



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores
IZTACALA

"Variaciones estacionales de crustáceos
(Cladóceros y Copépodos) en la
Presa Iturbide, Estado de México"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

BIOLOGO

Presenta

CLAUDIA ROMINA AGUILAR ACOSTA

Director de tesis: DR. S.S.S. SARMA



Marzo, 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A las personas más importantes en mi vida:

Mis padres Julia y Román.

A mi mami por darme la vida, guiarme y ser un gran ejemplo de superación. A mi papá quien me orienta e impulsa mi crecimiento personal y espiritual.

Porque su amor, comprensión, confianza y apoyo incondicional que siempre he recibido, me han permitido lograr con éxito todas mis metas. Gracias por confiar y creer en mí ...

LOS AMO

A mi **abuelita Estela**, agradezco su hospitalidad pero sobre todo su apoyo y cariño. También la dedico a mi **abuelito Juan**† que aunque ya no esta físicamente con nosotros siempre lo tenemos presente.

Gracias!!!

A mis tíos y familia:

Bety, Gerardo, Male, Martín, Hilda, Luis, Vero y Felipe
Porque siempre me brindaron su apoyo cuando los necesitaba y me animaron a seguir adelante.

Gracias por todo y los quiero muchísimo.

A mis hermanitas de Cancún: Ale y Vero

Porque la distancia no existe entre nosotras y siempre estuvieron presentes. Por los 8 años de amistad y los que faltan...

A mi inseparable amiga **Lidia**, mi gemela **Liliana**, mi papá **Juan**, mi
amis **Clarita**, bellota **Ana**, mi amigui **Jair** y **Joyce**

Todos ustedes saben que son mis mejores amigos, gracias por sus consejos, por escucharme pero sobretodo por su gran amistad.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor el **Dr. S.S.S. Sarma** por brindarme la oportunidad de ingresar al laboratorio de Zoología acuática e incorporarme a su equipo de trabajo, por dirigir esta tesis, compartir sus conocimientos y su apoyo que enriquecieron mi formación profesional.

A los sinodales designados que evaluaron la presente tesis: **Dra. Nandini Sarma, Dr. Alfonso Lugo Vázquez, Dr. José Luis Gamma Flores y Dr. Sergio Cházaro Olvera**, agradezco su tiempo, sus conocimientos y acertados comentarios que mejoraron la presente tesis.

A la **Dra. Rosario Sánchez Rodríguez** por adoptarme, por sus valiosas observaciones y sugerencias para mejorar el escrito, por su gran amistad pero sobretodo por enseñarme que la perseverancia es la clave del éxito.

A la **QFB Esperanza Robles y Biol. Guadalupe Saenz** por su apoyo y cariño.

Agradezco el financiamiento otorgado por **PAPIIT** para la realización de este trabajo mediante el proyecto de investigación IN201907.

A la beca **PAEA** por el apoyo económico durante la carrera.



A la **UNAM** y a la **FESI**



Orgullosa de pertenecer a la máxima casa de estudios, ser iztaccalteca y tener la sangre azul y piel dorada.

Como no te voy a querer...



Mis compañeros y amigos:

Kenya, Víctor, Adrián, Edith, Karina, Carmen, Bárbara, Mónica, Miguel, Erika, Osvaldo, Sujey y todos aquellos que fueron parte de esta gran etapa, gracias por los buenos momentos y su amistad.

A los que nos apoyaron en llevarnos a la Presa Iturbide: Jorge, Carmen, Aramen pero en especial a Susy y Abraham, gracias por su tiempo, soportar la lluvia y hacer de nuestro muestreo una aventura.

A todos mis compañeros del laboratorio de Zoología Acuática por compartir sus conocimientos y su ayuda, en especial a Carmen Serranía, Marissa, Diego y Cristian por brindarme su amistad y por las largas charlas.

Índice

Resumen.....	5
Introducción.....	6
Antecedentes.....	12
Justificación.....	15
Objetivos.....	16
Área de estudio.....	17
Materiales y métodos	
Trabajo de campo.....	18
Trabajo de laboratorio.....	18
Resultados.....	20
Riqueza específica.....	20
Dominancia.....	23
Densidad poblacional.....	25
Diversidad.....	29
Correlación	29
Parámetros fisicoquímicos.....	31
Nutrimentos	34
Discusión.....	36
Conclusiones.....	42
Literatura citada.....	44
Anexos.....	48

Resumen

Este estudio fue realizado para cuantificar las variaciones estacionales de los crustáceos (cladóceros y copépodos) y las variables físico-químicas (temperatura, pH, conductividad, transparencia de Secchi, niveles de oxígeno disuelto, concentraciones de amonio, nitratos y fosfatos) en la presa de Iturbide (en el municipio de Isidro Fabela, al noroeste del Estado de México y de altitud de 3310 msnm). Se colectaron muestras mensuales de crustáceos (50 l filtrados a través de malla de 50 micras, en duplicado para las 4 estaciones y se fijaron con formol al 4%). Se obtuvieron a partir de febrero de 2008 a enero del 2009. Al mismo tiempo se midieron las variables físico-químicas. En general, la temperatura osciló entre 9 y 16°C y rara vez superó los 20 °C. La transparencia de Secchi y la profundidad fueron bajas debido a que es un embalse poco profundo (<2 m) y durante los meses lluviosos alcanzó los 5m. El oxígeno disuelto fue generalmente alto 13-18 mg l⁻¹. Los niveles de nitrato (0.02 a 0.17 mg l⁻¹) fueron bajos, mientras que los fosfatos eran relativamente altos (0.06 a 3.5 mg l⁻¹). Se encontraron 9 cladóceros y 2 copépodos. Entre los cladóceros *Chydorus brevilabris* y *Macrothrix triserialis* fueron más abundantes. Las abundancias máximas de estos cladóceros fueron de 60 ind. l⁻¹. En el caso de los copépodos, los calanoideos fueron más abundantes que los cyclopoideos, de 80 ind. l⁻¹ y <10 ind. l⁻¹, respectivamente. En general la densidad de los crustáceos fue alta durante los meses de verano (mayo-julio) que durante el invierno. El Índice de diversidad de Shannon-Wiener fue bajo y varió entre 0.4 y 2,5 bits, dependiendo del sitio y el período de muestreo. Basándose en los datos de la transparencia de Secchi y las concentraciones de nutrientes, la presa Iturbide es de tipo oligotrófico-mesotrófico.

Introducción

Aproximadamente un 97.3% del agua de la Tierra se localiza en las depresiones oceánicas; el 2.7% restante corresponde al agua localizada sobre los continentes o en la atmósfera (CONAGUA, 2002). Las aguas epicontinentales o superficiales incluyen una rica variedad de ecosistemas, muchos de los cuales están física y biológicamente conectados o articulados por el flujo del agua y el movimiento de las especies. Estos ecosistemas no pueden sobrevivir sin un aporte de agua, materia orgánica y energía. Los atributos fisicoquímicos y ecológicos de un cuerpo de agua dependen principalmente del medio natural que los rodea, de los asentamientos humanos y de las actividades que se llevan a cabo dentro de la cuenca (Arriaga *et al.*, 2003).

La ubicación y la accidentada topografía del país favorecen en el desarrollo de una gran diversidad de cuerpos de agua. (Arredondo- Figueroa y Flores-Nava, 1992). Sin embargo, México cuenta con un escaso número de lagos naturales, de acuerdo con los datos del Plan Nacional Hidráulico, el país posee aproximadamente 1,264 embalses artificiales con una capacidad mayor a $5 \times 10^5 \text{ m}^3$ (López y Serna, 1999).

Los embalses son medios artificiales que se construyen para determinados usos. Cualquier otra consideración (estética, ecológica, lúdica, etc.) suele quedar en función del cumplimiento del objetivo para el que se construyó: abastecimiento de núcleos urbanos, riego, electricidad, regulación de otros embalses y como protección en contra de las inundaciones. Esto les convierte en unos ecosistemas muy parecidos a los lagos pero sometidos a tensiones peculiares. El uso del agua da lugar a que su volumen sea habitualmente muy variable, lo que impide que se genere una cubierta vegetal estable y bien estructurada en las orillas. (García-Sánchez, 2001). Al igual que los lagos naturales, éstos están sometidos a un progresivo enriquecimiento de nutrientes, que conduce a la eutrofización, a la proliferación de algas indeseables que confieren al agua propiedades organolépticas desagradables y en casos extremos, traen consigo toxicidad y mortandades masivas de peces (Margalef 1983; Haynes, 1988; García-Sánchez, 2001).

En los embalses artificiales, la eutrofización y azolve se presentan con rapidez, por los múltiples usos a que son sometidos y al manejo inadecuado, de manera que su tiempo de vida útil varía de 10 a 100 años. Por lo anterior, un primer nivel en el manejo adecuado de un embalse, es el diagnóstico de las condiciones de calidad del agua y sus comunidades (López y Serna, 1999).

Existen muchas semejanzas entre embalses y lagos, manifiestas a diferentes niveles: físico, químico, biológico, etc. Entre otras se pueden señalar las comunidades planctónicas e ictiológicas (de peces) que se desarrollan en sus aguas, los ciclos de mezcla y estratificación de las masas de agua estancadas y las relaciones ecológicas de cualquier ecosistema de las especies con el medio (García-Sánchez, 2001).

La comunidad del plancton se ha dividido en dos grandes grupos: el fitoplancton y el zooplancton. El primero se compone de organismos autótrofos capaces de sintetizar sus propias reservas alimenticias mediante la fotosíntesis; el segundo esta compuesto de organismos heterótrofos incapaces de sintetizar su alimento (Wetzel, 1981). De acuerdo con Hutchinson (1957), la diversidad del zooplancton y fitoplancton varía de acuerdo con las características físicas y químicas del cuerpo de agua así como con su temporalidad. El zooplancton agrupa al conjunto de animales que viven a lo largo de la columna de agua, tanto en medios continentales como marinos. Entre los organismos multicelulares del zooplancton, los rotíferos, cladóceros y copépodos son los más abundantes en los ecosistemas de agua dulce. En México, la mayoría de los cuerpos de agua tienen estos grupos bien representados (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2001). Son numerosos otros grupos taxonómicos que aparecen acompañando a estos organismos planctónicos. Entre ellos destacan los ostrácodos, que son bentónicos, es decir, viven en el fondo; los rhyzópodos; nematodos que viven entre la materia orgánica del suelo, etc. Estos organismos suelen pasar al plancton accidentalmente a causa del arrastre por las escorrentías de las lluvias y el viento desde las orillas, o en la zona de desembocadura del río a un lago o un embalse, donde los organismos bentónicos o litorales son igualmente arrastrados por la corriente de agua (García-Sánchez, 2001).

Dentro de las especies del zooplancton se diferencian las euplanctónicas, es decir, las que viven propiamente en la columna de agua y las litorales, que se desarrollan preferentemente en las orillas, entre la vegetación acuática, en el perifiton o comunidad de algas que viven adheridas a las piedras de las orillas, o entre la materia orgánica (García-Sánchez, 2001).

