



**UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**Zooplankton en los sistemas acuáticos “Amate Amarillo y Los
Planes”, en el Estado de Morelos**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

Ivar Amaury Palacios Albarrán

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. José Luis Gómez Márquez

AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO por ser una gran institución que me abrió sus puertas desde mi ingreso a la Preparatoria no. 7 “Ezequiel A. Chávez” y posteriormente a la FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA, esta última que me ha formado valores éticos y morales que junto con la carrera de BIOLOGÍA me han dado las bases para un futuro mejor. A donde quiera que vaya llevaré en lo más alto y con orgullo el nombre de la universidad.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez, director de tesis y a la Dra. Bertha Peña Mendoza por guiarme en este largo trayecto, quienes con su amistad conocimientos en clase y en campo, consejos y apoyo brindados en todo momento hicieron posible que alcanzara uno de mis mayores objetivos, a ustedes muchas gracias.

A mis sinodales Biól. José Luis Guzmán Santiago, M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo y Biól. Ernesto Constanzo Casillas, por sus aportaciones a mi formación académica y profesional, así como por sus observaciones y sugerencias para presentar un mejor trabajo.

Y a los profesores que con sus enseñanzas a lo largo de la carrera fueron parte de mi formación como profesionista.

DEDICATORIA

Nada de esto hubiera sido posible sin la ayuda, apoyo, paciencia y hasta regañones en su debido momento de mis padres, María Angélica Albarrán Acuña y Alfredo Palacios Morales, quienes han dedicado esfuerzo y sacrificio a lo largo de mi vida y trayectoria académica impulsándome siempre a ser mejor, a ustedes les dedico con gran cariño este trabajo como muestra de mi gratitud.

A mis hermanos y amigos: Said por acompañarme en las buenas y en las malas, y apoyo cuando lo necesito no importando que así sea para perseguir rateros (memorable); y Martin quien me ha enseñado que la base del éxito está en la constancia y dedicación, que la felicidad reside en las cosas más sencillas y de quien un abrazo dice más que mil palabras.

A toda mi familia, porque además de compartir sus genes, me han brindado su cariño, consejos y apoyo incondicional, este trabajo también va para ustedes como muestra del aprecio que les tengo.

A Margarita, por darme su compañía, apoyo y cariño a lo largo de la carrera y siempre, por compartir a mi lado malos momentos y disfrutar de muchos otros que han dejado huella en mi memoria. Te agradezco tus palabras de ánimo, tu comprensión y sobre todo tu persistencia para que este trabajo y etapa de mi vida se completara. Sabes que te quiero mucho linda.

A todos y cada uno de las personas que he conocido en diferentes momentos y etapas de mi vida y a quienes tengo un aprecio muy grande, a “Los Celestiales” amigos de la secundaria, a “La Pranga” amigos de la universidad, y en especial a Moisés, Bety, Gina y Jesús, por brindarme su apoyo, consejos y amistad invaluable.

Al M. en C. Jaime Ravelo Torres, Jefe de Unidad Departamental de Supervisión y Dictamen de Suelo e Impacto Ambiental de la Secretaria del Medio Ambiente del gobierno del Distrito Federal, por haberme dado la oportunidad de poner en práctica lo aprendido en mi formación académica y por darme la facilidad de poder terminar al mismo tiempo este trabajo, muchas gracias.

Contenido

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
1. MARCO TEORICO.....	9
1.1.- ROTÍFEROS.....	10
1.2.- CLADÓCEROS.....	11
1.3.- COPÉPODOS.....	13
1.4.- IMPORTANCIA DEL ZOOPLANCTON.....	14
2. ANTECEDENTES.....	16
3. ÁREA DE ESTUDIO.....	23
3.1.- LOS PLANES.....	23
3.1.1. Clima.....	24
3.1.2. Hidrografía.....	24
3.1.3. Flora y Fauna.....	25
3.1.4. Características y uso de suelo.....	26
3.2. AMATE AMARILLO.....	27
3.2.1. Clima.....	27
3.2.2. Hidrografía.....	28
3.2.3. Principales Ecosistemas.....	28
3.2.4. Características, Uso del Suelo y Geología.....	29
4. OBJETIVO GENERAL.....	30
4.1.- OBJETIVO PARTICULAR.....	30
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	31
5.1. FASE DE CAMPO.....	31

5.2. FASE DE LABORATORIO	32
5.3. FASE DE GABINETE	33
6. RESULTADOS.....	36
6.1. AMATE AMARILLO	36
6.1.1. OXIGENO Y TEMPERATURA.....	36
6.1.2. TRANSPARENCIA Y PROFUNDIDAD	37
6.1.3. ALCALINIDAD, DUREZA y pH	38
6.1.4 ZOOPLANCTON.....	39
6.2. LOS PLANES	49
6.2.1. PLAN 1	49
6.2.2. PLAN 2	57
6.2.2. PLAN 3	64
6.2.3. PLAN 4	72
6.3. CUADRO TAXONÓMICO Y PRESENCIA DE ORGANISMOS	79
6.4. ÍNDICE DE SHANNON-WIENER.....	81
6.5. ÍNDICE DE JACCARD	82
6.6. CORRELACION DE SPEARMAN	82
7. DISCUSIÓN.....	84
8. CONCLUSIONES	95
9. BIBLIOGRAFIA.....	96

RESUMEN

En este trabajo de investigación, tuvo como objetivo determinar la composición, abundancia y diversidad del zooplancton así como hacer una comparación de éste entre los sistemas acuáticos estudiados durante un ciclo anual. Se trabajaron en total cinco microreservorios de los cuales cuatro pertenecen al municipio de Tlayacapan conocidos como “Los Planes” y uno más en el municipio de Ayala conocido como “Amate Amarillo”, los cuales alcanzan su máxima capacidad en volumen durante los meses de septiembre y octubre debido al aporte pluvial, así como el incremento del caudal de los canales de suministro de agua que llegan a estos embalses. La temperatura y la visibilidad al disco de Secchi fueron los parámetros más relacionados con la abundancia de zooplancton.

Se realizaron muestreos mensuales en cada uno de los sistemas, en los que se realizaron las determinaciones analíticas de oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, dureza total, así como toma de muestras de zooplancton las cuales fueron analizadas en laboratorio para reconocer taxonómicamente hasta el nivel específico posible a los organismos. El total de organismos zooplácticos registrados en las muestras analizadas fueron clasificados taxonómicamente con base en ITIS (2012). Se observaron un total de trece especies, de las cuales cinco corresponden al Phylum Arthropoda y ocho al Rotifera, cabe señalar que del Phylum Arthropoda la especie *Mastigodiatomus albuquerquensis* únicamente se registró en los cuerpos de agua de los Planes; por el contrario, las especies *Arcodiatomus dorsalis* y *Diaphanosoma birgei* solo se encontraron en el sistema de Amate amarillo. Por parte del Phylum Rotifera la especie *Keratella valga* solamente se cuantificó en el Plan 3. De los cinco sistemas, se obtuvo como resultado una presencia del 100% para *B. calyciflorus*, *B. havanaensis*, *A. silvestri*, *T. inversus* y *M. micrura*, le siguen con un 80% *B. urceolaris*, *B. quadridentatus* y *M. albuquerquensis*, y con un 10% *K. valga* con presencia únicamente en Plan 3 y *B. caudatus* y *D. birgei*, con presencia únicamente para Amate amarillo. Este sistema presenta buena productividad y alta disponibilidad de alimento para la alimentación de juveniles de *Oreochromis niloticus*, especie que es explotada por los pescadores.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más importantes del mundo y existe una vasta cantidad presente en la tierra; cerca del 7% de la masa de la tierra es agua. Sin embargo, el 97.5% de toda el agua se encuentra como agua salada en los océanos esto significa que solamente el 2.5% del volumen del agua en el mundo es actualmente no salina. Alrededor del 75% de esta agua dulce está inmovilizada en los casquetes polares y en los glaciares, además un 24% está localizada en los subsuelos como agua subterránea, lo que significa que menos del 1% del total del agua dulce se encuentra en lagos, ríos y en el suelo (Gray, 1996; Wetzel, 2001).

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 lénticos 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 hectáreas (De la Lanza, 1990). En la República Mexicana, el 67.13% de los cuerpos hídricos lénticos lo ocupan los bordos o microembalses, con 188 781 ha., que representan el 14.74% de la superficie inundada de aguas epicontinentales (Tinoco y Atanasio, 1988; citados en Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

Estos embalses satisfacen parcialmente las necesidades de agua para la agricultura primordialmente de temporal, la cual ocupa entre 60 y 70% de la superficie agrícola, de tal modo que el éxito de los cultivos asociados con los pequeños reservorios depende de las variaciones en el tiempo atmosférico. La mayoría de estos embalses tienen una superficie entre una y diez hectáreas y se localizan principalmente en los estados de Jalisco y Guanajuato (Tinoco y Atanasio, 1988 citados en Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992). Aproximadamente el 90% son sistemas temporales con dimensiones menores a dos hectáreas (Sugunan, 1997).

Desafortunadamente estos ecosistemas están sujetos cada vez más a mayores presiones como consecuencia de las actividades humanas, ya que la sobrepoblación en las comunidades que se sirven de estos cuerpos de agua, genera un impacto negativo al realizar una explotación pesquera excesiva, la contaminación por agroquímicos, etc. Por lo tanto, es indispensable efectuar

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

Por otro lado, la calidad del agua está en función de la región hidrológica a la que pertenece y de las sales disueltas que contenga. Los pequeños cuerpos de agua se clasifican como embalses permanentes porque conservan un volumen remanente de agua constante en el año y temporales porque al menos seis meses permanecen secos. El tiempo de permanencia del agua en estos jagüeyes depende directamente de tres factores principales: precipitación, evaporación y el escurrimiento superficial, así como de otros procesos secundarios como flujo de agua subterránea, pérdidas por filtración y captura de agua por la vegetación aledaña a los jagüeyes (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

Los microembalses cuentan con características limnéticas similares a las de los lagos naturales someros; la profundidad no es mayor a 5 m, son pequeños (menores de 10 hectáreas) y prácticamente no tienen estratificación de la temperatura o de los nutrimentos, por lo que no hay barreras físicas; esta similitud entre las condiciones de estos sistemas y los cuerpos de agua naturales ocasiona que los organismos que viven en los segundos encuentren un sitio de dispersión y de refugio en los microembalses (López-Blanco y Zambrano-González, 2001; Hernández *et al.*, 2007). Estos pueden ocuparse como abrevaderos de animales, riego agrícola, en el caso de los permanentes para el criadero y producción de peces así como para actividades recreativas (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

En México los estudios de aguas continentales son limitados, generalmente son temas muy particulares de su estructura limnológica, la mayor parte de ellos son ecosistemas sometidos a presión antropogénica continua y frecuentemente constituyen depósitos de desechos humanos, agrícolas e industriales. Los estudios que han recibido menos atención por parte de los limnólogos en los cuerpos de agua y embalses mexicanos es el relativo al plancton (Arredondo-Figueroa y Aguilar-Díaz, 1987) y más el de los cuerpos de agua del estado de Morelos.

1. MARCO TEÓRICO

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

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 de biomasa, 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).

El zooplancton como entidad trófica en los ambientes acuáticos convierte, almacena y transfiere la energía de la biomasa del fitoplancton hacia los niveles tróficos superiores, en este sentido la función de los herbívoros zooplanctónicos es de vital importancia. Los grupos de zooplancton (copépodos, cladóceros y rotíferos) constituyen entre el 70 y el 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, 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 (obtienen su alimentación de materia orgánica en descomposición), herbívoros (que se alimentan de plantas, algas o fitoplancton), carnívoros (se alimentan

principalmente de carne) y omnívoros (organismos que se alimentan tanto de plantas como de animales), siendo estos organismos muy selectivos dependiendo del estadio en el que se encuentren, así como de la especie a la que pertenezcan; estas características les han proporcionado el desarrollar una amplia variedad de formas dentro de los diferentes sistemas dulceacuícolas, facilitando las interacciones intraespecíficas e interespecíficas (Arredondo-Figueroa *et al.*, 2007)

Las fluctuaciones temporales en la biomasa del zooplancton no responden a fenómenos aislados, sino que van ligadas a estructuras de naturaleza trófica (fitoplancton) e hidrodinámicas (estructura térmica, salinidad, turbulencias y advección). De la relación de todos estos parámetros se puede comprender mejor la dinámica del ecosistema y aquellos factores que tienen mayor influencia sobre el equilibrio y estabilidad del área (Brightdoom *et al.*, 2007).

En el estado de Morelos se han iniciado estudios sobre el conocimiento de la riqueza de especies zooplancticas para los diferentes ecosistemas acuáticos. En relación a los cladóceros, no se tiene un claro registro sobre su diversidad, distribución y los pocos trabajos que se han desarrollado en los diferentes embalses del estado, refieren el nombre genérico del organismo en discusión. Actualmente se han reconocido las especies zooplanctónicas que predominan en los estados de Morelos (Martínez, 2007).

A continuación se describirá de manera breve cada uno de los grupos que conforman el zooplancton:

1.1.- ROTÍFEROS

Los rotíferos constituyen una clase de pseudo-celomados, llegando a alcanzar los 2 mm de longitud. El número total de especies descritas de rotíferos es de unas 1 600, distribuidas en unos 120 géneros (Wetzel 2001). Su taxonomía jerárquica es la siguiente: Reino: Animalia, Phylum: Rotífera, Clase: Eurotatoria, Subclase: Monogononta, Superorden: Pseudotrocha, Orden: Ploima, Familia: Brachionidae (<http://www.itis.gov/>).

En una gran mayoría la forma del cuerpo tienden a alargarse distribuyéndose en tres regiones; cabeza, tronco y pie cubiertos por una cutícula elástica y delgada, pero en algunos está engrosada y rígida (loriga). El extremo anterior o corona de los rotíferos es ciliada y algunas especies la presentan en toda la superficie, de función locomotora (direccional) especialmente para formas planticas y filtradoras (hacia la boca). La característica universal de los rotíferos es la presencia del mástax, el cual posee un juego complejo de mandíbulas rígidas, llamada *trophi*. La simetría y torsión del animal se manifiesta en la natación con una trayectoria helicoidal. La mayoría de los rotíferos tanto los sésiles como los pláncnicos, no son depredadores (Margalef, 1983; Wetzel, 2001).

La alimentación omnívora se efectúa creando corrientes por el movimiento de los cilios que llevan las partículas vivas o de materia orgánica detrítica al interior de la boca (filtradoras), suelen desplazarse en el agua en línea recta como resultado del movimiento rotatorio de los cilios de la corona, también se desplazan a saltos. La parte posterior de su cuerpo termina en un pie, cuya formación es variable, más o menos móvil, frecuentemente con dedos, o algunas de las veces existen espolones preapicales donde se alojan comúnmente glándulas cuya secreción es adhesiva. Su reproducción es sexual o partenogénica 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 rotíferos son extremadamente importantes en los sistemas dulceacuícolas, debido a que su tasa de reproducción es significativamente alta. Pueden poblar diversos hábitats con extrema rapidez, convirtiendo a la productividad primaria en una forma aprovechable para los consumidores secundarios y gracias a su alta tasa de reproducción y rápido desarrollo, la más alta de los organismos zoopláncnicos, equivaldría a que puede aportar más del 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).

1.2.- CLADÓCEROS

Los cladóceros son un grupo de crustáceos de tamaño pequeño que han evolucionado para colonizar principalmente las aguas dulces, aunque existen

unas cuantas especies que han invadido ambientes marinos; son microcrustáceos filtradores, pertenecientes a la subclase Branchiopoda y son denominados comúnmente pulgas de agua, dado que se desplazan a manera de saltos (Elías *et al.*, 2008; Granados-Ramírez *et al.*, 2008).

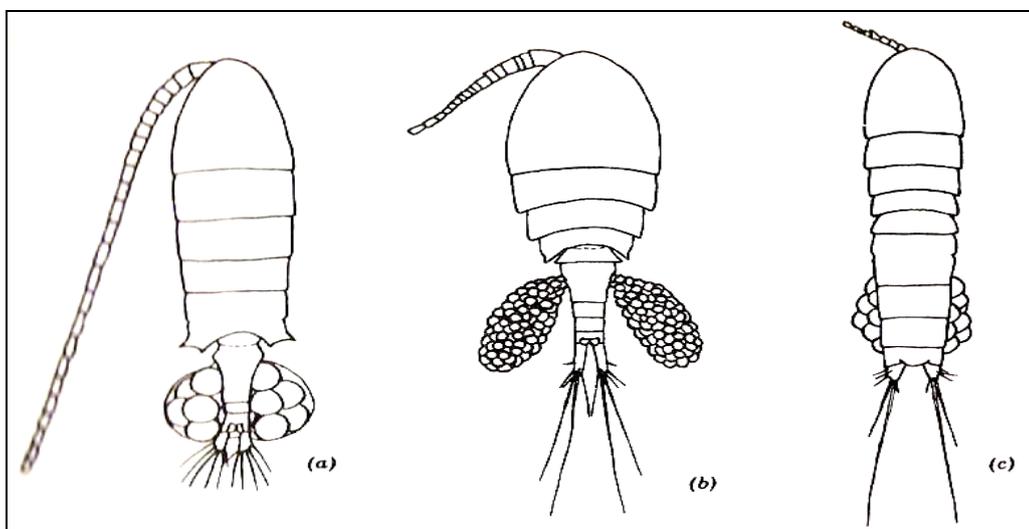
Su tamaño varía entre los 0.2 y los 3.0 mm, su cuerpo es transparente sin segmentación aparente, se caracterizan por un caparazón quitinoso que cubre y protege la cabeza y el cuerpo, el postabdomen aloja el final del tubo digestivo, posee dos garras terminales cuya función es limpiar el canal donde se concentra el alimento. La boca consta de una mandíbula grande y quitinizada para triturar el alimento y un par de pequeñas maxilas que son utilizadas para expulsar el alimento a través de las mandíbulas bucales. (Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel, 2007; Granados-Ramírez *et al.*, 2008)

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 una reducción del 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 *epifio*. 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 epifios, 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 *et al.*, 2008).

En México se les conoce con el nombre común de pulgas de agua, además se utilizan como alimento vivo en los acuarios y por su valor como indicadores biológicos, son utilizados en estudios de toxicidad; asimismo, se les ha empleado a estos organismos en la inferencia de los cambios de nivel de agua a lo largo del tiempo en diferentes lagos (Hofmann, 1998; Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel, 2007).

1.3.- COPÉPODOS

Son animales que miden entre 0.5 y 10 mm, en general son de vida libre. Los tres subórdenes de copépodos se distinguen por la estructura de primer par de antenas, por el urosoma y por el quinto par de patas (Figura 1). Su cuerpo es alargado, cilíndrico, de color crema o gris (rojo o anaranjado en lagos montañosos) (Armengol, 1982; Margalef, 1983; Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel, 2007).



CALANOIDES	CICLÓPIDOS	HARPACTICOIDES
Parte anterior del cuerpo mucho mas ancha que la anterior	Parte anterior del cuerpo mucho mas ancha que la posterior	Parte anterior del cuerpo poco mas ancha que la posterior
Marcada constricción entre el somito de la 5ta pata y el segmento genital	Marcada contracción entre los somitos de las patas 4ta y 5ta	Ligera constricción o nula, entre los somitos de las patas 4ta y 5ta
Un saco ovígero en posición media	Dos sacos ovígeros en posición lateral	Normalmente un saco ovígero en posición media
5ta pata parecida a las demás.	5ta pata vestigial	5ta pata vestigial
Planctónicos, raramente litorales	Litorales, algunas especies planctónicas	Exclusivamente litorales, en la macrovegetación y sedimentos

Figura 1. Imagen y características de los tres subórdenes de Copépodos a) Calanoides, b) Ciclopídos y c) Harpacticoides (Tomado de Wetzel, 2001)

1.4.- IMPORTANCIA DEL ZOOPLANCTON

Los organismos que conforman al zooplanton se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Como entidad trófica convierte y transfiere la energía de la biomasa del fitoplancton hacia los niveles tróficos superiores.
- Pueden poblar diversos hábitats con mucha facilidad y debido a su capacidad adaptativa se pueden encontrar ampliamente distribuidos.
- Se realizan cultivos de algunos cladóceros y rotíferos para ser suministrados como alimento vivo en los primeros estadios de peces y crustáceos de interés comercial.
- Los copépodos constituyen aproximadamente del 50 al 80% del total del zooplanton epicontinental, formando parte del alimento principal de muchos depredadores, incluso de las larvas de peces. Por lo tanto, son capaces de sostener el desarrollo de poblaciones de peces y otros organismos.
- Juegan un papel fundamental en el ciclo dinámico de la producción secundaria de los sistemas acuáticos; convierten la producción primaria (algas y bacterias) en una forma utilizable para los consumidores secundarios.
- Los copépodos tienen tasas de filtración de fitoplancton de 19 a 25 ml/día.
- Se han utilizado como buenos indicadores de los cambios físico-químicos del agua en los procesos de la contaminación acuática.

- Diversos organismos zooplanctónicos son indicadores de condiciones hidrológicas como :
 - Desplazamiento de masas de agua.
 - Contaminación
 - Eutrofización
(Margalef, 1983; Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel, 2007)
- Otro uso que se les ha dado a diversos cultivos de rotíferos en laboratorio, es que han servido para evaluar la toxicidad de algunas sustancias y cuantificar sus efectos, mediante diversas pruebas en laboratorio y/o de forma directa en el medio natural.
- Se ha observado que los copépodos de vida libre en aguas continentales, se convierten en consumidores de las larvas de mosquito transmisores del paludismo, dengue clásico y dengue hemorrágico.

2. ANTECEDENTES

Se realizó una búsqueda de información referente a las características de los sistemas acuáticos, así como de estudios realizados con zooplancton en el estado de Morelos, de la cual se puede inferir de que hasta el momento no hay suficiente conocimiento sobre aspectos limnológicos y biológicos de la mayoría de los embalses o en su defecto, la información sólo se encuentra en trabajos de tesis de licenciatura o de grado. A continuación se mencionan algunos de dichos trabajos:

Infante y Riehl (1984), evaluaron los efectos que tienen las cianofitas sobre las variaciones de acuerdo a la forma o tipo del alga (colonias mucilaginosas o filamentosas) y su abundancia en el lago Valencia, Venezuela prueban ser inhibidores para cladóceros.

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. Las fluctuaciones de la biomasa pláncica suelen ser de amplitud mayor en lagos tropicales, que en los templados, el inicio de la temporada de lluvias define el máximo crecimiento, cuya significancia depende del aporte de nutrientes de la cuenca de drenaje.

Granados (1990) menciona que los reservorios de agua dulce constituyen entidades aptas para el establecimiento de comunidades bentónicas, nécticas y pláncicas. Sin embargo, los trabajos de tipo taxonómico que se han realizado en México acerca de las comunidades pláncicas aún son escasos, registrándose hasta la actualidad alrededor de 283 especies de rotíferos en ambientes dulceacuícolas del país. No obstante, el estudio biológico de los rotíferos se ha incrementado gracias al uso que actualmente se les da en la acuicultura y como indicadores de la calidad del agua.

Suárez y Vázquez (1991), estudiaron la composición, distribución y abundancia de los rotíferos planctónicos en la presa J.A. Alzate México, durante un ciclo anual, a partir de muestreos de zooplancton. Registraron siete especies describiendo estacionalmente su comportamiento distribucional.

Durante el periodo de otoño se registraron cifras mayores de la abundancia total, las menores ocurrieron en el periodo de verano. Encontraron que las variaciones estacionales de densidad se deben fundamentalmente a la temperatura. El sistema limnológico estudiado es altamente eutrófico; lo que permite sostener poblaciones numerosas de organismos zooplanctónicos herbívoros, incluidos rotíferos y cladóceros.

Suárez-Morales *et al.* (1993) analizaron las variaciones estacionales del zooplancton en la presa J.A. Alzate, un cuerpo de agua eutrófico. Observaron un total de 21 especies pertenecientes a tres grupos: Rotífera, Cladóceros y Copépoda. Estos mostraron variaciones estacionales en cuanto a su distribución y densidad. La comunidad zoopláncica se encuentra dominada por cladóceros, que constituyen más del 90% de la captura media total durante un ciclo estudiado. La especie dominante fue *Moina micrura* (cladóceros), con picos de abundancia en el verano y otoño. Las mayores densidades de rotíferos y cladóceros se observaron en el otoño, cuando se presentaron las más altas temperaturas. La estructura de la comunidad zoopláncica local se ve fuertemente afectada por los ritmos estacionales de vaciado y llenado de la presa.

Torres y Hernández (1997), realizaron el estudio en el centro de la Laguna Escondida, un lago monomítico cálido de la selva tropical lluviosa de Veracruz, México para determinar los patrones de migración vertical diaria (MVD) de los elementos dominantes de la columna planctónica y probables relaciones con algunos factores hidrológicos. El zooplancton estuvo dominado por dos especies de copépodos y una de cladóceros.

Lugo *et al.* (1998), determinaron 11 especies de rotíferos durante un estudio en la presa de 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*. Los rotíferos estuvieron en números bajos en el mes de julio, pero en agosto aprovecharon el crecimiento de la abundancia del fitoplancton para aumentar su número y mantuvieron valores más o menos constantes (10000 rotíferos por litro) hasta el mes de octubre. A partir del mes de noviembre el número descendió considerablemente y alcanzó sus valores más bajos durante el muestreo de marzo.

Suárez-Morales y Reid (1998), revisaron los registros de la fauna de copépodos de aguas continentales de México para construir una lista actualizada de estos microcrustáceos. Se presentan los datos de las 78 especies incluidas y su ocurrencia en cada estado de México. Siete especies son registradas por primera vez en el país y se presentan varios registros nuevos a nivel estatal. Los estados con el mayor número de especies registradas son Yucatán, Michoacán, Aguascalientes, San Luis Potosí y el área del Distrito Federal. No existen registros de copépodos de aguas continentales en varios estados de México. El copépodo calanoide *Mastigodiatomus albuquerqueensis* y el cyclopoide *Eucyclops agilis* son los copépodos de aguas dulces más ampliamente distribuidos en México. No obstante que los datos disponibles son relativamente escasos, la información existente permitió algunas interpretaciones de tipo biogeográfico respecto a grupos de especies de calanoides y cyclopoideos considerando a su afinidad neotropical, neártica o transicional.

López-López y Serna-Hernández (1999), estudiaron las condiciones pláncticas y los factores ambientales del embalse Ignacio Allende de junio de 1990 a junio de 1991, donde se presentó una proliferación de cianofíceas en el verano, coincidentemente con el mayor nivel de agua. Se encontraron 39 taxones zooplanctónicos de los cuales *Diaphanosoma birgei*, *Bosmina longirotris*, *Daphnia pátvula*, *Diaptomus montezumae*, *Acanthocyclops vernalis*, *Keratella cochlearis* y *Asplanchna priodonta* fueron persistentes todo el ciclo. Un análisis de correspondencias canónicas mostró las relaciones que guardan los cambios en composición del zooplancton con las características físicas y químicas del embalse.

Arroyo-Bustos *et al.* (2000), realizaron una comparación de las comunidades zooplanctónicas en la presa Gustavo Díaz Ordaz "Bacuaro", en Sinaloa 1997 a 1998. La temperatura mostró valores menores en 1998 en agua superficial, sobre todo en los meses en que la composición zooplanctónica fue diferente. En 1998 se registraron 7 órdenes a diferencia de los 5 que obtuvieron en 1997; asimismo, se identificaron 11 familias y 13 géneros comparado con las siete familias y 9 géneros registrados en 1998 y 1997 respectivamente.

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 observaron que los valores de conductividad oscilaron entre 574 y 1110

$\mu\text{S/cm}$, los valores de pH los consideraron ligeramente alcalinos (8.9 promedio), alcalinidad promedio de 82.04 mg/L, con temperaturas del agua de 21 a 32 °C, baja transparencia (18.7 cm promedio) debido a la cantidad de materia en suspensión presente; aguas bien oxigenadas (5.85 mg/L promedio) y duras (204.68 mg/L), sólidos totales (859.5 mg/L promedio), 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; por todo lo anterior el lago fue clasificado como hipereutrófico. Los grupos de zooplanton en la clase Crustacea se identificaron al orden cladóceros (*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 Rotatoria se registró a *Brachionus sp.*, principalmente en marzo.

Trejo-Albarrán *et al.* (2000), reportan para el lago de Zempoala en el Estado de Morelos un total de 26 especies de zooplanton distribuidas en tres grupos: Copépodo (2 especies), Cladóceros (tres especies) y Rotíferos (21 especies), en donde estos últimos ocupan el 47.3%, seguido de los cladóceros con 30.8% y copéodos con 21.9%. La especie mejor representada por su densidad y frecuencia fue *Daphnia laevis* con 11 822 org/l y *Keratella cochlearis* con 6 442 org/l. La variación temporal de las poblaciones se encuentra sujeta a ciertas alteraciones periódicas e irregulares, lo que provoca cambios en vitalidad de las relaciones numéricas entre las especies que se encuentran ligadas a cambios físicos y químicos que se producen en el ambiente.

Gómez-Márquez *et al.*, (2003), elaboraron un estudio en el lago Coatetelco con respecto al zooplanton, con un total de cinco especies registradas: Los copéodos, estuvieron presentes en altas abundancias relativas (83%); los cladóceros fue el segundo grupo de importancia (15%), en cuanto a abundancia relativa; por último, los rotíferos sólo representaron 2% del total del zooplanton. El comportamiento estacional del zooplanton mostró fluctuaciones con respecto a los tres grupos: los copéodos representados por calanoideo y el ciclopoideo 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 mínimas abundancias fueron en febrero y julio. La variación y composición del zooplanton, muestra que el grupo más abundante fue el de los copéodos, que incluye al ciclopoideo *Termocyclops inversus* que dominaron en noviembre y, el resto del tiempo, prevalecieron los calanoideos representados por *Arcodiaptomus dorsalis*. De manera general, los copéodos representados por

altas abundancias durante todo el estudio. Los cladóceros, representados por *Diaphanosoma birgei*, se mantuvieron de manera constante con máximos en junio y noviembre; contrario al comportamiento de los copépodos calanoideos. Los rotíferos, con *Brachionus falcatus* y *Filinia terminalis* registraron los máximos niveles de abundancia relativa en mayo y en octubre, noviembre y diciembre, con niveles mínimos en secas.

