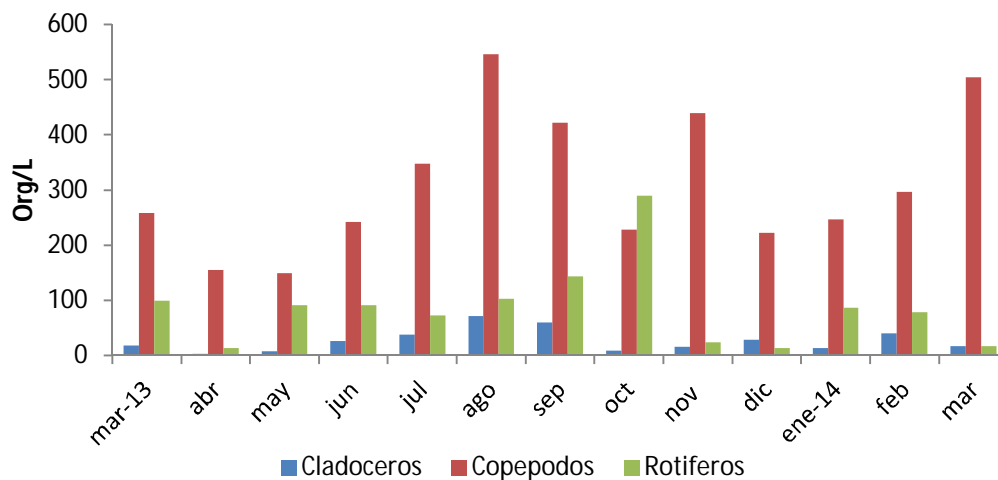


Figura 7. Variación temporal de la abundancia de los grupos del zooplancton registrados en el sistema de Mar-2013 a Mar-2014 EI.

En cuanto a los rotíferos de la estación I tuvieron mayor presencia en los meses de mayo con 91 org/L y en octubre con 289 org/L, y menos abundancia en los meses de noviembre y diciembre con 24 y 14 org/L respectivamente (Fig. 7). Para la EI este grupo tuvo mayores valores de abundancia en los meses de marzo y octubre con 182 y 229 org/L cada uno, y un valor mínimo durante el mes de febrero de 2014 con 33 org/L. Por último el grupo de los cladóceros que tuvo un valor máximo de 28 org/L en el mes de agosto y dos mínimos en los meses de abril y octubre con 3 y 8



org/L respectivamente, esto para la EI. En cuanto a la EII la abundancia de este grupo se mantuvo casi constante en las épocas de secas cálidas y de lluvias teniendo en el mes de septiembre su valor más alto de 54 org/L y mínimas en los meses de noviembre y febrero de 2014 en la época de secas frías con valores de 2 y 4 org/L respectivamente (Fig. 8).

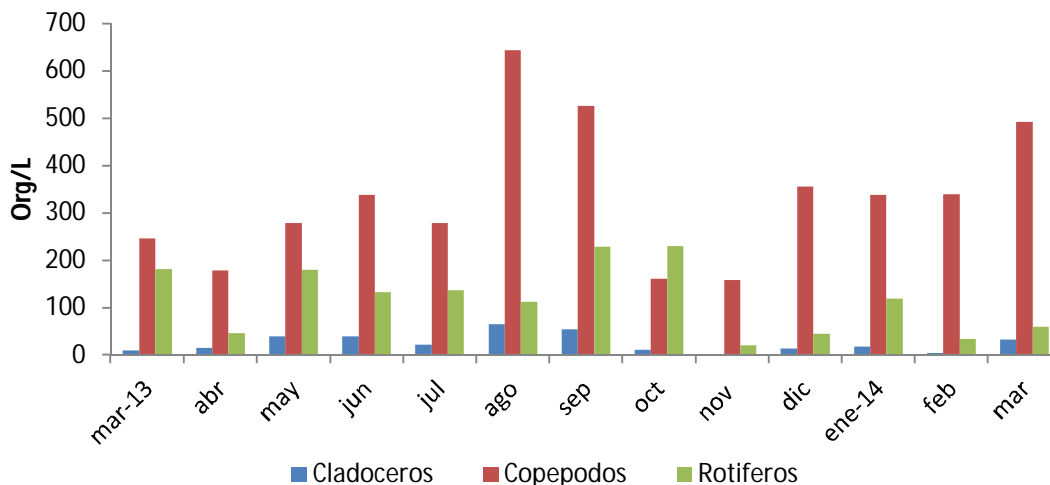


Figura 8. Variación temporal de los grupos del Zooplancton del microreservorio Huitchila en el periodo de Mar-2013 a Mar-2014 de la EII.

En la Figura 9 se muestra el comportamiento de la abundancia del zooplancton en las dos estaciones del bordo Huitchila a través del tiempo (Marzo 2013 a Marzo 2014). Se registró un mayor número de organismos durante la época de lluvias en los meses de agosto y septiembre para ambas estaciones, esto se debe a que durante esta época las condiciones son adecuadas para el crecimiento de la población de algunas de las especies, ya que al llover se tiene una mayor cantidad de oxígeno en el agua del bordo, el acarreo de nutrientes que ingresan al sistema en mayores cantidades, así como la dispersión de los predadores ícticos en el sistema; así como mínimos durante el inicio de la época de secas y para el resto de los meses el comportamiento de la abundancia del zooplancton tiende a mantenerse constante, cabe resaltar que en la EII durante la mayoría de los meses de estudio, se registró un mayor número de org/L, a excepción de los meses de julio, octubre, noviembre del 2013 y febrero de 2014.

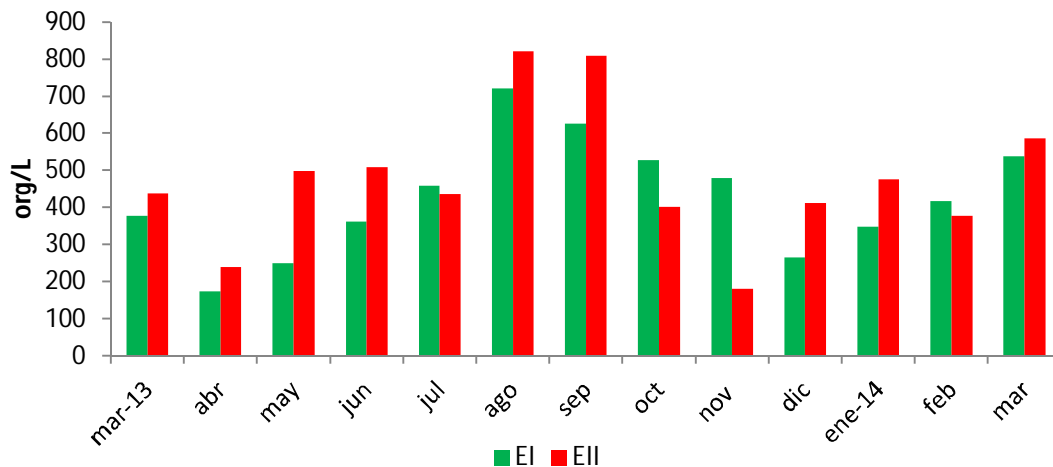


Figura 9. Variación temporal de la comunidad zooplánctica.

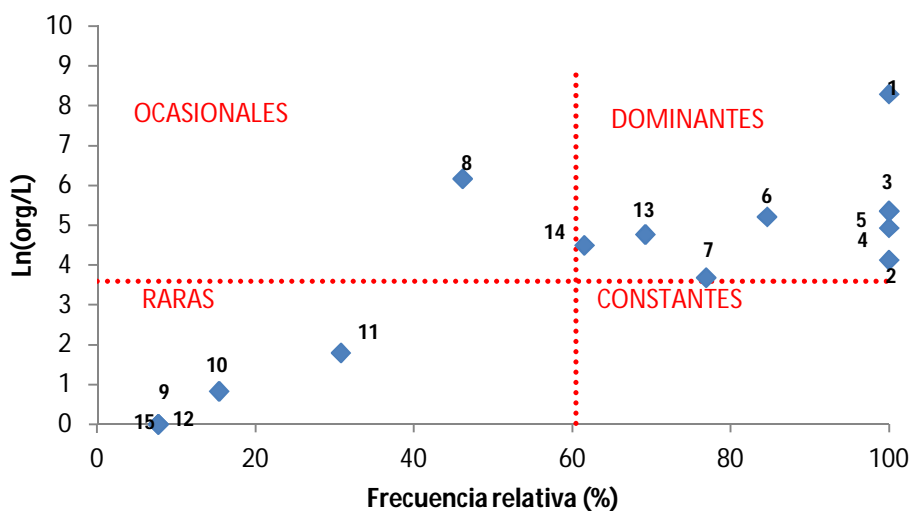
De acuerdo al análisis de varianza (ANADEVA; $p < 0.05$), aplicando la prueba de U de Mann-Whitney para la comunidad zooplánctica por grupos, no hay diferencias significativas entre las estaciones 1 y 2: Cladóceros (U de Mann-Whitney= 79.0; $p=0.797$), Rotíferos (U de Mann-Whitney= 111.0; $p=0.182$) y Copépodos (U de Mann-Whitney=94.0; $p=0.644$).

Sin embargo el grupo de los Rotíferos no mostró variaciones en el bordo Huitchila a través del tiempo (Kruskal-Wallis $H= 21.1282$; $p=0.0485$) y los otros dos grupos si registraron diferencias significativas a lo largo del periodo de estudio, Cladóceros (Kruskal-Wallis $H=11.6923$; $P=0.470$) y por último los Copépodos (Kruskal-Wallis $H=18.393$; $p=0.104$).



Dominancia de especies

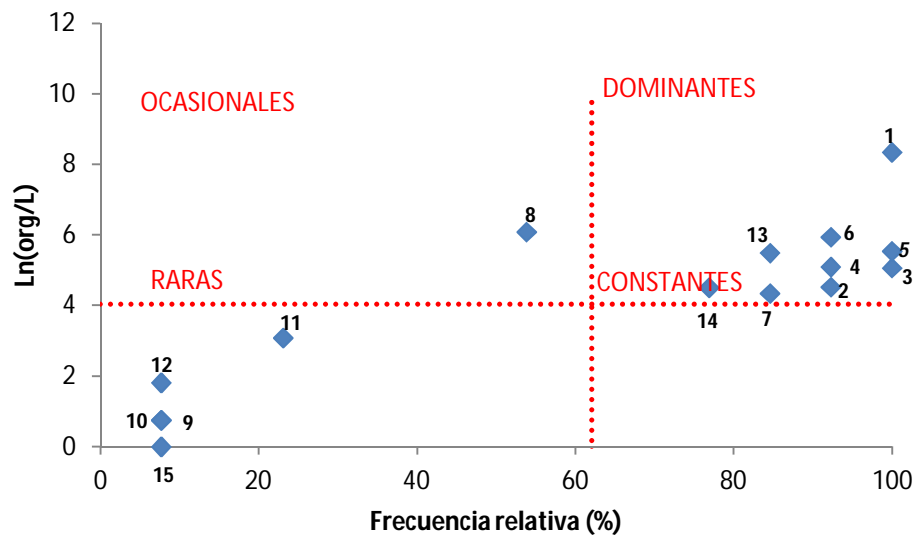
El diagrama de Olmstead-Tukey para la comunidad zoopláctica del bordo Huitchila muestra las variaciones de las abundancias y la frecuencia con la que se presentaron las especies a través del tiempo de estudio. Para la EI al desarrollar el análisis, se obtuvo un total de 9 especies que alcanzaron altas frecuencias y valores por encima de la media Ln de la abundancia absoluta, por esto se consideran dominantes, 5 especies pertenecen al grupo de los rotíferos (*Brachionus havanaensis*, *B. caudatus*, *Filinia longiseta*, *Conochilius unicornis* y *Asplachna sp.*), 2 pertenecientes al grupo de los copépodos (*Arctodiaptomus dorsalis*, *Termocyclops inversus*) y 2 a los cladóceros (*Moina micrura* y *Diaphanosoma birgei*) (Fig. 10).



1=*Arctodiaptomus dorsalis*, 2=*Termocyclops inversus*, 3=*Diaphanosoma birgei*, 4=*Moina micrura*, 5=*Asplachna sp.*, 6=*Brachionus caudatus*, 7=*B. havanaensis*, 8=*B. falcatus*, 9=*B. angularis*, 10=*B. urceloaris*, 11=*B. calyciflorus*, 12=*B. quadridentatus*, 13=*Conochilius unicornis*, 14=*Filinia longiseta*, 15=*Ploesoma sp.*

Figura 10. Categorización de la presencia de especie del Zooplancton en el microreservorio en la EI

En la EII el análisis arrojó datos muy similares ya que se obtuvieron el mismo número de especies dominantes y estas son las mismas que en la estación I del Bordo Huitchila. De igual manera en las dos estaciones solo se obtuvo una especie ocasional (*Brachionus falcatus*) y las 5 restantes se pueden catalogar como especies raras (*B. angularis*, *B. calyciflorus*, *B. urceloaris*, *B. quadridentatus* y *Ploesoma sp.*)(Fig. 11).



1=*Arctodiaptomus dorsalis*, 2=*Thermocyclops inversus*, 3=*Diaphanosoma birgei*, 4=*Moina micrura*, 5=*Asplanchna sp.*, 6=*Brachionus caudatus*, 7=*B. havanaensis*, 8=*B. falcatus*, 9=*B. angularis*, 10=*B. urceloaris*, 11=*B. calyciflorus*, 12=*B. quadridentatus*, 13=*Conochilus unicornis*, 14=*Filinia longiseta*, 15=*Ploesoma sp*

Figura 11. Categorización de la presencia de especies del Zooplancton en el microreservorio en la EII.

En ambas estaciones del grupo de los copépodos calanoideos (*Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*), en el grupo de los cladóceros (*Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura*) y los rotíferos (*Asplanchna silvestris*, *Brachionus caudatus*, *B. havanaensis*, *Conochilus unicornis* y *Filinia longiseta*) se observan entre los dominantes ya que alcanzan altas frecuencias y valores superiores a la media del Ln de la abundancia absoluta. La distribución de la mayoría de estos organismos en los sistemas continentales es condicionada por factores del ambiente, como la temperatura, disponibilidad de alimento y la abundancia de la misma especie. Dichos factores dentro del sistema estudiado, pudieron ser



los causantes de su dominancia durante todo el estudio, ya que las temperaturas mayores a 20°C propiciaron a su reproducción durante todo el año de estudio.

En el caso de *B. falcatus* se ubica dentro de las ocasionales ya que mostró altos valores de abundancia durante la época de lluvias, pero poco frecuente.

Mientras en las constantes ninguna especie estuvo presente. Y por último en las raras se encuentran los rotíferos restantes debido a poca abundancia y frecuencia conformado por: *B. calicyflorus*, *B. urceloaris*, *B. quadridentatus*, *B. angularis* y *Ploesoma sp.*

Densidad poblacional

De las 15 especies que se registraron en el bordo, las de mayor importancia de acuerdo a los altos valores de abundancia y la dominancia que tuvieron durante el periodo de estudio son: ***Arctodiaptomus dorsalis***, ***Termocyclops inversus***, ***Diaphanosoma birgei***, ***Moina micrura***, ***Asplachna sp.***, ***Brachionus caudatus***, ***B. havanaensis***, ***Conochilus unicornis*** y ***Filinia longiseta***.