El papel del zooplancton en las tramas tróficas se destaca por su carácter de vía de transferencia de materia y energía desde los microproductores primarios y las fuentes de detritus-bacteria hacia los niveles consumidores superiores. Como presas integran una parte importante del espectro alimentario de los peces planctófagos particularmente aquellos adultos de pequeña talla y de estadios juveniles de especies que de adultos ocupan otros nichos tróficos (Hutchinson, 1957; Paggi, 2004).

Los cladóceros son organismos cuyo tamaño es de 0.2 a 3mm de longitud. Su cuerpo esta dividido en cabeza, tórax y abdomen, éstos últimos cubiertos por un caparazón que en la mayoría se prolonga hasta la cabeza cubriéndola, además esta abierto centralmente y las hembras forman una cámara incubadora en la parte dorsal. La cabeza presenta un ojo compuesto, anténulas y antenas. En el tórax cinco o seis pares de apéndices filtradores (Margalef, 1983; Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

Los cladóceros se alimentan por filtración y en densas poblaciones pueden remover fracciones significativas de fitoplancton de un lago cada día, por lo que la abundancia de cladóceros planctónicos es de gran importancia para la ecología de los lagos ya que participan en la regeneración de nutrientes (Pennak, 1989). El componente más importante de su dieta está conformado de pequeñas algas en el rango de 1 a 25 μ m, bacterias, detritus, diatomeas, en cambio rechazan las formas filamentosas con espinas o coloniales. (Dodson y Frey, 2001).

El desarrollo de los cladóceros es directo, se lleva a cabo adentro del huevo, no se presentan etapas larvales libre-nadadoras y los neonatos son muy similares a los adultos. Tienen dos maneras distintas de reproducción, sexual y asexualmente por partenogénesis. El tipo de reproducción depende de factores como la desecación, temperatura o cantidad de alimento (Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

La importancia de los cladóceros radica en que se utilizan como alimento vivo en los acuarios (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008), en estudios de toxicidad (Gama-Flores, *et al.*, 2007) y en la biomanipulación en donde diferentes especies de talla grande se han empleado, para el control biológico de algas, dado el elevado volumen de agua que filtran y la cantidad de algas que consumen (García-Sánchez, 2001).

Dentro de las interacciones que presentan estos organismos, destacan la competencia y depredación, que han sido reconocidas como las fuerzas más importantes en la estructuración de un ecosistema acuático (Burns y Gilbert, 1986). La competencia explotativa en especies de poca demanda de alimento contra las que tienen requerimientos elevados en medios con condiciones limitadas de recursos y la competencia por interferencia donde las especies grandes provocan perturbaciones sobre las especies de tallas pequeñas (MacIsaac y Gilbert, 1991; Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

Estos crustáceos con características morfológicas y biológicas distintivas, exhiben claras manifestaciones de radiación adaptativa. Se distribuyen desde los lagos tectónicos hasta pequeños charcos efímeros, algunos son estrictamente planctónicos mientras que otros forman parte de la comunidad litoral-bentónica. (Carruyo-Noguera *et al.*, 2006). La sucesión estacional de los cladóceros varía extraordinariamente según las especies y dentro de una misma especie, de acuerdo a las distintas condiciones ambientales de los lagos (Wetzel, 1981).

Los copépodos constituyen un grupo ampliamente distribuido de crustáceos, de vida libre, parásitos y formas asociadas. Los copépodos de vida libre son marinos y de agua dulce. La mayoría de los registros de copépodos en México son de las especies de vida libre (Suárez-Morales *et al.*, 2000). Actualmente, en México se tienen registradas 100 especies de agua dulce (Suárez-Morales y Reid, 1998; Suárez-Morales y Reid, 2003).

Los copépodos están conformados por 16 somitas arreglados en dos grandes regiones: cefalotórax o prosoma (apéndices bucales y antenas) y abdomen o urosoma (provisto de cinco pares de apéndices, las cuatro primeras nadadoras y la

última modificada para la reproducción y de carácter taxonómico y rama caudal) (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

Son tres los ordenes que destacan por poseer formas que han colonizado exitosamente las aguas continentales: Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida.

Los copépodos pertenecientes al Orden Calanoida se caracterizan por poseer anténulas largas de 22 a 25 segmentos, extendiéndose a todo lo largo del cuerpo. Viven casi exclusivamente como organismos planctónicos de la zona pelágica. Son básicamente filtradoras y omnívoras que consumen pequeños organismos, fitoplancton y partículas del detritus. Algunas especies son depredadoras de pequeños organismos del zooplancton como rotíferos (Williamson y Reid, 2001).

Los copépodos del Orden Cyclopoida tienen anténulas de 6 a 18 segmentos, presentan el cefalotórax abultado en su parte media, robusto y un poco más largo que el abdomen. Agrupan principalmente especies bentónicas y litorales aunque también planctónicas. Forman importantes componentes de la fracción del zooplancton, especialmente en lagos pequeños y someros (Grimaldo, 1996). En los cyclopoideos de vida libre no existen mecanismos de filtración. Los de hábitos carnívoros incluyen especies de *Acanthocyclops*, *Cyclops* y *Mesocyclops*, se alimentan de microcrustáceos, larvas de dípteros y oligoquetos; estas son presas en ocasiones de mayor tamaño que el mismo copépodo. Esta capacidad depredadora les ha dado un potencial para utilizarlos como control biológico de mosquitos. Las formas herbívoras incluyen muchas especies de *Eucyclops*, *Tropocyclops* y algunos *Acanthocyclops*, que se alimentan de algas incluyendo diatomeas y algas filamentosas (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

La reproducción de los copépodos es sexual y los huevos fertilizados son transportados por las hembras en uno o varios sacos ovigeros. En el transcurso de su ciclo de vida pasan por seis estadios llamados nauplio; después cinco estadios copepoditos; el sexto y último da lugar al adulto. En el transcurso de su desarrollo, la locomoción y la dieta cambian paulatinamente junto con el tamaño del copépodo y con sus necesidades metabólicas. Ocupan diferentes posiciones a nivel trófico en la cadena alimenticia, ya sea detritívora, herbívora o carnívora con la que inciden de

manera diferente en la organización de los ecosistemas acuáticos (Wetzel, 1981; Dussart y Defaye, 1995).

El ciclo anual de las poblaciones de copépodos queda interrumpido por un periodo de diapausa que persiste durante uno o varios meses que aparece a mitad de invierno o en verano, esto se debe a diversos factores como la temperatura, la luz, concentración de oxígeno y duración del día. También existe una migración vertical diaria que es menos notable que en el caso de los cladóceros (Wetzel, 1981).

Entre las comunidades acuáticas, los organismos del plancton se han utilizado como indicadores de las condiciones que prevalecen en los cuerpos de agua. Sin embargo, para emplearlos con certeza, en particular en nuestras latitudes, se deben conocer sus respuestas ante cambios estacionales. De esta forma será posible predecir en qué momentos y bajo qué condiciones el sistema se encuentra con mayor susceptibilidad de presentar una proliferación de especies no deseables; así se podrán reconocer las especies que solo se presentan estacionalmente y las que prevalecen resultado de su mayor tolerancia (López y Serna, 1999).

En latitudes tropicales, donde la luz y la temperatura son relativamente constantes, las variaciones estacionales del plancton dependen del efecto de las lluvias, la sequía e incluso de la mezcla. Las fluctuaciones de la biomasa planctónica 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 (López y Serna, 1999).

Antecedentes

A nivel mundial se han realizado estudios enfocados a estudios limnológicos y la variación estacional de zooplancton, como por ejemplo:

Se realizó un estudio en el embalse Yacyretá sobre el río alto de Paraná, en donde se describió la estructura zooplanctónica durante un ciclo anual y sus variaciones relacionadas con factores físicos y químicos. Se registró un total de 59 especies (38 rotíferos, 11 cladóceros y 10 copépodos), siendo los rotíferos el grupo dominante. Las especies más frecuentes y dominantes fueron *Keratella americana*, *Ploesoma truncatum*, *Keratella cochlearis*, *Bosmina hagmanni* y el estadio larval nauplii (Copépoda). Los factores físicos que tuvieron mayor influencia sobre el desarrollo de la comunidad fueron la temperatura y la transparencia. Los cambios observados en la comunidad están relacionados con el aumento en el número de especies y en el reemplazo de la dominancia de los grupos (Garrido, 2002).

Se comparó la abundancia de los principales grupos del zooplancton en dos embalses venezolanos de distinto estado trófico (hipertrófico y oligotrófico), en donde la mayor abundancia del zooplancton se dio en el embalse hipereutrófico, esto pudo explicarse por la mayor oferta de recursos en ese embalse (González *et al.*, 2002).

En dos lagunas de inundación del río Caura (Venezuela), se evaluó la variación temporal de la comunidad de copépodos, en donde identificaron cinco ciclopoideos y tres calanoideos; y se observó una marcada variación estacional en ambas lagunas relacionada con el nivel del agua (Goday y Reverol, 2005).

En cinco lagunas de la Puna, Argentina, se evaluaron algunas características limnológicas y analizaron el zooplancton, en el cual el microzooplancton registró mayor abundancia de rotíferos sobre formas naupliares y el macrozooplancton, predominancia de copépodos sobre cladóceros, principalmente quidóridos y macrotrícidos (Locascio de Mitrovich *et al.*, 2005).

Se realizó un estudio en los lagos de la Patagonia chilena, caracterizados por su oligotrofia, alto endemismo, marcado predominio de copépodos calanoideos sobre cladóceros dáfnidos y una baja diversidad de especies. Los resultados indicaron que la riqueza de las especies estuvo directamente relacionada con la concentración de clorofila e inversamente relacionada con la latitud, también indican que la oligotrofia es la causa principal de la baja riqueza de especies (De los Ríos y Soto, 2007).

Se realiza una investigación de estudios limnológicos en lagos y lagunas dentro de un área sin contaminar en el sur de Chile, aplicando un análisis de componentes principales considerando parámetros químicos, riqueza de especies zooplanctónicas y biomasa, demostrando así que la oligotrofia y las bajas concentraciones de iones serían los principales factores reguladores de la estructura de la comunidad zooplanctónica (De los Ríos y Soto, 2009).

De los primeros estudios realizados en México se encuentran los de Juday (1915) quien registro para tres localidades aledañas a la ciudad de México 14 especies de cladóceros; Wilson (1936) trabajó con copépodos de la península de Yucatán e hizo algunas notas sobre cladóceros en la misma publicación. Uenó (1939) y Rioja (1940) trabajaron con el zooplancton del lago de Pátzcuaro. Osorio en 1944, realizó una exploración biológica en el lago Pátzcuaro y encontró que los cuatro grupos principales hallados en el lago son ciliados, rotíferos, cladóceros y copépodos.

En el embalse Nabor Carrillo (Estado de México), se hizo un estudio de los crustáceos zooplanctónicos (cladóceros y copépodos) y de las características físico-químicas del cuerpo de agua (Martínez, 1993).

Un estudio sobre copépodos calanoideos y cyclopoideos en algunos cuerpos de agua del Estado de México, se reportaron 15 especies de copépodos cyclopoideos y 5 calanoideos. Las especies *Eucyclops solitarius*, *E. pseudoensifer*, *E. bondi*, *E. prionophorus*, *Ectocyclops eubescens*, *Microcyclops dubitabilis* y *Leptodiptomus assiniboiaensis*, fueron nuevos registros para México (Grimaldo, 1996).