Granados-Ramírez *et al.* (2003), efectuaron un estudio acerca de la variación poblacional de los rotíferos (clase: Monogononta) en tres cuerpos de agua de la subcuenca del río Cuautla, en el Estado de Morelos, durante el ciclo enero-diciembre 2003. Reconocieron 30 especies de rotíferos, con un índice de diversidad de 2.3 bits y 82.3% en el índice de similitud, con una dominancia y alta densidad del género *Brachionus* y las especies *Asplachna sieboldii*, *Filinia longiseta* y *Horaëlla thomassoni*.

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

Quiroz-Castelán *et al.* (2005), analizaron algunas condiciones físicas y químicas del agua y sedimento del Lago Zempoala durante un ciclo anual. Los valores de oxígeno disuelto y el bióxido de carbono que encontraron, indicaron procesos de descomposición, sobre todo en algunas áreas de la zona litoral y en el fondo, relacionaron esto con la concentración de materia orgánica y consideraron que el proceso continuo de eutrofización provocado por diversas razones, permite observar claras diferencias entre la zona trofólítica y la zona trofogénica en este lago.

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 zooplanton. Este estudio lo realizaron mensualmente con una estación para ambos embalses. En San Ignacio identificaron 15 especies del zooplanton, siendo los rotíferos

los más diversos con 11 especies. En Laguna de Enmedio identificaron 13 especies, de las cuales 8 correspondieron a rotíferos. La abundancia del zooplanton con respecto a la cantidad de kilocalorías fueron entre 3.0 kcal/m²/día y 10.3 kcal/m²/día en San Ignacio, En Laguna de Enmedio valores de 3.5 kcal/m²/día a 14.6 kcal/m²/día, caracterizando a estos cuerpos de agua como altamente productivos y aptos para actividades piscícolas

Gómez-Márquez *et al.* (2007), registraron en la presa Emiliano Zapata, Morelos, siete especies en total en los tres grupos que se presentaron en el área de estudio, Los copépodos que incluyen a los ciclopoideos y calanoideos fueron el grupo con mayor abundancia (79%), los cladóceros en segundo lugar (19%) y los rotíferos sólo representaron 2%, siendo el de menor abundancia durante todo el muestreo. La composición del zooplanton a lo largo del estudio tuvo el siguiente orden de abundancia: los copépodos ciclopoideos presentan dos máximos (en marzo y junio), no se registraron en verano y a partir de septiembre aumentaron hasta el final del estudio. Los copépodos calanoideos presentaron tendencia de disminución de inicio de muestreo hasta junio, posteriormente incrementaron durante el verano y disminuyeron hacia el final del estudio. Los cladóceros fueron registrados durante todo el estudio excepto en junio y julio; su máximo se observó en agosto con tendencia hacia la disminución al final del estudio. Los rotíferos fueron el grupo con menor abundancia con máximo en febrero y junio.

Zanatta *et al.* (2007), concluyeron que la distribución vertical de los rotíferos pláncnicos no es aleatoria, los factores abióticos tienen un papel preponderante en la determinación de la presencia y la ubicación de una especie particular en la columna de agua. Se registraron 28 especies de rotíferos. Su densidad promedio conjunta fluctuó entre $238 \pm 39 \text{ ind l}^{-1}$ y $517 \pm 97 \text{ ind l}^{-1}$. La similitud de la comunidad de rotíferos en las fechas comparadas fue de 46.4%. Los resultados mostraron que la temperatura y el oxígeno disuelto en los 13 m superiores y el pH en los 8 m superiores de la columna de agua no difirieron significativamente en las fechas comparadas. No obstante, la comunidad de rotíferos mostró importantes diferencias en: a) las densidades absolutas de las poblaciones, b) el orden de dominancia de las especies en la comunidad, c) la ubicación preferencial de las especies en la columna de agua, d) la relación entre tal preferencia y los factores abióticos analizados y e) los tipos y amplitudes de migración de las especies. Dada la semejanza de los factores abióticos en las fechas analizadas, se sugiere que los cambios observados en la distribución y abundancia de los rotíferos podrían involucrar factores biológicos, como la disponibilidad de alimento, la competencia y la depredación.

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. Se determinaron tres clases dentro de las cuales la clase Maxillopoda (dos especies) representó el 59% de la densidad total de zooplancton, seguida de la clase Branquiópoda (dos especies) con el 37% y por último, la clase Eurotatoria (cuatro especies) con el 4%. 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 del ambiente y la precipitación pluvial.

Granados-Ramírez *et al.* (2008), realizaron variaciones espaciales y temporales de la abundancia de cladóceros a partir del análisis de tres embalses de la subcuenca del río Cuautla, tomando muestras mensualmente de octubre 2002 a diciembre 2003, dichos embalses están dentro de la región hidrológica del río Balsas en el estado de Morelos. Encontraron que los cladóceros dominantes en la zona limnética de los tres embalses fueron *Diaphanosoma brachiurum*, *Moina micrura*, *Daphnia laevis* y *Ceriodaphnia reticulada*. El cladóceros *Alona sp* fue esporádico. En el embalse de Palo Blanco la especie *D. brachiurum* fue persistente durante el periodo de muestreo. La menos abundante y frecuente fue *Alona sp.*, que se presentó esporádicamente en octubre. En los embalses Las Teclas y Amate amarillo, *D. brachiurum* fue la especie dominante durante todo el periodo de estudio.

Ramírez (2008), realizó el diagnóstico de la situación del recurso acuático (sistemas lenticos) del Estado de Morelos en su parte norte-oriente. Registró 43 embalses distribuidos en 11 municipios; de estos, 10 temporales y 33 permanentes. Clasificó a los embalses como hipertróficos (50%), eutróficos con tendencia a la hipereutrofia (48%) y el resto clasificados como eutróficos. Respecto al fitoplancton registró un total 145 especies pertenecientes a cinco divisiones. En el caso del zooplancton reportó 31 especies de tres familias. La ictiofauna estuvo representada por ocho especies pertenecientes a ocho géneros.

Rosas (2009), realizó el diagnóstico del recurso acuático (sistemas lénticos) del estado de Morelos en su parte sur-oriente. Registró 53 sistemas acuáticos; de estos 33 son permanentes y 20 temporales. Clasificó a los sistemas como eutróficos (10%), con tendencia a la hipertrofia (47%) e hipertróficos (28%). Reportó 214 especies de fitoplancton pertenecientes a 6 clases; para el zooplancton registro 38 especies pertenecientes a 3 clases y la ictiofauna que registró en los sistemas pertenece a 3 familias en las que se incluyen 8 especies.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El Estado de Morelos cuenta con 33 municipios, colindando al Norte con el Estado de México y el Distrito Federal, al Este con el Estado de México y Puebla, en el Sur Puebla y Guerrero y al Oeste con Guerrero y Estado de México. Sus coordenadas geográficas son: al Norte 19° 08', al Sur 18° 20' longitud Norte, al Este 98° 37' y al Oeste 99° 30', cubre una superficie de 0.3% en total del país (INEGI, 2000).

3.1.- LOS PLANES

Los sistemas acuáticos "Los Planes" se localizan en el Municipio de Tlayacapan, en la parte Noreste del Estado de Morelos, entre los 18° 57' latitud Norte y 98° 59' de longitud Oeste, a 1 630 m sobre el nivel del mar (Figura 2). Colinda al norte con el municipio de Tlalnepantla; al sur con Yautepec, al este con Totolapan y Atlatlahucan y al oeste con el municipio de Tepoztlán. Se encuentra a una distancia aproximada hacia la capital del estado de 60 km. Posee una extensión territorial de 52,136 kilómetros cuadrados, cifra que representa el 1.05% del total de estado (H. Ayuntamiento de Tlayacapan, 2009).

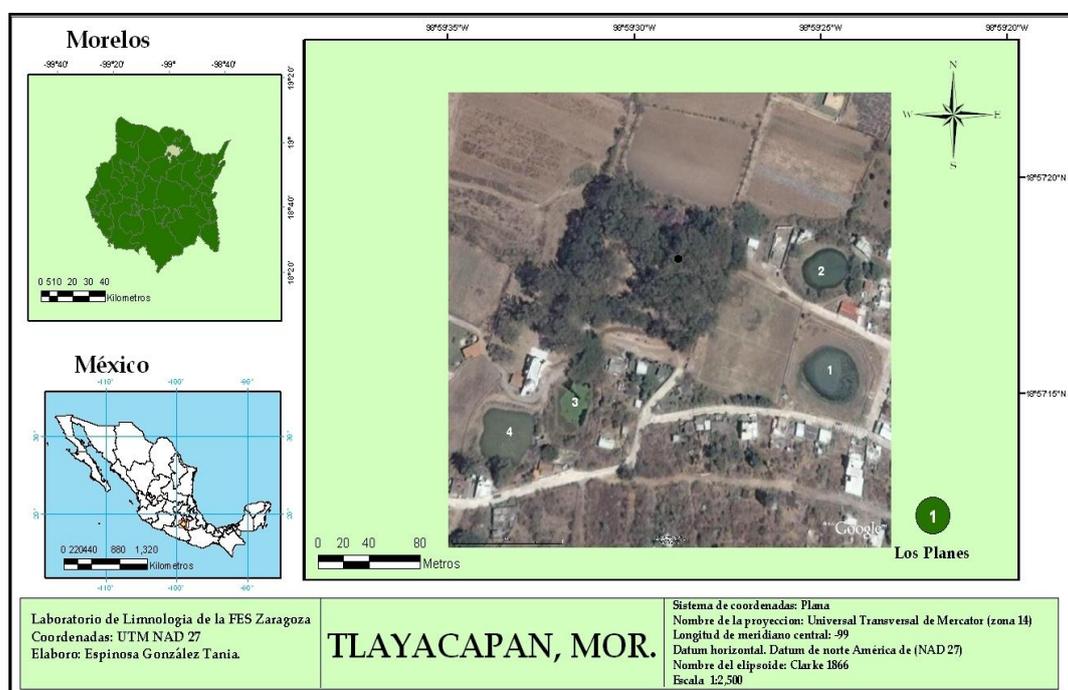


Figura 2. Localización del municipio de Tlayacapan (tomado de Espinoza, 2011)

Pertenece a la subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac, Se encuentra rodeado por una cadena de cerros: por el sur, se encuentra ubicado el cerro de la "Ventanilla", el "Sombrerito" o "Yacatl" (nariz); por el oeste, el cerro de "Huixtlalzink", "Tlatoani" y el "Zualopapalozink" (mariposita señora) él más alto tiene 505 metros de altura; por el noroeste, el cerro de "Tezontlala", "Cuitlazimpa" y "Tepozteco" y al norte la loma de la "Amixtepec" (<http://www.morelos.gob.mx>).

En el Municipio de Tlayacapan se presentan tres formas características de relieve; la primera corresponde a zonas con topografía accidentada y cubre aproximadamente el 15.23 por ciento de la superficie municipal. Los planes se localizan en la porción poniente del municipio y están formadas por las elevaciones de la sierra de Tepoztlán. La segunda corresponde a zonas semiplanas y cubre aproximadamente el 44.66% del territorio municipal, se localizan en la parte centro y norte del municipio. La tercera corresponde a zonas planas y cubre aproximadamente el 40.11% de la superficie municipal, se localizan en el centro y sur del municipio y están formadas por el valle de Yautepec (INEGI, 2000).

3.1.1. Clima

Según la modificación al sistema de clasificación de los climas de Köppen (modificado por García, 2004) se tiene que el clima de Tlayacapan es cálido subhúmedo Awo" (w) (i) g, con temperatura promedio anual de 19.3 °C y precipitación anual de 988.9 mm. Se caracteriza por ser intermedio en cuanto a humedad. La máxima incidencia de lluvias se presenta en junio, con intervalo que oscila entre 230 y 240 mm; febrero y diciembre son los meses con menos incidencia, con un valor mínimo de 5 mm. La temperatura máxima se registra en abril y mayo y fluctúa entre 23 y 24 °C; la mínima se presenta en enero y diciembre, ambos con una temperatura entre 18 y 19 °C (Anónimo, 1981; García, 2004).

3.1.2. Hidrografía

El municipio de Tlayacapan carece de ríos y arroyos naturales, solo cuenta con las corrientes de las barrancas que descienden de la cordillera

Neovolcánica, como arroyo de caudal temporal entre las que se pueden mencionar la del "Tepanate", "Chicotla", "Huiconchi" (Tlacuiloloapa), la de la "Plaza", "Santiago". Se cuenta además con jagueyes considerado como ollas para almacenar agua como son: "Nacatonco" o de los animales, "Chauxacacla", "Suchuititla", "El sabino" y "Tenanquiahua" (www.ceama.morelos.gob.mx)

3.1.3. Flora y Fauna

En el municipio de Tlayacapan la flora está constituida principalmente por bosque de pino-encino, bosque de pino y algunos manchones de Selva Baja Caducifolia entre la que se encuentra las siguientes especies: *Lysiloma acapulcensis*, *Ceiba pentandra*, *Ficus spp*, *Vitex mollis*, *Guazuma ulmifolia*, *Bursera fagaroides*, *Bursera copallifera*, *Ipomoea murocoides*, *Dodonaea viscosa*, *Opuntia spp*, *Bocconia arborea*, *Acacia cymbispina*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Agave spp*, *Tecota stans*, *Guazuma spp*, *Acacia bilimekii*, *Ipomoea murocoides*, *Lantana involucrata*, *Asistida adscensionis*, *Lantana cámara*, *Mimosa albida*, *Mimosa biuncifera*, *Asistida ternipes*, *Indigofera suffruticosa* y *Verbesina virgata* (Anónimo, 1981).

En el bosque de pino las especies que encontramos son *Alnus jorullensis*, *Pinus teocote*, *Pinus hartwegii*, *Quercus laurina*, *Abies religiosa*, *Pinus montezumae*, *Alnus firmifolia*, *Quercus crassifolia*, *Salix paradoxa*, *Salvia spp*, *Arbutus xalapensis*, *Garrya laurifolia*, *Senecio calcarius*, *Buddleia spp*, *Alnus jorullensis*, *Baccharis conferta*, *Achemilla procumbens*, *Microstylis myurus*, *Stipa spp*, *Cinna poaeformis* (Anónimo, 1981).

Los animales que se localizan en el municipio son: *Felis concolor*, *Odocoileus virginianus*, *Canis latrans*, *Meles meles*, *Procyon lotor*, *Canis lupus*, *Oryctolagus cuniculus*, *Lepus capensis*, *Didelphis virginiana*, *Spilogale gracilis*, *Columba livia*, *Pica pica*, *Ortalis vetula*, *Egretta alba* por temporadas, *Callipepla californica*, *Carduelis carduelis*, *Ptilogonys cinereus*, primavera, *Campephilus imperialis*, bobo, gorrión *Bubo virginianus*, *Tyto alba*, *Archilochus colubris*, *Crotalus durissus terrificus*, *Micruroides euryxanthus euryxanthus*, *Oxibelis fulgidus*, *Drymarchon melanurus rubidus*, *Boa constrictor*, *Iguana iguana*, *Apodarcis Muralis*, *Salamandra salamandra*, *Eleutherodactylus hobarismithi*,

Acheta domesticus, *Centruroides suffusus*, *Tettigonia viridíssima* y muchas variedades de arañas del orden Araneae (Anónimo, 1981).

3.1.4. Características y uso de suelo

En el estado de Morelos existen solamente afloramientos de rocas ígneas y rocas sedimentarias. Las rocas mas antiguas son las sedimentarias del Cretácico Inferior, las rocas volcánicas son las más jóvenes y las más abundantes. Este estado queda comprendido dentro de dos provincias geológicas: las del eje Neovolcánico y las de la Sierra Madre del Sur (Anónimo, 1981).

Los conglomerados constituyen una potente formación aluvial que en las partes bajas se encuentran cubiertas por basaltos y que en la zona próxima a Tlayacapan aflora en contra fuerte abruptos que forman los cerros del Sombrerito, Zoapapalotzin, Tepozoco, la cueva de Tonantzin y se extienden hacia el Noroeste para unirse en los cerros del Tepozteco. Su exposición en estos contra fuertes es debida a una intensa erosión desarrollada posteriormente al depósito aluvial.

En las zonas se encuentran acumulaciones piroclásticas de cenizas volcánicas que cubren a los basaltos y pequeños conos volcánicos de la pille basáltico tales como la loma de Tezontlala al noroeste de Tlayacapan, entre los cerros del Zoapapalotzin y el Tepozoco (e-local.gob.mx). El tipo de suelo predominante es el Regosol (con características calcáricas, distrícas, eútricas y gélicas) y Andosol (con variedades que pasan por Andosol húmico, mólico y ócrico) (Anónimo, 1981). (Figura 3).



Figura 3. Vista de Plan 3

3.2. AMATE AMARILLO

El municipio de Ayala, se encuentra en la parte central del estado y se ubica entre los 18° 46' norte y los 98° 59' oeste. Limita al norte con los municipios de Yautepec, Cuautla y Yecapixtla, al sur con Tepalcingo y Tlaquiltenango; al este con Temoac, Jantetelco y Jonacatepec y al oeste con Tlaltizapán y Yautepec (Figura 4) (INEGI 2000).

El bordo de Amate amarillo se encuentra en el municipio de Ayala en la parte central del estado y se ubica entre los 18 46' minutos de latitud norte y los 98 59' de longitud oeste, a 1,220 metros sobre el nivel del mar.

3.2.1. Clima

Las condiciones climáticas prevalecientes en la zona, conforme a Köopen modificado por García (2004) son $Aw_0''(w)(i)g$, cálido subhúmedo, con cociente de precipitación/temperatura <43.2 , lluvias en verano con un porcentaje de lluvias invernal menores a 5 mm y presencia de canícula.

Se presenta en el centro y sur, en los límites con el estado de México y con Guerrero, cubre aproximadamente un 75% de la superficie de la entidad. Presenta lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 mm.

La precipitación anual en la zona fluctúa entre 800 y 1,000 mm; la temperatura media anual es de 24 °C. (Anónimo, 1981; García, 2004).

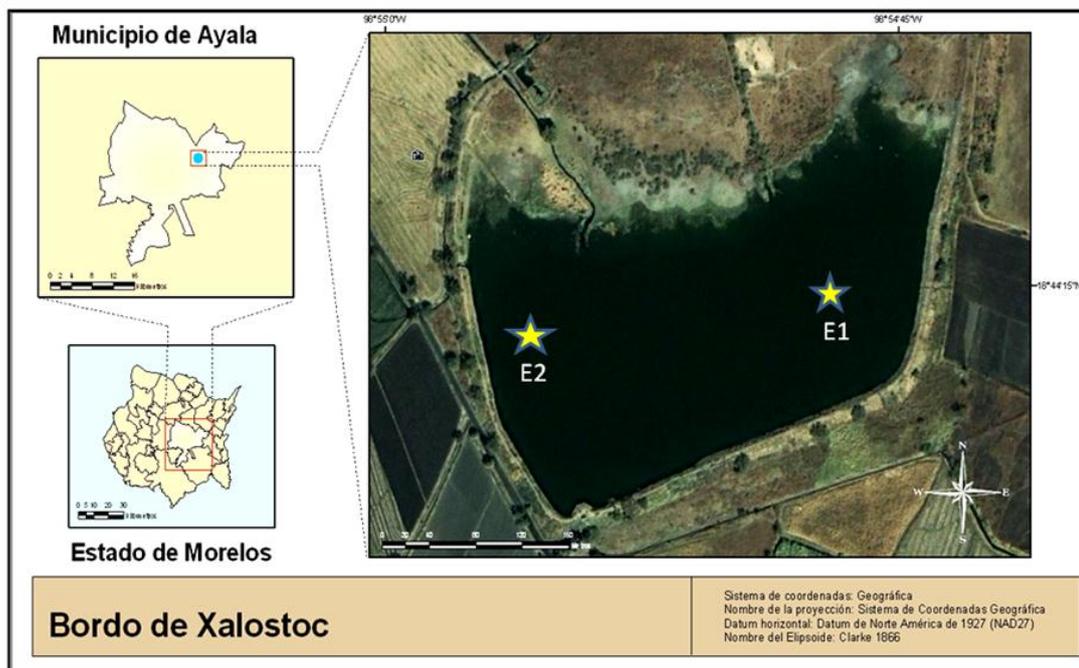


Figura 4. Localización del bordo Amate amarillo en el municipio de Ayala

3.2.2. Hidrografía

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

3.2.3. Principales Ecosistemas

La vegetación es la de Selva Baja Caducifolia, principalmente encontramos cubatas, *Ipomoea murucoides*, *Tulipa*, *Ficus benjamina*, *Delonix regia*, *Pithecellobium dulce*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata*, *Glycyrrhiza glabra*, *Astrophytum myriostigma*, *Lysiloma acapulcense*, frutales tales como *Annona squamosa*, *Annona cherimola*, *Mammea americana*, *Prunus domestica* y *Psidium guajava*.

La fauna también es muy variada, entre ellos tenemos al *Procyon lotor*, *Oryctolagus cuniculus*, *Spilogale angustifrom*, *Dasyopus novemcinctus*, *Didelphis virginiana*, *Canis latrans*, *Pica pica*, *Coragyps atratus*, *Athene cunicularia*, *Accipiter nissus*, *Iguana iguana* y *Buthus occitanus*. (www.ceama.morelos.gob.mx).

3.2.4. Características, Uso del Suelo y Geología

Los tipos de suelos que predominan en el municipio se describen a continuación.

Vertisol. Suelos pesados (arcillos), decifiles de laborar y de drenaje interno, contendencia a deficiente; sin embargo presenta buenos niveles de fertilidad.

Chernozem. Son suelos que a una profundidad de por lo menos 15 cm. Tienen un buen contenido de material orgánico y a mas profundidad tienen demoderada a alta concentración de caliza pulvurulente. Los cultivos que prosperan en este suelo pueden presentar síntomas de deficiencia de fierro.

Castañozem. En los primeros 15cm. de profundidad estos suelos tienen un buen contenido de materia orgánica y color pardo o castaño, pero inmediatamente a bajo tienen altas concentraciones de caliza pulvurulente y color claro.

Feozen haplico. Estos suelos están ubicados en sistemas de lomerios y sierras, tienen una profundidad de hasta 125 cm. Básicamente soportan vegetación natural de selva baja caducifolia.

Litosol. Son suelos delgados (menos de 10 cm), Pedregosos de topografía accidentada y susceptibles a la erosión de acuerdo a la delimitación y definición de agrohabitats del estado de Morelos (Porta *et al.*, 2003).

La Geología corresponde a la K(s) Era Mesozoica del Periodo Cretácico de roca sedimentaria, T(s) Era Cenozoica del Periodo Terciario de roca sedimentaria y Q(Su) Era Cenozoica del Periodo Cuaternario suelo.

4. OBJETIVO GENERAL

- ✚ Determinar la composición, abundancia y diversidad del zooplancton así como hacer una comparación de éste entre los dos sistemas acuáticos en el estado de Morelos durante un ciclo anual.

4.1.- OBJETIVO PARTICULAR

- ✚ Reconocer taxonómicamente hasta el nivel específico posible a los individuos del zooplancton.
- ✚ Comparar la composición y abundancia del zooplancton de los diferentes sistemas acuáticos.
- ✚ Obtener el índice de diversidad de Shannon-Weiner (diversidad alfa) y de Jaccard (diversidad beta) para la comunidad del zooplancton durante un periodo anual.
- ✚ Analizar los parámetros físico-químicos del agua y su relación con la comunidad zooplanctónica.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo constó de tres fases: de campo, laboratorio y gabinete.

5.1. FASE DE CAMPO

Se realizaron muestreos mensualmente de Septiembre del 2008 a Agosto del 2009 en la parte central del bordo, cada uno de ellos se ubicó mediante el sistema de coordenadas geográficas con un GPS (Sistema de Geoposicionamiento) y en ellos se estableció una estación de muestreo en el centro de cada sistema en función de su tamaño.

En cada sitio se determinó los siguientes parámetros: temperatura ambiental y del agua (con un termómetro de $\pm 1^\circ\text{C}$), hora del día y transparencia (mediante la visibilidad al disco de Secchi).

Para la toma de muestras de agua se utilizó una botella Van Dorn de dos litros de capacidad y las muestras fueron almacenadas en botellas de un litro para la determinación de los parámetros químicos. Para la determinación del oxígeno disuelto se empleó una botella tipo DBO de trescientos mililitros. El pH y la conductividad eléctrica se midieron con un multiparámetros marca HANNA, modelo HI 991300.

Para la colecta del zooplancton se empleó una red de arrastre de 80 μm de luz de malla en transecto de 10 m, 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% o formalina comercial al 10%, dependiendo del tipo de método de conservación y determinación que se utilice.

Posteriormente se realizaron las siguientes técnicas *in situ* (Cuadro 1):

Cuadro 1. Métodos para determinar la calidad de agua

QUÍMICOS	MÉTODO
✓ Oxígeno disuelto (mg/l)	✓ Winkler (modificación de azida de sodio)
✓ Alcalinidad total (mg/l)	✓ Volumetría con indicadores
✓ Dureza total (mg/l)	✓ Complejométrico
✓ Dureza de calcio (mg/l)	✓ Complejométrico

(SARH, 1982; Arredondo, 1986; APHA-AWWA-WPCF, 1992)

5.2. FASE DE LABORATORIO

Para la cuantificación del zooplanton se utilizó una alícuota de 1 ml con repetición y se colocó en una celda de conteo Sedgwick-Rafter, para expresar la cuantificación en densidad de plancton con respecto a una unidad de volumen org/l (Schwoerbel, 1975). Para la determinación de los organismos al nivel específico posible, se emplearon los siguientes manuales de nomenclatura y clasificación: Ahlstrom (1940, 1943), Needham y Needham (1972), Pennak (1979), Koste (1978), Suárez-Morales *et al.* (1996), Korovochinsky y Smirnov (1998), Suárez-Morales y Reid (1998), Suárez-Morales *et al.* (1996), Elías *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).

5.3. FASE DE GABINETE

Para determinar las características ecológicas de las poblaciones zooplanctónicas, se requirió utilizar los siguientes índices:

Índice de diversidad (H') de Shannon-Weiner (López. *et al.*, 1985; Moreno, 2001):

$$H' = -\sum_{i=1}^{S^*} (p_i \ln p_i)$$

H' es el promedio incierto por especie en una comunidad infinita de s^* especies con abundancias conocidas $p_1, p_2, p_3 \dots p_s$. (Hellaweil, 1986).

Donde p_i se define como la abundancia relativa de una especie en una comunidad y se refiere a la fracción con la que contribuye dicha especie a la abundancia total, en este trabajo utilizaríamos como medida de abundancia el número de individuos.

$$P_i = n_i / \sum_{i=1}^s n_i$$

Donde:

P_i = abundancia relativa de la especie i .

S = número total de especies en la comunidad

n_i = número de individuos de la especie i

Expresa la uniformidad de los valores de importancia, adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno, 2001).

Para la equitatividad se utilizó la formula $E = \frac{H'}{H'_{\max}}$, donde H'_{\max} se determina con la formula $H'_{\max} = \ln s^*$ (López *et al.*, 1985).

- La uniformidad o dominancia $1 - E$, tendrá un valor bajo (mínimo de 0) cuando la dominancia es baja y un valor alto (con un máximo de 1.0) cuando la dominancia es alta (Brower y Zar, 1977).
- El índice de Jaccard se utilizó para determinar la similaridad entre las localidades de muestreo por la recolecta de materiales biológicas (Moreno, 2001) en el que solo se considera la presencia de las especies con la expresión:

$$C_j = \frac{C}{S_1 + S_2 - C}$$

Donde S_1 y S_2 corresponden al número de especies en las comunidades 1 y 2 respectivas, y C es el número de especies comunes en ambas comunidades (Hellawell, 1986; Moreno, 2001)

Se empleó el método gráfico de test de asociación de Olmstead-Tukey (Sokal y Rolfh, 1979) para jerarquizar la dominancia de las especies en función de la abundancia y frecuencia del zooplancton de cada sistema acuático.

Después se procedió a realizar a los parámetros físicos y químicos, el análisis estadístico multivariado (Análisis de Componentes Principales) que es una técnica estadística de síntesis de la información o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible.

El análisis de componentes principales (ACP) tiene sentido si existen altas correlaciones entre las variables, ya que esto es indicativo de que existe información redundante y, por lo tanto, pocos factores explicarán gran parte de la variabilidad total. Este análisis se efectuará con la finalidad de establecer el grado de dependencia que existe entre las variables físicas, químicas y bióticas (Peña-Sánchez, 1987; Ponce-Palafox *et al.*, 2007).

Para conocer la igualdad o diferencias que se pueden encontrar entre los sistemas, se empleó el Análisis de Varianza de una vía (ANDEVA) para determinar la igualdad o diferencia de los parámetros para los cinco sistemas y

de manera temporal, esto tomando en cuenta que los datos cumplan los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de Varianza (por el método de Levene), utilizando el paquete estadístico Statgraphics v. 5.0 para Windows.

Si no se cumplieron los supuestos se recurrirá a pruebas de distribución libre, es decir que no se apeguen a una función de distribución de probabilidad. En otras palabras se aplicó alguna técnica de Análisis Estadístico No-Paramétrico.

Se empleó el análisis estadístico de correlación lineal propuesto por Sperman, para la determinación del grado de dependencia que existe entre las variables físico-químicas y bióticas en los embalses (Schwoerbel, 1975).