En la Figura 12 se muestran las especies dominantes en la El pertenecientes al grupo de los copépodos; la especie *Arctodiaptomus dorsalis* registró una mayor abundancia durante los meses de lluvias teniendo su mayor valor en el mes de agosto con 542 y 633 org/L respectivamente en ambas estaciones. Los valores mínimos fueron registrados en noviembre con 56 org/L en noviembre para la estación 2. Al igual *Termocyclops inversus*, tiene una mayor abundancia durante el mes de septiembre con 16 y 36 org/L respectivamente en la estación El y Ell; el comportamiento de esta especie tiende a mantenerse constante a través del tiempo.

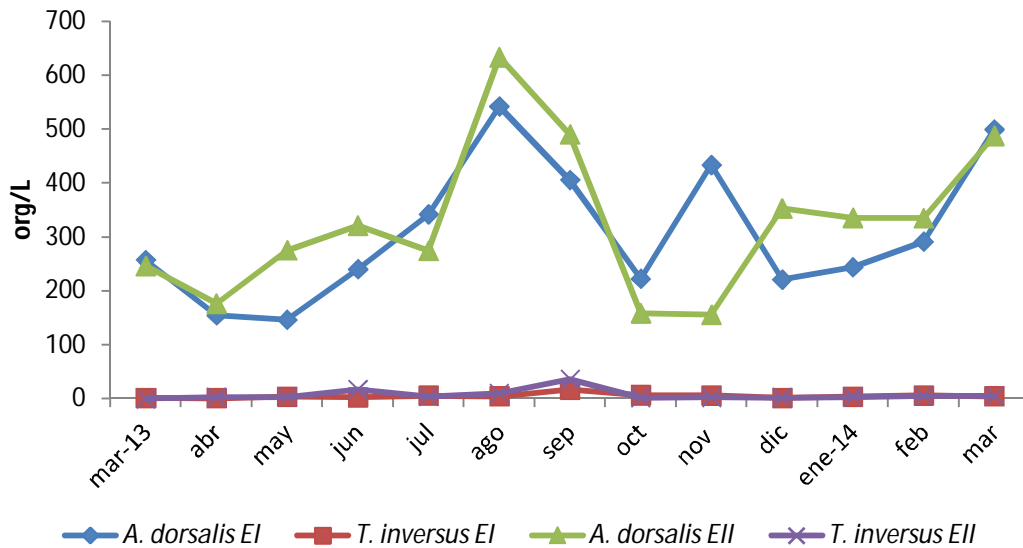


Figura 12. Abundancia de las especies sobresalientes pertenecientes al grupo de los copépodos a lo largo del muestreo.

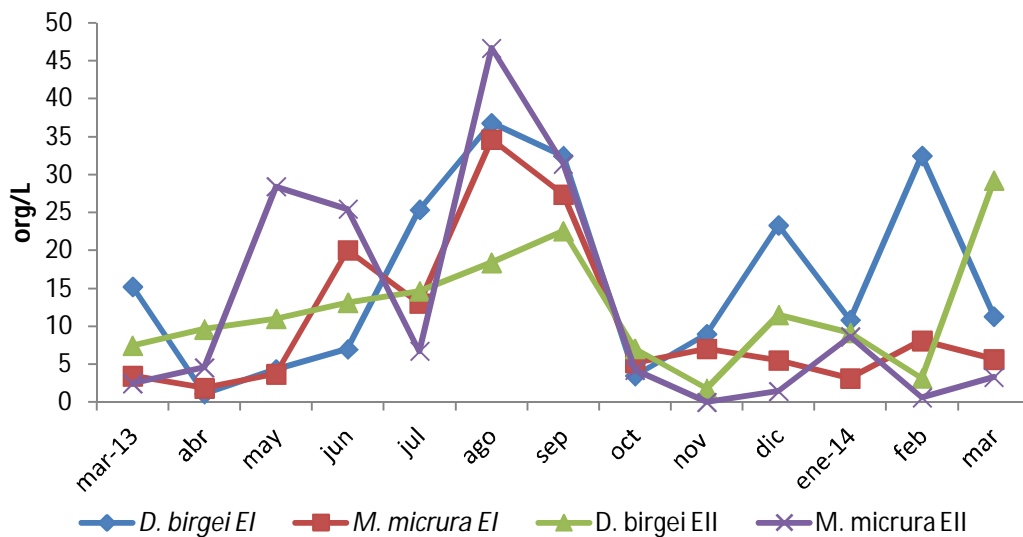


Figura 13. Variación temporal de las especies del grupo de los cladóceros

Para el grupo de los cladóceros (Fig. 13) las especies tuvieron el mismo comportamiento entre una y otra estación, la mayor abundancia se los cladóceros se registro durante la época de lluvias y valores mínimos durante la épocas de secas frías y secas cálidas.



En cuanto a las 5 especies de rotíferos dominantes durante el estudio se aprecia que *B. havanaensis* se mantiene de manera constante en las dos estaciones, para el caso de *Asplachna* se encontró mayor abundancia en marzo de 2013 y después un comportamiento homogéneo a través del tiempo; *C. unicornis* obtuvo sus valores más altos durante época de secas frías en octubre y enero de 2014. *F. longiseta* registró un comportamiento discreto con pocos org/l; *B. caudatus* mostró el mismo comportamiento entre las estaciones teniendo dos etapas de florecimiento en la época de secas cálidas y la de lluvias (Fig. 14 y 15).

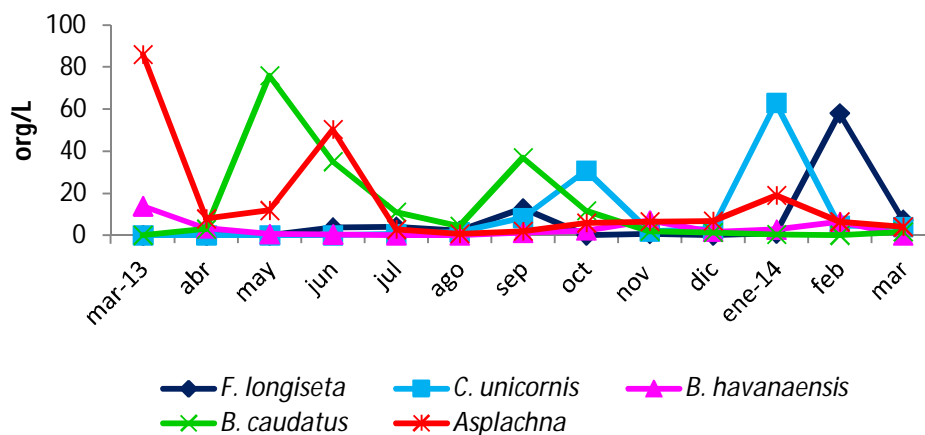


Figura 14. Comportamiento temporal de la especies sobresalientes del grupo de los rotíferos en el bordo Huitchila

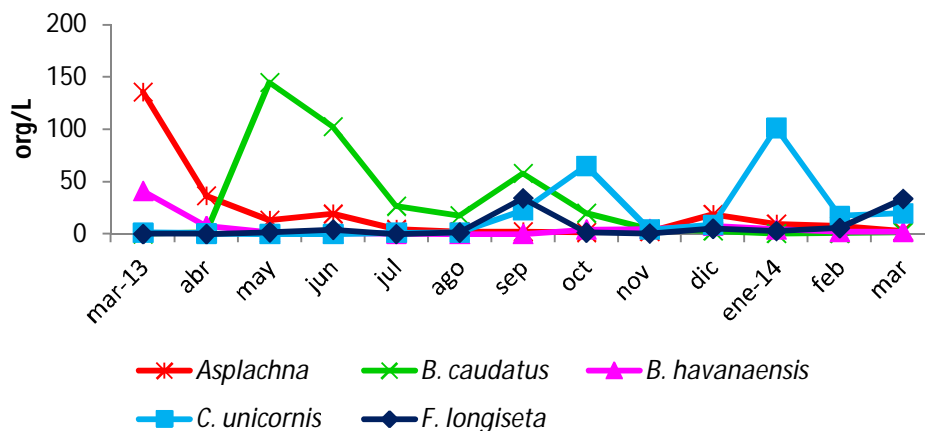


Figura 15. Abundancia de las especies sobresalientes del grupo de los rotíferos del bordo Huitchila.

Relación Zooplancton-Clorofila "a"

La concentración de clorofila "a" en la Estación I (Fig. 16), es mayor en los meses de mayo y diciembre del 2013. Así mismo se puede observar que presenta una relación inversa entre la clorofila a y la densidad el zooplancton. En cuanto a la Estación II (Fig. 17) las mayores concentraciones de clorofila a se registraron en los meses de abril, mayo, junio, julio y noviembre, aunque el registro de la densidad de la comunidad zooplántica es alta, la clorofila se mantuvo en un rango alto. Sin embargo, el comportamiento es más claro en la estación 1 que en la estación 2.

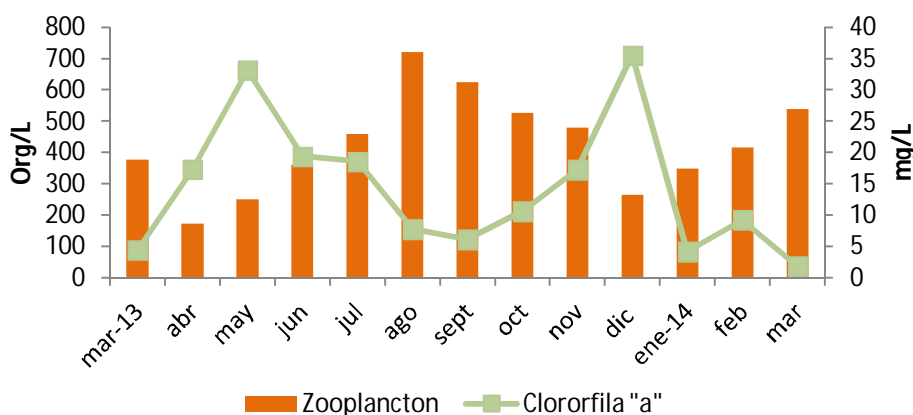


Figura 16. Relación abundancia de zooplancton y la clorofila a E I.

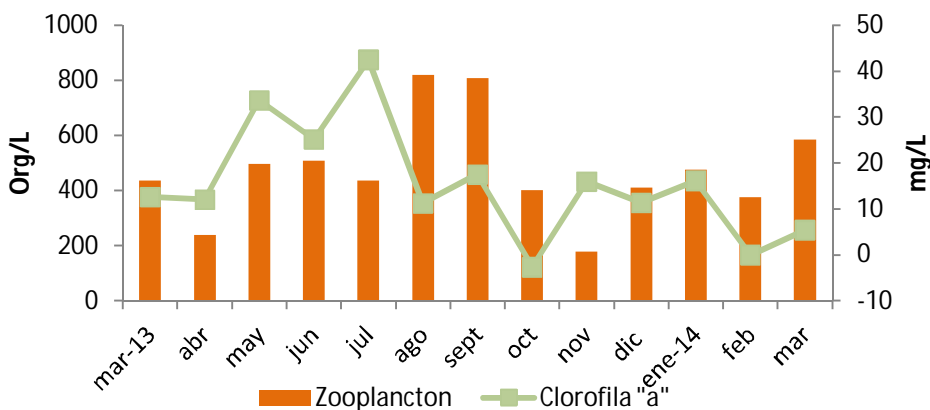


Figura 17. Relación abundancia de zooplancton y la clorofila a E II.



Parámetros Físicos y Químicos

Se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney para los parámetros físicos, químicos y biológicos, la cual mostró que no existían diferencias significativas entre estaciones y niveles obteniendo los siguientes valores: Temperatura del agua (U Mann-Whitney = 92.5; $p=0.700$), transparencia (U Mann-Whitney= 83.5; $P=0.979$), oxígeno disuelto (U Mann-Whitney=94; $p=0.644$), pH (U Mann-Whitney= 94; $p= 0.64$), conductividad (U Mann-Whitney= 86; $p= 0.959$); sólidos disueltos totales (U Mann-Whitney= 79; $p=0.797$), alcalinidad total (U Mann-Whitney= 67.5; $p=0.396$), dureza total (U Mann-Whitney= 82; $p=0.918$) y profundidad total (U Mann-Whitney= 51; $p=0.09$); es por esto que se decidió tomar el promedio de ambas estaciones.

Al no encontrar diferencias estadísticas significativas entre estaciones, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis ($p<0.05$) para comprobar que todos los parámetros presentan diferencias de manera temporal entre los meses de muestreo: Temperatura del agua (Kruskal-Wallis: $H= 23.7$; $p= 0.021$); transparencia (Kruskal-Wallis: $H= 22.8$; $p= 0.029$), oxígeno disuelto (Kruskal-Wallis: $H= 20.2$; $p=0.061$), pH (Kruskal-Wallis: $H= 22.6$; $p=0.030$), conductividad (Kruskal-Wallis: $H= 23.5$; $p=0.023$), sólidos disueltos totales (Kruskal-Wallis: $H= 23.6$; $p=0.022$), alcalinidad total (Kruskal-Wallis: $H=20.2$; $p=0.061$), dureza total (Kruskal-Wallis: $H=24.5$; $p=0.017$) y profundidad total (Kruskal-Wallis: $H= 20.2$; $p=0.06$)

La temperatura del agua en ambas estaciones mostró los máximos de 27.6 °C durante la época de lluvias (julio) y los mínimos de 20.4 °C durante la época de secas frías (enero). La temperatura del agua prevaleció con valores superiores a los 20 °C durante todo el periodo de trabajo. Con respecto a la temperatura ambiente se registro un mínimo de 21.3 °C en el mes de agosto del 2013 y 30.2 °C como máximo en el mes de marzo del 2014 (Fig. 18).

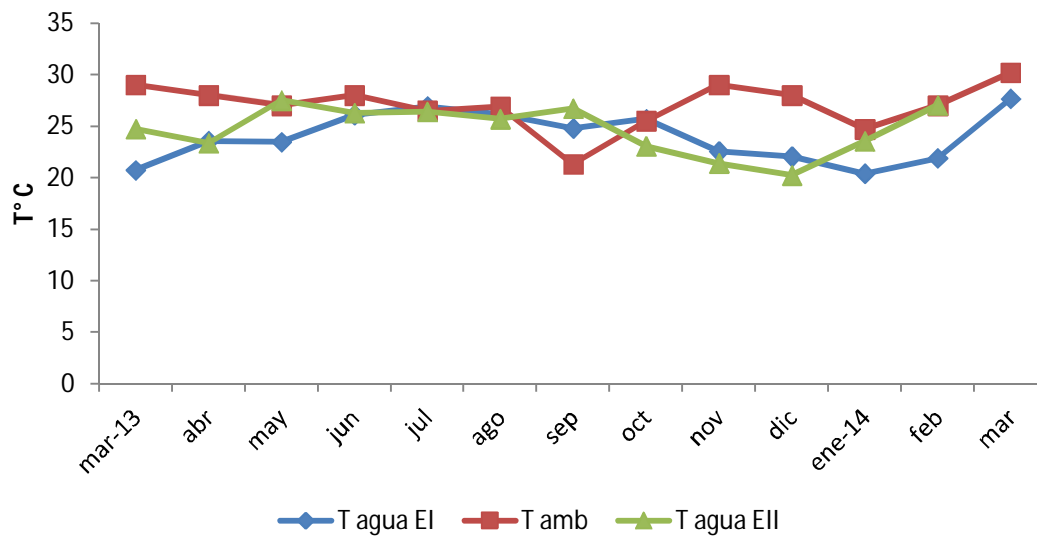


Figura 18. Comportamiento temporal de la temperatura del agua (EI y EII) y temperatura ambiente.