Se reportan 33 especies de cladóceros, 15 copépodos calanoideos y cyclopoideos de 19 embalses del estado de Aguascalientes, todas previamente registradas en México (Dodson y Silva-Briano, 1996).

Un trabajo realizado en el embalse Ignacio Allende (Guanajuato) sobre la variación estacional del zooplancton, en donde examinan a las comunidades del plancton y los factores ambientales del cuerpo de agua. El fitoplancton registro un total de 57 especies y el zooplancton presentó una composición de 39 especies. La riqueza de especies más baja se produjo durante la estación seca, en los meses más fríos. En la estación húmeda, incrementó la riqueza de especies y disminuyó la densidad de población, en consonancia con el florecimiento de algas azul-verdes, valores altos de sólidos en suspensión y los más altos niveles de agua en el embalse (López y Serna, 1999).

Se actualiza la lista de cladóceros, en el cual se conocen 123 especies en la Republica mexicana (Elías-Gutiérrez y Suárez, 2003).

Se conocen 100 especies de copépodos de agua dulce en el país (Suárez-Morales y Reid, 2003).

En un estudio de zooplancton de dos lagos tropicales de alta montaña en el centro de México, se reporta 35 especies, en el cual la riqueza de especies fue mayor que la reportada en los lagos de alta montaña en regiones templadas, e incluso de otros sistemas tropicales. De acuerdo a la dinámica estacional, el periodo frío-seco estuvo influenciado por factores abióticos (principalmente la temperatura y el pH) y el periodo templado-lluvioso por factores bióticos, sin embargo atribuyen la marcada diferencia entre ambos a la introducción de peces en uno de los lagos. (Dimas-Flores *et al*, 2008).

Justificación

La presa Iturbide es de gran importancia para los habitantes y las poblaciones aledañas a la zona ya que es una fuente de recursos. Sus aguas son utilizadas para uso domestico de algunos pobladores, algunas veces para el riego y para el cultivo de la trucha, por lo que es de gran importancia económica para la zona ya que genera una pequeña actividad de turismo local. El principal aporte de agua, proviene principalmente de la lluvia por lo que es un factor que influye en el nivel del agua de la presa.

En la presa Iturbide no hay trabajos previos con información sobre aspectos de la taxonomía o ecología del zooplancton; es de suma importancia conocer la composición específica del zooplancton ya que puede ser un excelente criterio para caracterizar el estado trófico de los sistemas acuáticos y para deducir la estructura de las comunidades acuáticas (Conde-Porcuna, 2004). Por lo tanto el presente proyecto pretende difundir el conocimiento en la taxonomía, conocer la riqueza, diversidad, especies dominantes y variaciones en densidad espacio-temporal de los cladóceros y copépodos que están presentes en la Presa durante un año. Igualmente importante resulta encontrar algún factor físico o químico que pueda influir en las variaciones de la abundancia y riqueza específica de los microcrustáceos.

Objetivos

❖ General

Analizar la variación estacional de zooplancton de crustáceos en la Presa Iturbide durante un año (Febrero del 2008 a Enero del 2009).

❖ Particulares

- a) Determinar la composición de la comunidad zooplanctónica (Cladóceros y copépodos) presentes en la presa.
- b) Estimar la abundancia y la diversidad mensual a lo largo de un año en los diferentes puntos de muestreo.
- c) Estudiar la dinámica temporal mediante las especies dominantes.
- d) Relación de algunas variables fisicoquímicas del cuerpo de agua con las especies.

Área de estudio

La Presa Iturbide se encuentra dentro de la localidad las Canoitas, que está situado en el municipio de Isidro Fabela, al noroeste del Estado de México; la presa se ubica entre las coordenadas: $19^{\circ} 31' 45.9''$ N y $99^{\circ} 27' 55.6''$ O, presenta una altitud de 3,310m sobre el nivel del mar.

El clima predominante es templado subhúmedo. La temperatura promedio anual es de 12°C , con una máxima de 31°C y una mínima de 6°C .

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (2000) reporta que presenta varias precipitaciones al año, con una máxima de 550mm en septiembre esto se debe a que es el mes con mayor número de días con lluvia, y una mínima de 20mm en enero. El principal aporte de agua, proviene de la lluvia por lo que es un factor que influye en el nivel del agua de la presa. Tiene una profundidad de 5m en la temporada de lluvias, mientras que en los meses calidos es de 2m, por presentarse la máxima evaporación (100-115mm).

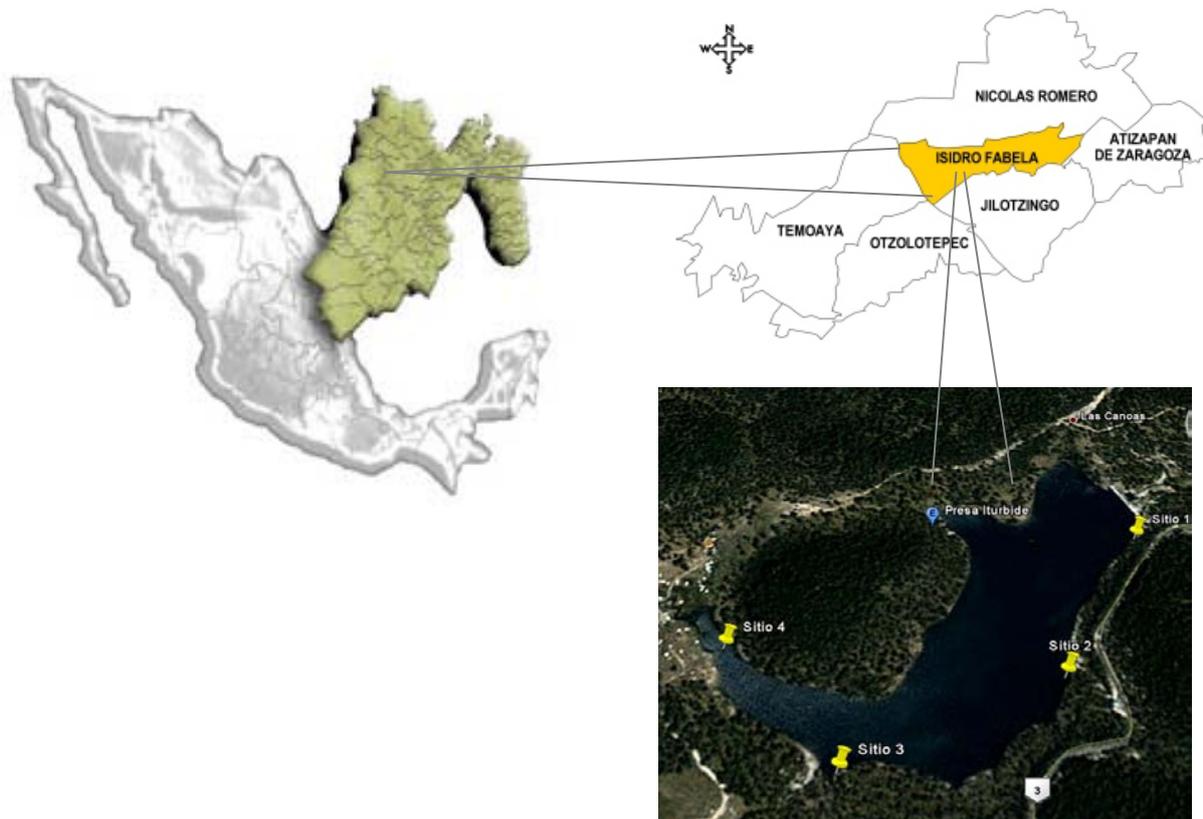


Fig. 1. Ubicación de los sitios de muestreo en la Presa Iturbide, Estado de México

Materiales y métodos

Trabajo de campo

Para recolectar los organismos, se realizaron muestreos mensuales durante un ciclo anual (Febrero del 2008 a Enero del 2009) en la Presa Iturbide. Se establecieron 4 estaciones litorales de muestreo de acuerdo al acceso al sitio y la presencia de la vegetación acuática; el sitio 1 fué ubicado en la cortina de la presa, el sitio 2 presentó mayor vegetación acuática que el sitio 3 ambas localizadas en zonas intermedias a la presa y por último el sitio 4 situado en donde termina la presa, el cual presenta mayor vegetación acuática e impacto antropogénico.

➤ Parámetros fisicoquímicos

Para caracterizar el sistema, se midieron los siguientes parámetros: Temperatura con un termómetro de mercurio, pH con potenciómetro digital, Conductividad (K25) con conductímetro de campo modelo 118 marca Thermo Orion, Oxígeno Disuelto por el método de Winkler, Transparencia y Profundidad con el disco de Sechhi.

➤ Muestras de zooplancton

De cada sitio fueron colectados los organismos para lo que se filtraron 50L con una malla de 50 μ m, y se concentraron en recipientes de plástico, y se fijaron con formol al 4%. Cada muestreo fue por duplicado. Asimismo se obtuvo una muestra viva con la mezcla de los 4 puntos para la riqueza taxonómica.

Trabajo de laboratorio

➤ Nutrientos

Se midieron nutrientes como Nitratos y Amonio con el equipo YSI Choice 9000 series y fósforo total por el método de cloruro estano de acuerdo a la técnica sugerida por el Standard Methods (APHA, 1992).

➤ Determinación taxonómica

Se aislaron los organismos usando un microscopio estereoscopio y su determinación se realizó con ayuda de un microscopio óptico con cámara clara (usando objetivos de 10x, 20x y 40x) utilizando las claves taxonómicas para cladóceros y copépodos

de Smirnov, 1974; 1992; Korovchisnsky, 1993; Dumont y Negrea 2002; Elías *et al.*, 2008.

➤ **Cuantificación**

Se agitó la muestra para homogenizar el contenido, y después se tomó con una pipeta Pasteur una alícuota de 3ml y se colocó en una caja Petri, se contaron todos los individuos de crustáceos que contenía con ayuda del microscopio estereoscopio. En total se revisaron tres alícuotas de cada muestra obtenida en campo, para reducir el error. En el caso de los copépodos se consideraron 4 categorías para su conteo: la primera incluye a todas las larvas nauplio en cualquiera de los 6 estadios; la segunda corresponde a los estadios copepodito; la tercera considera a los adultos del Orden Cyclopoidea y por ultimo los adultos del orden Calanoidea. Los juveniles no pueden ser identificados, solo los copépodos adultos (Suárez-Morales *et al.*, 2000), Finalmente los datos obtenidos fueron transformados a ind. L⁻¹ para reportar la densidad de los organismos.

➤ **Diversidad**

Para obtener la relación entre el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada especie presente en la muestra, se empleó el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener con el programa incluido en el libro Ecological Methodology de Krebs (1989). La formula para calcular la diversidad es:

$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i)$$

H' = Índice de diversidad de especies (bits/individuo).

Pi = proporción total de la muestra que pertenece a la especie "i", con i = 1,2...S; en donde "S" es el número total de especies presentes en la muestra.