6. RESULTADOS

6.1. AMATE AMARILLO

Se tomaron muestras mensuales de septiembre 2008 a agosto 2009, con el fin de conocer la calidad de agua así como la composición y variación del zooplancton en el cuerpo de agua. Se establecieron dos estaciones de muestreo debido a su dimensión (7.5 ha), una en el extremo oriente (estación 1) y la otra en el extremo poniente cerca de la compuerta de salida (estación 2). (Figura 4)

6.1.1 OXIGENO Y TEMPERATURA

La relación entre el oxígeno disuelto y la temperatura del agua es inversamente proporcional, como puede observar en la figura 5, la concentración de oxígeno aumenta cuando la temperatura disminuye, esto se debe a que el oxígeno es menos soluble en el agua en temperaturas elevadas y los procesos de descomposición de la materia orgánica generan que haya menos oxígeno disponible en el sistema. Estos dos parámetros tienen un comportamiento similar en las dos estaciones, por lo que se puede decir que la temperatura y el oxígeno se comportan homogéneamente en el sistema. Algo que se puede observar también son las fluctuaciones que tuvo la concentración de oxígeno, misma que en los meses con lluvias presentó una baja concentración debido a la gran cantidad de organismos que lo demandaban y por el aporte de la carga de materia orgánica al sistema, así como también debido a la poca solubilidad que presenta el oxígeno en temperaturas cálidas; además del proceso de dilución, de esta manera el oxígeno estaba en mayor disponibilidad en los meses secos fríos. Las concentraciones de oxígeno indican que se encuentran en buenas condiciones para los organismos que habitan en él, con valores máximos en noviembre (12 mg/L) y los más bajos en agosto (4 mg/L). La temperatura del agua a lo largo del ciclo mostró una máxima de 27.1°C en el mes de junio y una mínima de 20.9°C en el mes de diciembre. Se registró la temperatura ambiental más alta en el mes de junio con 29.9°C y la más baja en el mes de febrero con 23°C en el mes de febrero.

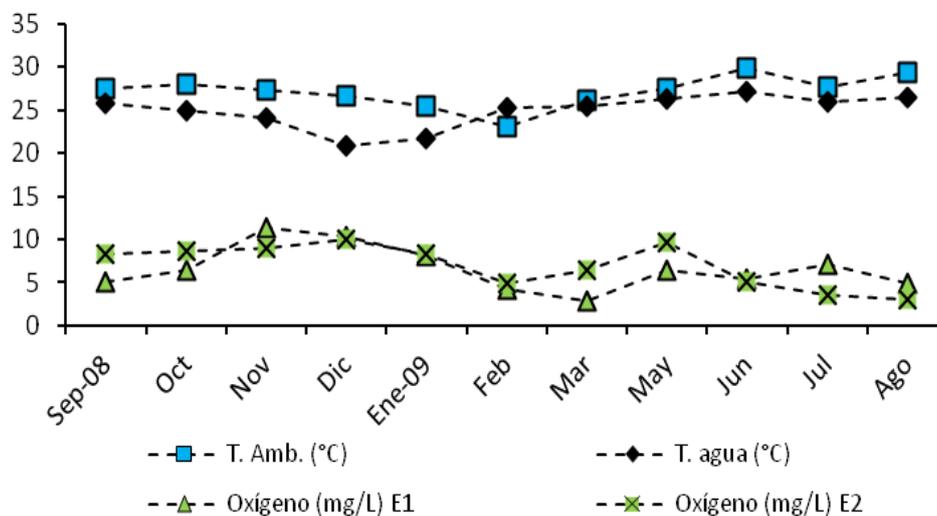


Figura 5. Comportamiento de la temperatura y el oxígeno promedio en el Amate amarillo

6.1.2. TRANSPARENCIA Y PROFUNDIDAD

Por otro lado, la figura 6 muestra la visibilidad al disco de Secchi y la profundidad en el sistema debido a que son dos parámetros que se encuentran estrechamente relacionados, ya que al disminuir la profundidad provoca una mayor concentración de sólidos y nutrientes en una menor área del sistema, lo que conduce a una disminución en la transparencia. El gráfico muestra que ha mayor profundidad en el Amate amarillo existe también un aumento en la transparencia del mismo, con valores máximos de 2.90 m y 3.50 m y mínimos de 1.20 m y 1.60 m para las estaciones 1 y 2 respectivamente. Se observa que dicho aumento se presenta en los meses de Septiembre y Octubre y una disminución en los meses de Diciembre y Enero.

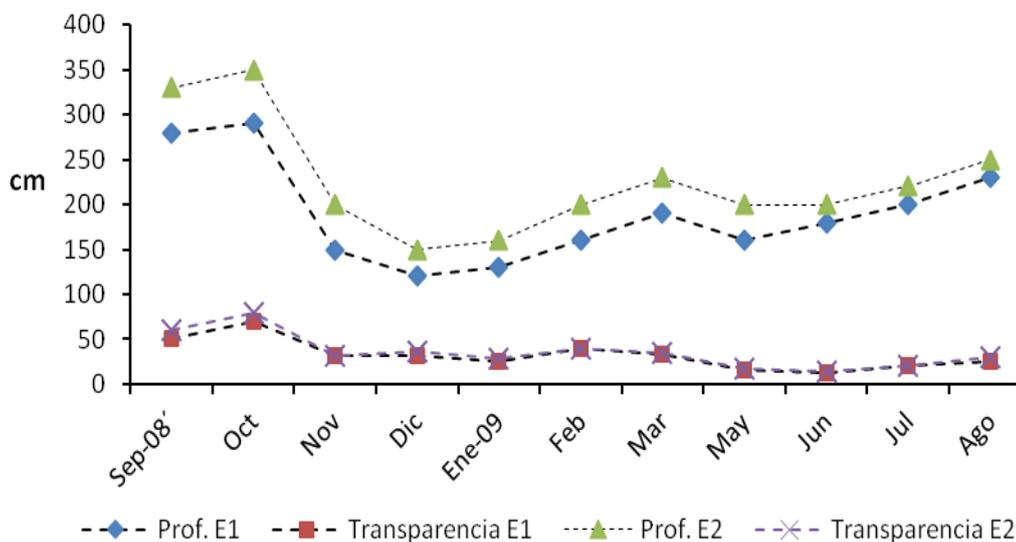


Figura 6. Relación entre profundidad y transparencia en Amate amarillo

6.1.3. ALCALINIDAD, DUREZA y pH

Los valores obtenidos de la dureza total, es debida solo al carbonato de calcio asociada a los valores de pH, por lo que el agua de este sistema tiene una dureza que oscila desde agua dura en los meses de dilución (junio a octubre), hasta muy dura en los meses de concentración (noviembre a mayo) del sistema (72.1 a 100.1 mg/L respectivamente). En la Figura 7 se puede ver la relación que hay entre estos parámetros, ya que el sistema presenta valores de pH que van de 7.9 a 8.4 unidades, esto lo hace un sistema ligeramente alcalino. Muchos nutrimentos tienden a incrementar con la alcalinidad, entonces se puede considerar a este parámetro como otro posible indicador de productividad en el sistema. Cabe señalar que estos valores son elevados en específico los de la dureza total, porque influye el factor geológico de la zona y la composición de carbonato de calcio en los suelos de la entidad, que dan los aportes necesarios para que estos valores se presenten de esta manera

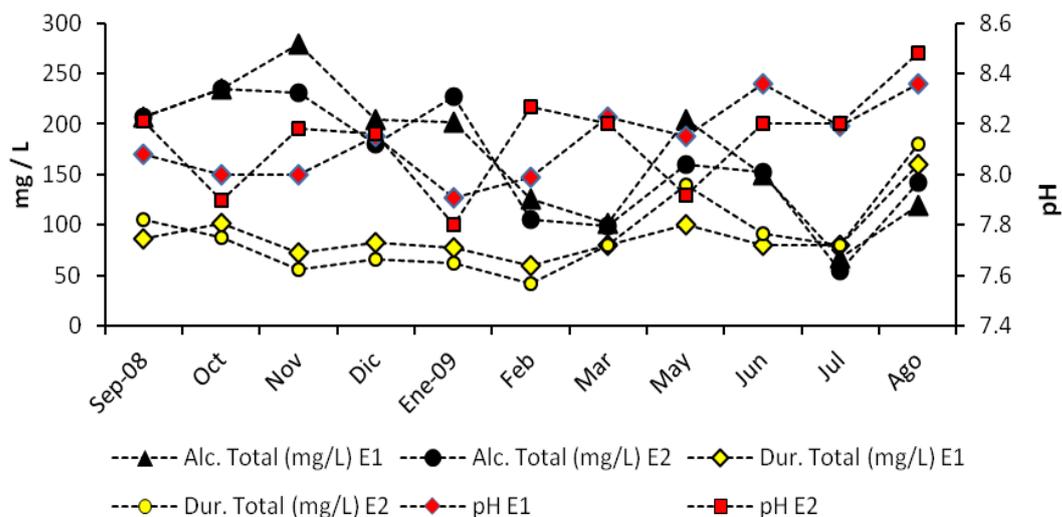


Figura 7. Relación de la Alcalinidad, Dureza y pH promedio en el sistema Amate amarillo

6.1.4 ZOOPLANCTON

Durante el estudio en el cuerpo de agua en las dos estaciones de muestreo (E1 y E2) se determinaron, tres grupos pertenecientes a diferentes clases: la clase Maxillopoda (calanoideos), Branchiopoda (cladóceros) y Eurotatoria (rotíferos), siendo la composición del zooplanton en ambas estaciones dominada por el grupo de los rotíferos y por otro lado el grupo de los Cladóceros la de menor presencia, como se puede observar en la figura 8.

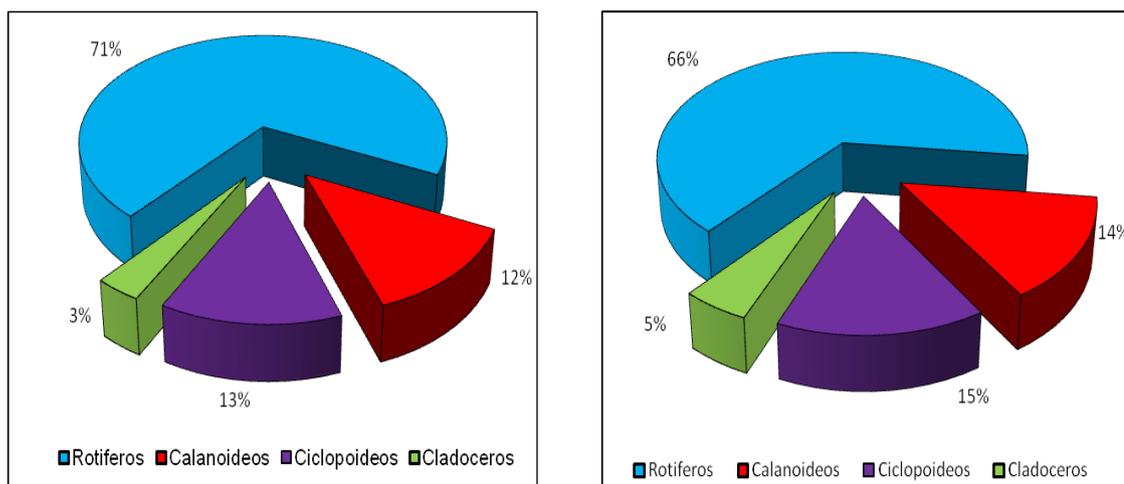


Figura 8. Comparativo porcentual anual de organismos presentes en Amate Amarillo estación 1 y estación 2 respectivamente

Al finalizar la identificación y el conteo de los organismos, se obtuvo un total de 2 familias, 8 géneros y 11 especies de zooplankton, de las cuales dos especies son de copépodos: *Termocyclops inversus*, *Arcodiantomus dorsalis* y copepoditos; dos de cladóceros: *Moina micrura* y *Diaphanosoma birgei*. y siete de rotíferos: *Brachionus calyciflorus*, *B. havanaensis*, *B. urceolaris*, *B. quadridentatus*, *B. caudatus*, *Filinia longiseta* y *Asplanchna silvestris*.

6.1.4.1. ESTACIÓN 1

6.1.4.1.1. Variación y Composición del zooplankton

La variación y composición temporal del zooplankton muestra que el grupo de los rotíferos presentó máximos en el mes de enero y agosto así como casi todo el verano, siendo este grupo el de mayor abundancia. Los copépodos calanoideos al igual que los ciclopoideos se comportan de manera similar dado que presentan máximos en los meses de octubre y febrero con una considerable disminución en el mes de diciembre y enero respectivamente. Los cladóceros presentan máximos en los meses de noviembre, marzo y julio, no registrándose en el mes de diciembre (Figura 9).

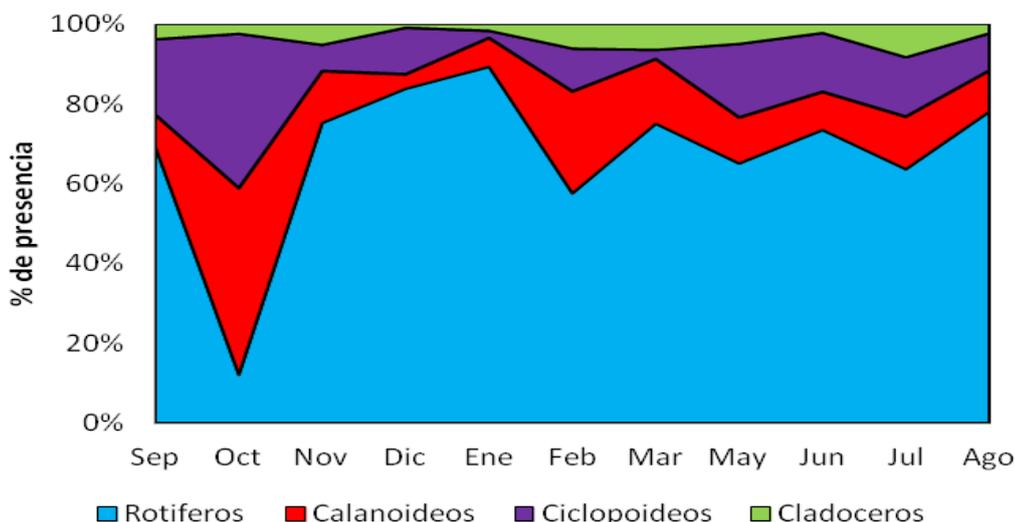


Figura 9. Comportamiento temporal del zooplankton en E1.

6.1.4.1.2. Asociación De Olmstead-Tukey

En el diagrama de asociación Olmstead-Tukey (Figura 10) se incluyen las especies de zooplancton registrados en el sistema Amate amarillo (E1). Como se puede apreciar, dentro de las especies Raras se encuentran especies como: *B. quadridentatus*, *F. longiseta*, *Diaphanosoma birgei* y *M. micrura*; en cuanto a las especies Ocasionales está únicamente la especie: *B. caudatus* y en las especies Dominantes a: *B. havanaensis*, *A. dorsalis* y *A. silvestri*.

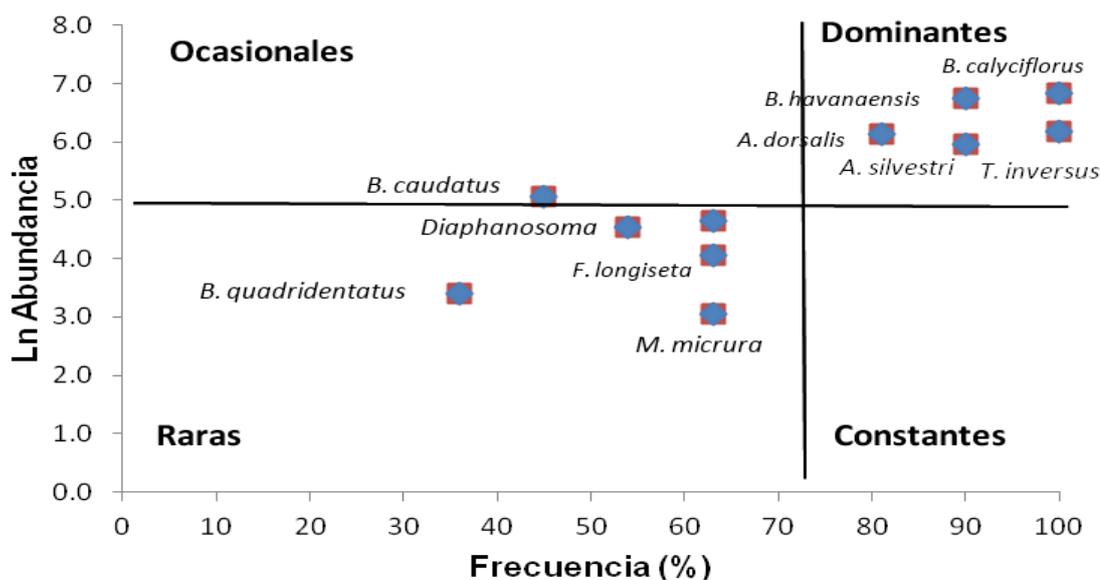


Figura 10. Diagrama de asociación de Olmstead-Tukey, Amate amarillo E1, Morelos

Tabla 1. Composición y categoría del zooplancton en el bordo Amate amarillo E1, Morelos

Especie	Categoría	Especie	Categoría
<i>A. dorsalis</i>	D	<i>B. quadridentatus</i>	R
<i>T. inversus</i>	D	<i>B. plicatilis</i>	R
<i>B. calyciflorus</i>	D	<i>F. longiseta</i>	R
<i>A. silvestris</i>	D	<i>M. micrura</i>	R
<i>B. havanaensis</i>	D	<i>D birgei</i>	R
<i>B. caudatus</i>	O		

D=Dominantes, C=Constantes, O=Ocasionales, R=Raras

6.1.4.1.3. Especies Dominantes

Cinco especies fueron las dominantes durante todo el año (Figura 11), siendo *B. havanaensis*, *B. calyciflorus*, *A. silvestris*, *A. dorsalis* y *T. inversus* los que presentaron una mayor abundancia y presencia en el sistema. En el gráfico se muestra una disminución considerable en la abundancia sobre todo en los meses fríos y esta va aumentando conforme se acercan los meses cálidos lluviosos. Se puede observar que *B. calyciflorus* presentó un pico de abundancia en el mes de junio con 355 org/L, seguido de *A. silvestri* con 236 org/L en julio, *B. havanaensis* con 215 org/L en agosto, *T. inversus* con 165 org/L en junio y *A. dorsalis* con 98 org/L en junio.

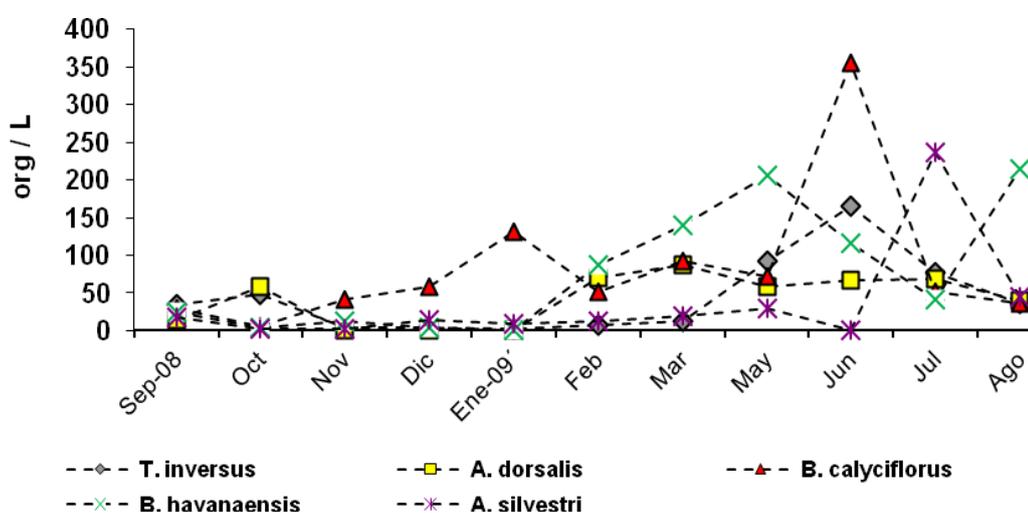


Figura 11. Comportamiento de la abundancia de las especies del zooplancton

6.1.4.2. ESTACIÓN 2

6.1.4.2.1. Variación y Composición del zooplancton

La variación y composición temporal del zooplancton y se puede apreciar al grupo de los rotíferos con máximos en el mes de diciembre y agosto, así como casi todo el verano, siendo este grupo el de mayor abundancia. Los copépodos calanoideos presentan máximos en el mes de octubre, febrero y marzo y no se cuantificaron en el mes de diciembre. El grupo de los ciclopoideos presentó máximos en octubre y julio, con mínimos en invierno. Los cladóceros tienen máximos en octubre y algunos meses cálidos como mayo, llegando a no ser registrados en el mes de diciembre, comportamiento similar a lo registrado en la estación 1 (Figura 12).

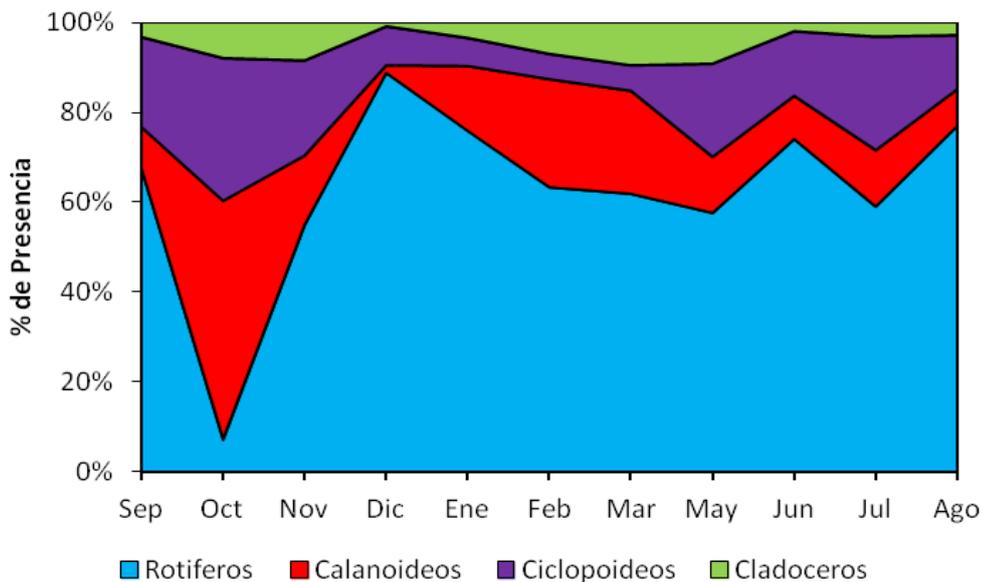


Figura 12. Variación temporal del zooplankton en E2

6.1.4.2.2. Asociación De Olmstead-Tukey

A continuación, se muestra en el diagrama de Olmstead-Tukey (Figura 13; tabla 2) las especies de zooplankton registrados en el sistema Amate amarillo E2, dichas especies están agrupadas como se mencionó anteriormente según su abundancia y su frecuencia. Se tiene como resultados que dentro de las especies Raras se encuentran entre otras: *B. quadridentatus*, *B. caudatus*, *F. longiseta* y *Diaphanosoma birgei*; para el grupo de las constantes tenemos a *M. micrura* y en el grupo de las Dominantes se encuentran los copepoditos y *B. havanaensis*.

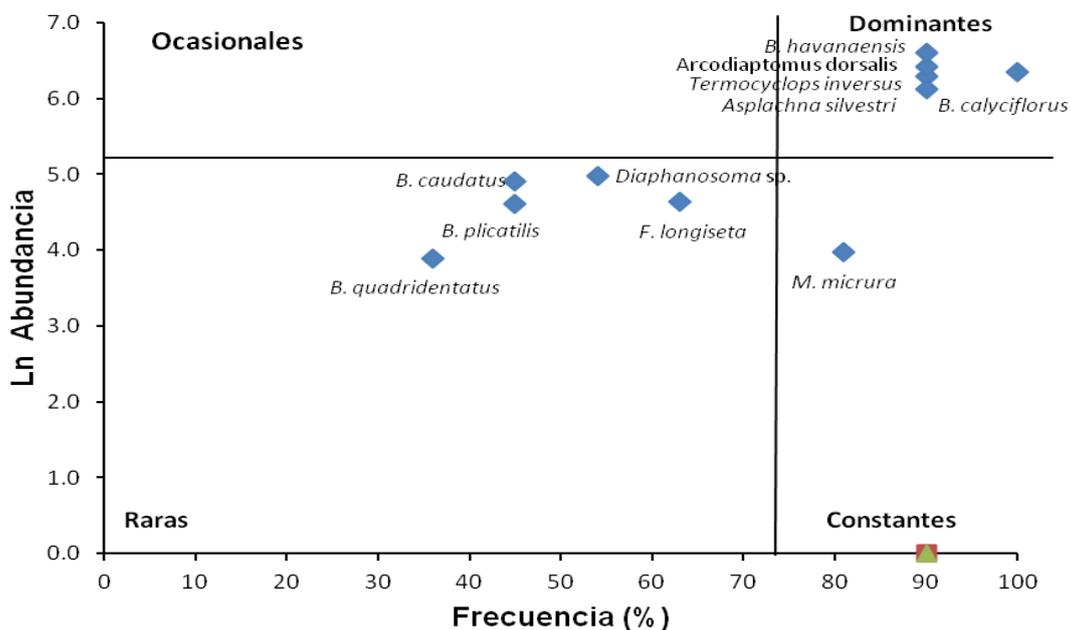


Figura 13. Diagrama de asociación de Olmstead-Tukey, Amate amarillo E2, Morelos

Tabla 2. Composición y categoría del zooplankton en el bordo Amate amarillo E2, Morelos

Espece	Categoría	Espece	Categoría
<i>A. dorsalis</i>	D	<i>B. quadridentatus</i>	R
<i>T. inversus</i>	D	<i>B. urceolaris</i>	R
<i>B. calyciflorus</i>	D	<i>B. caudatus</i>	R
<i>B. havanaensis</i>	D	<i>F. longiseta</i>	R
<i>A. silvestris</i>	D	<i>D. birgei</i>	R
<i>M. micrura</i>	C		

D=Dominantes, C=Constantes O=Ocasionales, R=Raras

6.1.4.2.3. Especies dominantes en ambas estaciones

De igual manera como lo presenta la figura 14, en la estación 1 las mismas cinco especies fueron las dominantes durante todo el año, siendo *B. havanaensis*, *B. calyciflorus*, *A. silvestri*, *A. dorsalis* y *T. inversus* los que presentaron una mayor abundancia y presencia en el sistema. Debido a que el sistema es el mismo, presenta características similares, entre ella, la disminución en la abundancia en meses fríos y la cual va aumentando conforme se acercan los meses cálidos lluviosos; así mismo, se puede observar que *B. havanaensis* presentó un pico de abundancia en el mes de agosto con 220 org/L, seguido de *A. dorsalis* con 191 org/L en julio, *A. silvestri* con 181 org/L en agosto, *B. calyciflorus* con 124 org/L en marzo y *T. inversus* con 121 org/L en junio.

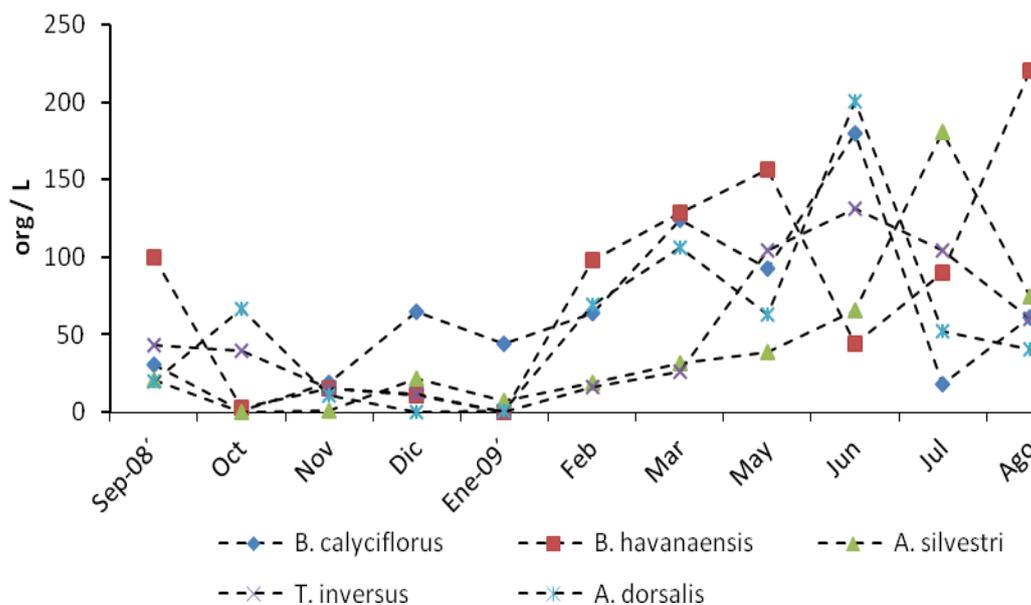


Figura14. Representación de la abundancia del zooplancton dominante en estación 2

ABUNDANCIA TOTAL POR MES EN AMBAS ESTACIONES

La abundancia de Amate amarillo se ve reflejado en la figura 15, donde se puede observar claramente una tendencia a la disminución de los organismos en ambas estaciones en los meses fríos secos, pero dicha abundancia se va incrementando conforme aumenta la temperatura en los meses cálidos lluviosos, dichos resultados arrojan que la mayor presencia de organismos zooplácticos se dio en los meses de junio y julio con una presencia total de 1104 org/L y de 1105 org/L para la estación 1 contra 1038 org/L y 991 org/L y de 1038 org/L en la estación 2 respectivamente.