Los valores de visibilidad al disco de Secchi (Fig. 19), se registró la misma tendencia para ambas estaciones, donde los valores mínimos se registraron en el mes de mayo (fase de concentración) y los valores máximos en el mes de agosto (fase de dilución). La transparencia osciló entre los 0.3 y 0.62 m. La profundidad en la El varía de 2 a 5m, mientras en la EII esta varía de 1 a 5 m. En la figura 22 se puede observar que la profundidad aumenta en la época de lluvias y los valores mínimos se registraron en la época de secas.

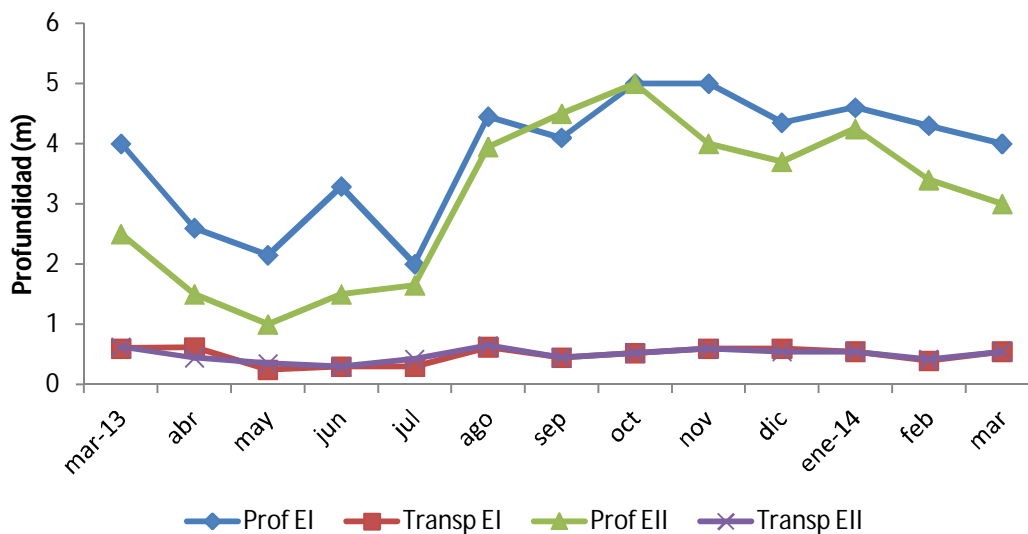


Figura 19. Visibilidad al disco de Secchi y la profundidad.

En la figura 20 se observa la relación inversa que se presentó entre la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto (OD), cuando la temperatura aumenta las concentraciones de oxígeno disminuye y viceversa. Las concentraciones que se registraron de OD en la El varían de 4.6 en el mes de octubre a 11.6 mg/L en el mes de diciembre. Durante el muestreo los valores promedio para la El fueron de 7.8 mg/L y para la EII 8.6 mg/L (Tabla 3 y 4). Para el caso del pH ambas estaciones tienen un promedio de 8.5, lo que explica que son aguas alcalinas. Registrando los valores más altos en marzo del 2013 y febrero del 2014 para El y EII respectivamente.

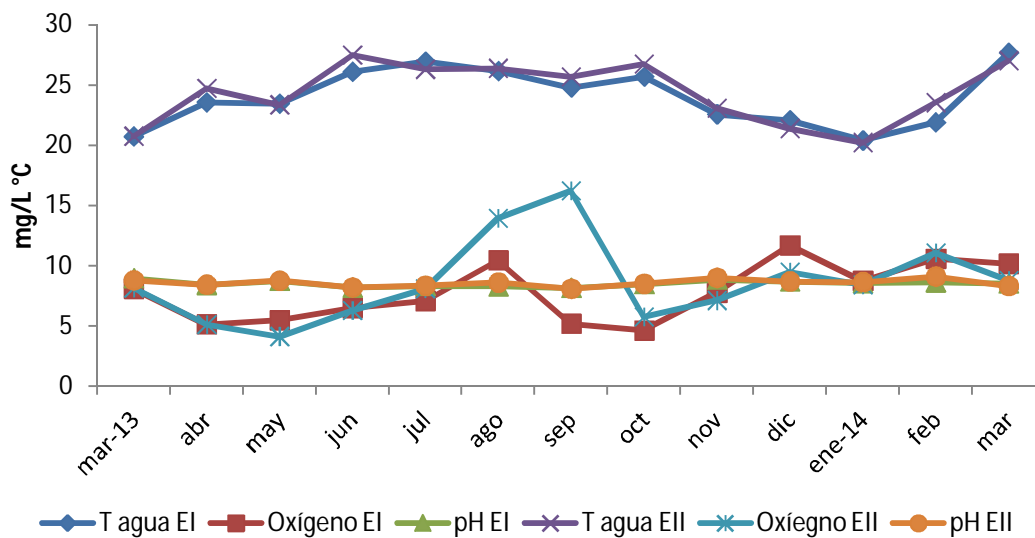


Figura 20. Comportamiento Oxígeno Disuelto (OD), temperatura del agua y pH.



En la figura 21 se puede observar que la conductividad es directamente proporcional a la cantidad de sólidos disueltos totales, ya que si los sólidos disminuyen, también el valor de la conductividad se verá afectado. Con respecto a los sólidos disueltos totales, la mayor cantidad se obtuvo en el mes de mayo en ambas estaciones y los valores fueron disminuyendo paulatinamente durante el estudio hasta tener un pequeño repunte en el mes de enero. La conductividad muestra el mismo comportamiento.

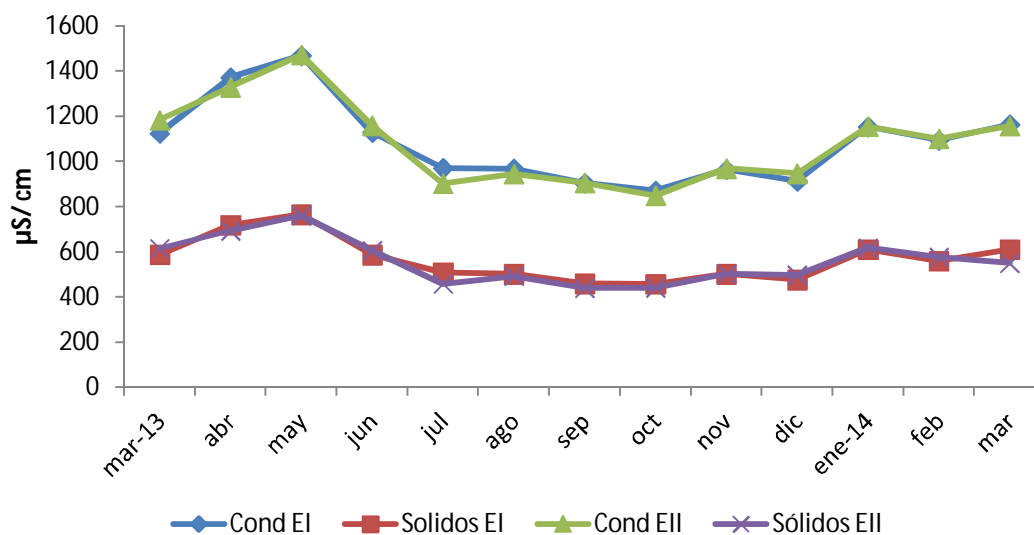


Figura 21. Comportamiento temporal de los sólidos y la conductividad del agua en el bordo Huitchila.

Se puede observar en la figura 22 que la alcalinidad total presentó en el mes de mayo un aumento en la EI con 219 mg/L de CaCO_3 y un mínimo en el mes de septiembre con 130 mg/L CaCO_3 . Mientras en la EII en el mes de noviembre presentó un máximo de 200 mg/L de CaCO_3 , y un mínimo en junio de 117 mg/L CaCO_3 . Por estos valores registrados el cuerpo de agua se puede considerar como productivo. Las concentraciones de la dureza total presentan un promedio para ambas estaciones de 134 mg/L CaCO_3 , con un máximo en febrero de 188.6 mg/L de CaCO_3 para la EI y un valor de 182.9 mg/L de CaCO_3 en la EII, valores para los cuales el sistema se puede considerar con aguas duras.

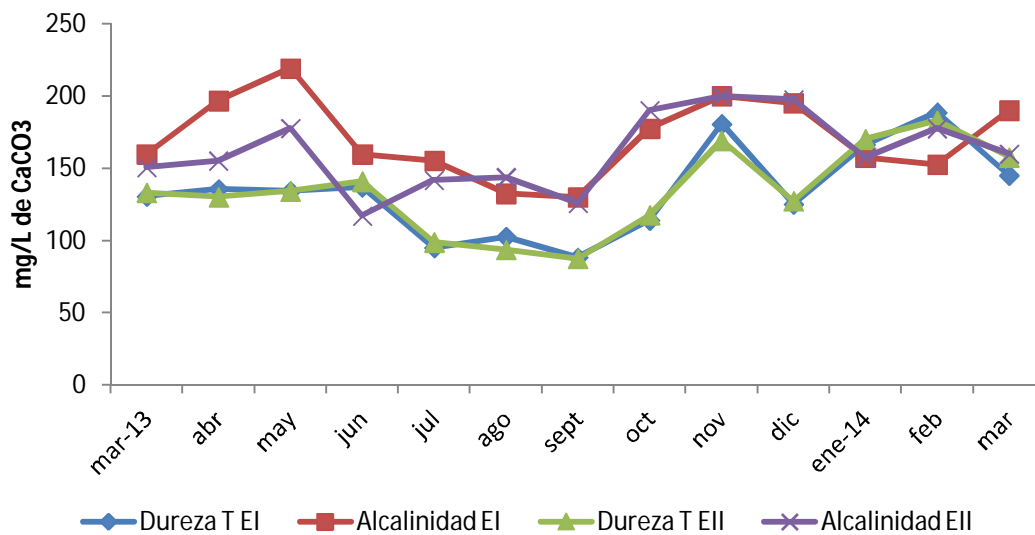


Figura 22. Comportamiento de la dureza total y alcalinidad



Perfil Vertical de Temperatura y Oxígeno

Se realizó un perfil vertical de la temperatura en la columna de agua para tener más información acerca de los procesos de estratificación o de mezcla que pueden llegar a presentarse en el bordo tomando en cuenta la temporada del año respecto a la profundidad. Para la Estación I se registró un periodo de estratificación durante el mes de marzo de 2014, de igual modo para la Estación II en los meses de marzo, mayo y octubre de 2013. Para el resto de los meses se registró un proceso de mezcla o circulación; cabe mencionar que el registro de la temperatura se llevo a cabo alrededor de las 12:00 horas, por esto no es posible determinar una evidente estratificación y periodos de mezcla durante 24 horas. (Fig. 23 y 24).

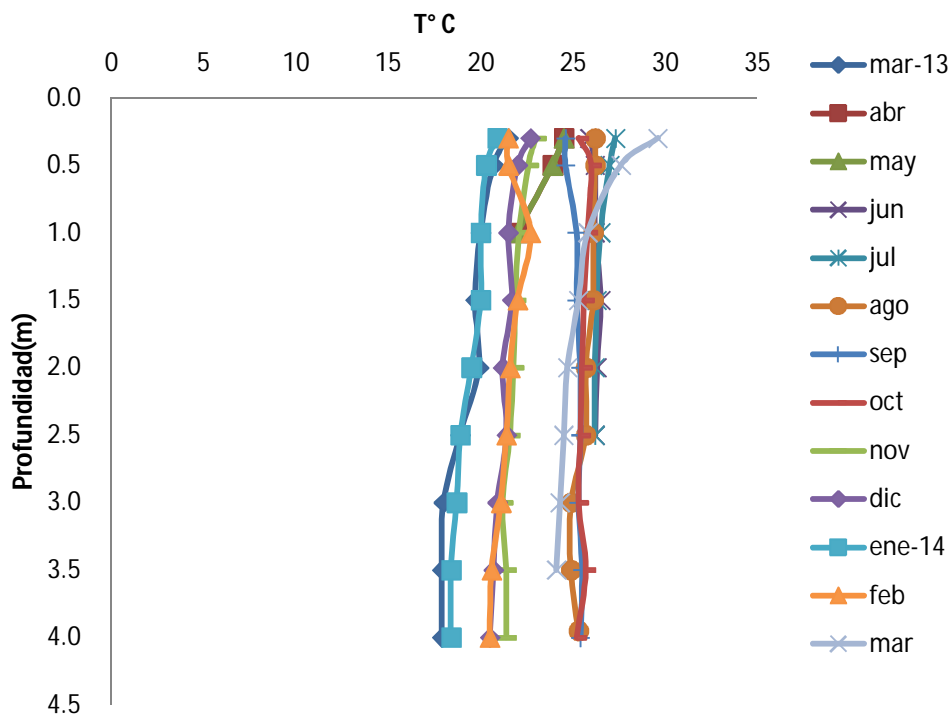


Figura 23. Perfil vertical de temperatura en el sistema Huitchila de la EI.

Los valores mínimos de temperatura para ambas estaciones se registraron durante los meses de marzo y diciembre de 2013 (periodo de secas frías) y los valores más altos durante el mes de marzo de 2014 con valores cercanos a los 30°C.

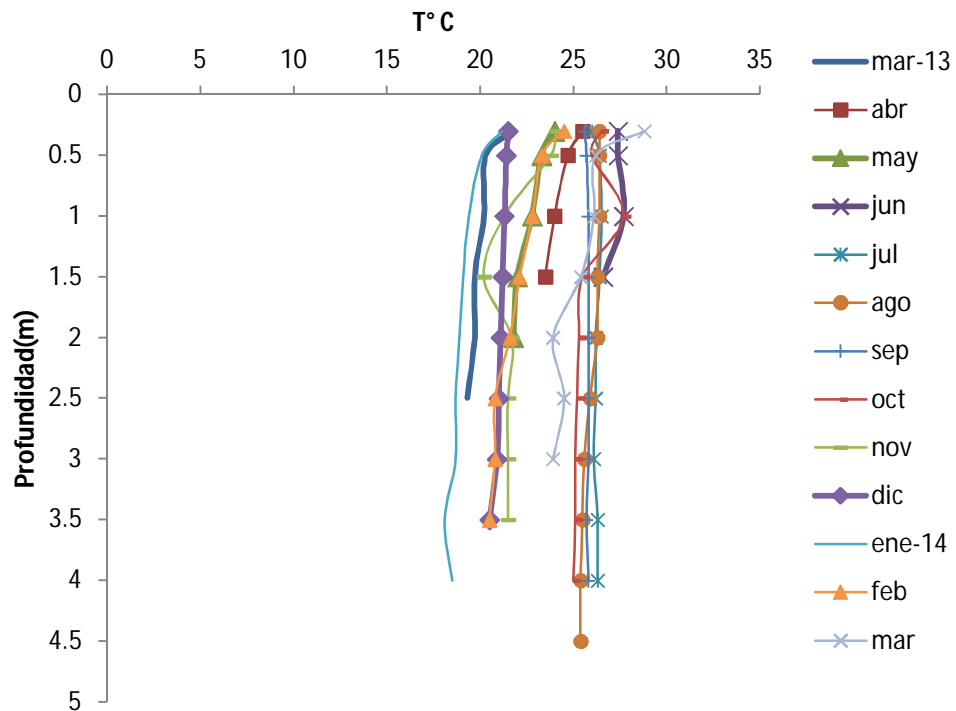


Figura 24. Perfil vertical de la temperatura en el sistema Huitchila EII.