➤ **Análisis de correlación**

Con el programa estadístico SPSS versión 13.0, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las variables fisicoquímicas y las especies encontradas, con el fin de ver si existió relación entre las variables ambientales y las especies.

Resultados

Riqueza específica

De los dos grupos del zooplancton estudiados, se registró una riqueza específica de 13 especies, tal y como se presenta en la Tabla 1, de las cuales 9 son cladóceros (Fig. 2) y 4 copépodos (Fig. 3). Dentro del grupo de cladóceros, se encontraron 9 especies, 9 géneros y 5 familias. La familia Daphniidae y Chydoridae fueron las más diversas con 3 especies cada una.

La comunidad de copépodos reconocidos en este estudio esta compuesta por 2 ordenes Calanoida y Cyclopoida, en esta ultima se identificaron 2 especies: *Acanthocyclops americanus* y *Tropocyclops prasinus* correspondientes a las subfamilias, Cyclopinae y Eucyclopinae, respectivamente. Durante la revisión de las muestras, en la mayoría se encontraron un gran número de nauplios y copepoditos los cuales no fueron asignados a un orden de copépodos.

Tabla 1. Riqueza de especies de cladóceros y copépodos encontrados en la Presa Iturbide.

Filo Arthropoda	
Superclase Crustacea	
Clase Branchiopoda	Clase Maxillopoda
Superorden Cladocera	Subclase Copepoda
Orden Anomopoda	
Familia Daphniidae	Orden Calanoidea
<i>Daphnia lavéis</i> Birge, 1878	
<i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard, 1894	Orden Cyclopoida
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Müller)	<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsh, 1893)
	<i>Tropocyclops prasinus</i> Kiefer, 1938
Familia Bosminidae	
<i>Bosmina coregoni</i> (Baird, 1850)	
Familia Ilyocryptidae	
<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882	
Familia Chydoridae	
<i>Chydorus brevilabris</i> Frey, 1980	
<i>Eurycercus lamellatus</i> (O.F. Müller, 1785)	
<i>Camptocercus rectirostris</i> Schoedler, 1862	
Familia Macrothricidae	
<i>Macrothrix triserialis</i> Brady, 1886	

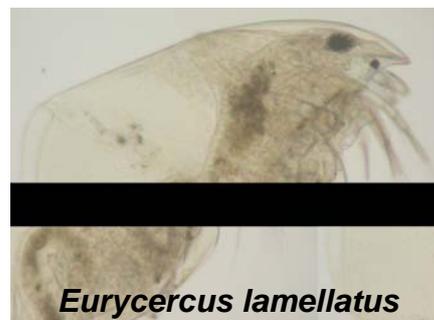
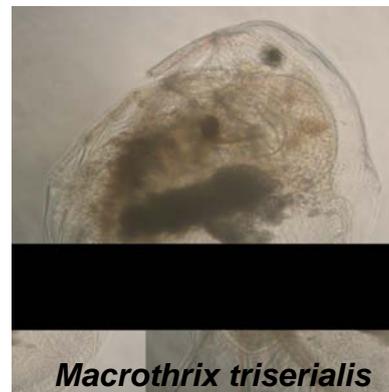
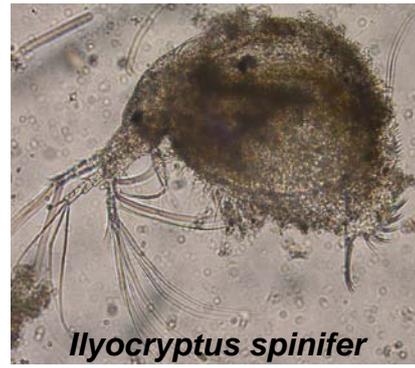
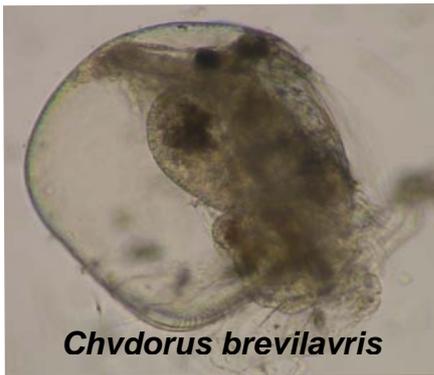


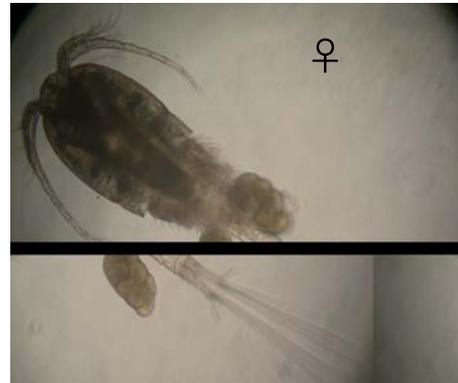
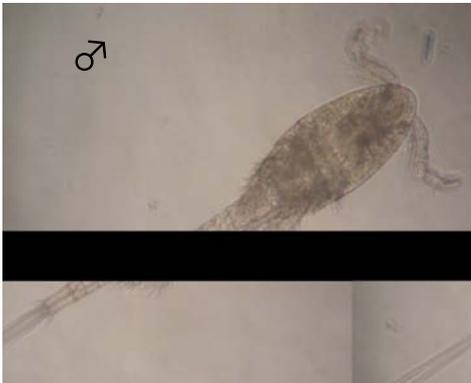
Figura 3. Fotografías de cladóceros.



Nauplio



Copepodito



Cyclopoida: *Acanthocyclops robustus*



Calanoideo adulto

Fig.4. Fotografías de copéodos

Dominancia

Las variaciones en la abundancia y la frecuencia en que se presentan las especies a lo largo del tiempo, permiten conocer las diferencias en la dominancia de las especies, así como aquellas que son constantes, las que tienen un comportamiento temporal y las raras. Al realizar el análisis del muestreo anual del presente trabajo, se obtuvo un total de 4 especies dominantes representadas en un 31% de las especies encontradas: un cladóceros (*Chydorus brevilabris*) y de los copépodos los estadios nauplios, copepoditos y Calanoideos adultos. Asimismo, se encontró una especie temporal por localizarse en épocas específicas del año: el cladóceros *Macrothrix triserialis*. Mas de la mitad del total de las especies (61%) mostraron frecuencias y abundancias bajas por lo que se ubican como especies raras, siendo la mayoría cladóceros (*Bosmina coregoni*, *Ceriodaphnia dubia*, *Daphnia laevis*, *Camptocercus rectirostris*, *Simocephalus vetulus*, *Eurycercus lamellatus* e *Ilyocryptus spinifer*) y un orden de copépodos (Cyclopoida). Por ultimo, no se presentaron especies constantes (Fig. 4).

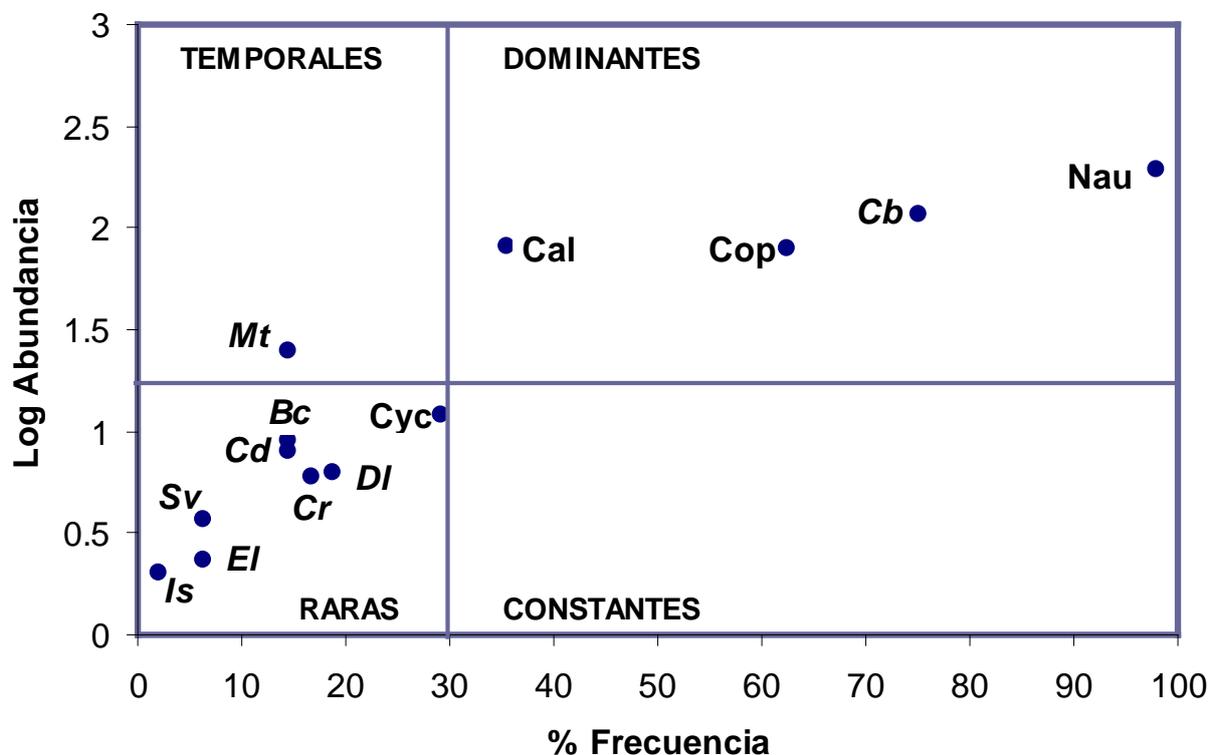


Fig. 4. Diagrama de Frecuencia-Abundancia de las especies encontradas en la Presa Iturbide. RARAS *I. spinifer* (Is), *E. lamellatus* (El), *S. vetulus* (Sv), *C. rectirostris* (Cr), *D. laevis* (DI), *C. dubia* (Cd), *B. coregoni* (Bc), Cyclopoideos (Cyc). TEMPORALES *M. triserialis* (Mt). DOMINANTES Calanoideos (Cal), Copepoditos (Cop), *C. brevilabris* (Cb), Nauplios (Nau).

En el caso de los copépodos, como se muestra en la Fig. 5, estuvieron presentes durante todo el año, pero en su fase de nauplio, ya que representaron alrededor del 50%-70% del total de la abundancia de los copépodos y se notaron bajas proporciones de copepoditos y de adultos (Calanoideos y cyclopoideos). Se observa que los Calanoideos adultos presentaron su mayor abundancia en los meses que registraron las temperaturas más altas, siendo mayo (39% de abundancia) y junio (52 % de abundancia), mientras que en los meses fríos como diciembre, enero y febrero estuvieron ausentes. Los cyclopoideos adultos estuvieron en bajas proporciones, y fueron numerosos en el mes de julio y septiembre con un 8 % y 7 % del total de la abundancia, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia promedio anual de las especies dominantes en la Presa Iturbide, en los cuatro sitios de muestreo.