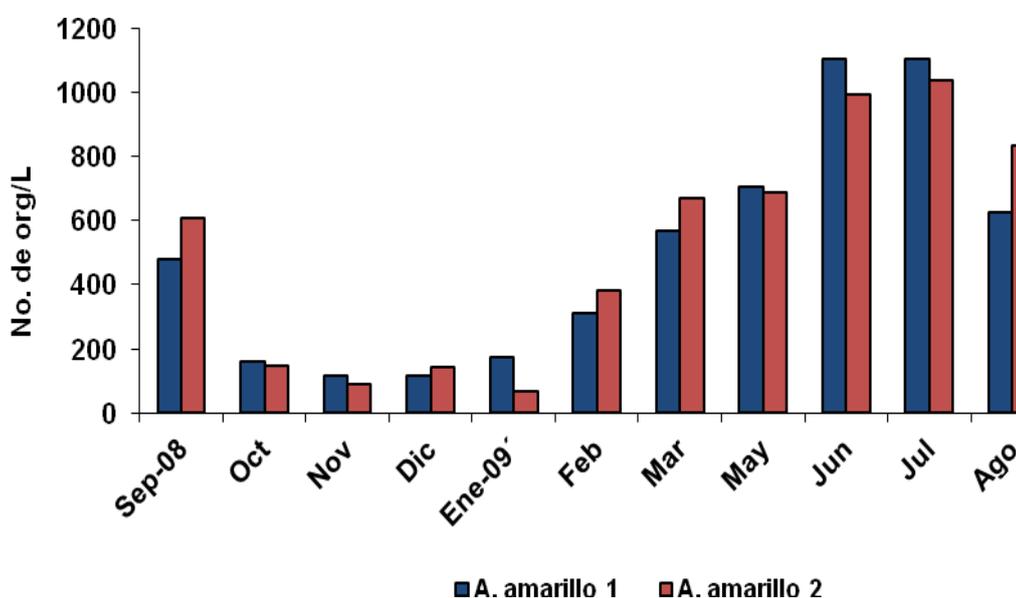


Figura15. Representación de la abundancia total del zooplancton

Asociación de Componentes Principales

Como resultado de la Asociación de Componentes Principales en Amate amarillo, 3 componentes han sido extraídos a partir de que el eigenvalor es igual o más grande a 1, juntos suman 79.0671% de la variabilidad de los datos originales (Figura 16).

Tabla 3. Valores y Porcentajes de los componentes principales.

Análisis de Componentes Principales			
Número de Componente	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza	Porcentaje Acumulativo
1	5.46102	49.646	49.646
2	1.73751	15.796	65.441
3	1.49884	13.626	79.067
4	0.99407	9.037	88.104

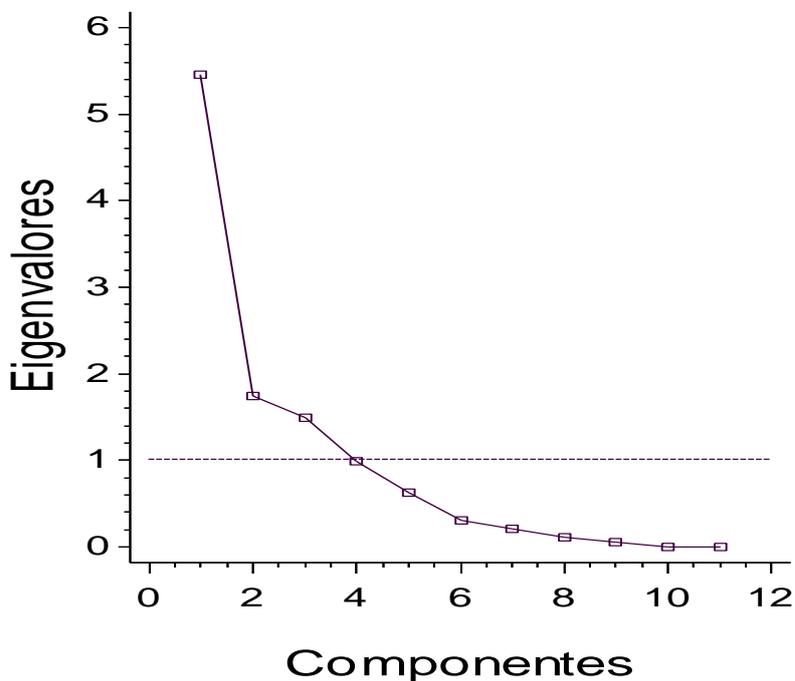


Figura 16. Gráfico con los 3 componentes mayores a 1.0.

A continuación, y derivado de la Asociación de los Componentes Principales aplicado a los parámetros físico-químicos, donde se puede observar una marcada influencia de los parámetros temperatura ambiente, pH, dureza, abundancia y precipitación hacia los meses secos-cálidos e inicio de lluvias (mayo, junio y agosto), lo que da un mayor peso del componente edáfico sobre la parte biótica en el sistema por efecto de la etapa final de concentración e inicio de la dilución del cuerpo de agua. Por otro lado, hay un mayor efecto de la profundidad y la temperatura del agua para los meses de marzo, junio y septiembre, lo cual se explica por el inicio y término de la estación de lluvias, provocando un aumento en el volumen de agua y un cambio en la temperatura del mismo. Cabe señalar que durante los meses fríos el oxígeno disuelto influye más sobre el sistema, posiblemente por efecto de las bajas temperaturas en ese periodo (Figura 17).

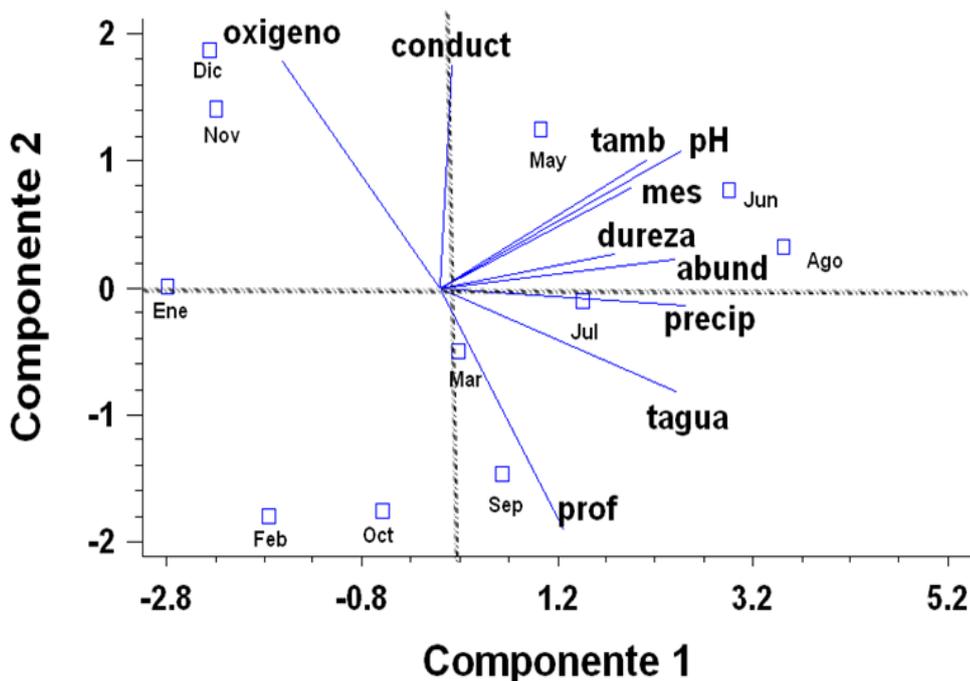


Figura 17. Relación de los componentes principales en Amate amarillo.

6.2. LOS PLANES

Al igual que en el sistema acuático de Amate amarillo, se tomaron muestras mensuales de septiembre 2008 a agosto 2009 en los cuatro embalses que componen el conjunto de sistemas Los Planes, con el fin de conocer la calidad de agua así como la composición, variación y abundancia del zooplankton. Cabe señalar que en el Plan 1 se dejó de tomar muestras de mayo a julio debido a que este sistema carece de agua durante ese periodo como consecuencia de la época de estiaje y por el tamaño que presentan los sistemas solo, fue posible tomar un punto de muestreo.

6.2.1. PLAN 1

➤ Oxígeno y Temperatura

La relación que hay entre el oxígeno disuelto y la temperatura del agua es inversa, como puede observar en la figura 18, la concentración de oxígeno aumenta cuando la temperatura disminuye, esto se debe a que el oxígeno es menos soluble en el agua en temperaturas elevadas y los procesos de descomposición de la materia orgánica generan que haya menos oxígeno disponible en el sistema. Se registraron concentraciones de oxígeno disuelto que oscilaron entre 10 mg/L en noviembre a 1.3 mg/L en el mes de febrero. La temperatura del agua varió de 20.5°C en noviembre a 30.7 °C en agosto.

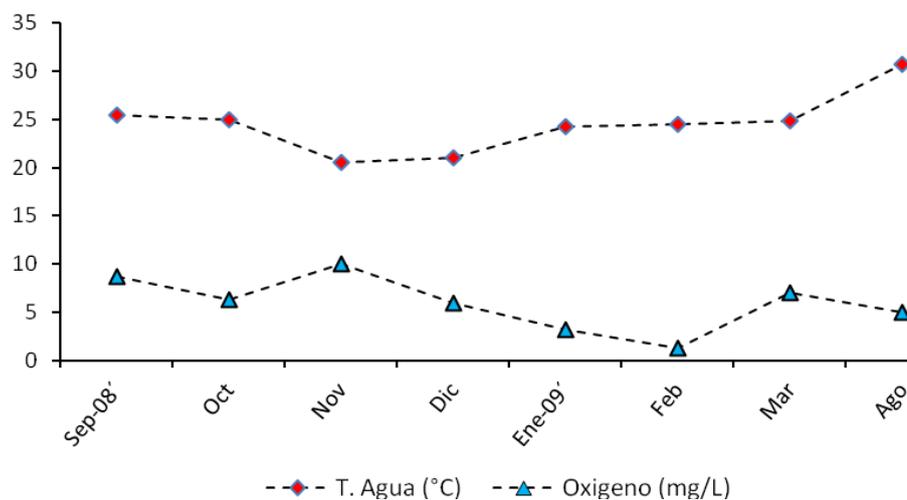


Figura 18. Relación de la temperatura y el oxígeno promedio en el sistema Plan 1

➤ **Transparencia y Profundidad**

En cuanto a la visibilidad al disco de Secchi, la figura 19 muestra que a mayor profundidad existe también un aumento en la transparencia del mismo, con valores máximos de 2.50 m con una transparencia de 0.85 m en el mes de Octubre y mínimos en el mes de Marzo, después de los cuales el sistema se mantiene seco por ser de temporal.

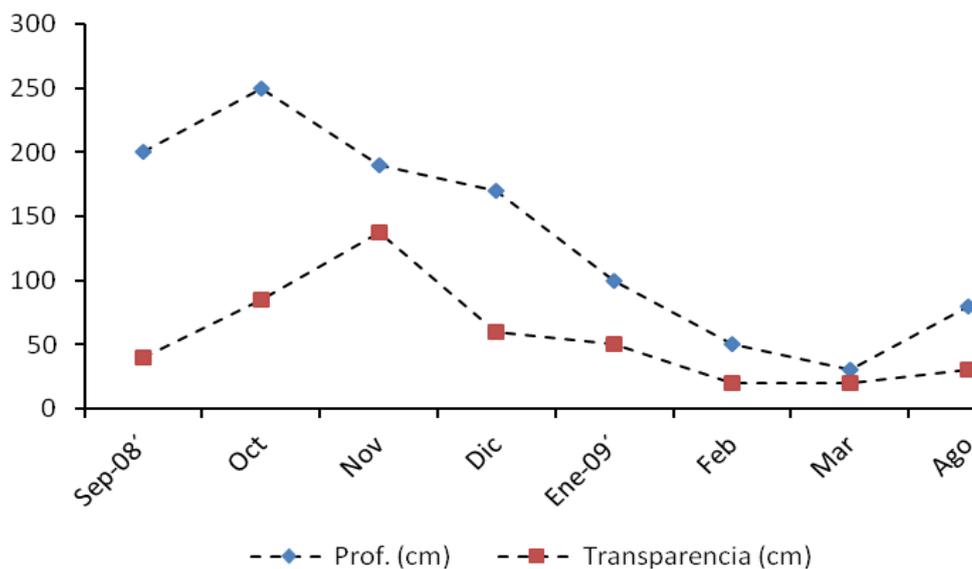


Figura 19. Relación entre la transparencia y la profundidad en el Plan 1

➤ **pH, Alcalinidad y Dureza Total**

La concentración de la dureza total osciló entre 12 ml/L en agosto a 37.1 en marzo con un promedio de 29.2 mg/L, que permite considerar al agua como agua blanda. El pH mínimo que se registró fue de 6.7 en el mes de noviembre y el máximo de 9.9 en enero 2009 por lo que la media anual fue de 8.1 unidades, lo que indica condiciones ligeramente alcalinas del agua. Los valores obtenidos de la alcalinidad se registraron de 29 mg/L en el mes de febrero a 21 mg/L en el mes de noviembre (Figura 20).

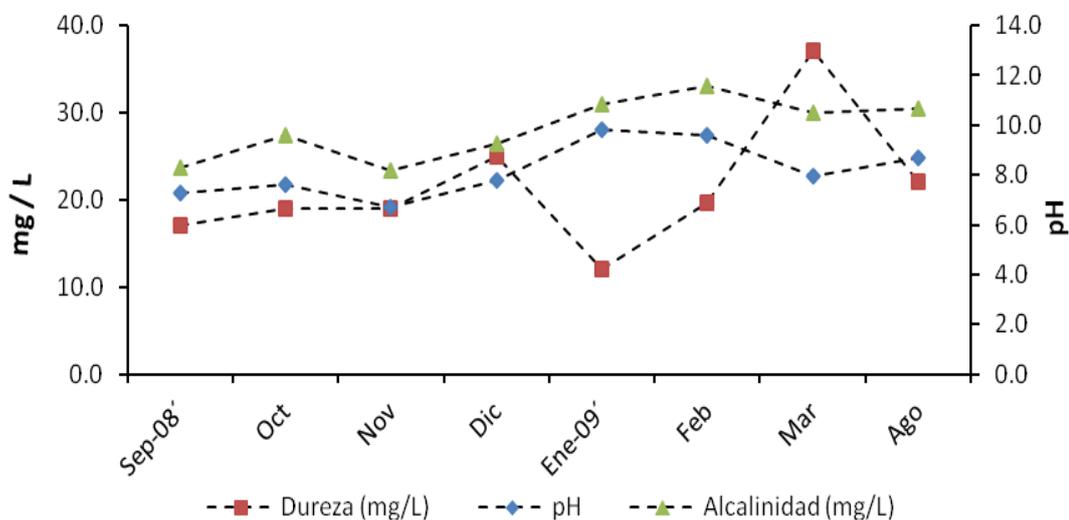


Figura 20. Variación del pH y la dureza total para El Plan 1

Durante el estudio de dicho sistema, se determinaron organismos de la clase Maxillopoda (calanoideos y ciclopoideos), Branchiopoda (cladóceros) y Eurotatoria (rotíferos), siendo la composición del zooplancton dominada por calanoideos y cladóceros, seguidos de los ciclopoideos y rotíferos, como se muestra en la figura 21.

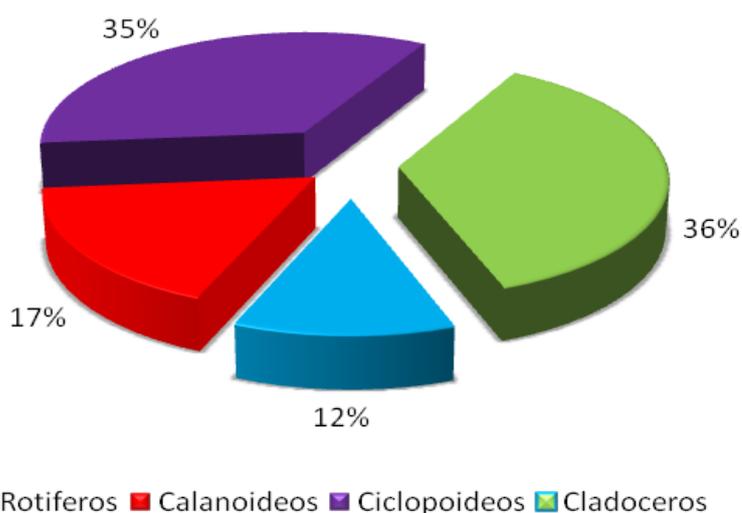


Figura 21. Composición porcentual del zooplancton presente en Plan 1

La variación y composición temporal del zooplancton muestra que el grupo de los ciclopoideos presenta máximos en el mes de septiembre, enero y agosto, siendo este grupo el de mayor abundancia. Los calanoideos registraron máximos de octubre a diciembre y de febrero a marzo, con mínimos en septiembre, enero y agosto. El grupo de los cladóceros mostró una mayor abundancia en los meses de octubre a diciembre y en enero, con mínimos en febrero y agosto. Por otro lado, el grupo de los rotíferos mostraron menor presencia en todo el año con un mayor número de organismos en diciembre y agosto y mínimos en octubre, enero y febrero (Figura 22).

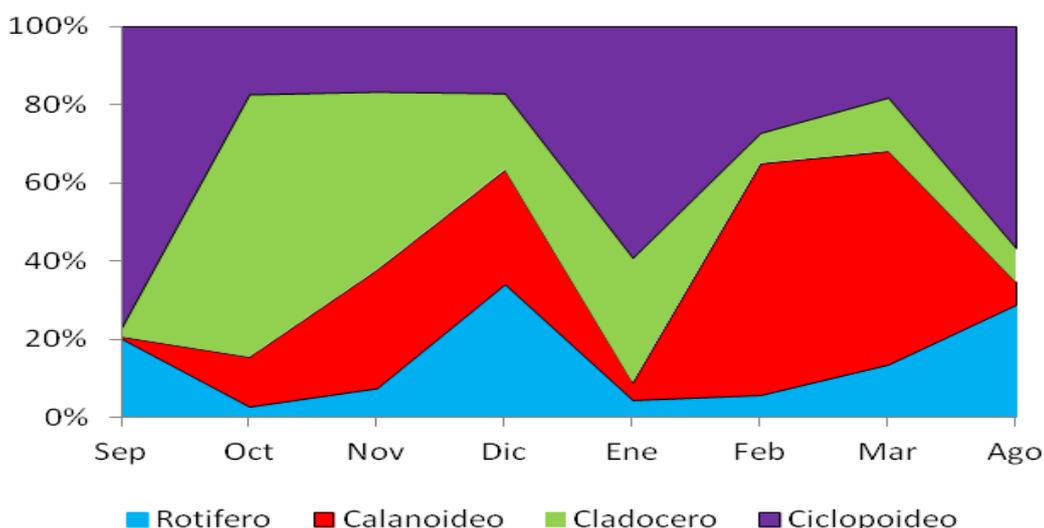


Figura 22. Composición temporal del zooplancton en Plan 1.

A continuación, se muestra en el diagrama de Olmstead-Tukey (Figura 23) las especies de zooplancton registrados en Plan 1, dentro de las especies Raras se encuentran: *B. calyciflorus*, *B. havanaensis*, *B. urceolaris* *F. longiseta*; para el grupo de las constantes se encuentra únicamente *A. silvestri* y en el grupo de las Dominantes se encuentran las especies *Moina micrura*, *M. alburquerqueensis* y *T. inversus* (Tabla 4).

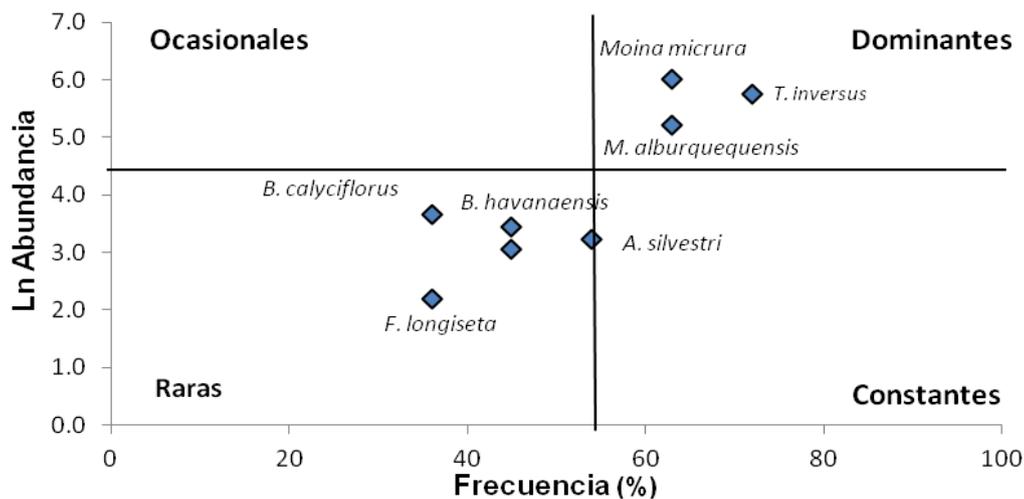


Figura 23. Diagrama de asociación de Olmstead-Tukey para el Plan 1

Tabla 4. Composición y categoría del zooplankton en Plan 1

Especie	Categoría	Especie	Categoría
<i>M. micrura</i>	D	<i>B. havanaensis</i>	R
<i>T. inversus</i>	D	<i>B. calyciflorus</i>	R
<i>M. alburquerqueensis</i>	D	<i>F. longiseta</i>	R
<i>A. silvestris</i>	C	<i>B. urceolaris</i>	R

D=Dominantes, C=Constantes, O=Ocasionales, R=Raras

➤ Especies Dominantes en el Sistema

En el sistema denominado Plan 1 la dominancia y presencia del zooplankton fue regida únicamente por tres especies: *T. inversus*, *M. alburquerqueensis* y *M. micrura*, observando que *M. micrura* presentó un pico de abundancia en el mes de octubre con 306 org/L, seguido de *T. inversus* con 98 org/L en agosto y *M. alburquerqueensis* con 58 org/L en octubre (Figura 24). La mayor abundancia del grupo biótico se registró durante la temporada de lluvias.

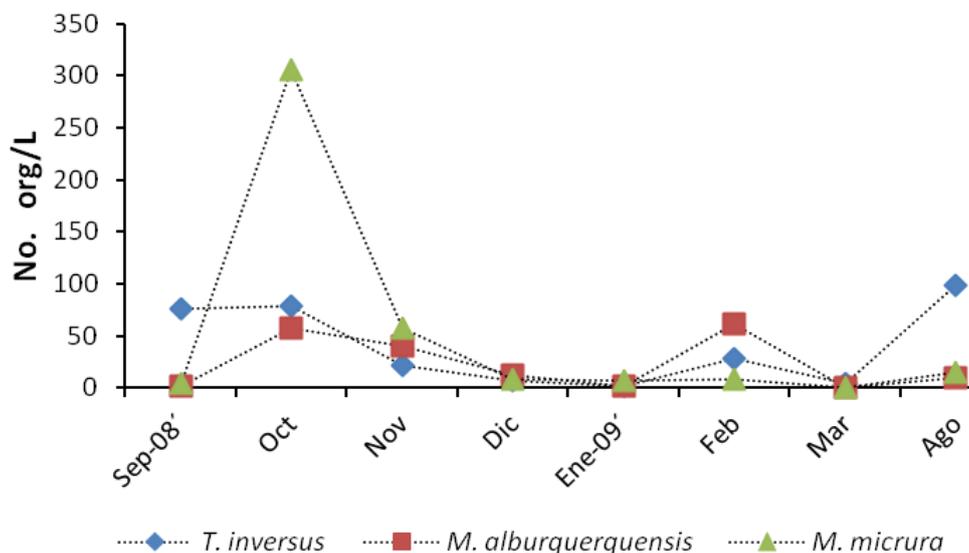


Figura 24. Comportamiento de las especies dominantes a lo largo del año

Abundancia Total Por Mes

La abundancia de los organismos zooplanctónicos registrados a lo largo del año se ve reflejado en la figura 25, donde se puede apreciar que el mayor número de organismos se presenta en el mes de octubre con 531 org/L.

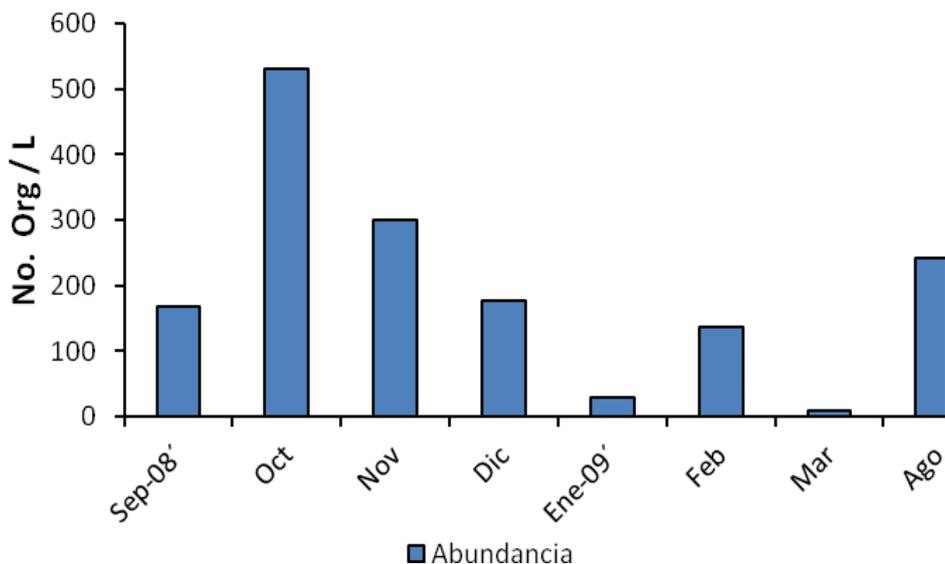


Figura 25. Comportamiento estacional de la abundancia en Plan 1

Análisis de Componentes Principales

Para el Plan 1 se han extraído 3 componentes como consecuencia de presentar eigenvalores iguales o mayores a 1.0, que juntos suman una variabilidad en los datos originales de 88.238% (Figura 26).

Tabla 5. Valores y Porcentajes de los componentes principales.

Análisis de Componentes Principales			
Número de Componente	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza	Porcentaje Acumulativo
1	3.99733	36.339	36.339
2	3.72471	33.861	70.200
3	1.98416	18.038	88.238
4	0.672486	6.114	94.352

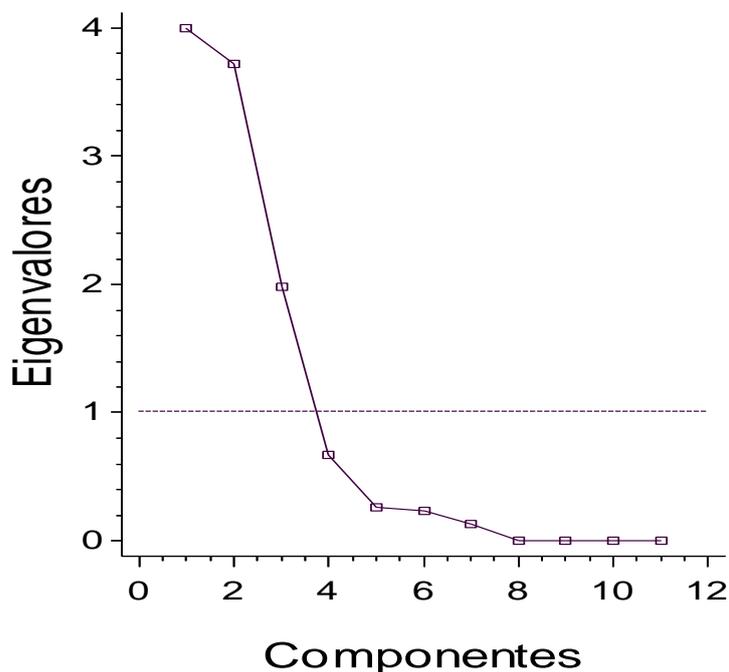


Figura 26. Gráfico con los 3 componentes mayores a 1.0

Para Plan 1 se puede apreciar en la figura 27, que desde el mes de septiembre hasta el inicio de la estación seca-fría prevalecen la temperatura ambiente, la profundidad, conductividad, oxígeno disuelto y transparencia asociados a la abundancia con mayor efecto principalmente del factor morfométrico y edáfico. Como resultado de la reducción de variables para analizar, se tiene que los que mayor influencia tienen en el comportamiento de la calidad del agua se encuentran relacionados con el factor edáfico o así como el morfométrico.

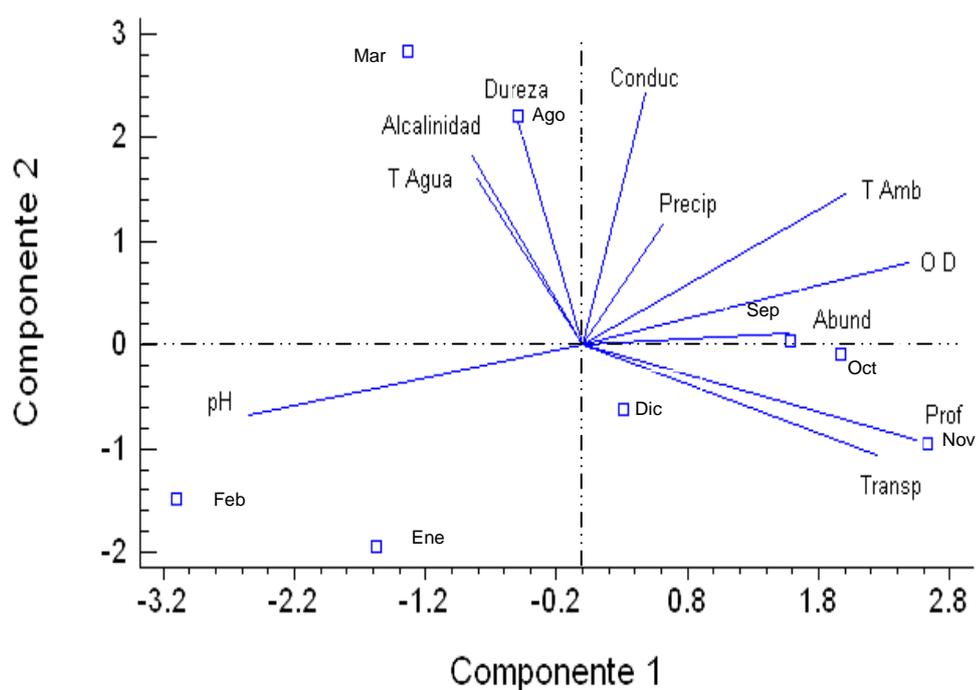


Figura 27. Comportamiento de los componentes principales en Plan 1

6.2.2. PLAN 2

➤ Oxígeno y Temperatura

Se registraron concentraciones de oxígeno disuelto con máximas de 10.3 mg/L en el mes de noviembre y mínimas en el mes de febrero con 1.3 mg/L, por su parte la temperatura del agua varió con una máxima de 30°C en agosto a 21.7 °C en diciembre (Figura 28).