En la figura 25 se muestra que la mayor concentración de oxígeno disuelto en El se registró en la superficie de la columna de agua (zona trofogénica), donde se tiene una mayor actividad fotosintética, pero a mayor profundidad se ve disminuida la cantidad de fitoplancton así como de oxígeno, esto se debe a la descomposición de la materia orgánica por procesos aerobios y al gran número de sólidos en suspensión, generando valores bajos de oxígeno en el agua con tendencia a la anoxia, esto en la zona trofólítica, la cual se considera empieza a partir de los 2 m.

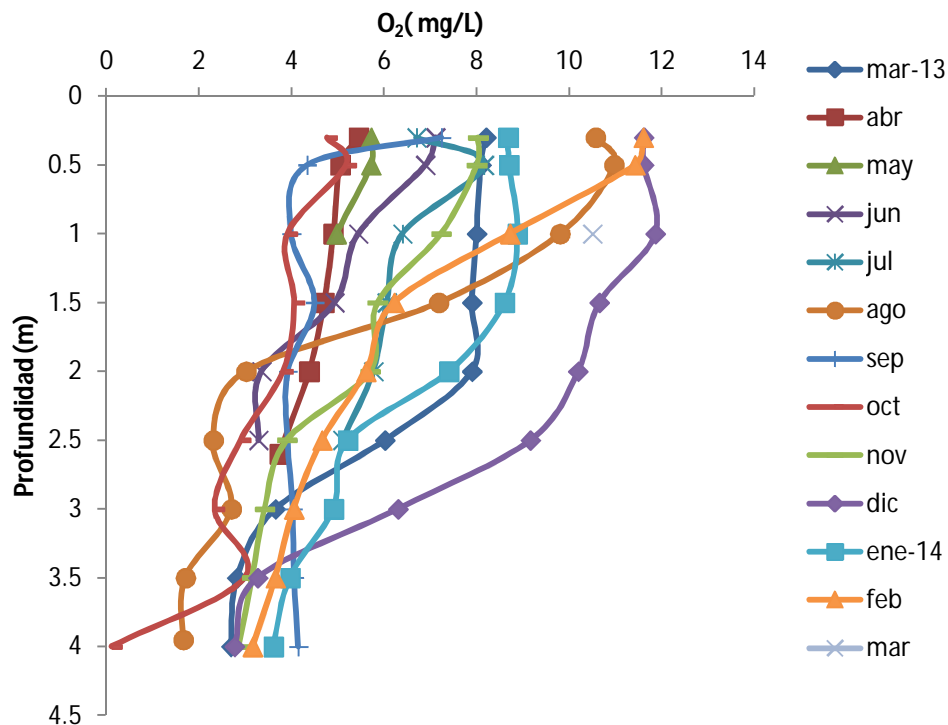


Figura 25. Perfil vertical de Oxígeno en el sistema Huitchila El.

Para la Estación I los valores más altos de oxígeno se registraron durante la época de secas frías en los meses de diciembre y febrero de 2014; ; cabe resaltar que durante el mes de julio se observa un aumento de oxígeno a 0.5 m esto se podría deber a la fotoinhibición del fitoplancton que desciende a través de la columna de agua para captar las ondas ideales para la producción de oxígeno, en la Estación II también se registro este comportamiento durante el mes de agosto de 2013 y febrero de 2014, sus valores máximos de concentración del oxígeno en los meses de septiembre y agosto, esto en la época de lluvias. Los valores más bajos para las dos estaciones se registraron en la época de secas cálidas en los meses de abril y mayo, esto se debe a la mayor concentración de los sólidos en suspensión al disminuir el volumen del cuerpo de agua haciendo más difícil la penetración de los rayos solares y con ello disminuyendo la zona trofógena, cabe resaltar que en el mes de septiembre el valor del oxígeno disuelto se mantuvo constante en toda la columna de agua, lo cual indica un periodo de mezcla. El tipo de curva que se observo es de tipo clinógrada, característica de cuerpos de agua eutróficos (Fig. 25 y 26).

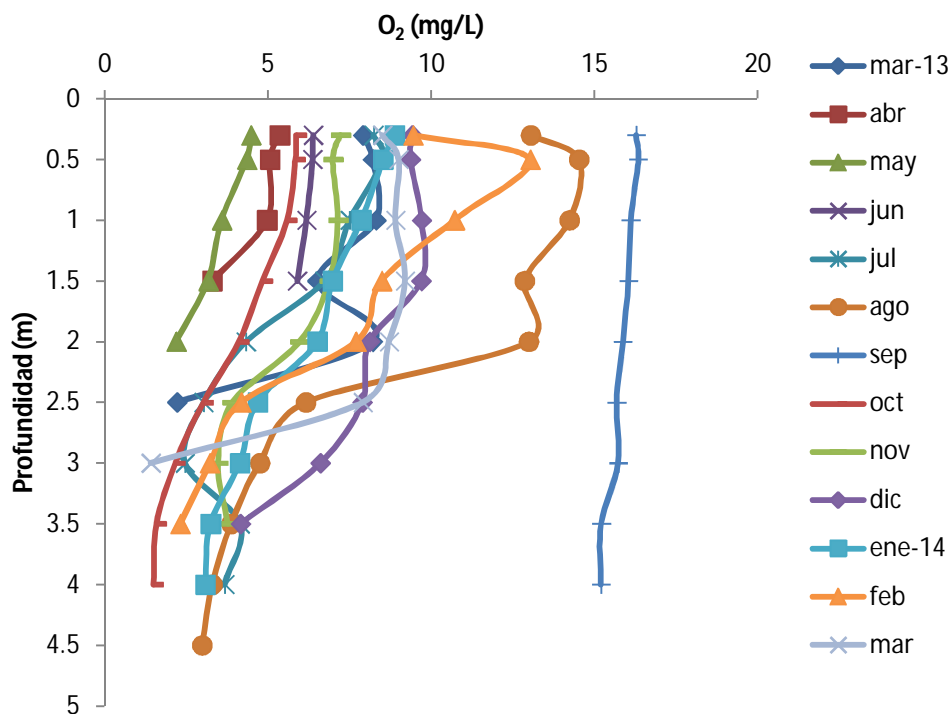


Figura 26. Perfil de Oxígeno en el sistema Huitchila EII.



En la tabla 2 y 3, se puede apreciar el resumen de los valores de la calidad de agua registrada para la estación I y II respectivamente en el bordo Huitchila, durante el periodo de Marzo del 2013 a Marzo del 2014.

Tabla 2. Intervalos de Parámetro físicos y químicos de Estación I.

<i>Parámetro</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>
T° agua (°C)	20.4	27.6	24.0
T° ambiental (°C)	21.3	30.2	27.0
Disco de Secchi (m)	0.25	0.62	0.49
Profundidad (m)	2	5	3.8
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.62	11.6	7.8
pH	8.16	8.9	8.5
Conductividad (µS/cm)	870	1468	1084
Sólidos totales (ppm)	457	765	564
Dureza (mg/L)	88	188	134
Alcalinidad (mg/L)	130	219	171

Tabla 3. Intervalos de Parámetro físicos y químicos de Estación II.

<i>Parámetro</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>
T° Agua(°C)	20.2	27.5	24.3
T°Ambiental(°C)	21.3	30.2	27.0
Disco de Secchi (m)	0.3	0.65	0.4
Profundidad (m)	0.3	5	3.0
Oxígeno disuelto(mg/L)	4.1	16.2	8.6
pH	8.0	9.1	8.5
Conductividad(µS/cm)	849	1471	1082.6
Sólidos totales(ppm)	439	761	557.9
Dureza (mg/L)	87	182	134.0
Alcalinidad (mg/L)	117	200	161.1

Análisis Estadístico

Diversidad

El índice de Shannon-Weiner para la estación 1 osciló entre 0.38 en el mes de marzo de 2014 a 1.28 en el mes de septiembre durante la época de lluvias, respecto a la estación 2 el valor menor se registro en el mes febrero de 2014 con 0.53 y un máximo durante el mes de octubre con 1.41. Para la equitatividad y la dominancia se obtuvo un comportamiento muy similar entre ambas estaciones, los valores máximos de dominancia se registraron al final de la temporada de lluvias y mínimos durante las secas cálidas. La equitatividad y la dominancia tienen un comportamiento inverso; es decir, que a mayor dominancia menor equitatividad y viceversa (Fig. 27 y 28).

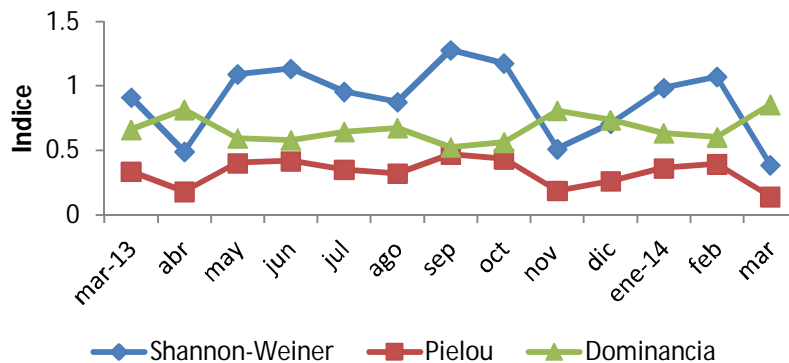


Figura 27. Variación temporal de los indicadores de la comunidad zooplánctica en la EI.

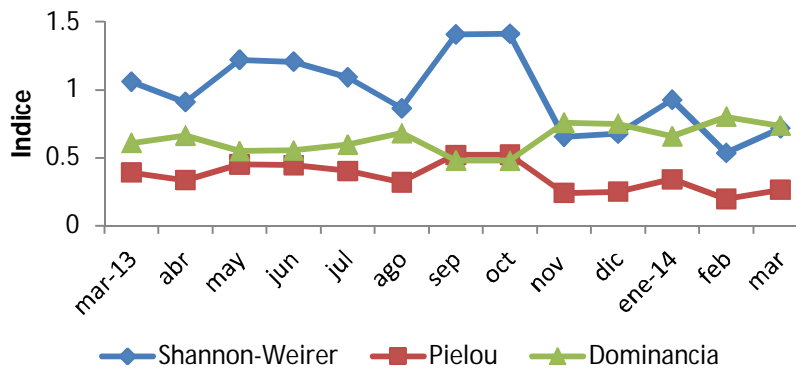


Figura 28. Comportamiento a través del tiempo de los indicadores de la comunidad del zooplancton en la EI.



Análisis de Componentes Principales: Se aplicó el Análisis de Componentes Principales a las variables físicas, químicas y biológicas (Zooplancton). Se tomaron en cuenta 12 variables. Se agruparon las variables en 4 componentes como se muestra en la tabla 4, los cuales presentan un eigenvalor igual o mayor a 1.0, que juntos dan un total de 80.8 % de variabilidad de los datos originales.

Tabla 4. Valores y Porcentajes Análisis de Componentes Principales.

Componente		Porcentaje de	
Número	Eigenvalor	Varianza	Acumulado
1	4.37145	36.429	36.429
2	3.10008	25.834	62.263
3	1.13378	9.448	71.711
4	1.09191	9.099	80.810

En Huitchila los primeros cuatro componentes principales explicaron el 80.81 % de la variación total y se utilizó el criterio de González-Villela y Banderas-Tarabay (2002) y Rivera y Hernández (2011), que plantean no usar los componentes principales que no expliquen más de 10%, por esta razón no se incluyen en el análisis los componentes 5, 6, 7 y 8.

Tabla 5. Pesos de los componentes principales del sistema Huitchila.

	<i>Componente</i> 1	<i>Componente</i> 2	<i>Componente</i> 3	<i>Componente</i> 4
Abundancia	0.409821	0.0287887	0.271033	-0.101598
Alcalinidad T	-0.331728	-0.178754	-0.249995	0.390558
Clorofilas	-0.144114	0.368905	-0.349849	0.256258
Cond	-0.359821	0.221879	0.329674	-0.321926
Dureza T	-0.312639	-0.266887	0.0853305	-0.195075
Oxígeno	0.310018	-0.211445	0.303188	-0.0181123
pH	-0.306711	-0.34034	-0.0309747	0.0709525
Prof	0.0900013	-0.46523	-0.29399	-0.195623
Sólidos	-0.373656	0.210218	0.300777	-0.32468
T amb	-0.271267	-0.0804222	0.478354	0.551207
Temp Agua	0.238147	0.301051	0.178219	0.38332
Transp	0.0762779	-0.438633	0.308738	0.173122

En la tabla 5, se muestran los pesos de cada variable dentro de cada componente elegido. En el primer componente se encuentra de manera

directa la abundancia del zooplancton (0.409821) y el oxígeno (0.310018), y de manera indirecta la conductividad (-0.359821), dureza total (-0.312639), y los sólidos (-0.373656), se puede apreciar que la abundancia de los organismos del zooplancton está relacionada con los factores edáficos. En el segundo componente la clorofila a (0.368905) tiene un relación directa, mientras que el pH (-0.34034), la profundidad (-0.46523) y la transparencia (-0.438633) su influencia es inversa, este componente está más influenciado por el factor morfométrico en el bordo Huitchila.

En el tercer componente no se encuentran ningún factor de peso; sin embargo, en el cuarto componente el factor climático con la temperatura ambiental (0.551207), la temperatura del agua (0.38332) principalmente tienen un efecto directo en la abundancia del zooplancton, además del comportamiento directo con la alcalinidad (0.390558) como factor edáfico.

En Huitchila los primeros 2 componentes principales explican el 62.2% de la variación total. En la figura 29 muestra a los componentes que están divididos en cuatro cuadrantes, esta separación está dada por el carácter climático como son: época de secas-frías, secas-cálidas y lluvias.