Sitio	Taxón	Abundancia (ind. L ⁻¹)
1	<i>Chydorus brevilabris</i>	1
	Nauplios	14
	Copepoditos	6
	Calanoideos adultos	3
	Cyclopoideos adultos	1
2	<i>Chydorus brevilabris</i>	5
	Nauplios	6
	Copepoditos	5
	Calanoideos adultos	4
	Cyclopoideos adultos	1
3	<i>Chydorus brevilabris</i>	2
	Nauplios	8
	Copepoditos	5
	Calanoideos adultos	4
	Cyclopoideos adultos	0
4	<i>Chydorus brevilabris</i>	14
	Nauplios	21
	Copepoditos	13
	Calanoideos adultos	16
	Cyclopoideos adultos	2

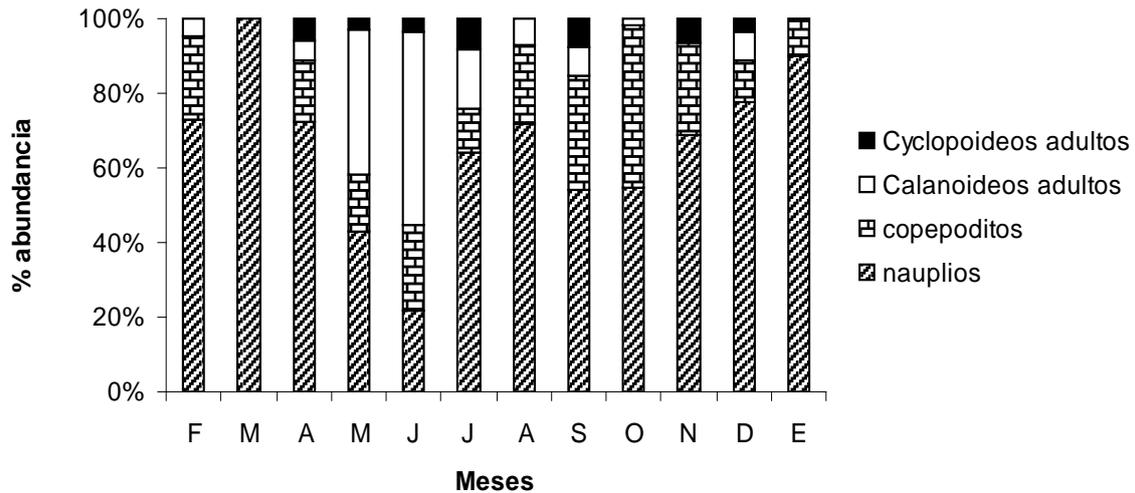


Fig. 5. Abundancia mensual de los estadios de copépodos registradas en la Presa Iturbide, durante el periodo de estudio.

Densidad poblacional

Se determinó la densidad poblacional de las especies que fueron dominantes durante el estudio, tal y como se muestra en la Fig. 6 y 7, así también, se agregan las abundancias de la especie temporal y el orden Cyclopoidea.

El cladócero *Chydorus brevilabris* fue una especie dominante, la cual mostró sus picos máximos de abundancia en el mes de mayo (60 ind. l⁻¹ en el sitio 4); este sitio presenta una marcada variación en sus abundancias mientras que en los sitios 1 y 3, se encontraron valores por debajo de los 10 ind. l⁻¹ durante todo el año.

En el caso de *Macrothrix triserialis*, se observa claramente su temporalidad debido a que está presente en determinados meses del año, tal es el caso del mes de mayo con un valor máximo de 70 ind. l⁻¹. En menor proporción aparece en julio y septiembre, con valores por debajo de los 8 ind. l⁻¹ mientras que en el resto de los meses, esta ausente.

Con respecto a los copépodos, los nauplios y copepoditos presentan un comportamiento estacional marcado, sin embargo fueron dominantes y están presentes todo el año; ambos muestran picos máximos de abundancia en los meses de mayo y octubre pero los estadios naupliares estuvieron en mayor proporción que los copepoditos. Los valores de densidad para los nauplios oscilaron entre los 5 ind. l⁻¹ y 90 ind. l⁻¹, mientras que para los copepoditos los valores máximos de abundancia alcanzaron 50 ind. l⁻¹ y ausentes en algunos meses.

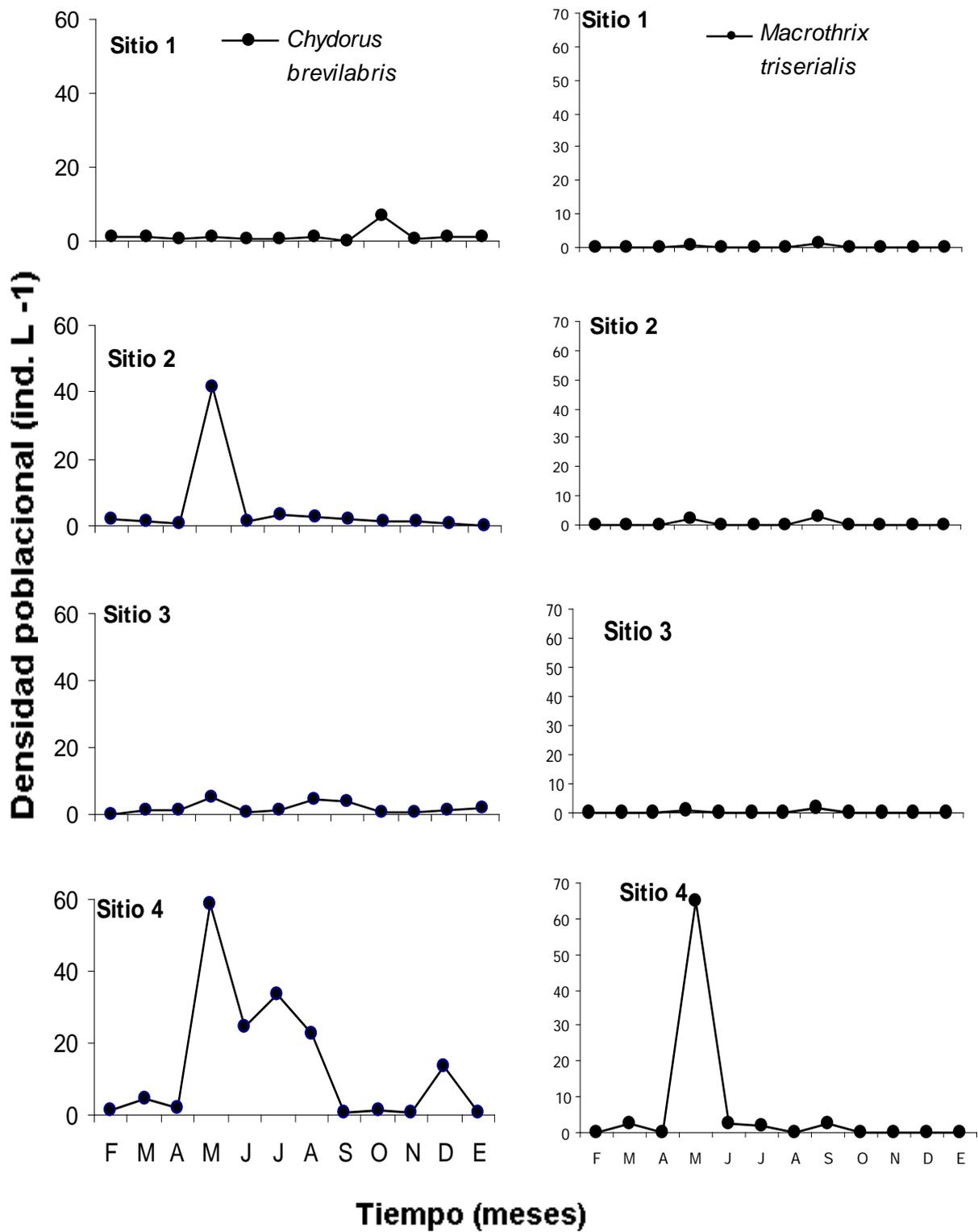


Fig. 6. Densidad poblacional de dos especies de cladóceros en la Presa Iturbide.

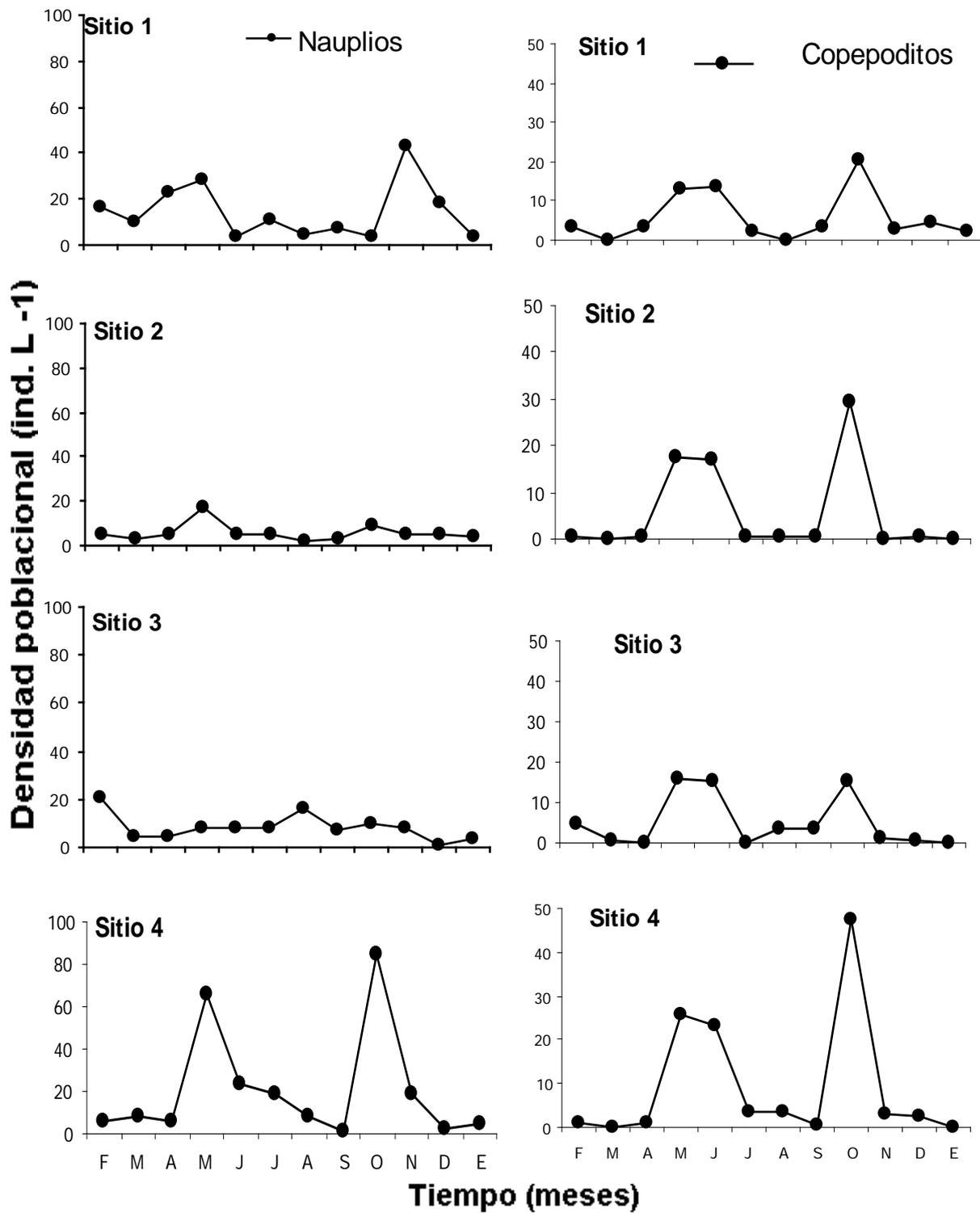


Fig. 7. Densidad poblacional de los estadios nauplio y copepodito en la Presa Iturbide.