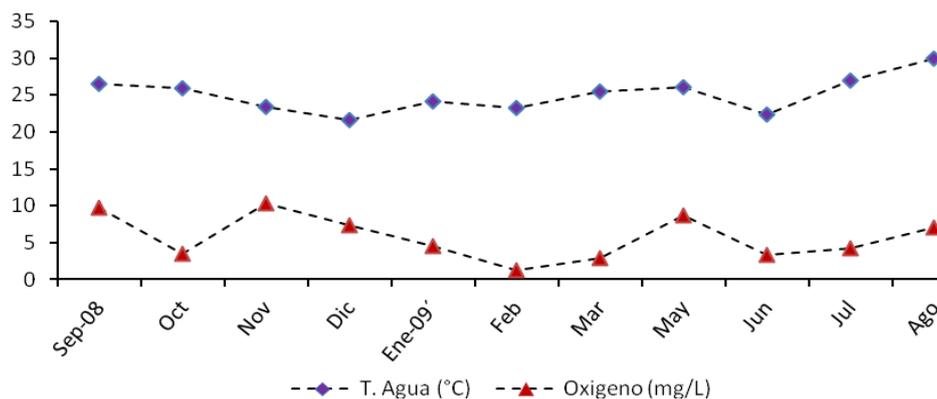


Figura 28. Relación de la temperatura y el oxígeno disuelto promedio en El Plan 2

➤ Transparencia y Profundidad

El Plan 2 es el más profundo de los cuatro sistemas, registrando una profundidad máxima de 4.0 m en los meses de septiembre y octubre durante la época de lluvias y una mínima en el mes de mayo con 1.50 m; así mismo, la visibilidad al disco de Secchi varía de los 0.65 m en el mes de octubre a los 12 cm en el mes de mayo, esto debido a la concentración de sólidos totales en suspensión y la baja profundidad del sistema (Figura 29).

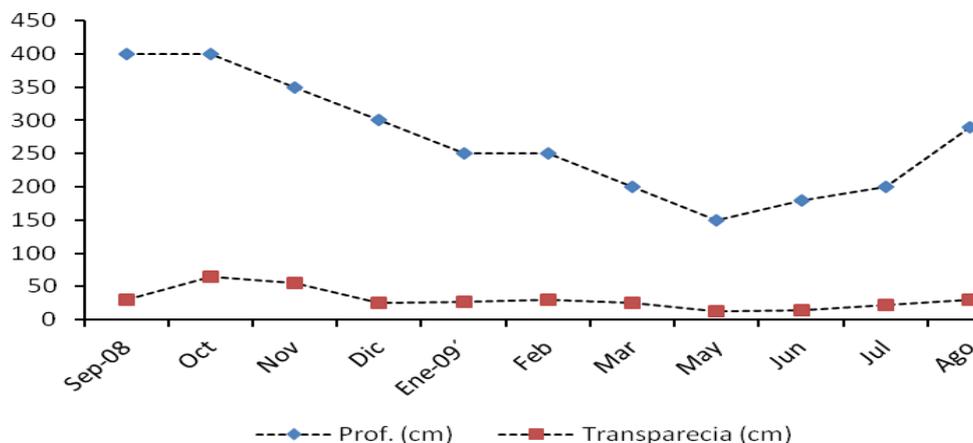


Figura 29. Relación de la transparencia y la temperatura a lo largo del año en Plan 2

➤ **pH, Alcalinidad y Dureza Total**

Las concentraciones de dureza total se registraron entre 74.1 mg/L en agosto a 18.4 mg/L en octubre, con un promedio de 33.2 mg/L (Figura 30). El pH registrado para el mes de diciembre fue de 7 unidades y el máximo de 9.24 en septiembre. Los datos de alcalinidad denotan una baja productividad del sistema por presentar valores menores de 20 mg/L a excepción de mayo y agosto.

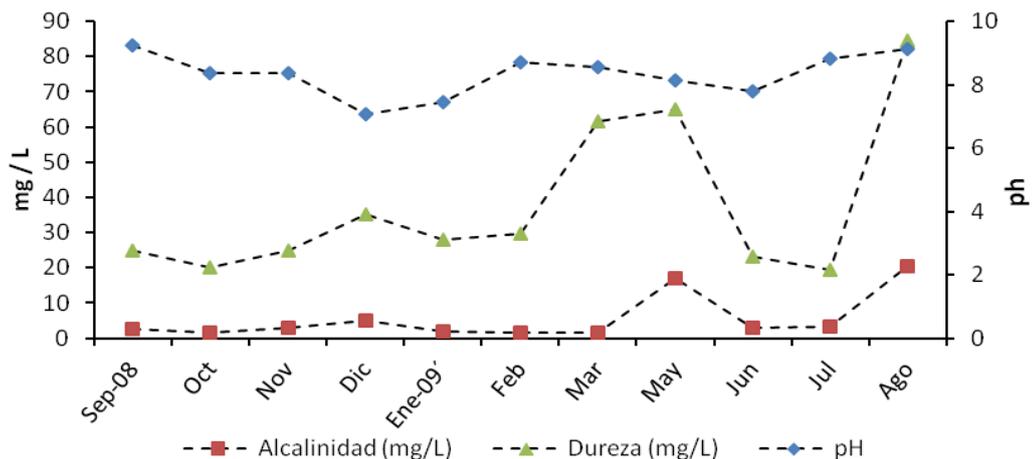


Figura 30. Variación del pH, Alcalinidad y Dureza Total para El Plan 2

En el sistema se determinaron organismos de la clase Maxillopoda (calanoideos y ciclopoideos), Branchiopoda (cladóceros) y Eurotatoria (rotíferos), siendo la composición del zooplankton dominada por rotíferos (79%), seguidos de los ciclopoideos (15%), a continuación los calanoideos y los cladóceros con un 3% (Figura 31).

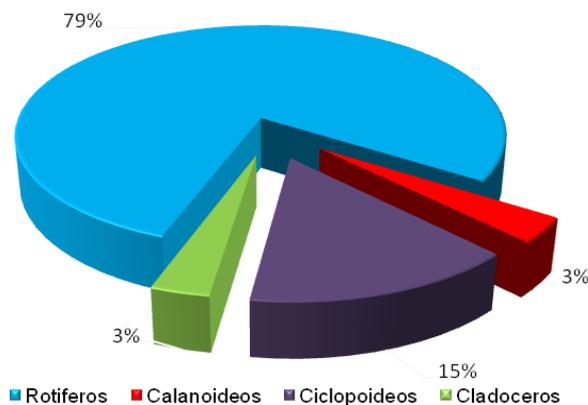


Figura 31. Composición porcentual del zooplankton en Plan 2

La variación y composición temporal del zooplancton muestra que el grupo de los rotíferos estuvo presente todo el año con valores mayores del 60% de abundancia, excepto en los meses fríos (diciembre y enero). Los calanoideos presentan máximos de julio y agosto. El grupo de los cladóceros mostró una mayor abundancia durante los meses de lluvias (septiembre, octubre, junio y julio), este grupo es el que presentó una menor abundancia en todo el año. Por otro lado el grupo de los ciclopoideos registraron máximos en enero y marzo con mínimos en noviembre y junio, contrario a los rotíferos (Figura 32).

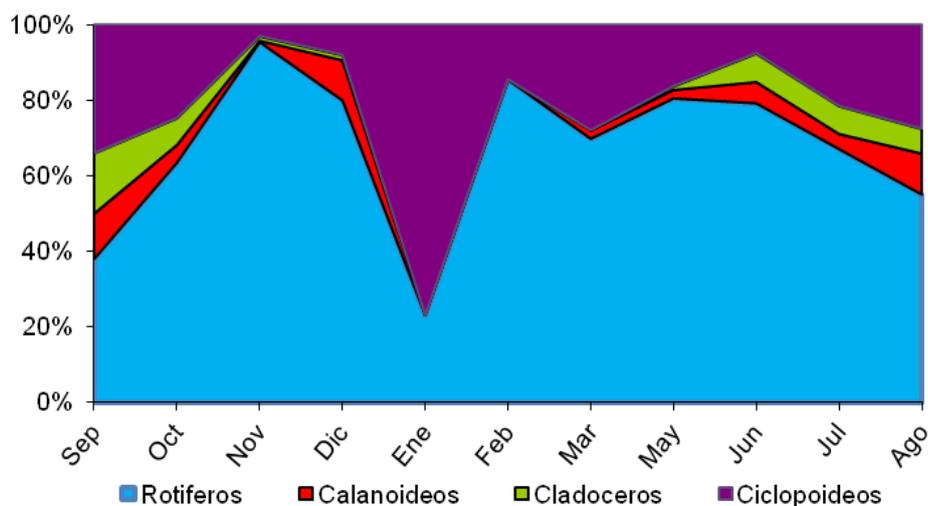


Figura 32. Variación temporal de los grupos del zooplancton para el Plan 2

A continuación, se muestra en el diagrama de Olmstead y Tukey (Figura 33) así como en la tabla 4, las especies de zooplancton registrados en Plan 2; dentro de las especies Raras se encuentran: *M. micrura*, *B. quadridentatus*, *A. silvestris* y *M. albuquerqueensis*; para el grupo de las Constantes únicamente a *F. longiseta*, en el grupo de las Ocasionales se tiene a *B. calyciflorus* y *B. urceolaris* y en las Dominantes se presentan *T. inversus* y *B. havanaensis*.

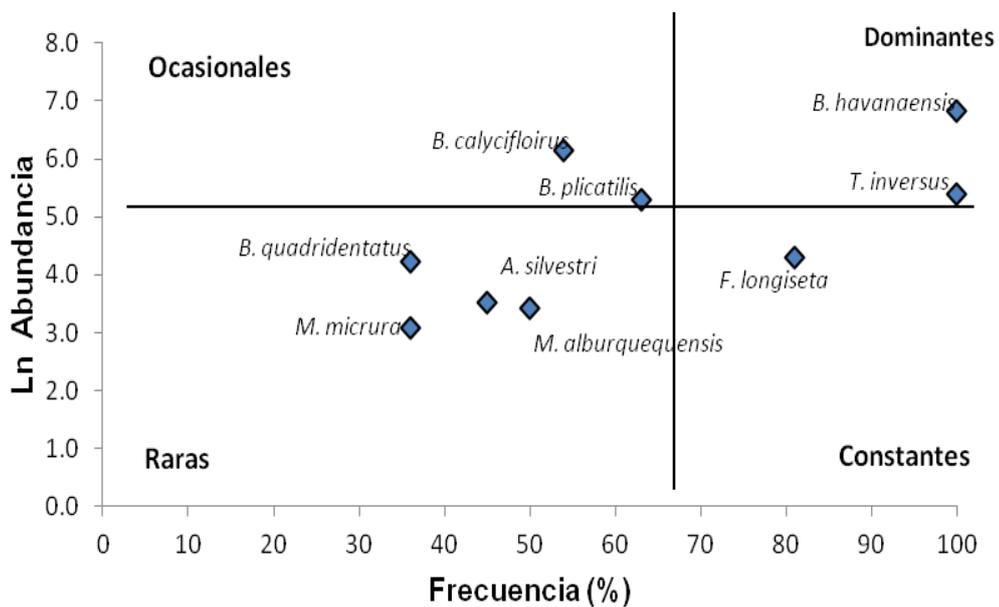


Figura 33. Diagrama de asociación de Olmstead-Tukey para el Plan 2

Tabla 6. Composición y categoría del zooplancton en Plan 2

Especie	Categoría	Especie	Categoría
<i>B. havanaensis</i>	D	<i>A. silvestri</i>	R
<i>T. inversus</i>	D	<i>M. micrura</i>	R
<i>B. calyciflorus</i>	O	<i>B. quadridentatus</i>	R
<i>B. urceolaris</i>	O	<i>M. alburquequensis</i>	R
<i>F. longiseta</i>	C		

D=Dominantes, C=Constantes, O=Ocasionales, R=Raras

Especies Dominantes En Plan 2

En plan 2, únicamente fueron dos las especies dominantes durante todo el año, *T. inversus* y *B. havanaensis*, siendo esta última más abundante en el sistema con un pico de 225 org/L en el mes de agosto y un mínimo de 4 org/L en el mes de enero, para *T. inversus* su máximo fue en el mes de marzo con 50 org/L y un mínimo de 6 org/L en el mes de diciembre. Ambas especies comparten una tendencia en la baja de sus organismos durante los meses secos fríos (Figura 34).

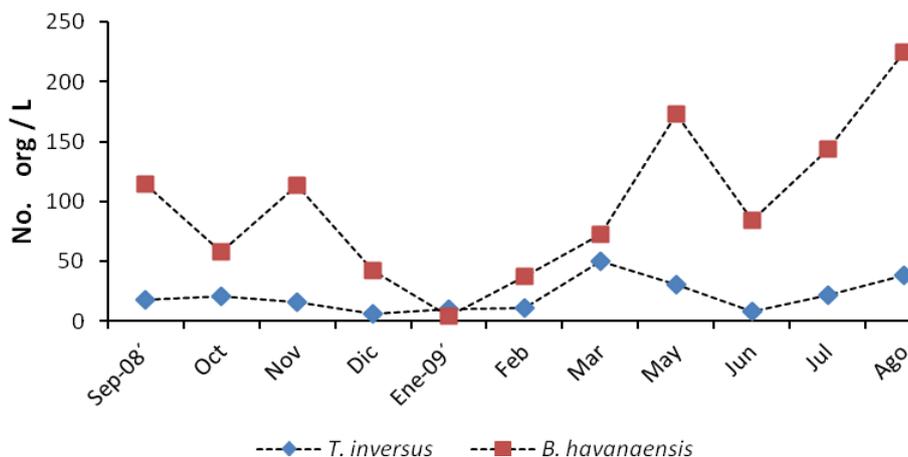


Figura 34. Representación del comportamiento del zooplancton dominante

Abundancia Total Por Mes

La mayor abundancia como se aprecia en la figura 35 fue en el mes de noviembre con 722 org/L seguido del mes de agosto con 614 org/L, contrastando con un mínimo en el mes de enero con únicamente 17 org/L.

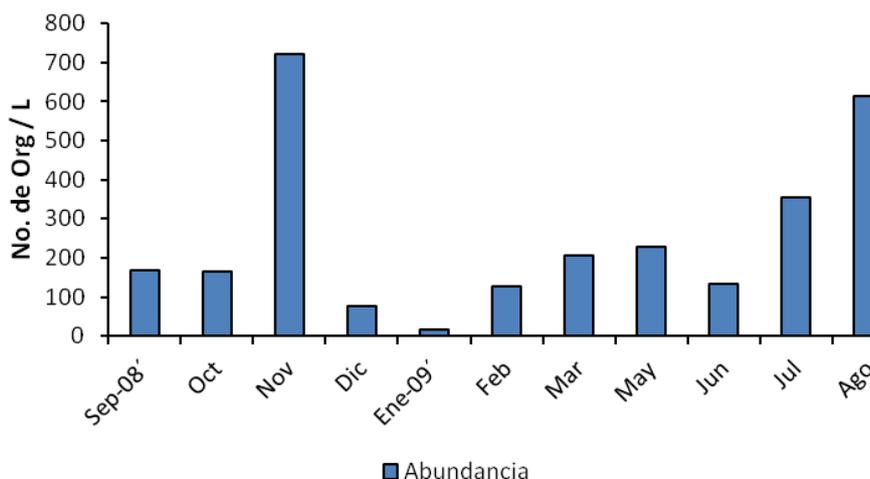


Figura 35. Representación del comportamiento de la abundancia del zooplancton en el Plan 2

➤ **Análisis de Componentes Principales**

En el análisis de componentes principales para el Plan 2, se registraron 4 componentes los cuales presentan un eigenvalor igual o mayor a 1.0, juntos suman 84.6855% de la variabilidad en los datos originales (Figura 36).

Tabla 7. Valores y Porcentajes de los componentes principales

Análisis de Componentes Principales				
Número de Componente	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza	Porcentaje Acumulativo	
1	4.09934	37.267	37.267	
2	2.42768	22.070	59.337	
3	1.62381	14.762	74.098	
4	1.16457	10.587	84.685	
5	0.60314	5.483	90.169	

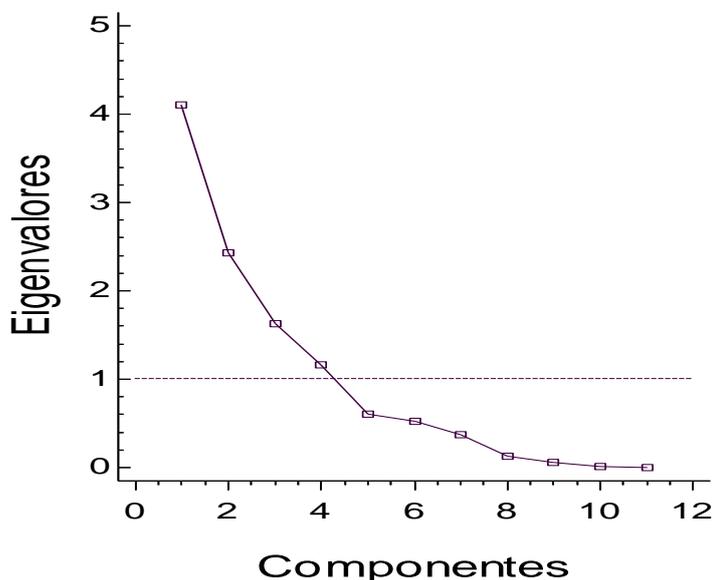


Figura 36. Gráfico con los 4 componentes mayores a uno para Plan 2

Como muestra la figura 37 el peso de los componentes principales está dividido principalmente en dos grupos, uno en donde se encuentra la dureza, la precipitación, la alcalinidad y la temperatura ambiente con mayor intensidad hacia los meses de mayo y julio, y otro donde se encuentra el pH, la abundancia, la temperatura del agua y el oxígeno disuelto prevaleciendo hacia el mes de septiembre. Así mismo, se muestra un pequeño tercer grupo compuesto por la transparencia y la profundidad para los meses de octubre y noviembre debido a que es en esta temporada cuando el sistema presenta una mayor profundidad, después del periodo de lluvias.

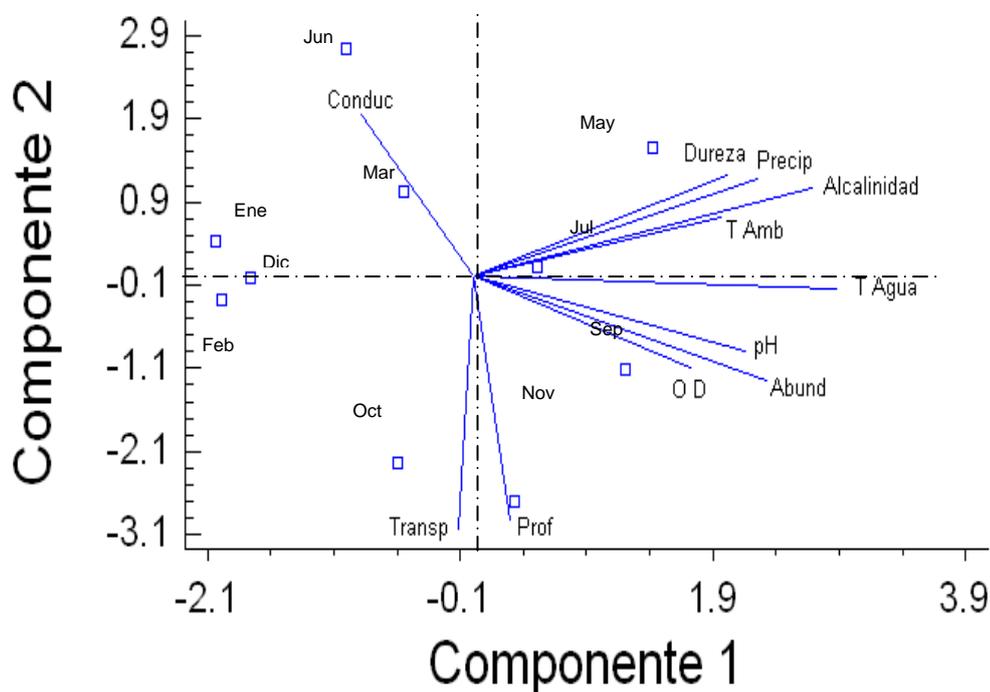


Figura 37. Relacion de los componentes principales en Plan 2

6.2.3. PLAN 3

➤ Oxígeno y temperatura

Se registraron temperaturas que oscilan de 20.6°C en octubre a 29°C en mayo y para el oxígeno disuelto la mayor concentración fue en el mes de Julio con 9 mg/L mientras que la concentración mínima se obtuvo en el mes de marzo con 1.8 mg/L (Figura 38).

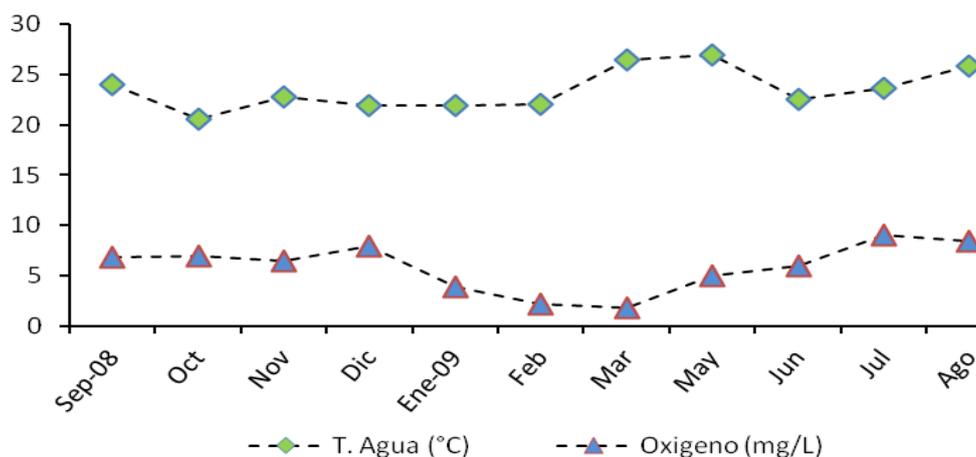


Figura 38. Relación de la temperatura y el oxígeno disuelto promedio en El Plan 3

➤ Transparencia y Profundidad

Los valores de profundidad para el Plan 3 oscilaron entre 140 cm en los meses de octubre y noviembre y mínima de 40 cm en mayo; por otro lado, la visibilidad al disco de Secchi varió de los 38 cm en el mes de octubre hasta los 3 cm en el mes de junio, esto debido a la concentración de sólidos totales en suspensión y la baja profundidad del sistema (Figura 39).

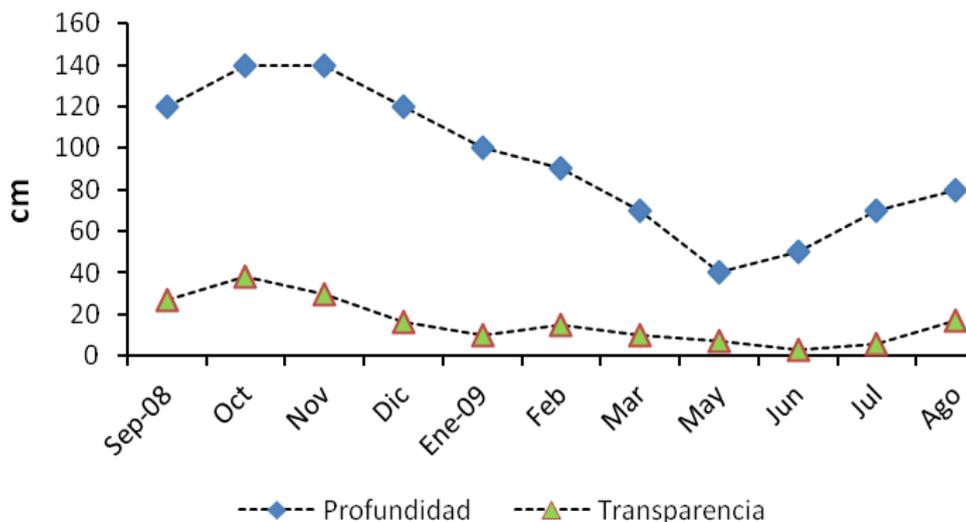


Figura 39. Relación de la transparencia y la temperatura a lo largo del año en Plan 2

➤ pH, Alcalinidad y Dureza Total

Las concentraciones de dureza total fluctuaron entre 90.1 mg/L en el mes de mayo a 9.4 mg/L en el mes de noviembre, con un promedio de 30.0 mg/L. En alcalinidad total las concentraciones se registraron entre 0 mg/L hasta 18 mg/L en mayo con un promedio de 5.9 mg/L. El pH mínimo registrado fue de 7.9 en diciembre y el máximo fue de 9.7 en marzo, con un promedio de 8.7 unidades (Figura 40).

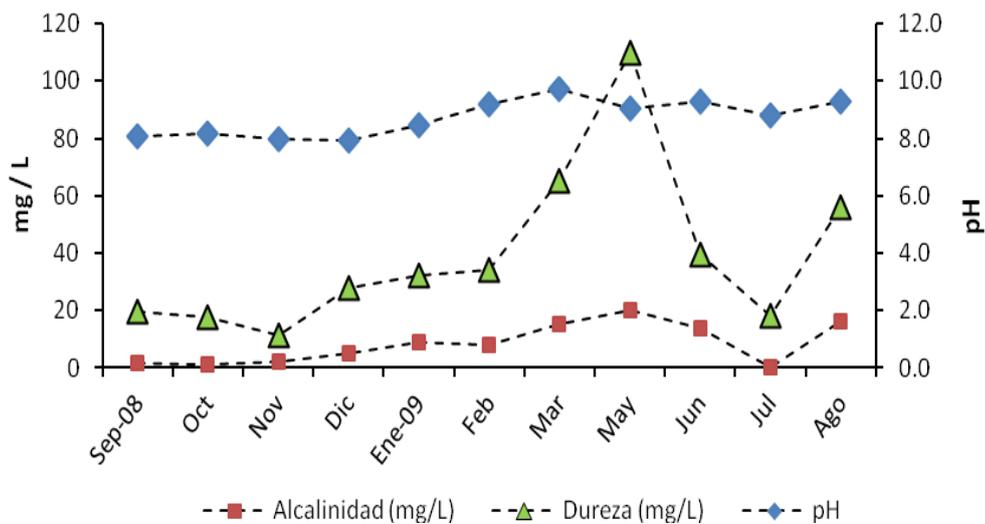


Figura 40. Variación del pH, alcalinidad y dureza total para El Plan 3

En el sistema se determinaron organismos de la clase Maxillopoda (calanoideos y ciclopoideos), Branchiopoda (cladóceros) y Eurotatoria (rotíferos), siendo la composición del zooplancton dominada por rotíferos con un 62%, seguido de ciclopoideos con 27%, cladóceros con 7% y al final los calanoideos con un 4%, (Figura 41).

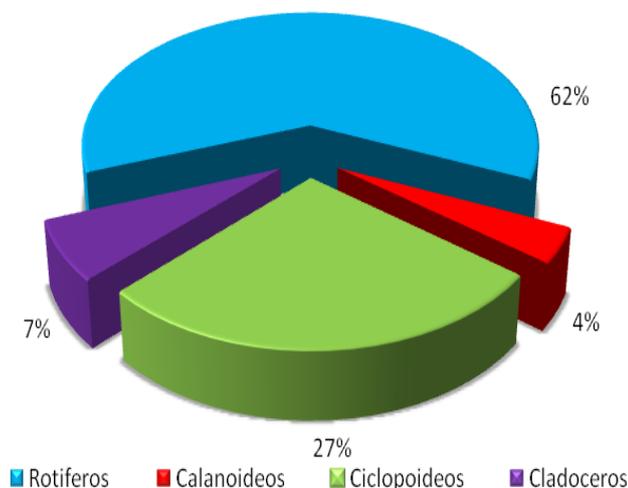


Figura 41. Composición porcentual del zooplancton en Plan 3

La variación y composición temporal del zooplancton muestra que el grupo de los rotíferos presenta un máximo en el mes de septiembre con una tendencia a disminuir durante los meses fríos del año para incrementar posteriormente durante temporada seca de febrero a junio antes de la época de lluvias, siendo este grupo el de mayor abundancia. Los calanoideos presentan máximos de octubre y noviembre y sin presencia de marzo a junio. El grupo de los cladóceros mostró una mayor presencia en los meses de enero, mayo y julio, mientras que en febrero y junio presentó mínimos. Por otro lado, los ciclopoideos se registraron en todo el año con una mayor abundancia de organismos entre octubre y enero, con mínimos en marzo y junio (Figura 42).

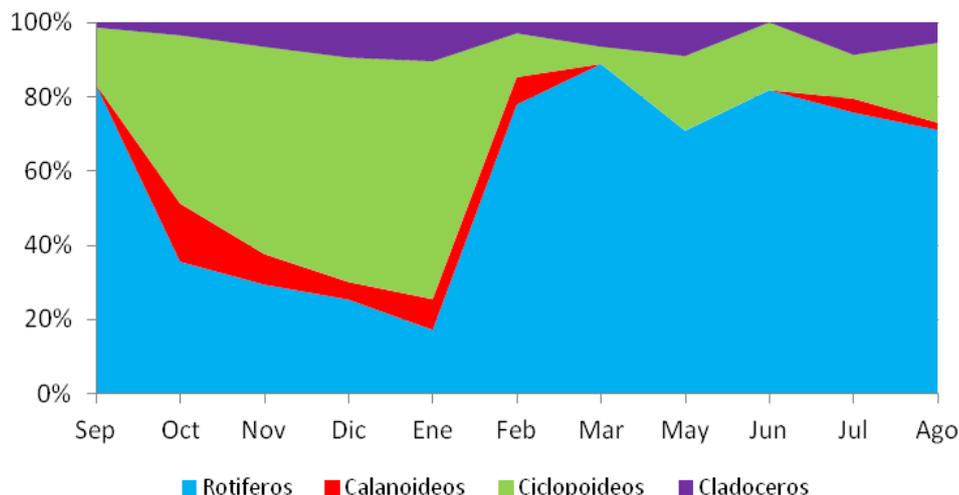


Figura 42. Variación temporal de los grupos del zooplancton para El Plan 3

A continuación, se muestra en el diagrama de Olmstead-Tukey (Figura 43) así como en la tabla 5, las especies de zooplancton registrados en Plan 3, dentro de las especies Raras se encuentran: *B. quadridentatus*, *A. silvestri*, *K. valga*, *M. alburquerqueensis* y *B. urceolaris*.; en el grupo de las Ocasionales tenemos únicamente a *B. caudatus*; en Constantes se encuentra únicamente *F. longiseta* y en el grupo de las Dominantes las especies *B. havanaensis*, *M. micrura*, *B. calicyflorus* y *T. inversus*.