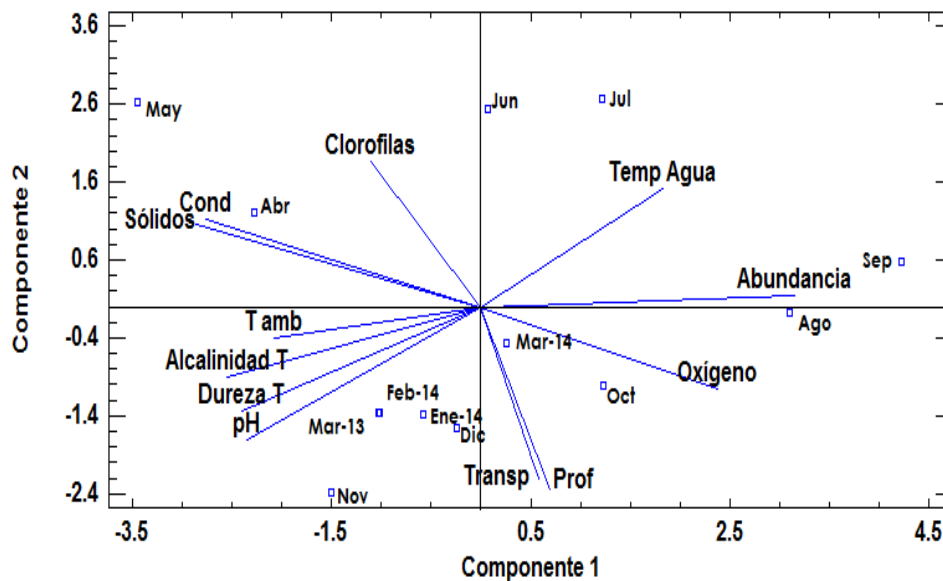


Figura 29. Componentes Principales del microreservorio Huitchila.



Se puede observar una influencia de los parámetros Temperatura ambiente, Alcalinidad, Dureza total y pH hacia los meses de la época de secas-frías, lo que le da mayor peso al componente edáfico, esto provocado por el fin de la etapa de dilución y el inicio de la concentración del cuerpo de agua. En los meses de abril y mayo que corresponden a la época de secas-cálidas, los parámetros que se manifiestan en el análisis son las clorofilas, la conductividad y los sólidos totales, debido a la etapa de concentración y disminución del volumen, esto regido por el aumento de fitoplancton en el sistema. Mientras que el zooplancton se observó influenciado por la temperatura del agua durante la temporada de lluvias (junio, julio y septiembre), lo cual se justifica por el inicio de la época de lluvias provocando aumento del volumen de agua en el sistema y el cambio de temperatura provocando un efecto sobre el zooplancton y su distribución. Al parecer existe una relación inversa entre la clorofila y la abundancia del zooplancton, ya que se ubican en diferentes componentes. Por otro lado la concentración de oxígeno, transparencia y profundidad están relacionados principalmente durante la temporada de lluvias y por lo tanto están totalmente afectados por el factor morfométrico y el climático, ya que la precipitación aumenta el volumen del agua del sistema, al igual que la transparencia y el oxígeno aumenta por los vientos que se generan y por el proceso de mezcla (Fig. 30).

Análisis de agrupamientos (Clúster)

Se realizó un análisis de agrupamiento, donde los muestreos de las variables físicas y químicas se agrupan por similitud (Fig. 31), conforme el comportamiento de los meses y la relación que existe entre ellos. En este caso el análisis mostró tres grupos según las épocas del año: el primero (de izquierda a derecha) se muestran los meses de marzo, noviembre y diciembre del 2013, enero y febrero del 2014 correspondientes a los meses de secas frías; el segundo conformado por el fin de las secas-frías (marzo del 2014) y de temporada de lluvias (agosto, septiembre y octubre del 2013); y el tercer grupo está conformado por los meses correspondientes a la época de secas-cálidas (abril, mayo y junio del 2013) y el inicio de temporada de lluvias (julio del 2013).

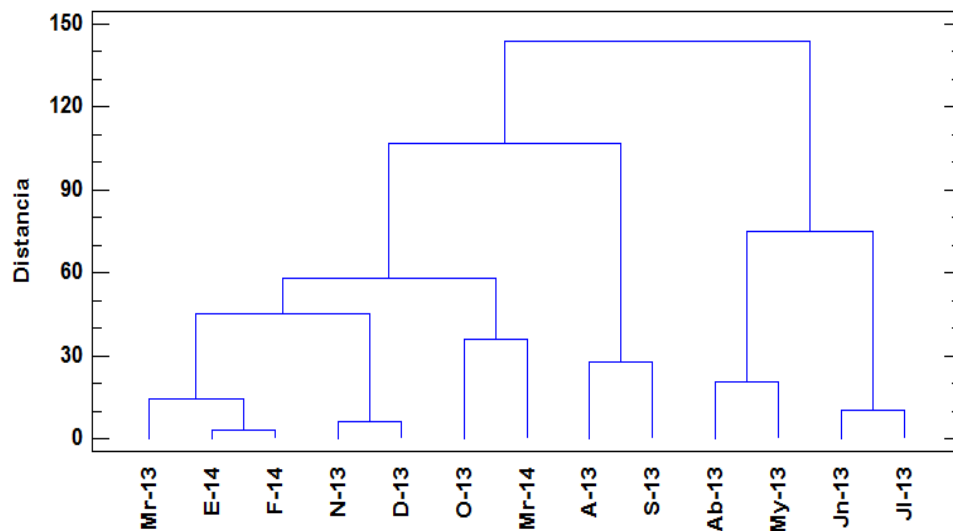


Figura 31. Agrupamiento de las variables en función de la época del año



Correlación de Spearman

La correlación de Spearman es una medida del grado de asociación entre dos variables aleatorias continuas, la interpretación de coeficiente de Spearman oscila entre -1 y +1, indicando asociaciones negativas (relación inversa) o positivas (relación directa) respectivamente.

La alcalinidad mostró relación directa significativa con la conductividad (Spearman= 0.5785; $p=0.045$), sólidos disueltos totales (Spearman=0.6386; $p=0.026$) y correlación negativa con la temperatura de agua (Spearman= -0.6262; $p=0.030$). La conductividad tuvo una alta correlación directa con la dureza total (Spearman= 0.8407; $p=0.003$), sólidos disueltos totales (Spearman= 0.9931; $p=0.000$), transparencia (Spearman= 0.6745; $p=0.019$) y de manera inversa con la temperatura del agua (Spearman= -0.5805; $p=0.044$). La dureza total además de la relación con la conductividad, mostró alta relación con los sólidos disueltos totales (Spearman= 0.8061; $p=0.005$). El oxígeno disuelto tuvo una correlación positiva con la profundidad (Spearman= 0.6134; $p=0.003$) e inversa con la abundancia del zooplancton (Spearman= -0.6602; $p=0.022$). El pH presentó correlación directa con los sólidos disueltos totales (Spearman=0.5722; $p=0.047$) y con la transparencia (Spearman=0.7284; $p=0.011$). La profundidad se correlacionó de manera directa con la temperatura ambiental (Spearman=0.9684; $p=0.000$) e inversa con la abundancia (Spearman= -0.8036; $p=0.005$). Los sólidos totales disueltos mostraron una alta correlación positiva con la transparencia (Spearman= 0.7053; $p=0.014$) y negativa respecto a la temperatura del agua (Spearman= -0.6295; $p=0.029$); por último, la abundancia del zooplancton mostró una alta correlación inversa con la temperatura ambiental (Spearman= -0.7928; $p=0.006$). Similares resultados fueron observados entre las variables en la estación II.



Discusión

En los últimos años se ha acelerado la construcción de presas y bordos de diferentes tamaños y para diferentes usos, no solamente sobre corrientes permanentes, sino también sobre cualquier caudal que permita embalsar el agua para satisfacer las necesidades de la población y con ello, el control para el riego de cultivos, la generación de energía eléctrica, el control de avenidas, el abastecimiento de agua potable entre otros fines (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; García-Calderón *et al.* 2002). El uso de estos sistemas, también denominados jagüeyes, bordos o microreservorios se han diversificado al ser empleados como abrevaderos para ganado y para actividades de extensionismo acuícola y como factor secundario, para recreación y agua para consumo humano (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava 1992).

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

El microreservorio Huitchila es un cuerpo de agua que puede ser clasificado como un bordo permanente, con una profundidad mínima de 2.5 m en épocas de secas y de 5.5 m durante la temporada de lluvias. Por lo tanto, el tiempo de permanencia del agua en el bordo depende directamente de tres factores principales: precipitación, evaporación y el escurrimiento superficial, así como de otros procesos secundarios como el flujo de agua subterránea, las pérdidas por filtración y la captura de agua por la vegetación aledaña (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

El sistema Huitchila se localiza en una zona marcada por la temporada de secas y lluvias que tienen influencia directa con el proceso de concentración y dilución de los nutrientes del sistema (Arredondo-Figueroa y Flores Nava, 1992), esta dinámica afecta directamente a la calidad del



agua así como su estado trófico y por lo tanto, la dinámica de los organismos, lo cual coincide con lo descrito por Quiroz y Díaz (2010). Carvalho (1983) explica que el incremento en la densidad zooplanctónica durante el periodo de lluvias se debe a un enriquecimiento del cuerpo de agua, que consecuentemente trae consigo una mayor disponibilidad de alimento para el zooplancton.

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

Díaz *et al.*, (2005) dicen que la temperatura del agua es un factor de suma importancia en un sistema acuático; en el caso del microreservorio Huitchila se registraron temperaturas de $\pm 24^{\circ}\text{C}$ promedio, presentando una mínima de 20.2°C y una máxima de 27°C ; este factor es determinante en la distribución de algunas especies y sus diferencias se pueden relacionar con la altitud y productividad acuática, afectando tanto la estructura de la comunidad como la abundancia y la diversidad (Urabe, 1989; Green, 1993).

Los registros de temperatura en el microreservorio Huitchila indican una estratificación térmica durante la mañana en los meses de marzo de 2014, mayo y octubre de 2013, para el resto de los meses se registro un periodo de mezcla o de circulación, lo cual indica que para poder clasificar el cuerpo de agua, se debería realizar un ciclo nictímero que permitiera verificar si la estratificación o mezcla se presenta durante las 24 h o por efecto de factores como viento y baja en la temperatura los cuales cambian las condiciones. Sánchez y Zamora (2012) reportan que este sistema permanece en mezcla el resto del día y lo clasifican como polimíctico cálido continuo de acuerdo con Lewis (1983). Gómez (2002) clasifica al lago Coatetelco como polimíctico cálido continuo, sobre todo si se toma en cuenta la latitud en la que se ubica y profundidad que



presenta. Rivera y Hernández (2011) reportan para los bordos Amate Amarillo y la Palapa en el estado de Morelos una estratificación a partir del medio día con una duración aproximada de 9 horas esto, durante la época de secas, con temperaturas entre los 20 a 30°C, y una ausencia de la estratificación de la columna de agua durante la época de lluvias.

Harris (1986), realizó un estudio en latitudes tropicales, donde la luz y la temperatura son relativamente constantes y las variaciones estacionales del plancton dependen del efecto de las lluvias, de la sequía e incluso de la mezcla del sistema, lo cual se puede observar en los resultados de su trabajo, donde la variación del zooplancton registró una mayor abundancia de los organismos en el periodo de lluvias y una disminución en la época de secas.

El oxígeno disuelto es el parámetro más importante de los sistemas acuáticos, ya que es esencial para el metabolismo de todos los organismos (Wetzel, 1981; Contreras, 1994). La concentración de este parámetro dependerá de las características físicas, químicas y biológicas del sistema. El sistema tuvo un promedio de 7.8 mg/L en la E1, mientras para la E2 obtuvo un promedio de 8.6 mg/L, donde los mínimos se presentan en los meses de mayo y octubre y los máximos se presentaron en los meses de septiembre y diciembre, lo cual nos indica que hubo una correlación negativa con la temperatura, los valores más bajos se presentaron cuando la temperatura fue mayor en el sistema. Por lo tanto el sistema presenta aguas bien oxigenadas, así como lo reporta Gómez-Márquez *et al.*, (2008), para el lago El Rodeo en Morelos. Rodríguez y Carmona (2002), mencionan un intervalo de 4 a 11 mg/L de oxígeno disuelto recomendable para el desarrollo de vida acuática. Los promedios registrados para Huitchila se encuentran dentro de los intervalos reportado por Sánchez y Zamora (2012), Gallardo (2013) y Santibáñez (2014), que realizaron estudios en el mismo sistema. Rivera y Hernández (2011) reportaron valores óptimos para el desarrollo de la vida acuática en los bordos de la Palapa y Amate amarillo con valores promedio de 8.69 y 10.64 mg/L respectivamente. Palacios (2013) indica que la concentración del oxígeno en dos bordos del estado de Morelos fue mayor durante la época de frías, caso similar al presente estudio.



Al analizar el perfil vertical de la concentración del oxígeno disuelto se puede observar que la mayor concentración se encuentra en la capa superficial (0.30 m), el cual va disminuyendo a través de la columna de agua. Huitchila presenta aguas bien oxigenadas propicias para el desarrollo de las comunidades que habitan en el sistema. Gallardo (2013) y Santibáñez (2014) reportan para Huitchila el mismo comportamiento de la concentración del oxígeno disuelto, indicando que los valores más altos se dan en la superficie por la alta densidad de organismos fotosintéticos, cabe resaltar que los valores se ven influenciados por la acción del viento.

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

Abarca (2007) y Gayosso-Morales (2010), mencionan que las variaciones de pH mayores a 8.5, se deben principalmente a la actividad fotosintética que es el principal consumidor de CO₂ y una de las principales causas del incremento del pH, además de otros factores como la dureza (166.1 mg/L de CaCO₃ en promedio), el factor edáfico de la zona donde se encuentra el sistema y la alta tasa de evaporación. Se puede considerar que para este estudio, los valores de pH no son definidos solo por los factores ya mencionados sino también por los fertilizantes de las tierras de cultivo cercanas al bordo.

En cuanto a la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) tienen una relación positiva, esto quiere decir que cuando la conductividad aumenta, los SDT lo harán también, estos proporcionan superficies de absorción y una vía de transmisión para muchos contaminantes orgánicos y metales pesados (Sheela *et al.*, 2011). En este estudio se observó una diferencia de concentraciones de conductividad y SDT entre las dos temporadas de estudio. Durante todo el estudio ambos parámetros siguen una tendencia similar. Mustapha (2009) y Hujare (2005), mencionan que la conductividad como los SDT, promueven alta abundancia y crecimiento de zooplancton, ya que los alimentos están más disponibles en un menor volumen de agua durante la época de estiaje, lo cual concuerda con los resultados



reportados por Gómez-Márquez *et al.*, (2013) en el bordo Huitchila; sin embargo para el presente estudio, en el mismo bordo, la mayor abundancia de la comunidad zooplánctica se dio durante la época de lluvias, esto por el afluente que desemboca en el bordo Huitchila con altas cantidades de nutrientes y sólidos en suspensión.

La alcalinidad es importante para la productividad del sistema acuático y sirve de amortiguador para los cambios de pH. Arredondo (1986), menciona que los sistemas que se utilicen para la piscicultura deben contener aguas que contengan más de 40 mg/L de CaCO_3 por ser productivas, para Huitchila se obtuvo un promedio de 166.1 mg/L de CaCO_3 , lo cual indica que las aguas del sistema son altamente productivas. Con respecto a la dureza total, el sistema contiene aguas duras con un promedio obtenido de 134 mg/L CaCO_3 , debido a las características edáficas y la tasa de evaporación en época de secas; sin embargo, Gómez-Márquez *et al.* (2013) mencionan un intervalo de 250 a 750 mg/L de CaCO_3 describiendo al mismo sistema con aguas muy duras, sobrepasando los valores de alcalinidad, posiblemente porque los iones calcio y magnesio están asociados con sulfatos, cloruros, silicatos y nitratos (Arredondo 1986; Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1994).