Las densidades más altas para los copépodos adultos las presentaron los calanoideos con valores de 90 ind. l⁻¹ durante los meses cálidos (mayo, junio y julio) y estuvieron ausentes en los meses fríos. Esto contrasta con el caso de los cyclopoideos, ya que sus picos máximos de abundancia fueron alrededor de los 10 ind. l⁻¹ durante mayo, estando ausentes gran parte del año, por tal motivo se clasificaron como especies raras.

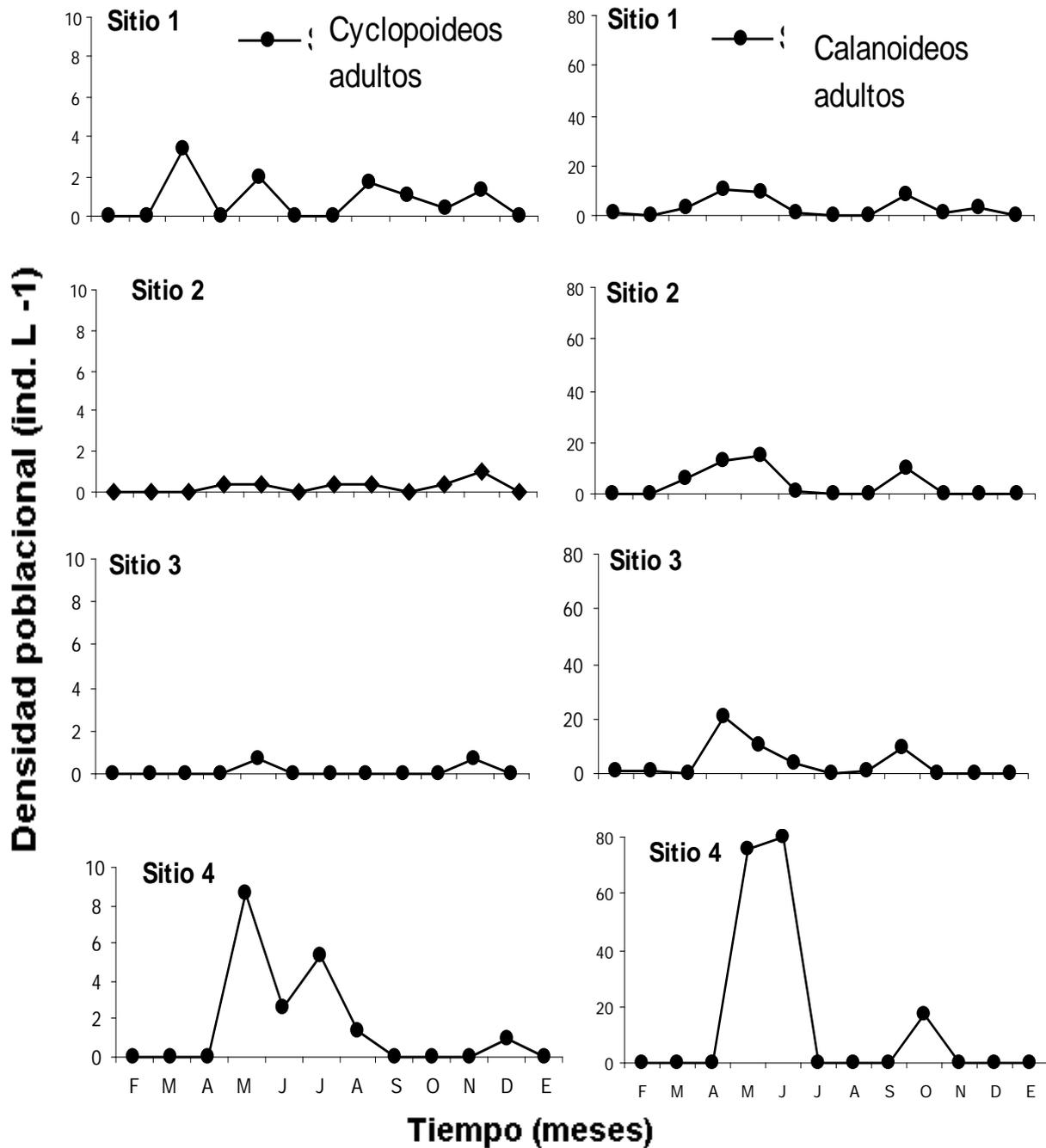


Fig. 8. Densidad poblacional de los estadios adultos de copépodos en la Presa Iturbide.

Diversidad

Según el Índice de Shannon-Wiener, la diversidad del zooplancton varió en el intervalo de 0.4 y 2.5 bits durante el año de muestreo. Se incrementó durante los meses calidos como en mayo, junio y julio con los valores más altos, mientras que la diversidad fue baja en enero y marzo. El valor de la diversidad que se obtuvo vario para cada estación de muestreo. En la Fig. 8 se puede observar la variación en el valor de diversidad.

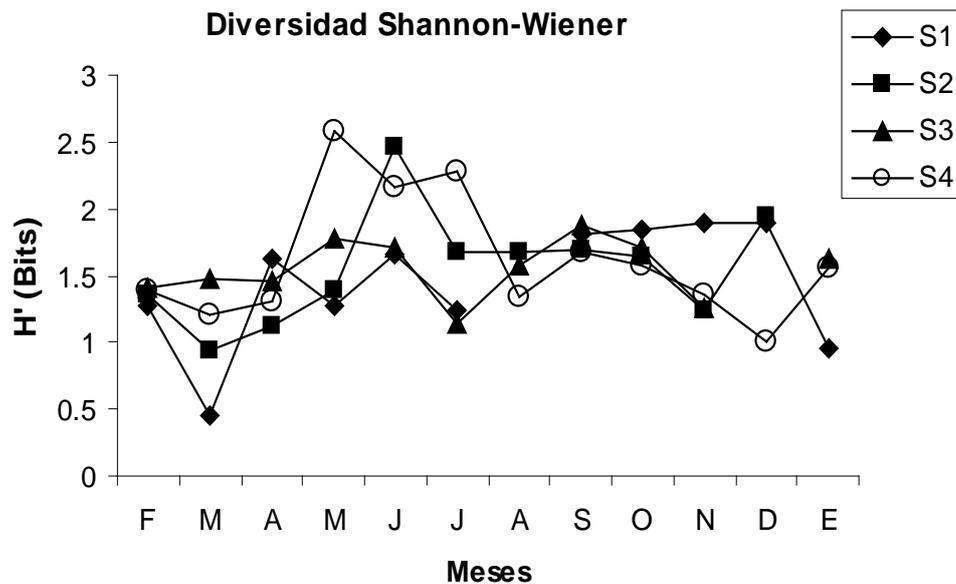


Fig. 8. Variación mensual de la Diversidad en la Presa Iturbide

Correlación

Se realizo un análisis de correlación de Pearson entre las variables fisicoquímicas y las especies encontradas (Fig. 9), en el cual el factor ambiental que influyo mas en los organismos y sus abundancias fue la temperatura, todas mostrando correlaciones positivas, esto quiere decir que cuando aumenta la temperatura aumenta la densidad de las especies y al disminuir la temperatura, disminuyen los organismos. También se observo una correlación entre la temperatura y la transparencia y el pH con los nitratos, esta fue de tipo negativa, por lo que al aumentar la temperatura disminuye la transparencia y al aumentar el pH disminuye la cantidad de nitratos.

En el caso de las especies de cladóceros, hubo correlaciones positivas, como es el caso de *M. triserialis* que al aumentar ésta, incrementa la densidad poblacional de *S. vetulus*; también al aumentar la población de *C. brevilabris*, aumentó la de *C. rectirostris* y a la vez la de *E. lamellatus* todas estas influenciadas anteriormente por la temperatura.

Los copépodos igualmente mostraron correlaciones positivas, confirmando sus etapas de desarrollo en donde al incrementar los nauplios hay copepoditos y a su vez hay Calanoideos adultos.

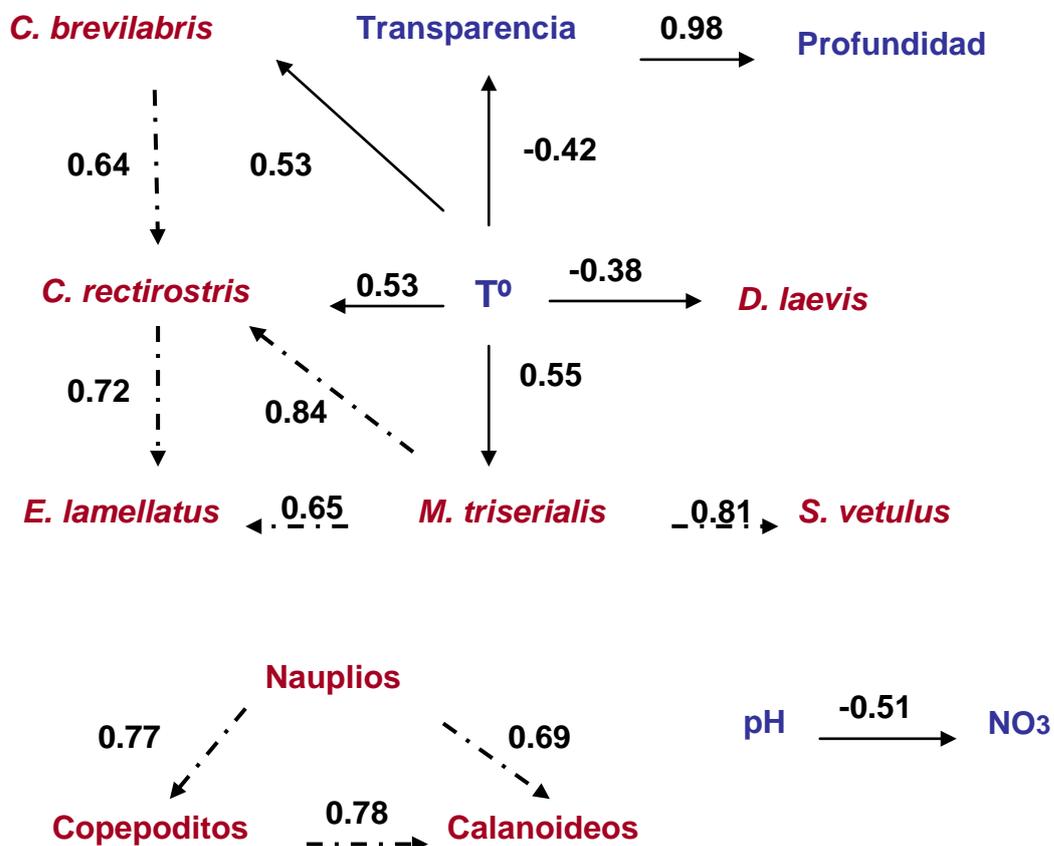


Fig. 9. Diagrama de las correlaciones más relevantes entre los parámetros ambientales y las especies encontradas en el presente estudio.