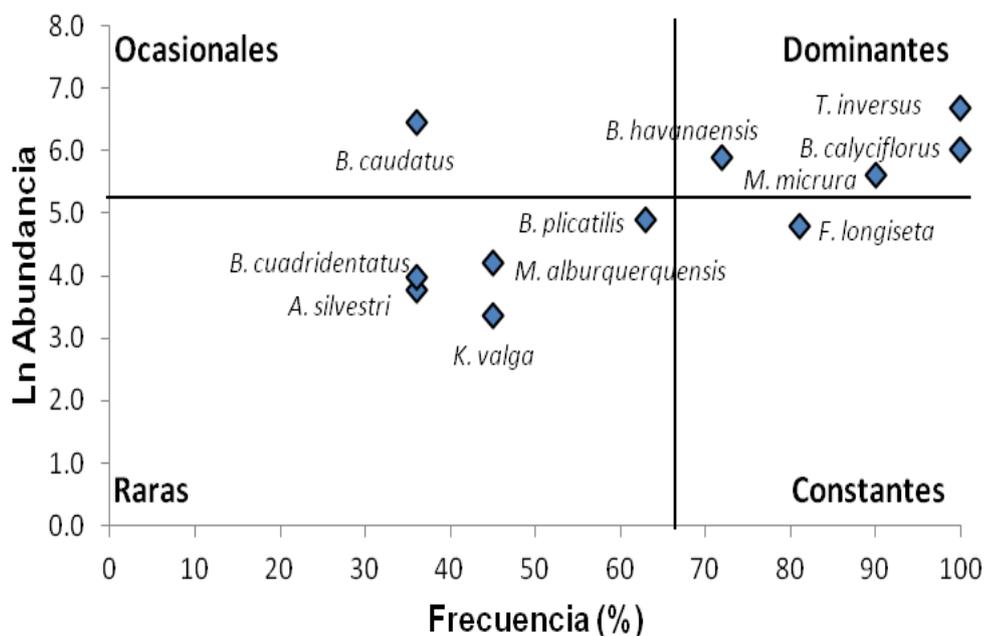


Figura 43. Diagrama de asociación de Olmstead-Tukey para el Plan 3

Tabla 8. Composición y categoría del zooplancton en Plan 3

Especie	Categoría	Especie	Categoría
<i>M. micrura</i>	D	<i>B. urceolaris</i>	R
<i>T. inversus</i>	D	<i>A. silvestris</i>	R
<i>B. calyciflorus</i>	D	<i>K. valga</i>	R
<i>B. havanaensis</i>	D	<i>B. urceolaris</i>	R
<i>F. longiseta</i>	C	<i>M. albuquerquensis</i>	R
<i>B. caudatus</i>	O		

D=Dominantes, C=Constantes, O=Ocasionales, R=Raras

➤ Especies Dominantes en Plan 3

Dentro de las especies que se presentaron en todo el año (Figura 44) se tiene a *T. inversus* con un máximo de abundancia en el mes de enero con 233 org/L y una mínima en junio con solo 8 org/L, seguido de *B. havanaensis* con una abundancia máxima en el mes de agosto con 159 org/L y ausencia de ellos en los meses de enero y febrero; *B. calyciflorus* con una máxima en el mes de agosto con 126 org/L y mínima de 2 org/L en noviembre y por último, el cladóceros *M. micrura* con una presencia de 108 org/L en el mes de febrero y ausencia del organismo en el mes de junio.

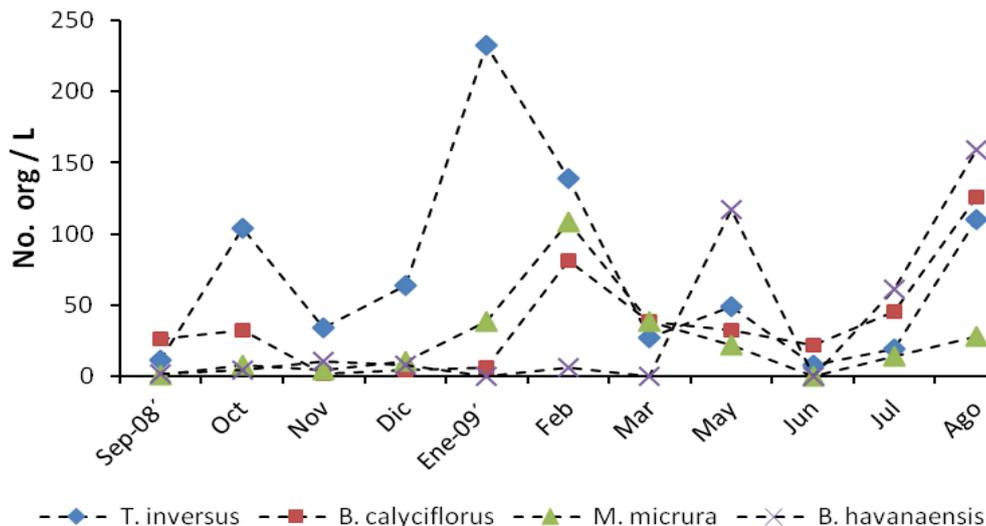


Figura 44. Comportamiento del zooplancton dominante en el Plan 3

➤ Abundancia Total Por Mes

Los meses que presentaron una mayor abundancia de organismos zooplácticos fueron (Figura 45) en agosto con presencia total de 690 org/L, marzo con 603 org/L y enero con 501 org/L, contrastando con los meses de menor abundancia en julio con 178 org/L, noviembre con 125 org/L y junio con 120 org/L.

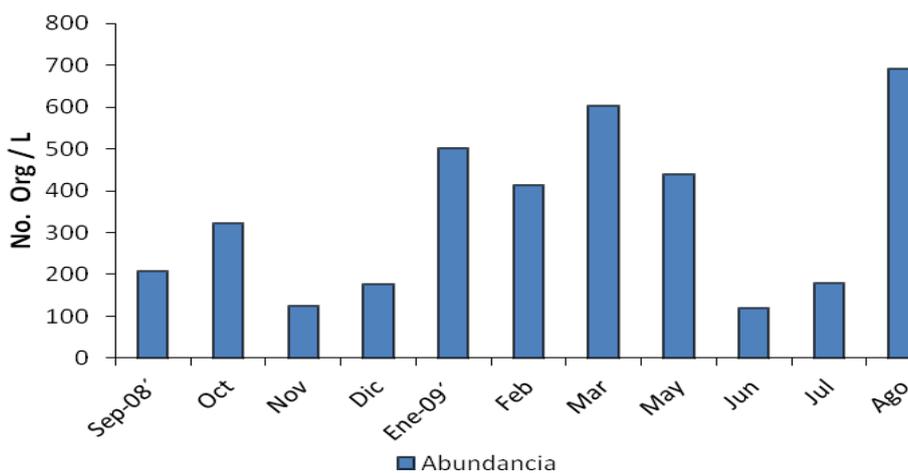


Figura 45. Comportamiento de la abundancia del zooplancton a lo largo del año

➤ **Análisis de Componentes Principales**

Para el Plan 3 el análisis de componentes principales obtuvo tres componentes cuyo eigenvvalor fue igual o mayor a 1.0, y los tres suman el 83.494% de variabilidad de los datos originales (Figura 46).

Tabla 9. Valores y Porcentajes de los componentes principales

Análisis de Componentes Principales				
Número de Componente	Eigenvvalor	Porcentaje de Varianza	Porcentaje Acumulativo	
1	5.38816	48.983	48.983	
2	2.64763	24.069	73.053	
3	1.14858	10.442	83.494	
4	0.64637	5.876	89.370	

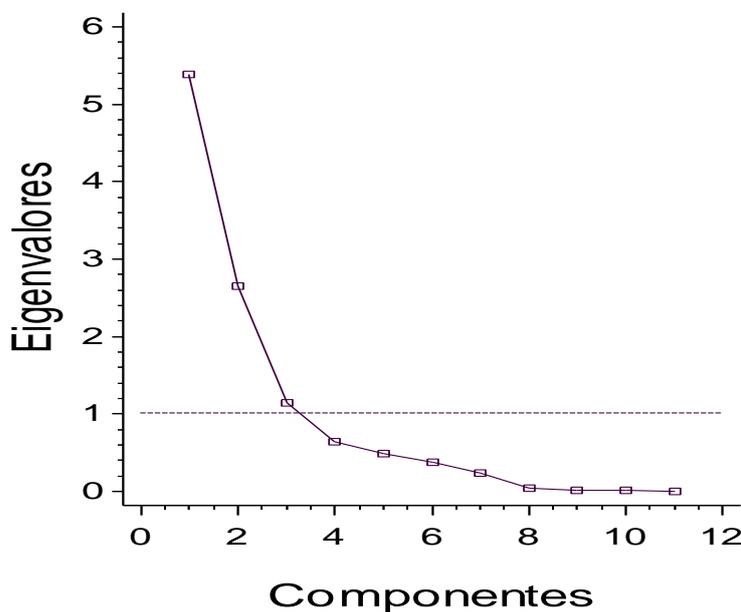


Figura 46. Gráfico de los 3 componentes mayores a 1.0.

Derivado de lo anterior, y como lo muestra la figura 47, se obtuvo dos grupos principales, el primero compuesto por la temperatura ambiente, la precipitación, la conductividad y la temperatura del agua que tuvieron mayor peso durante la temporada final de secas e inicio de lluvias, (mayo, junio y agosto), lo cual indica que prevalece más el componente climático; por otro lado, en el otro grupo se tiene a la dureza, alcalinidad, pH y abundancia principalmente en marzo durante la época seca cálida, todos relacionados con el componente edáfico y por último, un tercer grupo conformado únicamente por la transparencia y profundidad hacia los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, que es aquí donde se presenta una mayor profundidad y transparencia en el sistema, relacionándose con el componente morfométrico.

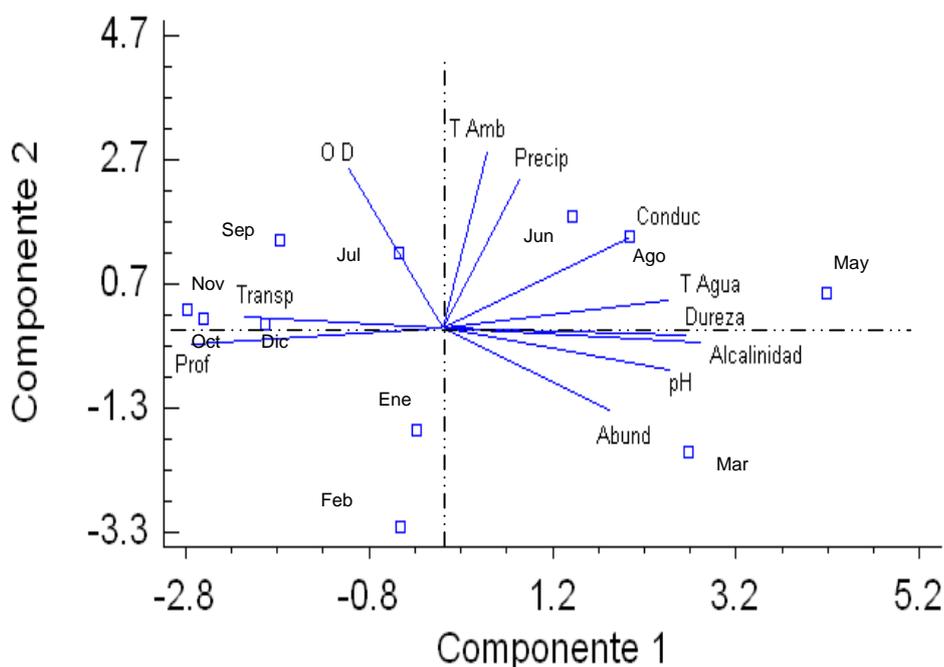


Figura 47. Análisis de los componentes principales en Plan 3

6.2.4. PLAN 4

➤ Oxígeno y Temperatura

Se registraron temperaturas que oscilan entre 19°C en enero y 26.4°C en agosto, con un promedio de 23.2°C. Por su parte las concentraciones de oxígeno disuelto para el sistema variaron a lo largo del año, ya que se determinó una mayor concentración de oxígeno en el mes de octubre con 10 mg/L mientras que la concentración mínima se obtuvo en el mes de marzo con 1.6 mg/L (Figura 48).

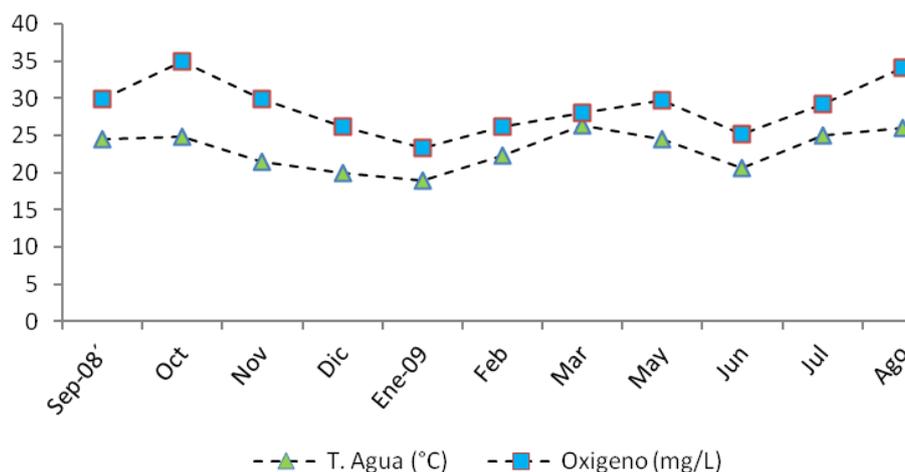


Figura 48. Relación de la temperatura y el oxígeno disuelto promedio en El Plan 4

➤ Profundidad y Transparencia

El comportamiento de la profundidad y la transparencia es de forma directamente proporcional, como lo muestra la figura 49. Se registró una máxima en la profundidad de 1.80 m en el mes de octubre y una mínima en el mes de mayo con solo 0.30 m, de igual manera se obtuvo para la transparencia una máxima de 0.70 m en el mes de octubre y una mínima de 0.07 m en el mes de mayo.

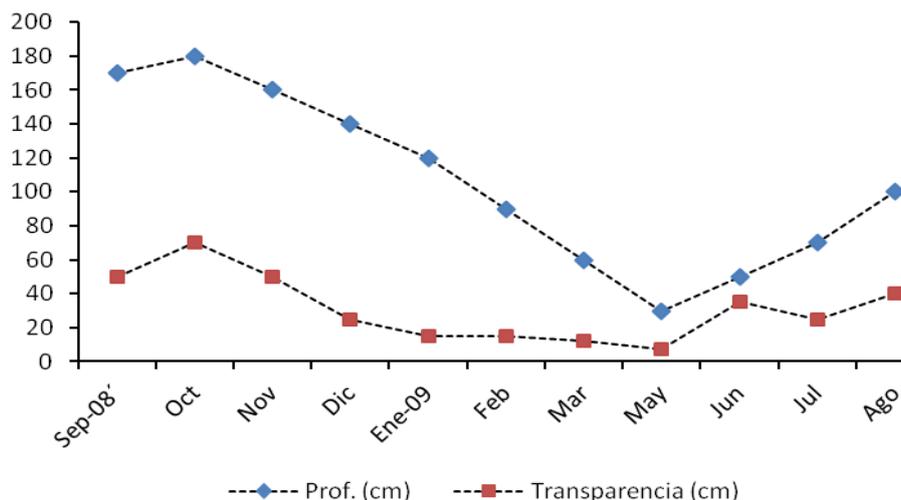


Figura 49. Comportamiento de la profundidad y transparencia en el Plan 4

➤ pH, Alcalinidad y Dureza Total

Las concentraciones de dureza total fluctuaron entre 88.1 mg/L en mayo a 16 mg/L en octubre, con un promedio de 39.8 mg/L. En alcalinidad total las concentraciones se registraron entre 0 mg/L hasta 20.4 mg/L en marzo con un promedio de 3.4 mg/L. El pH mínimo registrado fue de 7.9 unidades en enero y el máximo fue de 9.4 en junio y agosto, con un promedio de 8.7 unidades (Figura 50).

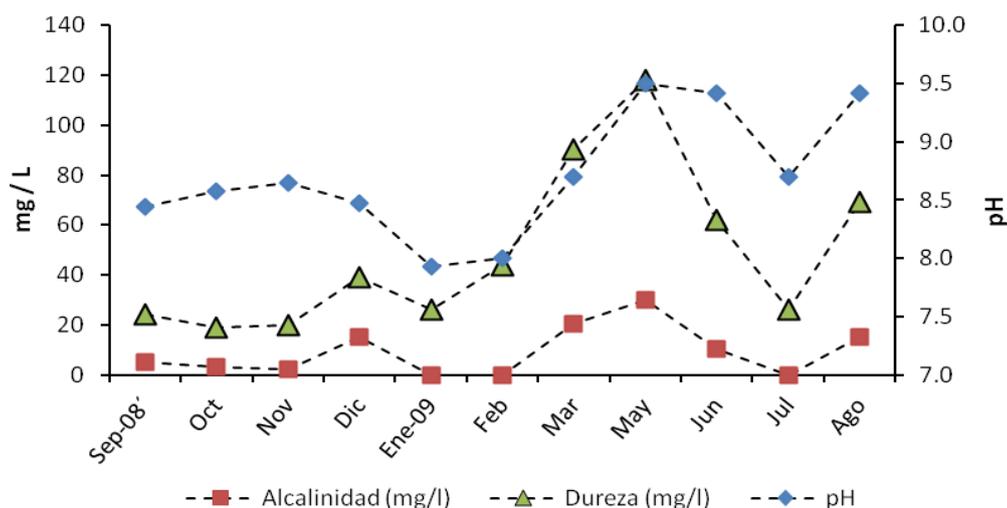


Figura 50. Variación del pH, alcalinidad y dureza total para El Plan 4

Durante el estudio en el dicho sistema, se determinaron, diferentes organismos de la clase Maxillopoda (calanoideos y ciclopoideos), Branchiopoda (cladóceros) y Eurotatoria (rotíferos), siendo la composición del zooplancton dominada por los rotíferos (51%), seguidos de los cladóceros con un 18%, los ciclopoideos con un 27% y al final los calanoideos, con un 4%, (Figura 51).

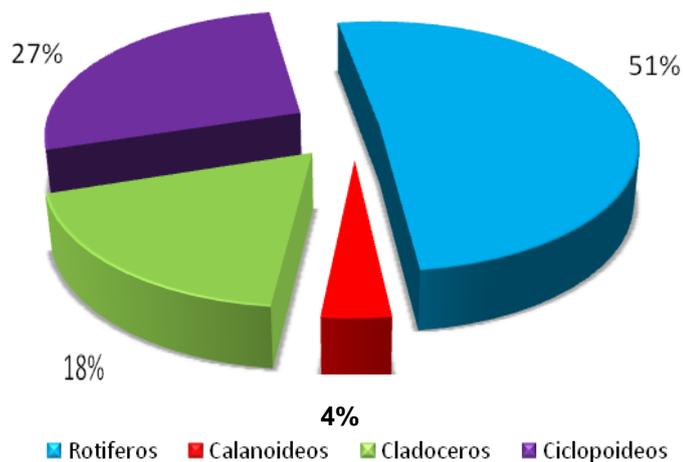


Figura 51. Composición porcentual del zooplancton en el Plan 4

La variación y composición temporal del zooplancton muestra que el grupo de los rotíferos presenta máximos en el mes de septiembre con tendencia de disminución hacia febrero e incrementar durante la época de secas cálidas y mantenerse en ese periodo, siendo este grupo el de mayor abundancia. Los calanoideos presentan máximos en junio y agosto y muy poca presencia de ellos en febrero, marzo y mayo. El grupo de los cladóceros mostró una mayor abundancia durante los meses secos fríos y secos cálidos principalmente en febrero, con mínimos en octubre y julio. Por otro lado, se tiene que el grupo de los ciclopoideos quienes se presentan en todo el año tienen un mayor número de organismos en noviembre y junio, con mínimos en noviembre, diciembre y febrero (Figura 52).

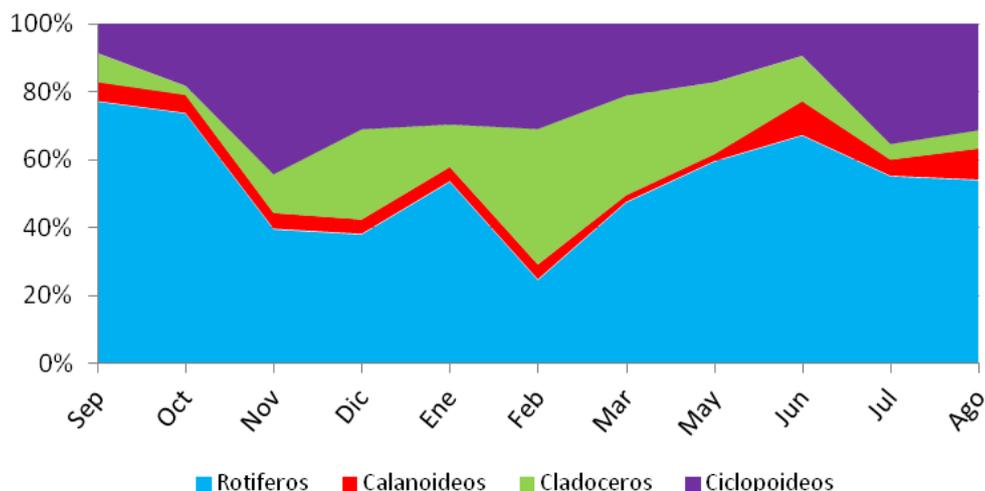


Figura 52. Variación temporal de los grupos del zooplancton para El Plan 4

A continuación, se muestra en el diagrama de Olmstead-Tukey (Figura 53) así como la tabla de composición y categoría, las especies de zooplancton registrados en Plan 4; dentro de las especies Raras se encuentran: *B. quadridentatus*, *B. urceolaris*, *M. albuquerqueensis* y *F. longiseta*; tanto para el grupo de las Ocasionales como el de las Constantes no se presentó ningún organismo; sin embargo, en dominantes se encuentran las especies *A. silvestris*, *B. calyciflorus*, *B. havanaensis* y *T. inversus*.

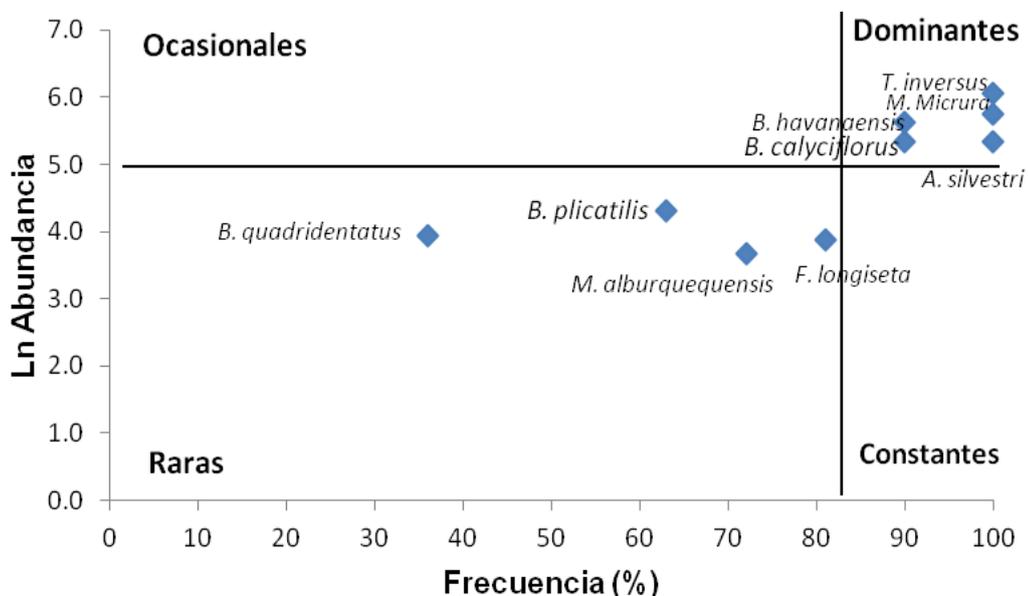


Figura 53. Diagrama de asociación de Olmstead-Tukey para el Plan 4

Tabla 10. Composición y categoría del zooplancton en el Plan 4

Especie	Categoría	Especie	Categoría
<i>T. inversus</i>	D	<i>B. urceolaris</i>	R
<i>B. havanaensis</i>	D	<i>B. quadridentatus</i>	R
<i>M. micrura</i>	D	<i>F. longiseta</i>	R
<i>B. calyciflorus</i>	D	<i>M. albuquerquensis</i>	R
<i>A. silvestris</i>	D		

D=Dominantes, C=Constantes, O=Ocasionales, R=Raras

➤ Especies Dominantes en el Sistema

Durante el muestreo de Plan 4, cinco fueron las especies que presentaron una mayor dominancia en el sistema durante todo el año como se muestra en la figura 54, la principal fue *T. inversus* con 96 org/L en julio y un mínimo de 5 org/L en el mes de septiembre, seguido del rotífero *M. micrura* con 83 org/L en febrero y una mínima de 3 org/L en octubre, *B. havanaensis* con 80 org/L en el mes de julio y un mínimo de 1 org/L en septiembre, *A. silvestri* con 57 org/L en el mes de mayo y una mínima de 1 org/L y por último *B. calyciflorus* con 44 org/L en de octubre y una ausencia de dicho organismo en el mes de junio.

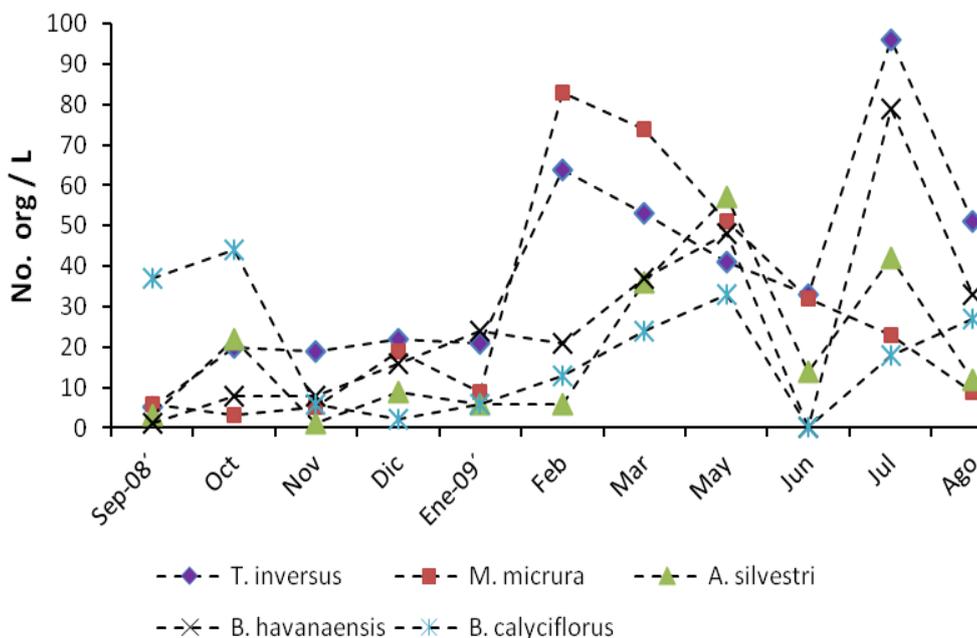


Figura 54. Comportamiento del zooplancton dominante a lo largo del año

➤ **Abundancia Total Por Mes**

En este plan la mayor abundancia de los organismos como lo muestra la figura 55, se presentó en los meses de julio con 362 org/L, mayo con 292 org/L y marzo con 281 org/L, contrastando con los meses de enero con 114 org/L, septiembre con 105 org/L y noviembre con 78 org/L.

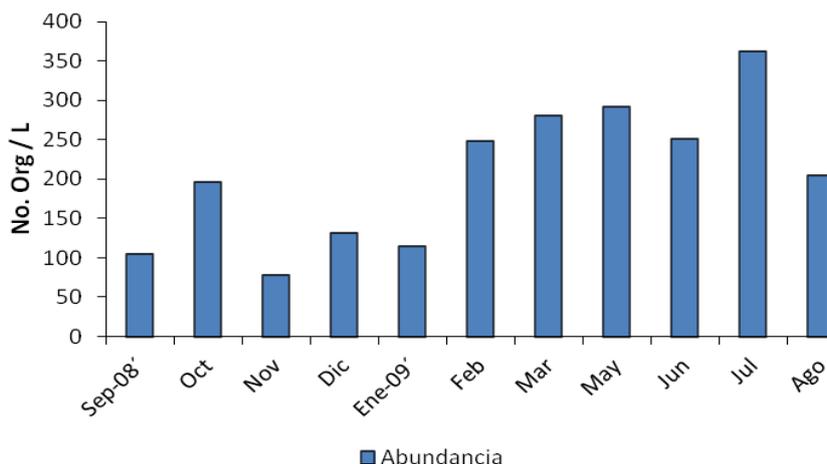


Figura 55. Comportamiento de la abundancia total del zooplancton en plan 4

➤ **Análisis de Componentes Principales**

El análisis para el Plan 3 se obtuvieron 3 componentes los cuales presentan un eigenvalor igual o mayor a 1.0, que juntos dan un total de 84.1094% de variabilidad de los datos originales (Figura 56).