Wetzel (1981), menciona que los lagos que tienen cantidades elevadas de carbonatos y bicarbonatos derivadas de la disolución de la calcita (CaCO_3), provocan valores elevados de alcalinidad y pH, como los presentes en el bordo Huitchila que son consideradas como muy productivas y con un pH de alrededor de 8.5 unidades por lo que el sistema se puede considerar como ligeramente alcalino y productivo esto de acuerdo con los valores que establece Arredondo y Ponce (1998). Los mismos autores indican que las aguas duras tienden a ser más productivas que las aguas suaves, ya que estas últimas tienen deficiencias en calcio y magnesio; las aguas duras además de favorecer los procesos de eutrofización también generan problemas como el florecimiento de microalgas y la disminución de la cantidad de oxígeno disuelto.

En el caso de la transparencia, los valores más altos se registraron en el mes de agosto con un promedio de 0.6 m para ambas estaciones durante la época de dilución del sistema y por lo tanto, los nutrientes con lo que se



disminuye la turbiedad de las aguas, la cual está básicamente asociada al contenido de fitoplancton, característico de los sistemas eutróficos (Wetzel, 2001). Los valores mínimos se registraron en los meses de secas (0.25 m), como respuesta a la resuspensión del sedimento, la biomasa elevada de fitoplancton y la concentración de clorofila "a"; la presencia de clorofila en el agua es una respuesta casi inmediata a la variabilidad de los nutrimentos, lo cual propicia que su cuantificación y seguimiento sean indicadores confiables de las variaciones de la biomasa fitoplanctónica, que es la responsable directa de la salud del ecosistema (Kerekes, 1982, 1983). Además, se ha observado que ésta turbidez incrementa la atenuación de la luz, disminuye la profundidad de la zona fótica y por lo tanto, limita la eficiencia fotosintética como ha sido señalado por Chacón-Torres *et al.*, (2000) y Hernández y García (2007).

Con respecto al zooplancton, es un elemento importante primero en la transformación de la materia orgánica, en el almacenamiento de la misma y la transferencia de la energía solar captada por el fitoplancton hacia los niveles tróficos más altos, Armengol (1982) menciona que van variando en respuesta a ciertos factores. El papel del zooplancton en el sistema de estudio se destaca por su carácter de vía de transferencia de energía.

Los **copépodos** presentan un comportamiento estacional marcado, aunque son siendo dominantes y están presentes todo el año. Ecológicamente, los copépodos representan el nivel de los consumidores primarios y las formas depredadoras forman parte de los consumidores secundarios.

Los **cladóceros** se alimentan por filtración y en densas poblaciones pueden remover fracciones significativas de fitoplancton de un lago cada día, por lo que la abundancia de cladóceros planctónicos es de gran importancia para la ecología del microreservorio, ya que participan en la regeneración de nutrientes (Pennak, 1989). El tipo de reproducción pudo depender de factores como la temperatura o cantidad de alimento en el embalse.

Los **rotíferos** tienen la capacidad para tolerar un alto intervalo de temperatura, como las presentes en el sistema, las concentraciones de los alimentos y su papel como presa hacen importante a este grupo.



La composición del zooplancton que se estudió en el presente trabajo, está compuesto por 15 especies; el grupo más representativo fue el de los copépodos, seguido de los rotíferos y por último los cladóceros, valores similares reportó Gallardo (2013), en el mismo sistema con la excepción de que observó una especie más, perteneciente al grupo de los cladóceros. Dumont y Segers (1996) mencionan que, la riqueza específica del zooplancton para un embalse de la zona tropical de la región Sudamérica (Brasil) puede ser mayor de 150 especies; por lo que se puede decir que la riqueza específica obtenida en este estudio se considera muy baja, similar a lo reportado por Trejo-Albarrán *et al.*, (2000), Akin-Oriola (2003), Gómez-Márquez *et al.*, (2003), Gómez-Márquez *et al.*, (2013). Es probable que la baja diversidad y densidad de zooplancton en el bordo Huitchila en comparación con otros sistemas, fuera causada por las actividades humanas, debido a la contribución de aguas de desecho de las actividades agrícolas y domésticas que son vertidas a los sistemas sin previo tratamiento, así como a la actividad pesquera que se realiza en el bordo, lo que contribuye a la depredación del zooplancton por parte de las especies ícticas introducidas (principalmente tilapia).

Uno de los factores que más influyó posiblemente en la abundancia del zooplancton fue la temperatura, debido a que en los meses fríos-secos, la población disminuyó considerablemente y en la época de lluvias su abundancia tuvo los máximos.

La especie *Arctodiaptomus dorsalis* fue la más abundante de los copépodos y esta ha sido reportada por Suárez-Morales y Reid (1998) para los estados de Aguascalientes, Quintana Roo, Yucatán y Jalisco, quienes mencionan que se distribuye desde el centro hasta el sureste de México y que tiene afinidad con la zona neotropical (Caribeña). De igual modo, Gómez-Márquez *et al.* (2003) citan la presencia de esta especie para el lago Coatetelco, Morelos.

El ciclopoideo *Thermocyclops inversus* estuvo presente en el estudio en bajas densidades y poco frecuente, se ha reportado para México en Zacatecas por Mercado-Salas y Suárez-Morales (2011) y Palacios (2013) la registró en dos bordos en el estado de Morelos. Suárez-Morales (2000) menciona que ecológicamente, los copépodos representan el nivel de los



consumidores primarios y las formas depredadoras forman parte de los consumidores secundarios.

Respecto al grupo de los cladóceros, éste estuvo compuesto por dos especies *Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura*; sin embargo, Elías-Gutiérrez et al. (1999), citan que los grandes reservorios mexicanos son dominados por varias especies de *Daphnia* y *Bosmina*, ninguna de estas fue registrada en el estudio, esto pudo deberse a que el primer género es de aguas templadas y frías y el segundo es característico de condiciones litorales. *D. birgei* y *M. micrura* fueron reportadas en estudios anteriores por Gómez-Márquez et al. (2003) y Gómez-Márquez et al., (2013). Cuker y Hudson (1992) señalan que las especies de *Moina* y *Diaphanosoma* generalmente son favorecidas cuando el cuerpo de agua presenta alta turbidez abiogénica, aunque son menos abundantes que los rotíferos, lo cual es similar a las condiciones registradas para el cuerpo de agua estudiado. Desde un punto de vista comercial la importancia de los cladóceros radica en que se utilizan como alimento vivo para la ictiofauna (Elías-Gutiérrez et al., 2008).

Los rotíferos fueron el grupo con mayor abundancia y diversidad, tal como lo menciona Elías-Gutiérrez et al. (2001), los cuales poseen una diversidad de formas y de hábitos alimenticios, lo que les hace posible explotar exitosamente distintos niveles tróficos y representar un grupo de gran interés dentro de las redes tróficas en sistemas dulceacuícolas. Las razones por las que la comunidad de rotíferos tiene una amplia distribución ya sea en zona tropicales o templadas, es debido a que colonizan fácilmente los ecosistemas por tener un ciclo de vida corto, reproducción partenogenética y tamaño pequeño, entre otras (Merayo y González. 2010).

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



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

Asplachna es un rotífero muy común, tiene una amplia distribución y además es un depredador del zooplancton en los sistemas lénticos templados y tropicales (Fernando et al., 1990). Granados-Ramírez et al. (2007) registraron en tres cuerpos cercanos al sistema, la especie *A. sieboldii* (Leydig, 1854); sin embargo, esta especie no es común en aguas alcalinas, con alta concentración de materia orgánica suspendida, poca transparencia y en embalses bien oxigenados. Muy posiblemente habría que revisar el trofi para analizar de manera específica que esta sea la especie presente en el sistema.

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

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



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

El cultivo en general de estos grupos, permite tener una excelente fuente de alimentación para la producción piscícola (Suárez-Morales *et al.*, 2000), la tilapia *Oreochromis niloticus* es una especie explotada por los pescadores y por lo tanto, estos organismos del zooplancton son importantes para la alimentación de la tilapia. La distribución de estos organismos en sistemas continentales se ven influenciadas por factores ambientales, lo cual coincide en lo reportado por González (1991).

Gracias a sus dimensiones y forma el bordo Huitchila tiene un gran intercambio de materiales con la cuenca y una aceleración en la tasa de sedimentación, por lo que se puede clasificar como un sistema somero, con profundidad que oscila entre 1 y 5 m, en la temporada de secas y lluvias respectivamente y altamente productivo, con un alto intercambio entre el sedimento y la columna de agua, lo que propicia una resuspensión de materiales inorgánicos necesarios para que se realice la producción primaria.

Se puede observar de acuerdo a los resultados, del microreservorio Huitchila, que es un sistema eutrófico, con periodos marcados a través del tiempo, asociados a los periodos de lluvias y secas, influenciados por los factores ambientales. Todo esto se ve reflejado en la comunidad zooplántica que tuvo variaciones en cuanto a la abundancia a lo largo del tiempo de muestreo y que el máximo valor de abundancia, se registró durante la época de lluvias después de la proliferación del fitoplancton. Además, al ser un sistema eutrófico de acuerdo a lo reportado por Sánchez y Zamora (2012), el cuerpo de agua presenta baja diversidad de especies pero adecuada abundancia para sostener la pesquería de tilapia, recurso que proporciona más beneficios aunados a la parte agrícola, de la cual dependen en su mayoría los pescadores y además como un elemento importante en la transferencia de la materia y energía en la cadena trófica del sistema acuático.



Conclusiones:

- El zooplancton, es un elemento importante en la transmisión de la energía solar captada por el fitoplancton hacia niveles tróficos superiores, por lo cual su composición y abundancia no es constante, de igual modo va variando en respuesta a factores ambientales.
- En cuanto a la composición específica se obtuvieron 15 especies, 12 pertenecientes al grupo de los rotíferos, 2 a los cladóceros y 2 a los copépodos. La diversidad osciló entre 0.38 y 1.28 unidades durante el periodo de estudio, lo cual indica que el índice de diversidad es bajo.
- *Arctodiaptomus dorsalis*, *Thermocyclops inversus*, *Diaphanosoma birgei*, *Moina micrura*, *Asplachna sp.*, *Brachionus caudatus*, *B. havanaensis*, *Conochilus unicornis* y *Filinia longiseta* fueron los organismos que dominaron durante el periodo de estudio.
- El género *Brachionus*, es un indicador de la baja transparencia y la alta productividad del sistema.
- En los meses de secas cálidas la comunidad zooplánctica presenta baja densidad, en comparación con la temporada de lluvias donde hay una proliferación de los organismos, esto se debe a que durante esta época las condiciones son óptimas para el florecimiento de algunas de las especies.

Debido a las características físicas y químicas del microreservorio, se puede considerar como un sistema productivo, aguas bien oxigenadas con promedio de 8.2 mg/L, duras y con temperatura promedio de 25 °C, lo cual favorece al desarrollo del zooplancton, Huitchila es un bordo permanente con una profundidad máxima de 5 m y una mínima de 1.5m.



Bibliografía:

- ❖ Abarca, F. J., (2007). Técnicas para la evaluación y monitoreo del estado de humedales y otros ecosistemas acuáticos. En: Sánchez Ó., Herzig M., Peters E., Márquez-Huitzil R., Zambrano L. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología. México. 113-144 p.
- ❖ Aguilar-Acosta, C.R. (2010). Variaciones estacionales de crustáceos (Cladóceros y Copépodos) en la Presa Iturbide, Estado de México. Tesis de Licenciatura, FES Iztacala, UNAM. México. 52 p.
- ❖ Aguilar, V. (2003). Aguas continentales y diversidad biológica de México: Un recuento actual. Biodiversitas, Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) 8(48): 1-15.
- ❖ Aguilera, L.D. (2002). Dinámica poblacional de cuatro especies seleccionadas de cladóceros (Cladóceros: Crustácea) realizada en aguas residuales urbanas parcialmente tratadas. Tesis profesional de Licenciatura, ENEP Iztacala, UNAM. 41 p.
- ❖ Ahlstrom, E.H. (1940). A revision of the rotatoria genera *Brachionus* and *platyas* with descriptions of one new species and two varieties, Bulletin American Museum of Natural History Vol. LXXVII: 143-183.
- ❖ Akin-Oriola, G. A. (2003). Zooplankton associations and environmental factors in Ogunpa and Ona rivers, Nigeria. Revista de Biología Tropical 51 (2): 391-398.
- ❖ Anderson, G., H. Berggren, G. Cronberg y C. Gelin. (1978). Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and chemistry in eutrophic lakes. *Hydrobiología* 59: 9-15.
- ❖ Andrade, C.E. (2001). Efecto de la fluctuación del nivel del agua sobre la estructura de la comunidad de rotíferos planctónicos en el lago Yahuaraca. (Río Amazonas- Colombia). Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- ❖ APHA, AWWA y APCF. (1992). Standard Methods for Examination of Water and Sewage and Wastewater, 18ª ed. EE.UU. 1100 p.



- ❖ Armengol, J. (1982). Ecología del zooplancton de los embales. *Mundo Científico (Le Recherche)* 2(11): 168-178.
- ❖ Arredondo, F.J.L., (1986). Piscicultura. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de Pesca. 182 p.
- ❖ Arredondo-Figueroa, J.L. y A. Flores-Nava. (1992). Características limnológicas de pequeños embales epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica*, Vol. 3/4: 1-10.
- ❖ Arredondo, F. J. L. y J. T. Ponce. (1998). Calidad del agua en acuicultura: Conceptos y aplicaciones. AGT Editor. S.A. 222 p.
- ❖ Arredondo-Figueroa, J.L. y S.D. Lozano-García. (1994). Water quality and yields in a polyculture of nonantive cyprinds in Mexico. *Hidrobiología*, 4(1-2): 1-8.
- ❖ Arredondo-Figueroa, J. L., G. Díaz-Zabaleta y J. T. Ponce-Palafox. (2007). Limnología de presas mexicanas. Aspectos teóricos y prácticos. Primera edición. AGT Editor, S.A y UAM Iztapalapa. 923 p.
- ❖ Barnes, R.D. (1989), Zoología de los invertebrados. Interamericana McGraw-Hill. Quinta edición. 967 p.
- ❖ Barrera-Escorcia, G. y I. Wong-Chang. (2007). Eutrofización y calidad del agua. En Arredondo-Figueroa, J.L., G. Díaz-Zavaleta y J.T. Ponce-Palafox (compiladores). *Limnología de presas mexicanas*, 1ª edición, editorial AGT Editor S.A. México D.F. Pp. 609-633.
- ❖ Blancas, A.G.A., E.C. Constanzo, A.S. Cervantes y J.L.M. Gómez. (2011). Manual de análisis de aguas naturales y su aplicación a la microescala. FES Zaragoza, UNAM, México. 116 p.
- ❖ Boyd, C. E. (1979). Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University Agricultural Experiment Station. Auburn Alabama. 32 p.
- ❖ Brooks, J.L., Dodson, S.L. (1965). Predation, body size and composition of plankton. *Science*, 150, 28-35.
- ❖ Brower, E.J. y J.H. Zar (1977). Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publishers. USA. 194 p.