Parámetros fisicoquímicos

La **temperatura** vario en cada mes mostrando valores templados a calidos. El valor promedio durante el estudio fue de 14° C, en el cual, la temperatura máxima se registro en el mes de mayo con un valor de 23° C y el mínimo fue de 8.5° C durante el mes de Diciembre. En general, existe un patrón similar de temperatura entre los sitios (Fig. 10a).

La **transparencia** del disco de Secchi fue similar durante el año en el sitio 2, 3 y 4, ya que fue tomada en la zona litoral, presentándose el valor mas alto en el sitio 3 (119 cm) en diciembre y el valor mínimo se observo en todas las estaciones en el mes de mayo siendo el sitio 4 el mas bajo con 10 cm. En el caso del sitio 1, la transparencia fue tomada pegada a la cortina y mostró valores superiores a los registrados en los demás sitios ya que va aumentando ligeramente durante el año, presentando el valor máximo en noviembre (343 cm) y el mínimo en marzo (160 cm) (Fig. 10b).

La **profundidad** tiene un patrón semejante al de la transparencia (Fig. 10c). La estación 1 fue en la que se presento la mayor profundidad (476 cm) en el mes de Octubre, mientras que en el mes de mayo siendo la estación 4 la menos profunda con un valor de 10 cm.

El **pH** fue de neutro a básico ya que varió de 7.1 a 10.1 unidades. El valor mas elevado ocurrió durante el mes de mayo en el sitio 4, mientras que el valor mas bajo fue en el sitio 1 en el mes de septiembre (Fig. 11a).

La **conductividad** (K25) obtenida, fue muy baja y similar entre los cuatro sitios, con un promedio de 52.5 $\mu\text{S cm}^{-1}$; observándose el valor mínimo de 39 $\mu\text{S cm}^{-1}$ en el mes de octubre del sitio 3 y el valor máximo de 78 $\mu\text{S cm}^{-1}$ presente en el sitio 1 durante febrero (Fig. 11b).

La concentración de **oxígeno disuelto**, varió de 10.5 a 25 mg l^{-1} durante el muestreo, en donde se observa que el sitio 2 presentó los valores mas altos y en el sitio 3 los valores mas bajos. Los sitios 1 y 4 muestran concentraciones similares y valores intermedios a las estaciones 2 y 3 (Fig. 11c).

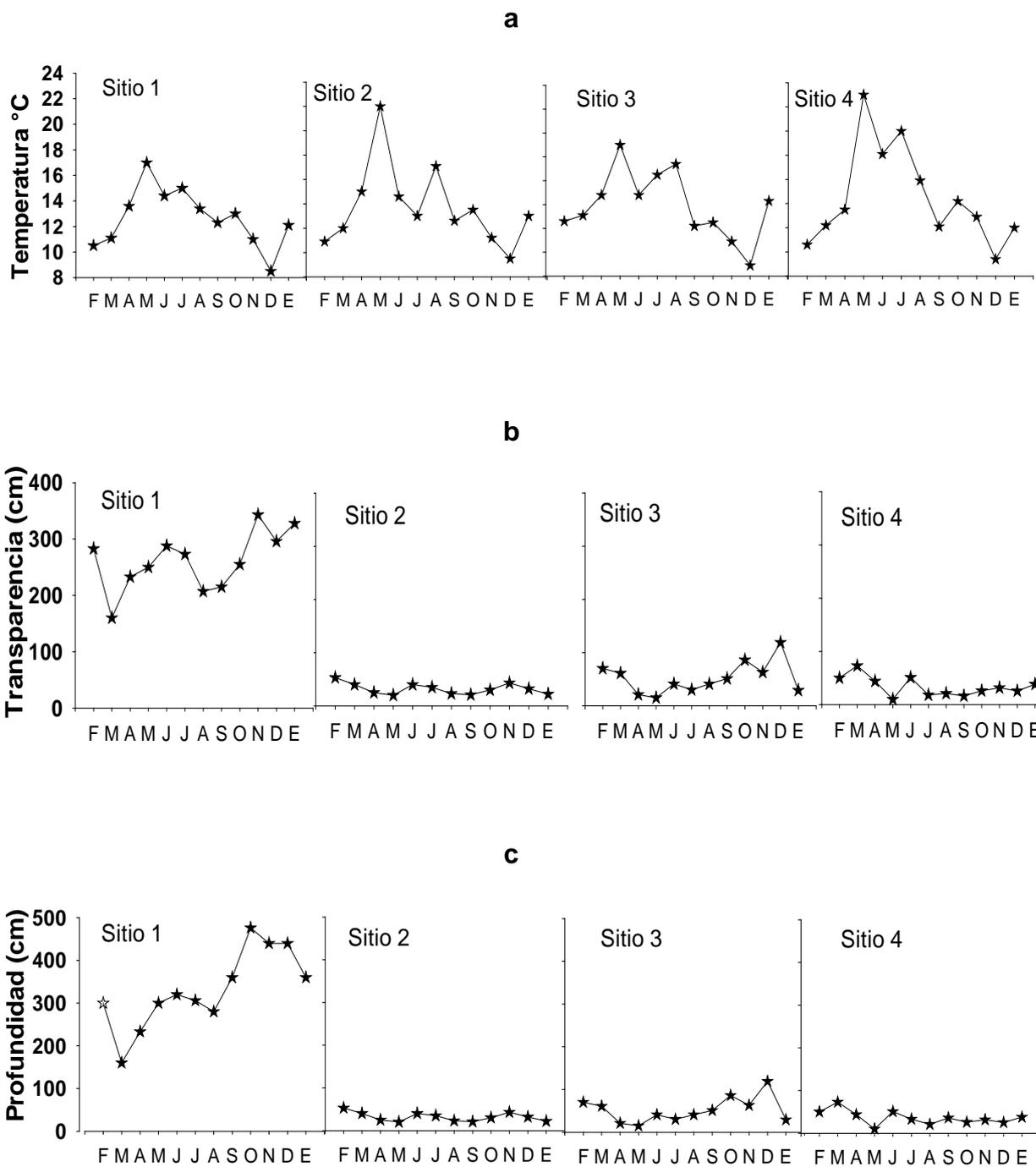


Fig. 10. Variación de los parámetros físicos registrados en la Presa Iturbide en Febrero del 2008 a Enero del 2009.

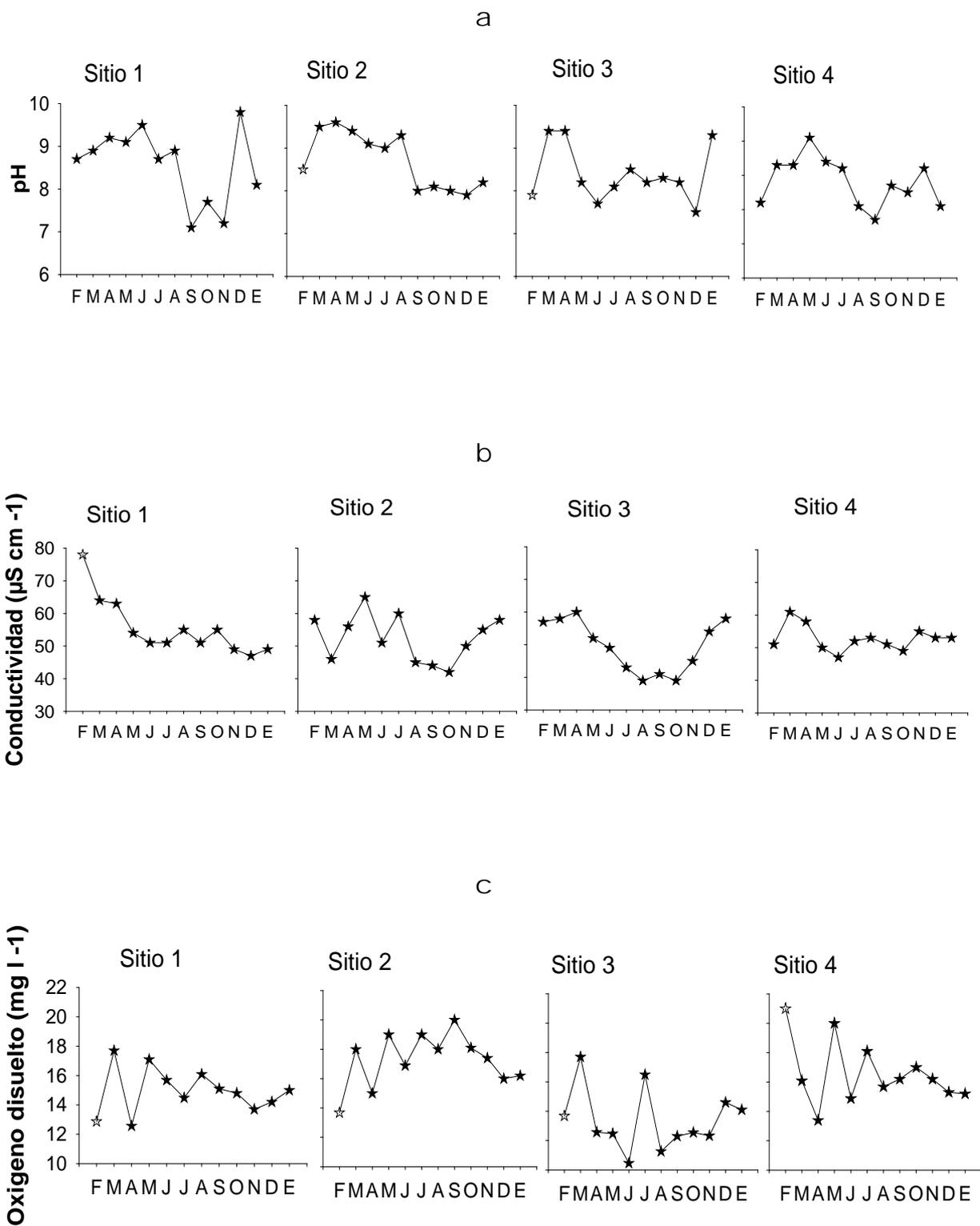


Fig. 11. Variación de los parámetros químicos registrados en la Presa Iturbide durante el periodo de estudio.

Nutrientes

El valor más alto reportado para **amonio** (N-NH_4) fue de 0.75 mg l^{-1} en el mes de septiembre del sitio 3. En la estación 1 reporta una concentración alta de 0.18 mg l^{-1} en el mes de febrero y ausencia de este nutriente en los meses de marzo, julio y enero. Para el sitio 2, la más alta fue de 0.13 mg l^{-1} en Febrero y se observa la ausencia de este nutriente en los meses de junio, agosto y enero. En el caso del sitio 4 presenta una concentración alta de 0.29 mg l^{-1} y no fue detectable en el mes de julio. Cabe destacar que el mes de Julio solo en el sitio 2 hubo presencia de N-NO_3 con 0.01 mg l^{-1} . Las concentraciones en general de N-NH_4 fueron muy similares para los sitios 2, 3 y 4 (Fig. 12a).