Tabla 11. Valores y Porcentajes de los componentes principales

Análisis de Componentes Principales			
Número de Componente	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza	Porcentaje Acumulativo
1	4.99116	45.374	45.374
2	2.56568	23.324	68.699
3	1.69519	15.411	84.109
4	0.63061	5.733	89.842

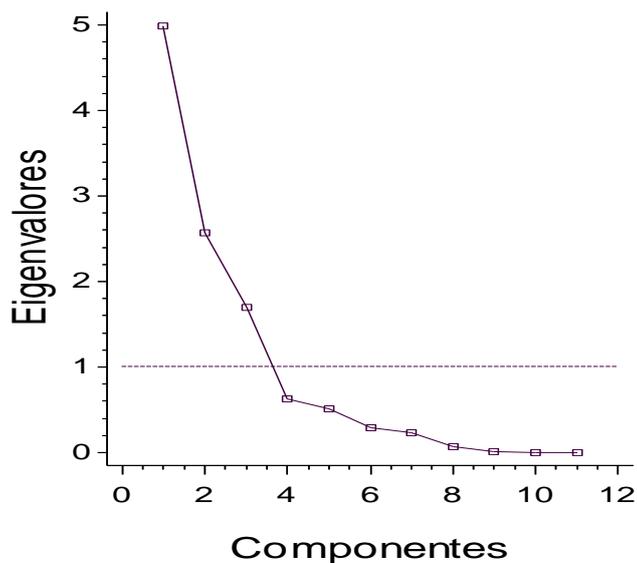


Figura 56. Gráfico de los 3 componentes mayores a 1.0.

En el análisis de los componentes principales se obtuvo un primer grupo con la temperatura del agua, la precipitación, el pH, alcalinidad y dureza, en los meses de junio, julio y agosto esto quiere decir que el componente principal esta dado por el edáfico debido a que en la época de lluvias es arrastrado una gran cantidad de minerales o sustrato hacia el sistema; así mismo, existe una relación entre la profundidad, la transparencia y el oxígeno disuelto en los meses de septiembre, octubre y noviembre debido a que es aquí donde hay una mayor profundidad y con ello una mayor transparencia (Figura 57).

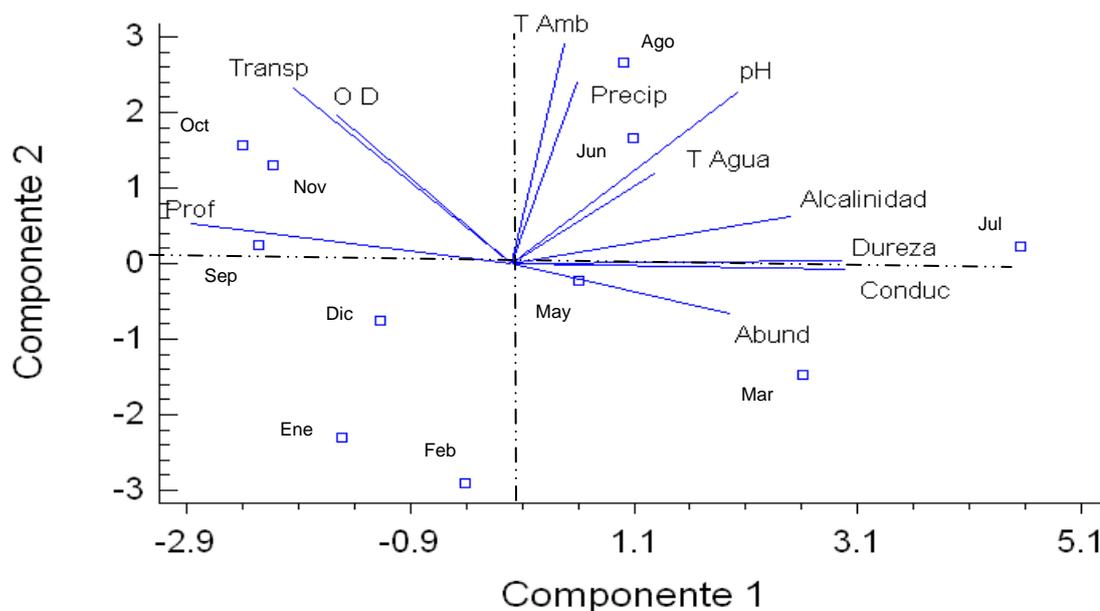


Figura 57. Relación de los componentes principales para el Plan 4

6.3. CUADRO TAXONÓMICO Y PRESENCIA DE ORGANISMOS

El total de organismos zooplácticos registrados en las muestras analizadas fueron clasificados taxonómicamente con base en ITIS (2012). Se observan un total de trece especies, de las cuales cinco corresponden al Phylum Arthropoda y ocho al Rotifera, cabe señalar que del Phylum Arthropoda la especie *Mastigodiptomus albuquerquensis* únicamente se registró en los cuerpos de agua de los Planes; por el contrario, las especies *Arcodiptomus dorsalis* y *Diaphanosoma birgei* solo se encontraron en el sistema de Amate amarillo. Por parte del Phylum Rotifera la especie *Keratella valga* solamente se cuantificó en el Plan 3 (Tabla 12).

Tabla 7. Cuadro taxonómico del total de organismos encontrados en Amate amarillo y Los Planes

PHYLUM	CLASE	ORDEN	GENERO	ESPECIE
Arthropoda	Maxillopoda	Cyclopoida	<i>Thermocyclops</i>	<i>Thermocyclops inversus</i> (Kiefer, 1936)
	Maxillopoda	Calanoida	<i>Mastigodiptomus</i>	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i> (Herrick, 1895)
			<i>Arcodiptomus</i>	<i>Arcodiptomus dorsalis</i> (Mash, 1907)
	Branchiopoda	Diplostraca	<i>Moina</i>	<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1874)
			<i>Diaphanosoma</i>	<i>Diaphanosoma birgei</i> (Korinek, 1981)
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas, 1766)
				<i>Brachionus havanaensis</i> (Rousselet, 1913)
				<i>Brachionus urceolaris</i> (Muller, 1773)
				<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)
				<i>Brachionus caudatus</i> (Barrois and Daday, 1894)
			<i>Keratella</i>	<i>Keratella valga</i> (Ehrenberg, 1834)
	<i>Asplanchna</i>	<i>Asplanchna silvestris</i> (Gosse, 1850)		
	Flosculariaceae	<i>Filinia</i>	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	

A continuación, se muestra la presencia de cada una de las especies zoopláncticas de los cinco sistemas, teniendo como resultado una presencia del 100% para *B. calyciflorus*, *B. havanaensis*, *A. silvestri*, *T. inversus* y *M. micrura*, le siguen con un 80% *B. urceolaris*, *B. quadridentatus* y *M. alburquerqueensis*, y con un 10% *K. valga* con presencia únicamente en Plan 3 y *B. caudatus* y *D. birgei*, con presencia únicamente para Amate amarillo (Tabla 13).

Tabla 13. Registro de cada uno de las especies zoopláncticas en los sistemas

	Plan 1	Plan 2	Plan 3	Plan 4	Amate amarillo
<i>B. calyciflorus</i>	X	X	X	X	X
<i>B. havanaensis</i>	X	X	X	X	X
<i>B. urceolaris</i>	0	X	X	X	X
<i>B. quadridentatus</i>	0	X	X	X	X
<i>B. caudatus</i>	0	0	0	0	X
<i>A. Silvestri</i>	X	X	X	X	X
<i>K. valga</i>	0	0	X	0	0
<i>F. longiseta</i>	X	X	X	X	X
<i>T. inversus</i>	X	X	X	X	X
<i>A. dorsalis</i>	0	0	0	0	X
<i>M. alburquerqueensis</i>	X	X	X	X	0
<i>M. micrura</i>	X	X	X	X	X
<i>D. birgei</i>	0	0	0	0	X

X = presencia; 0= ausencia

6.4 ÍNDICE DE SHANNON-WIENER

El índice de Shannon-Wiener (H') toma en cuenta los dos componentes de la diversidad: número de especies y la equitatividad o uniformidad de la distribución del número de individuos en cada especie; por consiguiente un mayor número de especies incrementa la diversidad y además, una mayor uniformidad, por consiguiente a mayor valor del índice hay una mayor diversidad de especies en el ecosistema. Como resultado del índice de Shannon-Wiener se observa en el siguiente gráfico (figura 52) un alto índice para Amate amarillo con valores de 4.8 en mayo, 5.9 en julio y 5.3 en agosto, seguido de Plan 1 con un índice de 4.5 para el mes de octubre; Plan 4 con un índice de 3.2 en junio, Plan 3 con un índice de 2.7 en septiembre y Plan 2 con un índice de 1.9 en el mes de octubre (Figura 58).

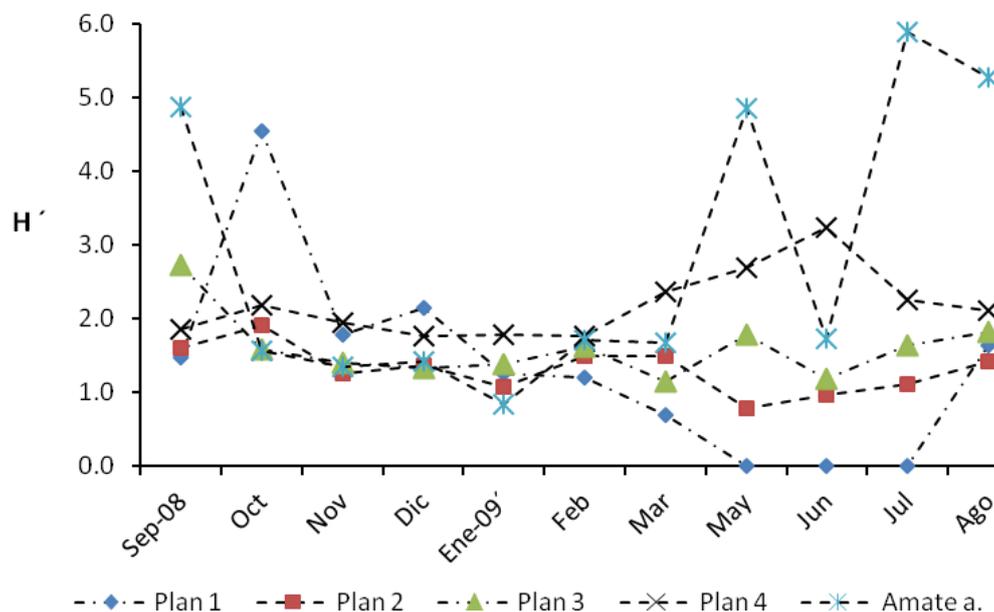


Figura 58. Índice de diversidad Shannon-Wiener presente en los sistemas

6.5. ÍNDICE DE JACCARD

Para la descripción de una comunidad es necesaria la comparación con otra o con ella misma en distintos tiempos, teniendo como resultado una clasificación, ya sea a nivel de asociación o de biocenosis. Este índice se basa en la relación presencia – ausencia entre el número de especies comunes en dos áreas o comunidades. El índice se expresa en porcentaje, lo que nos expresa la semejanza entre las comunidades comparadas. La siguiente tabla (14) muestra dicha similitud existente entre los cinco sistemas, teniendo como resultado, una gran similitud entre Plan 2 y Plan 4 con el 100 %, después tenemos a Plan 3 y Plan 4 con el 81.8%, seguidos de Plan 1 el cual junto con Plan 2 y Plan 4 obtuvieron el 70.0%, y lo más distantes o con menos relación entre cada uno resulto ser entre Plan 3 y Amate Amarillo con 57.1%, y al final se tiene que para Plan 1 y Amate Amarillo únicamente con 46.2% de similitud.

Tabla 14. Relación entre los sistemas de acuerdo al Índice de Jaccard

	PLAN 1	PLAN 2	PLAN 3	PLAN 4	A. A.
PLAN 1	100%	-----	-----	-----	-----
PLAN 2	70.0	100%	-----	-----	-----
PLAN 3	58.3	66.7	100%	-----	-----
PLAN 4	70.0	100.0	81.8	100%	-----
A. A.	46.2	66.7	57.1	66.7	100%

6.6. CORRELACION DE SPEARMAN

La correlación de Spearman es una medida de relación entre dos variables aleatorias continuas, la interpretación de coeficiente de Spearman oscila entre -1 y +1, indicando asociaciones negativas (inversas) o positivas (directas) respectivamente; se utilizó la correlación de Spearman ya que este no considera el hecho de que los datos son homocedásticos normales y mide el acercamiento de la asociación entre las variables. Dentro de los valores se muestra en paréntesis el número del tamaño de la muestra. El tercer número en cada cuadro es el valor de p el cual muestra la significancia de las correlaciones estimadas. El valor de p menor de 0.05 indica una mayor

significancia entre pares de variables y estos están marcados en color rojo. Por lo cual se puede ver, que los datos que presentan una mayor significancia entre si, son: la conductividad contra la dureza, con una correlación del 0.8173; la relación más alta entre algún parámetro y la abundancia fue con la temperatura del agua con un nivel de asociación de 0.5907. Asimismo, al parecer existe asociación entre los factores del factor edáfico con la abundancia de plancton animal como se observa en la tabla 15.

Tabla 15. Asociación entre los parámetros del agua y la abundancia del zooplankton

	T. Agua	OD	PH	Alcalinidad	Dureza	Cond	T. Amb.	Abundancia	Log Abun
Temp. Agua	1								
OD	0.2628 (63) 0.9594	1							
PH	0.3905 (63) 0.0385	0.2241 (63) 0.0777	1						
Alcalinidad	0.3905 (63) 0.0021	0.1241 (63) 0.3284	0.4236 (63) 0.0009	1					
Dureza	0.4201 (63) 0.0009	0.0899 (63) 0.4792	-0.0807 (63) 0.5250	0.2039 (63) 0.1084	1				
Conductividad	0.2525 (63) 0.0468	0.2079 (63) 0.1016	-0.2375 (63) 0.0615	0.0190 (63) 0.8812	0.8173 (63) 0.0000	1			
Temp. Amb	0.4187 (63) 0.0010	0.2438 (63) 0.0549	0.1299 (63) 0.3065	0.3396 (63) 0.0075	0.1216 (63) 0.3385	0.1250 (63) 0.3249	1		
Abund	0.5907 (63) 0.0000	0.0531 (63) 0.6760	0.1910 (63) 0.1325	0.3098 (63) 0.0150	0.4339 (63) 0.0006	0.292 (63) 0.0212	0.3008 (63) 0.0179	1	
Log Abundancia	0.5907 (63) 0.0000	0.0531 (63) 0.6760	0.1910 (63) 0.1325	0.3098 (63) 0.0150	0.4339 (63) 0.0006	0.2927 (63) 0.0212	0.3008 (63) 0.0179	1.0000 (63) 0.0000	1

7. DISCUSIÓN

Las aguas epicontinentales reciben componentes de la atmósfera, de las rocas del suelo y de los organismos, por lo que su composición está restringida por las condiciones internas. Por lo tanto, la calidad del agua de cualquier cuerpo o sistema acuático dependerá de la cuenca en la que se ubique así como de la altitud, de la latitud, de la época del año en la que se realice el monitoreo, de los aportes por medio de los afluentes (escorrentías) y de la tasa de renovación que presenta el sistema acuático (Wetzel, 2001).

Debido a la localización de la zona de estudio, se tiene dos épocas claramente marcadas: secas y lluvias. El periodo de lluvias abarca de junio a octubre, donde la precipitación tiene una gran influencia en los sistemas acuáticos debido al incremento en el volumen, lo que trae como consecuencia cambios en los parámetros morfométricos, batimétricos, físicos y químicos. Por otro lado, durante el periodo de estiaje de noviembre a mayo, el nivel de agua de los sistemas se ve afectado de manera directa por la falta de lluvia y la utilización de éste recurso para el riego agrícola, lo que provoca la concentración de los elementos en el sistema, trayendo como consecuencia que en estos cuerpos de agua este presente un periodo de dilución y otro de concentración respectivamente. Esta dinámica afecta directamente a la calidad del agua así como su estado trófico y por lo tanto, la dinámica de los organismos.

El uso de estos sistemas, también denominados jagüeyes, bordos o microreservorios, se ha diversificado al ser empleados principalmente como abrevaderos para el ganado y para actividades de extensionismo acuícola y como factor secundario, para recreación y agua para consumo humano (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992). Como se pudo observar anteriormente, el sistema de Amate Amarillo así como los Planes tienen este tipo de usos, aunque el principal es el utilizar el agua para actividades de riego, lo cual produce un impacto considerable en las condiciones ambientales de estos sistemas. De manera general se puede decir que estos sistemas son someros a lo largo del año, aún durante la época de lluvias. El sistema Amate Amarillo posee una área de 7.8 ha en donde crece abundante vegetación de macrofitas en la zona litoral, cabe señalar que dicho sistema al estar rodeado por campos agrícolas y vegetación, se altera la productividad del sistema lacustre, debido a la entrada de nutrientes, lo que incrementa su capacidad productiva, principalmente en la época de lluvias, pero también pierde

suficiente volumen diario que es derramado por la apertura de la compuerta para actividades agrícolas.

En el caso de los Planes, al ser sistemas pequeños y someros también presentan entradas de nutrientes pero sin llegar a igualar el volumen y área del Amate amarillo. Debido a lo anterior, los Planes y el Amate amarillo son sistemas altamente productivos y poco profundos, los cuales presentan una alta relación entre el área superficial y el sedimento, aunque esto es solo uno de los tantos factores que causan efecto en el estado trófico.

En los pequeños embalses se incrementan las variaciones de nivel por la marcada influencia del entorno, especialmente con la temperatura ambiental. La reducción del volumen de agua disminuye la profundidad de penetración de luz debido a un aumento en la concentración de los sólidos totales, trayendo como consecuencia mayor turbidez (De la Lanza-Espino, 1990). Esto se observa a lo largo del estudio, ya que en el Amate amarillo como en los Planes la profundidad varió respecto a las condiciones ambientales que los afectaron. Por otro lado, la persistencia del agua en los bordos es más corto que el de los sistemas lacustres naturales (lagos) e incluso que el de las presas de gran escala, debido al intenso aporte de sedimento que son acarreados por las escorrentías en época de lluvias a través del afluente, característica principal de los cuerpos de agua artificiales, como es mencionado por Thornton (1990), razón por la cual los microembalses tienen que ser desazolvados cada cierto tiempo.

Díaz-Pardo *et al.* (1986) mencionan que un factor importante que determina en cierto grado el comportamiento de la temperatura a través de la columna del agua, es la relación entre temperatura de la superficie del cuerpo de agua y la del aire, que se manifiesta en el intercambio de calor entre ambas fases.

La temperatura del sistema acuático es de suma importancia ya que modifica el metabolismo de los organismos y por ende la producción del sistema. Así mismo, influye en el proceso de estratificación y por ello el tiempo en que el hipolimnion puede quedar aislado del epilimnion y así puede agotar el oxígeno de forma más rápida, de manera que permanezca el hipolimnion anóxico más tiempo, aunque la producción primaria del lago o embalse sea relativamente baja (Prat y Rieradevall, 1998).

La temperatura del agua de los microembalses se mantuvo dentro del intervalo 20 a 30 °C, durante el ciclo anual. La temperatura ambiente y la temperatura del agua de los microembalses presentaron una relación directa a lo largo del estudio, al mostrar una oscilación casi similar debido a que los sistemas acuáticos tienen la capacidad de amortizar los cambios bruscos de temperatura a causa de la alta capacidad calorífica que tiene el agua. Este comportamiento de la variación térmica temporal en los sistemas es debida a la poca profundidad que presentan, la fuerza que ejerce el viento sobre la superficie del sistemas y la extracción de los peces con las redes en los días que se realizaba el muestreo; los dos primeros factores determinan la rapidez de homogeneización térmica en la columna de agua tras un periodo breve de vientos persistentes, ligado a una disminución de la radiación solar incidente así como una mezcla de la columna de agua por efecto de la actividad pesquera. Álvarez-Cobelas *et al.* (1986) mencionan que hay tres factores decisivos en el rompimiento de la estratificación térmica; la baja profundidad media del sistema (< de 3 metros), la escasa protección respecto al viento y el hecho de que se estuviera extrayendo mineral del sistema durante el periodo de estudio

Harris (1986), realizó un estudio en latitudes tropicales, donde la luz y la temperatura son relativamente constantes y las variaciones estacionales del plancton dependen del efecto de las lluvias, de la sequía e incluso de la mezcla, lo cual se pudo corroborar en los resultados registrados donde se observaron variaciones en la abundancia del zooplankton durante la época de lluvia y secas, de las cuales la época de lluvia fue en donde se registró una mayor abundancia y diversidad de organismos; así mismo, menciona que las fluctuaciones de la biomasa planctónica suelen ser de amplitud mayor en lagos tropicales que en los templados y el inicio de la temporada de lluvias define el máximo crecimiento, cuya significancia depende del aporte de nutrientes de la cuenca de drenaje,

El oxígeno disuelto es sin duda el más importante de los gases en lo que concierne a la vida de los animales, al ser indispensable para la respiración de los organismos y facilitar la degradación de la materia orgánica detrítica y su incorporación en los ciclos biogeoquímicos. Su concentración depende de las características físicas, químicas y biológicas del medio, con lo cual se puede obtener información de la dinámica de la masa de agua, así como del proceso trófico que en ellos se presenta. En los Planes y el Amate amarillo el oxígeno se registró en concentraciones variadas; los valores más altos se observaron en los meses que descendió más la temperatura en el sistema (meses secos

fríos que corresponden al periodo de diciembre a febrero) y en ninguno de los bordos se encontró una relación directa entre el oxígeno y la abundancia del zooplankton, por lo que se puede decir que el oxígeno disuelto en estos sistemas se encuentra sujeto a otros factores externos, tal como lo mencionan Arocena *et al.* (2008) que hay otros factores responsables en la oscilación del oxígeno en un sistema como son los procesos físicos de difusión del gas desde la atmosfera durante las épocas más frías, así como la turbulencia generada por el viento que pueden tener mayor importancia en estos sistemas.

Por otro lado, es razonable pensar que los procesos de descomposición bacteriana sean los responsables de la reducción del oxígeno en todos los embalses, especialmente en los meses de verano. Mazari-Hiriart *et al.* (2007) reportan concentraciones de oxígeno disuelto entre 4.09 y 9.20 mg/L, a lo que denominaron como agua en buenas condiciones, de manera similar los datos de oxígeno disuelto en el Amate Amarillo oscilan de 7.5 a 13.6 mg/L y en los Planes de 1.3 a 10.3 mg/L, valores aún más altos, que también sirven para decir que estos sistemas tienen agua con buenas condiciones en los primeros metros de la zona vertical y permiten el desarrollo adecuado para los organismos acuáticos que habitan en ellos.

En cuanto al pH, alcalinidad y dureza total, Navarrete *et al.* (2000) mencionan que los valores obtenidos, de estos parámetros, están dentro de los límites de tolerancia para el crecimiento de la tilapia (*Oreochromis sp.*). Con base en lo anterior, tanto el Amate Amarillo como Los Planes pueden considerarse como ambientes adecuados para el desarrollo de vida acuática, debido a que la mayoría de los organismos toleran cambios de pH dentro del intervalo de 6 a 9 que normalmente se presenta en los ambientes acuáticos (De la Lanza y García, 2002). Prácticamente la totalidad de sus bases están en forma de bicarbonato, así como también tiene relación directa con pH, ya que las concentraciones de CO_2 , HCO_3^- y $\text{CO}_3^{=}$ son los principales compuestos químicos que rigen el sistema del cuerpos de agua (Boyd, 1979). El pH en los sistemas no manifestó grandes cambios siendo cuerpos de agua ligeramente alcalinos; sin embargo, la dureza registró diversas concentraciones por ejemplo en los planes van desde los 17 mg/L (Plan 1) hasta los 90 mg/L (Plan 3), por otro lado las concentraciones de dureza en Amate Amarillo oscilan entre los 50 mg/L hasta los 180 mg/L, cantidad suficiente para poder proveer de calcio a los organismos para la formación de estructuras calcáreas (Arredondo y Aguilar, 1987).

La alcalinidad en todos los sistemas no varió significativamente, ya que las concentraciones obtenidas oscilaron entre 0 y 20 mg/L. Sin embargo, el hecho de que en los sistemas la alta concentración de dureza total en forma de carbonato de calcio no afecte al pH haciéndolo más alcalino (valores de pH por arriba de 10), puede deberse a que el CO₂ agresivo necesario para mantener en solución tales cantidades de carbonato de calcio se encontraba en las cantidades adecuadas y esto provoca una reducción a bicarbonatos así como una precipitación masiva de carbonato de calcio; esto se vio reflejado en las rocas que se encuentran alrededor de los sistemas, que al quedar descubiertas cuando disminuía el nivel del agua en la época de secas, estas presentaban una capa de color blanca probablemente generada por la sedimentación del carbonato de calcio. No es normal que la concentración de dureza total en forma de carbonatos de calcio en un sistema sea tan elevada si el pH del sistema se mantiene por debajo de 9, esto quiere decir que la vía por la que se está generando el carbonato de calcio no es por la solubilización del suelo calcáreo que hay en el fondo del sistema, sino más bien por la entrada de este elemento al bordo, ya que los suelos agrícolas que se encuentran alrededor de los microreservorios son utilizados en la actividad cañera, esta actividad agrícola requiere de mantener los suelos con un alto valor de pH ó sea, muy alcalino y por lo tanto, los suelos se encalan cada vez que se siembra la caña (Barrera Escorcía *et al.* 2007). Todo este material rico en carbonatos de calcio es lavado y dirigido por medio de las escorrentías en la época de lluvia a los microembalses, así mismo, la estructura geológica en donde se asienta el sistema acuático complementa la entrada de carbonatos, que en este caso corresponde a rocas calizas, lo cual es mencionado por Arredondo-Figueroa y Aguilar-Díaz (1987). Las concentraciones de dureza en los cinco sistemas nos hacen considerarlos como aguas duras, además Quiroz-Castelán *et al.* (2005) mencionan que los niveles de fósforo y otros elementos esenciales incrementan con la alcalinidad, y que tiene una estrecha relación con las altas concentraciones de dureza total, por lo que se le puede considerar como un indicador de productividad y concentraciones de 200 mg/L como óptimas para cultivos piscícolas.

En el estudio se encontró que los resultados de alcalinidad para los cinco sistemas son similares. Ramírez (2008) reportó para el Amate amarillo un pH alcalino, una buena oxigenación y de aguas duras, por lo que se puede decir que aún esas características siguen prevaleciendo, a pesar de que el sistema de Amate amarillo está sometido constantemente a la actividad pesquera y agrícola. Sus valores nutrimentales siguen estando por debajo de los límites

permisibles según las normas oficiales mexicanas (NOM-127-SSA1-1994, NOM-001-ECOL-1996 y Ley Federal de Derechos. Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2009), esto lo hace un sistema con una buena productividad y apto para el cultivo de peces. Por lo tanto, la condición del agua es aún buena para el uso que se le está dando; pero, hay que tener un seguimiento en el cuidado del sistema, caso más notorio de esto es la profundidad que ha disminuido de 5 m (Ramírez, 2008) a 2.8 m registrados actualmente y el IET (Índice de Estado Trófico) que lo clasifica ahora como eutrófico-hipertrófico, cuestiones a considerar para la calidad del agua de este sistema en los siguientes estudios.

Con referencia al zooplancton, es un elemento importante primero en la transformación de la materia orgánica, segundo en el almacenamiento de la misma y tercero en la transferencia de la energía solar captada por el fitoplancton hacia otros niveles tróficos, por lo que su composición no es constante en el tiempo, sino que va variando en respuesta a ciertos factores como lo menciona Armengol (1982).

El componente animal del plancton de las aguas continentales están dominados principalmente por tres grupos: cladóceros, copépodos y rotíferos (Wetzel, 1981; Suárez-Morales y Reid, 1998, Suárez-Morales y Elías-Gutiérrez, 2000). Los copépodos se encuentran dentro del orden Calanoida. Los principales grupos del zooplancton registrados en el ciclo anual se obtuvieron de la siguiente manera en orden de abundancia: rotíferos>copépodos>cladóceros en los cinco sistemas acuáticos.

Por los cinco sistemas, se registraron un total de 13 especies de zooplancton, de estas trece, cinco pertenecen al Phylum Arthropoda y ocho al Phylum Rotífera. En particular, Plan 1 registró un total de 8 especies, Plan 2 con 9 especies, Plan 3 con 10 especies, Plan 4 con 9 especies y Amate Amarillo con 11 especies, de las cuales algunas se registraron en dos o más sistemas. Por otro lado, de acuerdo al Índice de Jaccard hay una mayor relación de especies con los sistemas entre Plan 2 y Plan 4 con un 100% de similitud, esto debido a que ambas coinciden con nueve especies presentes, seguido de: Plan 3 y Plan 4 con un 81.8% de similitud, debido a que Plan 3 alimenta a Plan 4 y como consecuencia ocho especies coinciden en ambos sistemas; Plan 1 coincidió en porcentaje junto a Plan 2 y Plan 4 con un 70.0% y al final los dos sistemas más distantes o desiguales se dio en Plan 1 y Amate amarillo con un 46.2% como consecuencia de que el primero cuenta con 6

especies y el segundo con 11, de las cuales solo 6 especies son comunes en ambas estaciones.