-
- ❖ Carvalho, M. (1983). Efeitos da flutuação do nível da água sobre a densidade e composição do zooplâncton em um lago de várzea da Amazonia, Brasil. *Acta Amazonica* 13: 715-724.
 - ❖ Cervantes, M.A. y A. M. Gutiérrez. (1996). Cladóceros del Estado de México, aportaciones sobre Biología y Sistemática. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, UNAM. 91 p.
 - ❖ Chacón-Torres, A., C. Rosas-Monge y J. Alvarado-Díaz. (2000). The effects of hypereutrophication in a tropical Mexican lake. In: M. Munawar, S. G. Lawrence, I. F. Munawar y D. F. Malley (Eds). *Aquatic ecosystem of Mexico: Status and Scope*. Ecovision World Monograph Series, Bakhuya Publishers, Leiden, Netherlands. 89-101 p.
 - ❖ Chapman, L.J. y D.L. Kramer. (1991). Limnological observations o fan intermittent tropical dry forest stream. *Hydrobiology* 226: 153-166.
 - ❖ Conde-Porcuna, E. Ramos-Rodríguez, R. Morales-Baquero (2004). El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Revista Ecosistemas* 13 (2): 23-29.
 - ❖ Contreras, F. E. (1994). Manual de técnicas microbiológicas. UNAM-Iztapalapa, Ed. Trillas, México 149 p.
 - ❖ Cortés. R. y F.J. L. Arredondo. (1976). Contribución al estudio limnobiológico de la presa "El Infiernillo", Michoacán-Guerrero. (Noviembre de 1975). Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática. Serie Técnica (2)1-29.
 - ❖ Cuker, B. E. y Hudson, L. Jr. (1992.) Type of suspended clay influences zooplankton response to phosphorus loading. *Limnology and Oceanography* 37: 566-576.
 - ❖ De la Lanza, E. G. (1987). Química de la fase sedimentaria en las lagunas costeras. *Contribuciones Biológicas*. Publicaciones del Instituto de Biología Nacional. UNAM, México.
 - ❖ De la Lanza, E. G (1990). Algunos conceptos sobre hidrología y calidad del agua. En: De la Lanza, E.G. y F.J.L. Arredondo. (Comp.). *La acuicultura en México: de los conceptos a la producción*. Instituto de Biología, UNAM México, D.F. 181-199.



- ❖ De la Lanza, E.G., S.P. Hernández y J.L.P. Carbajal. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores), Ed. Plaza y Valdez, México. 176 p.
- ❖ De la Lanza-Espino, G. y J.L. García C. (2002). Lagos y Presas de México. (Eds) Segunda edición, AGT Editor, México 680 p.
- ❖ Díaz, V.M., Elizalde, A. E. E., Quiroz, C. H., Molina, A. F.I., y Gracia, R.J. (2005). Caracterización de algunos parámetros físico-químicos del agua y sedimento del lago Zempoala, Morelos, México. Acta Universitaria. 15(2): 5765.
- ❖ Díaz V. M; Quiroz C. H; García R. J; Molina A. I. (2011). Caracterización del bordo temporal "la poza" en el que se practica la acuicultura extensiva, en Ixtlilco El Chico, Morelos. Investigación Agropecuaria. 8(1): 91-102.
- ❖ Díaz V. M; Guzmán G. E; García R. J; Molina A. I; Quiroz C. H. (2010). condiciones actuales del desarrollo de actividades de acuicultura rural en dos bordos en Tepalcingo, Morelos. Investigación Agropecuaria. 7(2): 201-212.
- ❖ Dorantes, G.E. y M.B. Zavala. (2003). Estudio de la calidad de agua de tres cuerpos acuáticos en el estado de Morelos, Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza UNAM, México. 92 p.
- ❖ Douglas-Grant, S. (2001). Pennak's Freshwater invertebrates of the United States: Porifera to Crustacea. 4 ed. John Wiley y Sons, Unc. New York. 638 p.
- ❖ Dumont, H. J. y H. Segers. (1996). Estimating lacustrine zooplankton species richness and complementary. Hydrobiologia 341: 125-132.
- ❖ Elías-Gutiérrez, M., J. Ciro-Pérez, E. Suárez-morales y M. Silva-Briano. (1999). The freshwater cladóceras (Orders Ctenopoda and Anomopoda) of Mexico, with comments on selected taxa. International Journal of Crustacean Research 72 (2): 171-186.
- ❖ Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales y S.S.S. Sarma. (2001). Diversity of freshwater zooplankton in the neotropics: the case of Mexico. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie 27, 4020-4031.



- ❖ Elías, G. M. (2006). Estudio comparativo del zooplancton en dos regiones de México. El colegio de la Frontera Sur. Informe Final SNIBCONABIO proyecto No. AS019. México, D.F.
- ❖ Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morelos; M.A. Gutiérrez-Aguirre; M. Silva-Briano; J.G. Granados-Ramírez y T. Garfías-Espejo. (2008). Guía ilustrada de los microcrustáceos (Cladóceras y Copépodos) de las Aguas Continentales de México, ECOSUR, UNAM, CONABIO. 322p.
- ❖ Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales, M.A., Gutiérrez-Aguirre, M. Silva-Briano, J.G. Granados-Ramírez y T. Garfías-Espejo. (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.
- ❖ Fernando, C. H. C. Tudorancea & S. Mengestou. (1990). Invertebrate zooplankton predator composition and diversity in tropical lentic waters. *Hydrobiologia* 198(1): 13-31.
- ❖ Gallardo, P. V. (2013). Composición y abundancia del zooplancton en el bordo Huitchila, Mor. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM, México. 87p.
- ❖ García-Calderón, J.L., G.E. De la Lanza, A.L.A. Ibañez. (2002). Las aguas epicontinentales de México y sus pesquerías: 23-56. En: Cruz S.L.E., E.A.R. Bermúdez, E.M. Cabrera, R.M.Z. Gutiérrez y P.A.V. Pérez. (2002). Pesquerías en tres cuerpos de agua continentales de México. Instituto Nacional de la Pesca. Octubre. SAGARPA. México, D.F.
- ❖ García-Morales, A.E. (2000). Análisis de la asociación de rotíferos, sistemas temporales y permanentes localizados en el centro de México. Tesis de biología. UNAM. Iztacala. Los Reyes Iztacala México. 72 p.
- ❖ García, E. (2004), Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Instituto de Geografía, UNAM, 5ª edición, Serie Libros Núm. 6, México. 96 p.
- ❖ García-Morales, A.E. y M. Elías-Gutiérrez, (2004). Rotifera from southeastern Mexico, New records and comments on zoogeography. *Anal. Inst. UNAM. Serie Zoología* 75 (1): 99-120 p.



- ❖ Gayosso-Morales, M.A. (2010). Variación espacial y temporal del zooplancton (énfasis: Cladóceras) en el embalse Manuel Ávila Camacho, periodo agosto del 2008 a febrero del 2009. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México D.F. 82 p.
- ❖ Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza e H.I. Salgado-Ugarte, (2000). Análisis de la calidad del agua enfocado a la explotación de la tilapia en la laguna de Coatetelco, Morelos. XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, Chapala, Jalisco. Del 6 al 9 de Mayo del 2000. 146p.
- ❖ Gómez, M.JL. (2002). Estudio Limnológico-Pesquero del Lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 181 p.
- ❖ Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I.H., J. S. Hernández-Avilés (2003). Zooplankton in lake Coatetelco, a eutrophic shallow tropical lake, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology*, 18(4), 659-660.
- ❖ Gómez-Márquez, J. L., B. Peña-Mendoza, R. A. Ramírez-Razo, M. P. Rosas-Hernández, J.L. Guzmán-Santiago, A. Ortiz-Rivera y A. Zavala-Montero. (2008). Composición y abundancia del Zooplancton en el lago El Rodeo, Morelos febrero 2001 a febrero 2002. En Sánchez J. A., M. G. Hidalgo, S. L. W. Arriaga y W. M. S. Contreras (Compiladores). *Perspectivas en Zoología Mexicana*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. 86-100.
- ❖ Gomez-Marquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Guzman-Santiago, J.L. y Gallardo-Pineda, V. (2013). Composición, abundancia del zooplancton y calidad de agua en un microreservorio en el estado de Morelos. *Hidrobiológica* 23 (2):227-240 Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972013000200011&lng=es&nrm=iso. Consultado el 25 de Sep 2014.
- ❖ González F. M. (1991). Contribución al conocimiento biológico y ecológico de los copépodos: Calanoidea en la Presa Trinidad Fabela, Estado de México. Tesis de Licenciatura ENEP Iztacala, UNAM, México. 81 p.
- ❖ González de Infante, A., (1988). El Plancton de las aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington. 130 p.



- ❖ González-Villela, R. y A. Banderas-Tabaray. (2002). Multivariate analysis of the primary production in a tropical high mountain lake in Mexico. *Journal of Freshwater Ecology*. 17 (1): 75-83.
- ❖ Granados, R.J.G. (1990) El comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales del Estado de Morelos, México, Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, México. 64 p.
- ❖ Granados-Ramírez, J.G. y C. Álvarez-Del Ángel. (2003). Rotíferos de embalses: Subcuenca del Río Cuautla, Morelos, México. *Scientiae Naturae* 6(1): 33-44.
- ❖ Granados-Ramírez, J.G., C. Álvarez-del Ángel, M. Martínez-Alaniz, M. Romero-Aguilar, L. M. Arteaga-Núñez y J. L. 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*, Universidad Autónoma de Aguascalientes México, 9(2):5-21.
- ❖ Granados-Ramírez, J.G. y C. Álvarez-Del Ángel, (2007). La importancia del zooplancton en las presas. En: Arredondo, F. J.L., G.Z. Díaz y J.T.P. Ponce (compiladores). *Limnología de presas mexicanas. Aspectos teóricos y prácticos*. AGT Editor, S.A. y UAM. México. 413-440p.
- ❖ Green, J. (1992). Diversity and dominance in planktonic rotifers. *Hydrobiologia*, 255/256: 345-352.
- ❖ Harris, G.P. (1986). Escalas espacio-temporales en ecología de plancton. *Mecanismos, métodos, modelos y manejo*. *Aquatic Science* 37:877-907.
- ❖ Hernández-Avilés y B. Peña-Mendoza. (1992). Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permantes en el estado de Morelos, México. *Hidrobiológica* 3(4):11-23.
- ❖ Hernández-Avilés, J. S., M. C. Galindo-de Santiago y J. Loera-Pérez, (2002). Bordos o Microembalses. En: De la Lanza Espino G. y J.L García Calderón (compiladores), *Lagos y Presas de México*. AGT Editor, S. A. México, D.F. Pp. 600-618.



- ❖ Hernández. A.J.S. y J.L.C. García. (2007). Diferencias limnológicas entre lagos y presas. En: Arredondo, F.J.L., G.Z. Díaz y J.T.P. Ponce (compiladores), *Lagos y Presas de México*. AGT Editor, S. A. México D.F. 63-74 p.
- ❖ Hernández-Avilés, J.S., J.L. García-Calderón, M.C. Galindo de Santiago y J. Loera López. (2007). Microembalses: una alternativa de la limnicultura. En: De la Lanza Espino, G. (compiladora). *Las Aguas Interiores de México: Conceptos y Casos*. AGT Editor, S.A. México, D.F., 597-620 p.
- ❖ Hoz-Zavala, E. y De La Lanza-Espino, G. (2000), Limnology and pollution of a small, shallow tropical water-body (jagüey) in North-East México, *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 5:249-260.
- ❖ Hoz-Zavala, M.E.G. de la Lanza Espino y A. Álvarez Arellano. (2003). Características de un pequeño cuerpo de agua superficial (Jagüey) en el noreste de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 51: 7-22.
- ❖ Hujare, M.S. (2005). Hydrobiological studies on some water reservoir of Hatkanangale Tashil (Maharashtra). Ph.D. Thesis, Shivaji University, Kolhapur, India,
- ❖ INEGI. (2000). Anuario estadístico del estado de Morelos. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Aguascalientes, México. 461 p.
- ❖ INEGI (2009). Anuario Estadístico del Estado de Morelos. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1-9 p.
- ❖ INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tepalcingo, Morelos (en línea). México, Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/17/17019.pdf> Consultado 5 mar. 2013
- ❖ Infante, A. y W. Reihl. (1984). The effect of Cyanophyta upon zooplankton in a eutrophic tropical lake (Lake Valencia, Venezuela). *Hydrobiología* 113: 293-298.
- ❖ Integrated Taxonomic Information System. <http://www.itis.gov/> Consultado 12 mar 2013.



- ❖ Jeffers, J.N.R. (1978). *An Introduction to System Analysis: With Ecological Applications*. Arnold, London. 198 p.
- ❖ Kerekes, J. (1982). Canadian water Resources Journal The application of phosphorus load-trophic response relationships to reservoirs 349-354 7 (1)
- ❖ Kerekes, J. (1983). Proc. N. S. Inst. Sci. Predicting trophic response to phosphorus addition in a Cape Breton Island Lake. 7-183.
- ❖ Korovochinsky, N. y Smirnov N., (1998). Introduction to the "Cladocera" (Ctenopoda, Anomopoda, Onychopoda and Haplopoda). Suplemented for America. A.N. Severstov Institute of Animal evolutionary Morphology and Ecology of the Russian Academy of Sciences.
- ❖ Koste, W. (1978). Rotatoria Die Rädertiere Mitteleuropas. Ein bestimmungswerk, begründet von Max. Vol. I y II Texban. Voigt Uberordnung Monogononta, Borntreager, Berlin. 248 p
- ❖ Lara-Lara, R., et al. (2009).. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. Capital Natural de México. Vol. I. Conocimiento actual de la Diversidad. Conabio. México (en línea). Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I04_Losecosistemascos.pdf. Consultado 20 feb. 2013. 109-139 p.
- ❖ Lewis, W. M. Jr. (1983). A revised classification of lakes based on mixing. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 140: 1779-1787.
- ❖ López-López, E y Serna-Hernández, J, A. (1999). Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. Rev. Biol. Trop [en línea]. vol.47, n.4: 643-657. ISSN 0034-7744. Disponible en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441999000400001 Consultado 13 mar 2013.
- ❖ Lugo, A., Bravo-Inclán, L., y J. Alcocer. (1998). Effect on the planktonic community of the chemical program used to control water hyacinth (*Eichhonia crassepes*) in Guadalupe Dam, México. *Aquat. Ecosystem Health y Manag.* 1: 333-343.



- ❖ Magurran, A. E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.
- ❖ Margalef, R. (1983). Limnología. Primera edición. Editorial Omega. Barcelona, España. 1010 p.
- ❖ Marques, D.S. Ma. J. (2004). Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas. Facultad de Estudios Superiores, UNAM. México, D.F. 626 p.
- ❖ Martínez, G. (1999). Estrategias de alimentación de tres especies del zooplancton límnic (Cladóceras). Revista Chilena de Historia Natural. 72: 671-676.
- ❖ Merayo, S. y E. J. González. (2010). Variaciones de abundancia y biomasa del zooplancton en un embalse tropical oligo-mesotrófico del norte de Venezuela, Revista de Biología Tropical 58 (2): 603-619.
- ❖ Mercado-Salas, N.F. y E. Suárez-Morales. (2011). Morfología, diversidad y distribución de los Cyclopoida (Copépoda) de zonas áridas del centro-norte de México. I. Cyclopina. Hidrobiológica 21(1):1-25.
- ❖ Molina, A. F. I, Quiroz, C. H., García, R. J. y Díaz, V. M. (2005). Distribución vertical del plancton en un estanque rústico de producción piscícola en el Municipio de Cuautla, Morelos, México. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. ISSN1695-7504. VI,(4). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040405html> (Consultado el 14 Mar 2013)
- ❖ Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la Biodiversidad, Manuales y Tesis SEA, vol. 1, Zaragoza p.
- ❖ Mustapha, M. K. (2009). Zooplankton assemblage of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria. Rev. Biol. Trop. 57(4): 1027-1047.
- ❖ Nandini, S., S.S.S. Sarma y M.D. Hurtado-Bocanegra. (2002). Efect of four species of cladocerans (Crustacea) on the population growth of *Brachionus patulus* (Rotifera). Acta hydrochimical 30: 101-107).