Los rotíferos fueron el grupo más abundante y diverso en los cinco sistemas acuáticos estudiados, los cuales poseen una diversidad de formas y de hábitos alimenticios tal que les es posible explotar exitosamente distintos niveles tróficos y representar un grupo de gran interés dentro de las redes tróficas en el ambiente dulceacuícola. De acuerdo con Edmonson (1946, 1965; citados en Suárez-Morales *et al.*, 1993), la temperatura constituye un factor importante en la reproducción de los rotíferos, donde las temperaturas óptimas oscilan entre 15 y 20°C. Este factor puede ser el determinante de que a lo largo de todo el estudio se hayan registrado dichos organismos y de ellos los además dominantes, fueron para rotíferos: *B. calyciflorus*, *B. havanaensis*; para calanoideos: *T. inversus* y para cladóceros: *M. micrura*

Por otro lado, los copépodos fueron el segundo grupo con más abundancia en los sistemas; compuesto principalmente por ciclopoideos, seguido de calanoideos y al final copepoditos. La composición de dichos organismos a lo largo del estudio tuvo el siguiente orden de abundancia: los copépodos ciclopoideos presentan un máximo a finales de verano y principios de otoño, no se registraron en invierno. Los copépodos calanoideos presentaron tendencia de disminución en meses fríos y aumento a inicio de lluvias hasta finales de otoño. Gómez-Márquez *et al.* (2007) registraron que los copépodos ciclopoideos presentan dos máximos (en marzo y junio) y no se registraron en verano. Los copépodos calanoideos presentaron tendencia de disminución de inicio de muestreo hasta junio, posteriormente incrementaron durante el verano y disminuyeron hacia el final del estudio (diciembre). Así mismo, Suárez-Morales y Reid, (1998) reportan que las especies: *Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*, son distribuidas en la parte central de México. Álvarez-Silva *et al.*, (2002) reportan a esta última especie por primera vez para el centro y sureste de México; Gómez-Márquez *et al.* (2003), reportan ambas especies para el lago Coatetelco. Así mismo, Granados-Ramírez y Álvarez del Ángel (2003) realizaron un estudio a cerca de la diversidad de los rotíferos de tres sistemas (Bordo Amate amarillo, Las Teclas y Presa Palo blanco) acuáticos en la subcuenca del río Cuautla en Morelos, en donde determinaron 16 especies de rotíferos de las cuales una especie presentó amplia distribución (*Horaëlla thomassoni*) considerando a diversos taxa de este grupo con una amplia distribución, por lo que concluyeron que la composición de especies es homogénea en los tres ambientes, con la dominancia de algunos taxa durante el muestreo. De igual manera se registró una homogeneidad tanto en los

Planes como en Amate amarillo, teniendo como resultado un total de siete especies registradas destacando las de mayor abundancia *Brachionus calyciflorus* y *B. havanaensis*.

Con respecto a los cladóceros, este fue el tercer grupo en abundancia en los dos sistemas. De acuerdo con Elías-Gutiérrez *et al.*, (1999), los cladóceros son un grupo con amplia distribución en México y su composición en los grandes reservorios es dominada por varias especies de *Daphnia* sp. *Bosmina* sp. y *Diaphanosoma birgei*, las cuales tienen preferencia por hábitats limnéticos. Esta última especie junto con *Moina micrura* se identificaron en los dos sistemas, la primera tanto en los Planes como en Amate amarillo y la segunda únicamente en los Planes. Gómez-Márquez *et al.* (2007) comenta que los cladóceros fueron registrados durante todo el estudio excepto en junio y julio; su máximo se observó en agosto con tendencia hacia la disminución al final del estudio, caso contrario en donde los máximos de abundancia en ambos sistemas acuáticos fue en los meses de mayo a julio y ausencia de organismos en época de invierno.

González y López (1997) registraron en la presa Emiliano Zapata *Diaptomus* sp. *Diaphanosoma* sp, *Daphnia* sp. y *Brachionus* sp. los cuales son comunes en los cuerpos de agua mexicanos (Navarrete-Salgado y Elías-Fernández, 1993). Estos mismos géneros fueron reportados por Granados (1990) para el lago Coatetelco.

Gómez (2003) menciona que la especie *Diaphanosoma birgei* es un nuevo registro en el lago Coatetelco en la parte central del estado de Morelos, aunque ya había sido descrita para los estados de Aguascalientes, México y Tabasco. En el caso de *Moina micrura* es una especie que se describió para la presa y el lago Coatetelco por Granados (1990), aunque también es reportada Navarrete-Salgado y Elías Fernández (1993) para el Estado de México y por López-López y Serna-Hernández (1999) para el estado de Guanajuato. Así también, 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. Al igual que en los Planes como en Amate amarillo se determinaron tres clases dentro de las cuales la clase Maxillopoda (dos especies) representó el 59% de la densidad total de zooplancton, seguida de la clase Branquiópoda (dos especies) con el 37% y por último, la clase Eurotatoria (cuatro especies) con el 4%, por el contrario tanto en los Planes como en Amate amarillo la clase

Eurotatoria (ocho especies) fue la que representó el 70% de la densidad total del zooplankton, seguido de la Maxillopoda (tres especies) con el 20% y por último la clase Branchiopoda (dos especies) con el 10%.

En su mayoría, los elementos del zooplankton dependen del fitoplancton para su alimentación y a su vez, estos son un elemento importante en la alimentación de algunos peces, ya sea solo en las primeras etapas de vida como en *Cyprinus carpio*, *Oreochromis niloticus* y *Chirostoma estor* o durante toda su vida como en el caso de *Chirostoma jordani* además, de que se puede alimentar de materia coloidal, material suspendido y en menor grado de sustancias en solución (Rosas, 1973; citado en Navarrete-Salgado y Elías-Fernández, 1993; Geddes, 1984; citado en López-López y Hernández-Serna, 1999).

Un factor que puede explicar las bajas densidades de organismos que se registraron en ciertas épocas del año es el reportado por Armengol *et al*, (1982), los cuales mencionan que en el lago Arcas-2 muestra una baja diversidad de especies posiblemente debido a: 1) las condiciones de mineralización con alto contenido de sulfatos, 2) el impacto humano con el establecimiento de tierras agrícolas casi en contacto con la línea de costa, 3) la introducción de peces y, 4) el más importante, las pequeñas dimensiones del lago así como su morfología. Todos estos factores mencionados anteriormente forman parte de las características que presentan los sistemas en estudio, lo cual puede justificar esta baja diversidad registrada en algunos meses.

Harper (1992) menciona que el zooplankton es afectado indirectamente por los nutrimentos en función de la calidad y cantidad del alimento algal, bacterial o de detritus. En menor extensión pueden ser influenciados por parámetros físico-químicos del ambiente acuático, alterado por el metabolismo de las algas, tal como la temperatura, pH y las concentraciones del oxígeno disuelto. En cuanto a la alimentación, se sabe que habitualmente la producción de herbívoros se correlaciona directamente con la de fitoplancton, siempre que se consideren sólo aquellas especies de algas que, por su tamaño y calidad, forman parte de la dieta natural de esos animales (González de Infante, 1988).

El ciclo anual de fitoplancton y zooplankton se superponen de manera coherente en ocasiones para los tres sistemas, en los cuales al observarse un aumento de zooplankton se registra una disminución del fitoplancton y

viceversa, comportamiento similar a lo reportado por González y López (1997), a pesar de que los organismos zooplácticos no solamente se alimentan de fitoplancton, sino que también incluyen en su dieta materia orgánica en suspensión y detritus (Payne, 1986).

Con respecto a Test de asociación de Olmstead-Tukey de las especies zooplanctónicas registrados en los sistemas a lo largo del estudio, se agruparon según su abundancia y frecuencia en cuatro categorías: Raras, Ocasionales, Constantes y Dominantes, teniendo en común por especies dominantes en rotíferos a: *B. calyciflorus*, *B. havanaensis* y *A. silvestri*, en calaniodeos a: *T. invesus* y *M. albuquerquensis*, y en cladóceros a: *M. micrura*. En el zooplancton los rotíferos fueron el grupo con mayor abundancia y presencia en los cinco sistemas acuáticos y estuvo constituido principalmente por *Brachionus havanaensis* y *B. calyciflorus*, como lo muestran los gráficos de asociación de Olmstead-Tukey; por otro lado los copépodos fueron el segundo grupo en abundancia en donde se determinó a *Arctodiaptomus dorsalis*, *Mastigodiaptomus albuquerquensis* y *Thermocyclops inversus*, y por último los cladóceros quienes fueron el grupo con menor abundancia y donde se determinó a *Moina micrura* y *Diaphanosoma birgei*.

Así mismo, Granados-Ramírez y Álvarez-Del Ángel (2003) citan que *Brachionus* uno de los géneros de la familia Brachionidae (registrado en este estudio), es típico de aguas alcalinas, duras, de regiones templadas y tropicales, predominando en ambientes mesotróficos o eutróficos, evitando siempre las condiciones hipereutróficas.

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

El género *Asplanchna* es uno de los rotíferos más comunes de los pocos vivíparos de este grupo, presenta amplia distribución y es un depredador del

zooplanton en los sistemas lénticos en la región templada y tropical (Fernando *et al.*, 1990).

En cuanto al índice de Diversidad Shannon–Weiner obtenido, se tiene que el Amate Amarillo fue el sistema con un mayor nivel de diversidad, presentando 5.9 en julio lo que indica que fue el mes que presentó un mayor número de especies así como una gran abundancia de las mismas. De los planes el sistema que presentó una mayor diversidad a lo largo del año fue el Plan 4, sin embargo no existe una gran diferencia entre estos cuatro sistemas, sus valores oscilan entre 1 y 2 de índice de diversidad debido a la proximidad y similitud en las características morfométricas y además por las características físicas y químicas que parecen ser idénticas en los sistemas, además del número de especies que hay en cada una de ellas no difiere en mucho con una tendencia a aumentar en verano y disminuir en invierno. Sin embargo, si se compara la diversidad entre los Planes y el Amate amarillo se tiene una gran diferencia entre ellos provocado por el tamaño de los sistemas, su morfometría y al gran número de especies presentes en el sistema y su abundancia.

Finalmente se aplicó el análisis estadístico multivariado (Análisis de Componentes Principales) que es una técnica estadística de síntesis de la información o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. El análisis de componentes principales no tiene sentido si existen altas correlaciones entre las variables, ya que esto es indicativo de que existe información redundante y, por lo tanto, pocos factores explicarán gran parte de la variabilidad total. Este análisis se realizó con la finalidad de establecer el grado en que afectan las variables físicas, químicas y bióticas, en el comportamiento cada uno de los sistemas. Se registraron dos grupos, uno que se caracteriza por las altas temperaturas y presencia de lluvias compuestas de mayo, junio, julio y agosto, lo que nos indica una presencia del componente climático y edáfico; y otro marcado por la profundidad de los sistemas así como por su transparencia compuestas de septiembre, octubre y noviembre, lo que lleva a pensar que el componente morfométrico es el que tiene influencia en estos meses.

8. CONCLUSIONES

La temperatura del agua en Amate Amarillo y en los Planes tuvo un promedio de 24.5 °C, y una temperatura ambiente promedio de 27 °C, el pH promedio fue de 8 en Amate Amarillo y 8.5 para los Planes, lo cual es ideal para la vida acuática. El oxígeno disuelto en Amate Amarillo tuvo un promedio de 6.7 mg/L y para Los Planes fue de 5.3 mg/L por lo que ambos sistemas tienen condiciones óptimas de oxígeno para que se desarrolle cualquier tipo de organismo acuático. La dureza total presentó un promedio en Amate Amarillo de 91 mg/L y en los Planes de 33.60mg/L, alcalinidad total con un promedio de 22 mg/L en Amate Amarillo y de 18 mg/L en los Planes.

Con respecto al zooplancton, este es un elemento importante en la transmisión de la energía solar captada por el fitoplancton hacia otros niveles tróficos como ya se mencionó anteriormente, por lo que su composición no es constante en el tiempo, sino que va variando en respuesta a ciertos factores ambientales abióticos, tales como la intensidad de la luz y la densidad del agua o la viscosidad. En el zooplancton los rotíferos fueron el grupo con mayor abundancia para los dos sistemas acuáticos y estuvo constituido principalmente por *Brachionus havanaensis* y *Brachionus calyciflorus*, los copépodos fueron el segundo grupo en abundancia en donde se determinó a *Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*, y por último los cladóceros quienes fueron el grupo con menor abundancia y donde se determinó a *Moina micrura* y *Diaphanosoma birgei*.

Uno de los factores que más influyó en la abundancia del zooplancton fue la temperatura, debido que en los meses fríos-secos la población disminuyó considerablemente tanto en los Planes como en Amate Amarillo y conforme se iba acercando la temporada de calor y lluvia estos aumentaban en número y diversidad. Tanto en Amate amarillo como en los Planes se registraron un total de once especies de las cuales siete corresponden a la clase Eurotatoria, dos a la clase Brachiopoda y dos más a la clase Maxillopoda. Las especies *Arcodiaptomus Dorsalis* y *Diaphanosoma sp* fueron registradas únicamente en el sistema de Amate amarillo; por el contrario, las especies *Mastigodiptomus albuquerquensis* y *Keratella valga* fueron solamente registradas en los Planes, el resto de las especies se encontraron en ambos sistemas.

Por último, a pesar de las diferencias geográficas y lacustres ambos sistemas presentaron características algo similares en el comportamiento y diversidad del zooplancton.

9. BIBLIOGRAFIA

- 📖 Ahlstrom, E. H., (1940). "A revision of the rotatorian genera *Brachionus* and *Platyias* with descriptions of one new species and two new varieties." Bull. Am. Mus. Nat. Hist., 77: 143-184.
- 📖 Ahlstrom, E. H., (1943). "A revision of the rotatorian genus *Keratella* with descriptions of three new species and five new varieties". Bull. Am. Mus. Nat. Hist., 80: 411-457.
- 📖 Alvarez-Cobelas M., A. Rubio, F.J. Acosta (1986). "Difusión vertical y estabilidad térmica en una laguna hipertrófica". Asociación Española de Limnología, Madrid España 2: 1-9.
- 📖 Alvarez-Silva C., S. Gómez-Aguirre y A. Ocaña-Luna, (2002). "Primer registro de *Thermocyclops inversus* (Copépoda:cycloidae) en los pantanos de Centla, Tabasco". Memorias, XII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología. Xalapa, Veracruz. Del 6 al 9 de mayo del 2002. p. 34.
- 📖 Anónimo (1981). Síntesis Geográfica de Morelos. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, S.P.P. 110 p.
- 📖 APHA-AWWA-WPCF. 1992. "Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales". Ediciones Díaz de Santos, S. A. España. 1015 p.
- 📖 Armengol, J. (1982). "Ecología del zooplancton de los embalses". Mundo Científico (Le Recherche) 2(11): 168-178.
- 📖 Arocena, R., Chalar G., Fabián D., de León L., Brugnoli E., Silva M., Rodó E., Machado I., Pacheco, J. P., Castiglioni R., Gabito I., (2008). "Estado Trófico de Embalses Paso Severino y Canelón Grande". Convenio DINAMA- Facultad de Ciencias (Sec. Limnología) Evaluación Ecológica de cursos de agua y biomonitorio. Montevideo, Uruguay. 36
- 📖 Arredondo-Figueroa, J. y Aguilar-Díaz C.. (1987). "Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas realizadas en lagos mexicanos. Contribuciones en Hidrobiología". Universidad Nacional Autónoma de México. 91p.
- 📖 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". Secretaria de pesca. 182 p.

- 📖 Arredondo-Figueroa, J.L. y A. Flores-Nava. (1992). "Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuacultura", *Hidrobiológica*, Vol. 3/4: 1-10.
- 📖 Arredondo-Figueroa, J. L., G. Díaz-Zabaleta, J.T. Ponce-Palafox (2007). "Limnología de presas mexicanas aspectos teóricos y prácticos". Primera edición. AGT Editor, S. A. y UAM Iztapalapa. México. 923 p.
- 📖 Arroyo-Bustos, G., J. Sánchez-Palacios y R. Beltrán-Álvarez, (2000). "Comparación de la comunidad zooplanctónica entre los años de 1997 y 1998 en la presa Gustavo Díaz Ordaz, "Bacuaro" Sinaloa México". *Memorias, XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología*. Chapala, Jalisco. Del 6 al 9 de mayo del 2000. pp. 105.
- 📖 Ayuntamiento de Tlayacapan, H. (2009). Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Morelos, <http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/morelos/Municipios/17026a.htm>, marzo de 2011.
- 📖 Barrera-Escorcia, G. y I. Wong-Chang. (2007). Eutrofización y calidad del agua: 609-633. En: Arredondo-Figueroa, J.L., G. Díaz-Zavaleta y J.T. Ponce-Palafox (compiladores). "Limnología de presas mexicanas". Editorial AGT Editor, S.A. México, D.F.
- 📖 Boyd, C. (1979). "Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Agricultural Experiment Station". Auburn University, Alabama, USA. 369 p.
- 📖 Brightdoom, M., B. Marín, J. Diaz-Ramos y L. Troccoli (2007). "Variación horizontal y vertical de la biomasa del zooplancton en la Bahía de Mochima, Venezuela, durante 1997-1998". *Revista de Biología Marina y Oceanográfica* vol. 42, supl. 3: 241-252.
- 📖 Brett, M. T., Müller-Navarra, D. C. y Park, S., 2000. "Empirical analyses of the effect of phosphorus limitation on algal food quality for freshwater zooplankton". *Limnology and Oceanography* 45: 1564-1575.
- 📖 Brower, E.J. y J.H. Zar (1977). "Field and laboratory methods for general ecology". Wm. C. Brown Company Publishers. USA. 194 p.
- 📖 Comisión Estatal del Agua y del Medio Ambiente, 2011. www.ceama.morelos.gob.mx, agosto 2001.
- 📖 De la Lanza, E. G (1990). "Algunos conceptos sobre hidrología y calidad del agua". 181-199. En: De la Lanza, E.G y F.J.L. Arredondo. (Comp.). "La acuicultura en México: de los conceptos a la producción". México, D.F. UNAM.

- 🏰 De la Lanza, G. y C. J. L. García, (2002). Lagos y Presas de México. AGT Editor S. A., México D. F. 680 p.
- 🏰 Díaz-Pardo E., C. Guerra y G. Vázquez, (1986). "Estudio bioecológico de la laguna de Atezca". Hidalgo, México. I Análisis limnológico. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, 30: 171-180.
- 🏰 Elías-Gutiérrez, M., J. Ciro-Pérez, E. Suárez-Morales y M. Silva-Briano, (1999). "The freshwater cladocera (Orders Ctenopoda and Anomopoda) of Mexico, with comments on selected taxa". International Journal of Crustacean Research, 72 (2): 171-186.
- 🏰 Elías, G. M., E. M. Suárez, M. A. Gutiérrez, M. B. Silva, J. R. Granados y T.E. Espejo. (2008). "Cladóceros y Copépodos de las aguas Continentales de México". Editorial CONABIO. 322 p.
- 🏰 García E. (2004). "Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen". Instituto de Geografía, UNAM. México. 96 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 pp. 146.
- 🏰 Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I.H., (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, I.H. Salgado-Ugarte, O. Flores-Maldonado y J.L. Guzmán-Santiago. (2007). "Presa Emiliano Zapata, Morelos": 449-463. En: De La Lanza-Espino. y S. Hernández-Pulido. (compiladores). "Las aguas interiores de México: Conceptos y Casos" 1ª Edición, Editorial AGT Editor S.A., México, D.F.
- 🏰 Gómez-Márquez, J. L., B. Peña-Mendoza, R. A. Ramírez-Razo, M. P. Rosas-Hernández, J. L. Guzmán-Santiago, A. Ortiz-Rivera y A. Zavala-Montero. (2008). "Composición y abundancia del Zooplankton en el lago El Rodeo, Morelos febrero 2001 a febrero 2002": 86-100. 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.
- 🏰 González de Infante, A., (1988). "El Plancton de las aguas continentales". Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington. 130 p.

- 📖 González, R.J.M. y G.A. López, (1997). "Aspectos hidrobiológicos de la Presa Emiliano Zapata, Morelos, México". Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 50p.
- 📖 Granados, R.G., (1990). "Comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales de Estado de Morelos, México". Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. 103-105p.
- 📖 Granados-Ramírez, J.G., E. Suárez-Morales. (2003). "A new Hesperodiptomus Light (Copepoda, Calanoida, Diaptomidae) from Mexico with comments on the distribution of the genus". Journal of Plankton Research, Oxford University England, 25(11): 1383-1395
- 📖 Granados-Ramírez J.G. y C. Álvarez-Del Angel, (2007). La importancia del zooplancton en las presas. 413-440. *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.
- 📖 Granados-Ramírez, J.G., C. Álvarez-Del Ángel, M. Martínez-Alaniz, M. Romero-Aguilar, L. M. Arteaga-Núñez y J. L. Zavala-Aragón. (2003). "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. (2003). "Rotíferos de embalses: subcuenca del río Cuautla, Morelos-México". *Scientiae Naturae*, Universidad Autónoma de Aguascalientes México, 6(1): 33-44.
- 📖 Granados-Ramírez, J.G., J.I. Zavala, J. Quiroz y M. Martínez, (2008). "Abundancia y estacionalidad de la clase Branchiopoda (Suborden: Cladóceras) del área limnética de tres embalses de la Sub-Cuenca del Río Cuautla, Morelos, México". 69-83. *En*: Sánchez, J.A., M.G.M. Hidalgo, W.S.L. Arriaga y S.W.M. Contreras (Compiladores). *Perspectivas en Zoología Mexicana*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco. ISBN: 978-968-9024-42-2.
- 📖 Gray, N.F. (1996). "Calidad de agua potable. Problemas y Soluciones". Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 365 p.
- 📖 Harris, G.P. (1986). "Escalas espacio-temporales en ecología de plancton. Mecanismos, métodos, modelos y manejo". *Aquatic Science* 37; 877-907
- 📖 Harper, D., (1992). "Eutropification of Freshwaters. Principles, problems and restoration". Chapman y Hall. Great Britain. 327 p.

- 📖 Hellaweil, J. M. (1986). "Biological indicators of fresh water pollution and environmental management". Elsevier Applied Science Publisher, Gran Bretaña. 546 p.
- 📖 Hernández-Avilés, J. S., J. L. García-Calderón, M. C. Galindo-Santiago y J. Loera-Pérez. 2007. "Microembalses: una alternativa de la limnicultura". *En: de la Lanza, E.G. (compiladora). "Las Lagunas Interiores de México: Conceptos y casos". AGT Editor, S. A. México. pp. 597-620.*
- 📖 Hofmann, W. (1998). "Cladocerans and chironomids as indicators of lake level changes in north temperate lakes". *Journal of Paleolimnology* 19: 55-62.
- 📖 Infante A. y W. Riehl, (1984). "The effect of cyanophyta upon zooplankton in a eutrophic tropical lake, Venezuela". *Hidrobiologia* 113: 293-298.
- 📖 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI). DGG. Superficie de la República Mexicana por Estados. 1999.
- 📖 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI). Marco Geoestadístico, 2000.
- 📖 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI) <http://www.inegi.org.mx/>, marzo 2011
- 📖 Integrated Taxonomic Information System <http://www.itis.gov/>
- 📖 Korovochinsky, N. y N. Smirnov., (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, 143 p.
- 📖 Koste W., (1978). "Rotatoria" – Die Rädertiere Mitteleuropas. I. Textband. Verlag Gebr. Borntraeger Berlin, Stuttgart. 251 p.
- 📖 López, F., J. Franco López, G. De la Cruz-Agüero, A. Cruz Gómez, A. Rocha-Ramírez, N. Navarrete Salgado, G. Flores Martínez, E. Kato-Miranda, S. Sánchez Colon, L. G. Abared Arenas, C. M. Bedia Sánchez e I. Windfield Aguilar. (1985). "Manual de ecología". Ed. Trillas, México. 266 p.
- ❖ López-López, E. y J. A. Serna-Hernández, (1999). "Variación estacional del zooplankton del embalse Ignacio Allende Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales". *Rev. Biol. Trop.*, 47(4): 643-657.

- 📖 López-Blanco, J. y L. Zambrano-González. (2001). "Propiedades limnéticas de sistemas dulceacuícolas pequeños en Acambay, México: Correlación de datos de campo con imágenes de video con color". Investigaciones Geográficas, UNAM, No. 044: 64-84.
- 📖 Lugo, A., Bravo-Inclán, L., y J. Alcocer, (1998). "Effect on the planktonic community of the chemical program used to control water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Guadalupe Dam, Mexico". *Aquat. Ecosystem Health y Manag.* 1: 333-343.
- 📖 Magallón, B.S., M.J. Paulo, y P.E. Díaz, (1992). "Avances en el conocimiento de la presa Los Carros Morelos, un Embalse de reciente formación". *Universidad: Ciencia y Tecnología, U.A.E.M.* 2(2): 121-130.
- 📖 Margalef, L. R. (1983). "Limnología". Editorial Ediciones Omega S.A., Barcelona. 1010 p.
- 📖 Marques, Dos S.Ma.J., (2004). "Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas". Facultad de Estudios Superiores de la UNAM, México, D.F. 626 p.
- 📖 Martínez, M. (2007). "Variación Estacional del zooplancton de los embalses "El Plan" Tlayacapan-Morelos: con énfasis en la presencia de *Hesperodiptomus morelensis* especie nueva". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 56 p.
- 📖 Mazari-Hiriart, M., G. Pérez-Ortiz y A. C. Espinosa-García. (2007). "Impacto de la interrupción del caudal ecológico sobre la calidad del agua". Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, 17 p.
- 📖 Moreno C. E. (2001), "Métodos para medir la biodiversidad, manuales y tesis". SEA, Vol 1, CYCET, ORCYT. UNESCO Y SE, Zaragoza, España, 83 p.
- 📖 Navarrete-Salgado, N. y G. Elías-Fernández, (1993). "Composición y abundancia del zooplancton en un sistema piscícola del Estado de Morelos". *Cuad. Méx. Zool.* 1(1): 8-14
- 📖 Navarrete-Salgado, N. A., G. Elías Fernández, G. Contreras Rivero y M. Rojas Bustamante. (2000). "Policultivo y tilapia en bordos rurales del Estado de México". *Hidrobiológica*, Vol. 10, No. 1:35-40.
- 📖 Needham, J. G. y P. R. Needham. (1972). "Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces". Reverté, Barcelona, 131 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.
- 🏛️ Payne, A. L., (1986). "The ecology of tropical lakes and rivers". Wiley, Nueva York. 301 p.
- 🏛️ Pennak, R.W. (1979). "Fresh Water Invertebrates of the United States". John Wiley and Sons. 803 p.
- 🏛️ Peña-Sánchez de Rivera, D. (1987). "Estadística. Modelos y Métodos. Volumen 2". 1ª Edición. Alianza Editorial. Madrid España. 481 p
- 🏛️ Porta, J., M. López-Acevedo y C. Roquero, (2003) "Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente", Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 960 p.
- 🏛️ Ponce-Palafox, J.T., D. Hernández-Ocampo, J. Díaz-Álvarez y H. Esparza-Leal. (2007). "Aplicación de modelos multivariados en el estudio de las presas":176-192. En: Arredondo F.J.L., G. Díaz Z., J.T. Ponce P. (compiladores). "Limnología de presas mexicanas", Primera Edición, Editorial AGT Editor S.A. México, D.F.
- 🏛️ Prat N. y Rieradevall M. (1998). "Criterios de evaluación de la calidad del agua en lagos y embalses basados en los macroinvertebrados bentónicos". *Actual. Biol.* 20(69): 137-147.
- 🏛️ Quiroz-Castelán, H., I. Molina-Astudillo, J. García-Rodríguez y M. Díaz-Vargas, (2005). "Caracterización de Algunos parámetros físicos químicos del agua y sedimento del lago Zempoala, Morelos, México". *Acta Universitaria*, Universidad de Guanajuato, Vol. 15, No. 2: 57-65.
- 🏛️ Ramírez, R.R.A. (2008) "Análisis del recurso acuático (sistemas lénticos) de Morelos en la parte norte-oriente". Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal. 174 p.
- 🏛️ Ramos-Rodríguez, E. y Conde-Porcuna, J. M., 2003. "Nutrient limitation on a planktonic rotifer: life history consequences and starvation resistance". *Limnology and Oceanography* 48: 933-938 p.
- 🏛️ Rosas, H. M. P. (2009). "Caracterización física, química y biológica de los sistemas acuáticos lénticos de la región sur-oriente del Estado de Morelos". Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Distrito Federal. 238 p.

- 📖 SARH, (1982). "Manual de técnicas de análisis fisicoquímicos para aguas". CIECA, 5ª edición. México. 319 p.
- 📖 Schwoerbel, J., (1975). "Métodos en hidrobiología (biología del agua dulce)". Editorial H. Blume, Ediciones Madrid, España. 262 p.
- 📖 SECRETARIA DE GOBERNACION (SEGOB)
<http://www.morelos.gob.mx/portal/index.php/morelos/municipios/tlayacapan>, agosto 2011
- 📖 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. y A. Vázquez, (1991). "Variaciones Espacio-Temporales de distribución y abundancia de rotíferos planctónicos en la presa J.A. Alzate, México, durante un ciclo anual". Anales del Instituto del Mar y Limnología 18(2): 217-227.
- 📖 Suárez-Morales, E., A. Vázquez.-Mazy y E. Solís. (1993). "Preliminary investigations on the zooplankton community of a Mexican eutrophic reservoir". Hidrobiológica, 3(1-2): 71-80.
- 📖 Suárez-Morales, E. y J. W. Reid., (1998). "An update list of the free-living freshwater copopeds (Crustacea) of México". The Southwester Naturalist. 43(2): 256-265.
- 📖 Suárez-Morales, E. y M. Elías-Gutiérrez, (2000). Estudio sobre el zooplancton epicontinental en México: Historia, estado actual y nuevos hallazgos, Mexicoa, 2(1): 9-14.
- 📖 Suárez-Morales, E., J.W. Reid., T.M. Iliffe y F., Fiers., (1996). "Catálogo de los copépodos (crustacea) continentales de la península de Yucatán, México". CONASUR-CONABIO., México. 296 p.
- 📖 Sugunan, V.V. (1997). Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America. FAO Fisheries Circular. No. 933. Rome, FAO. 149 p.
- 📖 Thornton, K.W. (1990). "Perspectives on reservoir limnology". En: Thornton, K.W., Kimmel, B.L. and Payne, F.E. (Compiladores). "Reservoir limnology: Ecological perspectives. Editorial Wiley Interscience. New York. 1-13.
- 📖 Torres, O. B. y M. E. Hernández, (1997). "Patrones de migración vertical en el plancton de un lago tropical". Hidrobiológica (7): 33-40.
- 📖 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.
- 📖 Wetzel, G.R. (1981). "Limnología". Primera Edición. Editorial Ediciones Omega. Barcelona España: 679 p.
 - 📖 Wetzel, R. (2001). "Limnology, Lake and River Ecosystems". Third. Edition. Omega. Barcelona, España. 1010 p.
 - 📖 Zannata, A. S., R. T. Orozco, A. H. Hurtado y A. H. Pérez. (2007). "Rotíferos planctónicos de un lago tropical: diferencias en la distribución y migración entre dos eventos de mezcla con condiciones abióticas similares". Hidrobiológica, vol. 17, supl. 1: 1-10.