- ❖ Nandini, S., S.S.S. Sarma y P. Ramírez-García. (2007). Seasonal variations of zooplankton from a drinking water reservoir (Valle de Bravo) in Mexico. En: *Advances in fish and wildlife ecology and biology* (Ed. B L: Kaul). Vol. 4. Daya Publishing House, Tri Nagar, Delhi, India.
- ❖ Needham, J.G. y J.M. Needham. (1972). *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*, Edit. Reverte, S.A Barcelona-Bogotá, Buenos Aires-Caracas, México-Río de Janeiro, 131p.
- ❖ Nogrady T, R.L. Wallace y T.W. Snell. (1993). *Biology, ecology and systematics*. SPB Academic Publishing, The Hague, Netherlands. 142 p.
- ❖ Nogrady, T. y H. Segers, 2002. Guides to the identification of the Microinvertebrates of the continental waters of the World. Rotifera 6: Asplanchnidae, Gastropodidae, Lintiidae, Microcodidae, Synchaetidae, trochosphaeridae and Filinia In: Dumont, H.J.F. Coordinating. Backhuys Publishers, Leiden. 264 p.
- ❖ Osorio-Tafall, B.F. (1942). Rotíferos planctónicos de México I, II y III. *Revista de la Sociedad Mexicana Historia Natural* 3(1-4): 23-79.
- ❖ Palacios A. I.A. (2013). *Zooplancton en los sistemas acuáticos Amate Amarillo y Los Planes en el Estado de Morelos*. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 104 p.
- ❖ Parra-Flores. A. M., E. P. Santibáñez S. y J. G. Granados-Ramírez (2006). Productividad del zooplancton de dos embalses del Alto Amacuzac, Morelos, México. *Scientiae Naturae*, Universidad Autónoma de Aguascalientes México, 8(2): 5-16.
- ❖ Peña-Aguado, F. (2003). *Crecimiento poblacional de tres rotíferos y dos cladóceros planctónicos en relación con el tipo de dieta*. Tesis maestría UNAM. 56 p.
- ❖ Pennak W. R. (1989). *Fresh-water invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca*. Jhon Wiley y Sons Inc. 628 p.
- ❖ Porras, D. D. (1986). *Hidrobiología de embalses de la cuenca del río Atoyac, Morelos, México*. Tesis Doctoral. UNAM, 180 p.



- ❖ Porras, D.D., O. Castrejón y O.D. Hernández. (1991). Recursos Acuáticos del Estado de Morelos (Embalses). Universidad. Ciencia y Tecnología. UAEM 1(14): 19-36.
- ❖ Prieto M. y Atencio V. (2008). Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. Rev.MVZ Córdoba 13(2):1415-1425.
- ❖ Quiroz, H. y M. Díaz. (2010). Los bordos y su aprovechamiento en Morelos. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*. 6 (12): 33-38p.
- ❖ Ramírez-García, P., Nandini, S., Sarma, S.S.S., Robles-Valderrama, E., Cuesta. M. D., (2002). Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir Valle de Bravo (México). *Hydrobiologia* 467, 99-108.
- ❖ Rivera, C. O, A. y G. N. G. Hernández. (2011). Producción y calidad del agua de los reservorios "Amate amarillo" y "La Palapa", Morelos. Informe de investigación de LIB'S V y VI como alternativa para obtener el título de Biólogo. FES Zaragoza, UNAM, México, D.F. 118 p.
- ❖ Rodríguez-Serna, M. y C. Carmona-Osalde. (2002) Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae: Cambaride) y pérdida de energía en la tasa metabólica. *Universidad y Ciencia*, 18(36): 128-134.
- ❖ Rojas-Hoyo, J. (1986). Avance del inventario nacional de cuerpos de agua epicontinentales, rendimiento potencial e importancia para la acuicultura. En: Vila, I. & E. Faggeti. (Eds.). *Trabajos presentados al Taller Internacional sobre Ecología y Manejo de Peces en Lagos y Embalses*. COPESCAL Documento Técnico 4. Santiago, Chile. 244 p.
- ❖ Saíenz, J; Becerra, M. (2013). Los conflictos por agua en México: avances de investigación. INE. Disponible en http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/389/conf_agua.htm l. (Consultado 11 Mar 2013.)
- ❖ Salgado, U.I.H, (1992). El análisis Exploratorio de Datos Biológicos, Ed. UNAM, México. 243 p.



-
- ❖ Sánchez, M.J.M. y S. D.A. Zamora. (2012). Producción y calidad del agua del bordo Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM, México. 102 p.
 - ❖ Santibáñez M. D. (2014). Evaluación de la producción primaria y calidad del agua del bordo Huitchila, Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 86 p.
 - ❖ SARH, (1982). Manual de técnicas de análisis fisicoquímicos para aguas. 5ª edición. 319 p.
 - ❖ Sarma, S.S.S. y M. Elías-Gutiérrez. (1998). Rotifer diversity in a central Mexican pond. *Hidrobiologia* 387/388: 47-54.
 - ❖ Sarma, S.S.S., y M. Elías-Gutiérrez. (1999). A survey the rotifera fauna of the Yucatán Península (México), *Revista de Biología Tropical*, 47 (suplemento 1); 191-200 p.
 - ❖ Sarma, S.S.S. y S. Nandini. (2002). Comparative Life table demography and population growth of *Brachionus macracanthus* DADAY, 1905 and *Platytias quadricornis* Ehrenberg 1832 (Rotifera: Brachionidae) in relation to algal (*Chlorella vulgaris*) food density. *Acta Hydrochim Hydrobiol.* 30(2-3): 128-140.
 - ❖ Sarma, S.S.S., S. Nandini y R. D. Gulati., (2002). Cost of reproduction in selected species of zooplankton (rotifers and cladocerans). *Hydrobiologia.* 481: 89-99.
 - ❖ Sarma, S.S.S.S., C- Serranía-Soto y S. Nandini. (2009). Diversidad de rotíferos. La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado Colección Mayor. México. 113- 117 p.
 - ❖ Scholten M., E. Foekema, H. Van Dokkum, N. Kaag y R. Jak. (2005). *Eutrophication Management and Ecotoxicology.* Netherlands. 120 p.
 - ❖ Schwöergel, J. (1975). *Métodos hidrobiología (biología del agua dulce).* Ed. H. Blume Ediciones Madrid, España. 262 p.
 - ❖ Sergers, H. (2008). Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater, *hydrobiology.* 595: 49-59.



- ❖ Silva-Briano M. y Suárez-Morales (1998) The copepoda calanoidea (crustacea) of Aguascalientes state, México. *Scientiae Naturae* 1: 37-47.
- ❖ Sheela, A.M., J. Letha y S. Joseph. (2011). Environmental status of a tropical lake system, *Environmental Monitoring and Assessment*. India. 180: 427-449.
- ❖ Sladeczek, V. (1983). Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 100: 169-171
- ❖ Sokal R, R. y F. J. Rolfh (1979). *Biometría, principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*, H, Blume Ediciones, Madrid 832 p.
- ❖ Suárez, E., A. Vázquez y E. Solís. (1991). Variaciones espacio temporales de distribución y abundancia de los rotíferos planctónicos en la presa J. A. Alzate, México durante un ciclo anual. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 18(2): 217-227p.
- ❖ Suárez, E. J. W. Reid, T. M. Liffie y F. Fiers. (1996). Catálogo de los copépodos (crustácea) continentales de la península de Yucatán, México. CONABIO-ECOSUR. 296 p.
- ❖ Suárez-Morales, E.A. Vázquez-Mazy y E. M. Solís. (1993). On the zooplankton community of a Mexican eutrophic reservoir, a seasonal survey. *Hidrobiológica* 3(1-2): 71-80.
- ❖ Suárez-Morales, E. (2000). Copépodos, seres ubicuos y poco conocidos. CONABIO. *Biodiversitas* 29: 7-11.
- ❖ Suárez-Morales, E. y J. W. Reid. (1998). An update list of free-living freshwater copepods (Crustacea) of Mexico. *The Southwestern Naturalist* 43 (2): 256-265.
- ❖ Suárez-Morales E., Elías-Gutiérrez M., Ciro-Pérez J., Silva-Briano M., Reid J. W., Gasca R. (2000). Cladóceras y Copépodos. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*. Vol. II. 1er edición. UNAM, México. 676 p.
- ❖ Suárez-Morales, E. y M. Elías-Gutiérrez. (2003). Estado actual del conocimiento de los copépodos de aguas continentales de México.



En: Barreiro-Güemes, M. T., Meave del Castillo, M. E., Sigmoret-Poillon, M. y Figueroa-Torres, M. G. *Planctología Mexicana*. El Colegio de la Frontera Sur, Universidad Autónoma Metropolitana, Estado de Veracruz. 157-169.

- ❖ Trejo-Albarrán, R, J. Granados-Ramírez, H. Quiroz Castela, I. Molina-Astudillo y J. García Rodríguez, (2000). El zooplancton del lago de Zempoala en el estado de Morelos, México. *Memorias, XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología*. Chapala, Jalisco del 6 al 9 de Mayo del 2000. 99p.
- ❖ Urabe, J. (1989). Relative importance of temporal and spatil heterogeneity in the zooplankton community of an artificial reservoir. *Hydrobiologia*, 184:1-6.
- ❖ Villabona-González, Silvia Lucía; Aguirre R, Néstor Jaime y Estrada P, Ana Lucía. (2011). Influencia de las macrófitas sobre la estructura poblacional de rotíferos y microcrustáceos en un plano de inundación tropical. *Rev. biol. trop* [en lineal]. 59(2): 853-870. ISSN 0034-7744.
- ❖ Wetzel, R.G. (1981). *Limnología*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 679 p.
- ❖ Wetzel, R.G. (2001). *Limnology. Lakes and Rivers Ecosystem*. Third Edition. Academic Press. 1006 p.
- ❖ Williams, D. D. (2008). *The biology of temporary waters*. Oxford University Press.
- ❖ Zambrano, L. (2007). La vida en las aguas continentales. *Revista Ciencia*. 57(3):1-11.
- ❖ Zannata, A. S., R. T. Orozco, A. H. Hurtado y A. H. Pérez. (2007). Rotíferos planctónicos de un lago tropical: diferencias en la distribución y migración entre dos eventos de mezcla con condiciones abióticas similares. *Hidrobiológica* 17(1):1-10.

Anexo I

Copépodos



***Arctodiaptomus dorsalis* (Marsh. 1970)**



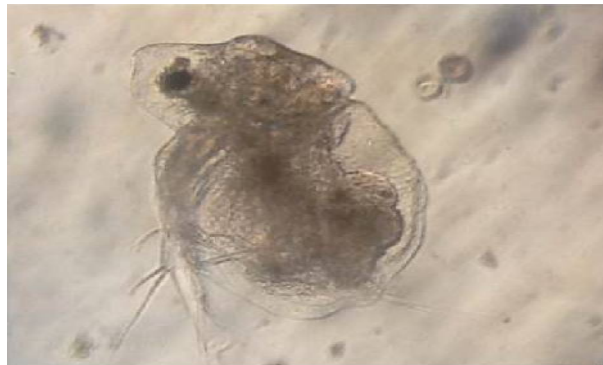
***Thermocyclops inversus* (Kiefer, 1936)**



Cladóceros



Diaphanosoma birgei (Korinek, 1981)



Moina micrura (Kurtz, 1874)

Rotíferos



Brachionus caudatus
(Barrios y Dadday, 1894)



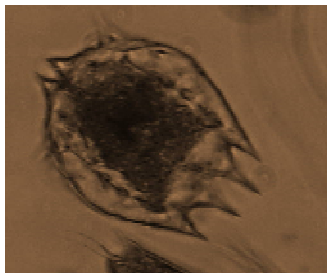
Conochilus unicornis
(Rousselet, 1892))



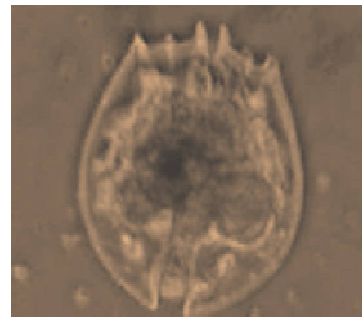
Brachionus falcatus
(Zacharias, 1898)



Brachionus havanaensis
(Rousselet, 1913)



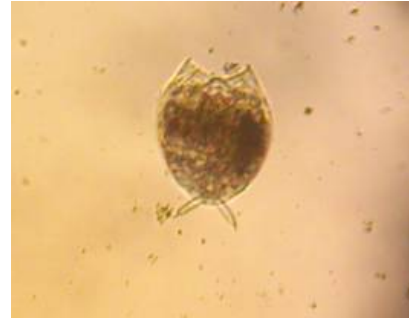
Brachionus calyciflorus (Pallas, 1766)



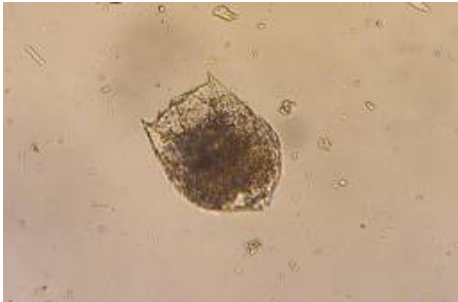
Brachionus urceolaris (Muller, 1773)



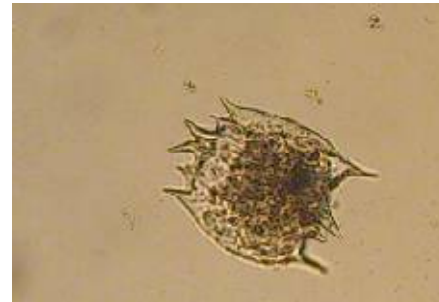
Filinia longiseta
(Ehrenberg, 1834)



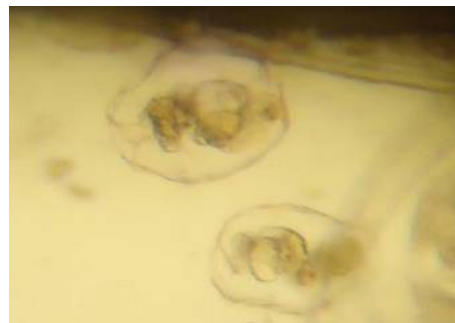
Ploesoma sp.
(Herrick, 1885)



Brachionus angularis
(Gosse, 1851)



Brachionus quadridentatus
(Hermann, 1783)



Asplanchna silvestris (Gosse, 1850)