Los sitios 2, 3 y 4 presentaron un patrón semejante en la concentración de **nitratos** (N-NO_3) a largo del periodo de estudio. La concentración más alta registrada fue de 0.46 mg l^{-1} en el mes de septiembre del sitio 1 y ausencia de este en el mes de abril en el sitio 2, 3 y 4. En la estación 2, se reportó un valor alto de 0.09 mg l^{-1} en el mes de julio; el sitio 3 y 4 su concentración mas alta fue de 0.08 mg l^{-1} en varios meses (febrero, julio, septiembre y octubre) y solo en septiembre en el sitio 4 (Fig. 12b).

Los valores de **fósforo** (medidos con el equipo YSI Choice 9000 series, en los meses de febrero, marzo, abril y mayo), oscilaron entre 1 mg l^{-1} y 4 mg l^{-1} , reportándose el dato mas alto en mayo. Por otro lado, en el resto de los meses del muestreo, los resultados fueron muy diferentes a los anteriores ya que se obtuvieron realizando la técnica de cloruro estanoso, mostrando concentraciones promedio de 0.36 mg l^{-1} (junio), 0.33 mg l^{-1} (julio), 0.51 mg l^{-1} (agosto), 0.32 (septiembre), 0.53 mg l^{-1} (octubre), 0.29 mg l^{-1} (noviembre), 0.06 mg l^{-1} (diciembre) y 0.29 mg l^{-1} en enero, presentando un patrón similar entre esos meses. El valor máximo fue de 0.68 mg l^{-1} en el sitio 4 del mes de octubre y un valor mínimo de 0.01 mg l^{-1} registrado en el sitio 2 en diciembre.

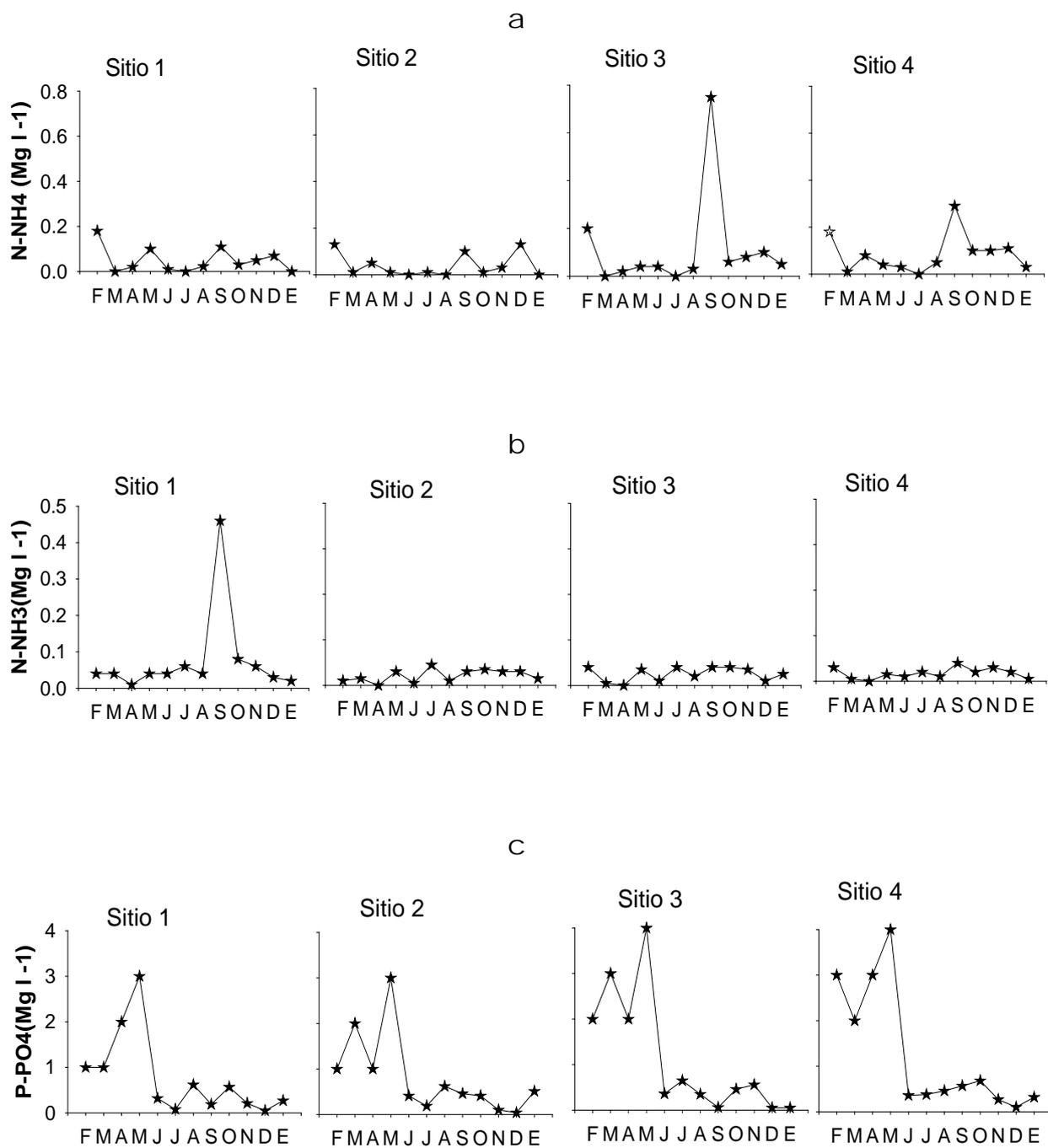


Fig. 12. Comportamiento mensual en cada sitio de muestreo de los nutrimentos registrados en la Presa Iturbide.

Discusión

En el zooplancton estudiado en la Presa Iturbide, se encontró una riqueza que se puede considerar de media a alta para cuerpos de agua oligotróficos similares al de este estudio como la Laguna El Sol (Cervantes y Gutiérrez, 1996), Embalse Alzate, Encinillas (Ciros, 1994) así como de sistemas eutróficos tales como Lago Huetzalín, Laguna de Zumpango y la Presa de Valle de Bravo (Enríquez, 2004; Domínguez, 2006; Jiménez, 2007). Las especies encontradas en el presente estudio, han sido reportadas previamente en México (Elías *et al.*, 2008).

Del grupo de los cladóceros, las familias más diversas fueron Daphniidae y Chydoridae con 3 especies cada una. De acuerdo a Suárez-Morales *et al.* (2000) menciona que la familia Daphniidae es un grupo muy diverso en México, representa casi el 30% del total de registros de México. Para el caso de Chydoridae, es la familia más grande del grupo y en México más de 40% del total de especies registradas pertenecen a esta familia.

Por otra parte, las familias Bosminidae, Ilyocryptidae y Macrothricidae, registraron una especie cada una. Esto se debe a que, los bosminidos no son tan diversos, (Suárez-Morales *et al.*, 2000). La familia poco común Ilyocryptidae, sólo tres especies han sido registradas en México, cabe destacar que una de ellas se ha reportado en un lago cráter a gran altitud (Cervantes-Martínez *et al.*, 2000). La familia Macrothricidae a pesar de presentar una amplia distribución, algunos autores recientemente han demostrado una distribución restringida para algunas especies (Garfias-Espejo y Elías-Gutiérrez, 2003),

En el caso de los copépodos, Suárez-Morales *et al.* (2000) indica que los copépodos calanoideos de agua dulce están representados principalmente por la Familia Diaptomidae un grupo poco variado con una distribución en todo el mundo, esto lo confirma Elías *et al.* (2008) para los calanoideos dulceacuícolas registrados en el país, siendo la única familia reportada para México, por lo tanto, es seguro decir que los copépodos calanoideos encontrados en la presa Iturbide, pertenezcan a esta familia. Por otra parte, las especies de agua dulce del orden Cyclopoida tienden a ser más ampliamente distribuidas (Suárez-Morales *et al.*, 2000).

En los cladóceros, dominaron las especies litorales debido a que el muestreo se realizó en la zona litoral y la diversidad de especies es mayor en la zona litoral por la presencia de macrofitas que proporcionan una gran cantidad de alimento y microhabitats (Scheffer, 1998). Los organismos mas representativos pertenecieron a las familias Macrothricidae, Ilyocryptidae y Chydoridae y estas se encuentran asociadas con el sustrato en la zona litoral, mostrando adaptaciones morfológicas para vivir en el sustrato (Suárez-Morales *et al.*, 2000). Su importancia radica en que la comunidad litoral contribuye mas en la productividad de un lago, por encima de las especies pelágicas, al ser la primera en reciclar la materia orgánica que va descendiendo en la columna de agua (Dodson y Frey, 2001). Hubo una menor proporción de especies planctónicas, como las pertenecientes a las familias Daphnidae y Bosminidae, que son especies que se encuentran en la región limnética (Cervantes y Gutiérrez, 1996), esto puede explicarse debido a que por cuestiones de corrientes, disponibilidad de alimento o protección contra peces depredadores se encuentran en esta zona (Scheffer, 1998).

En el caso de los copépodos, dominaron los calanoideos, siendo estos organismos planctónicos mientras que los cyclopoideos están asociados a sustratos y habitats béticos (Reid, 1988; Grimaldo, 1996). La abundancia es debido a la calidad del alimento, ya que Williamson y Reid (2001) indican que los calanoideos predominan aunque la calidad o densidad de su alimento sea baja, por lo que el nivel de alimento que necesitan para sobrevivir es mas baja que la de los nauplios cyclopoideos, esto es un importante regulador en la abundancia relativa de ambos grupos.

La depredación y el tipo de alimentación fue la causa principal que afectaron el reclutamiento de las larvas de los copépodos, ya que los nauplios comen principalmente fitoplancton, sin embargo el tipo de alimentación cambia para los copepoditos del orden Cyclopoidea, ya que éstos son carnívoros de zooplancton como los rotíferos, el cual muchas veces presentan dificultad para capturarlos y por tal motivo existe un alto índice de mortalidad (Nandini y Sarma, 2007).

El cladócero *Chydorus brevilabris* y los copépodos estuvieron presentes durante todo el año pero en la etapa de nauplio, los adultos al igual que la mayoría de los cladóceros fueron de frecuencia rara y numerosos en mayo, junio y julio y

estuvieron ausentes en los meses fríos. Por lo tanto, la mayor densidad y riqueza de especies que se observó en el presente trabajo, fue durante los meses cálidos. Esto puede explicarse debido a que la variable ambiental que influyó más en las especies, de acuerdo al análisis de correlación, fue la temperatura. Este es un factor que influye en el metabolismo de los organismos (Dodson y Frey, 2001) y de este parámetro depende su crecimiento y reproducción (Hutchinson 1967; Margalef, 1983). Para los copépodos, juega un papel importante en su ciclo de vida, distribución y actividad (Pennak, 1989; Dussart y Defaye, 1995), Se considera favorable el rango de temperatura a la que se encuentran ambos grupos porque no alcanzo los 30°C y muchos cladóceros no sobreviven a temperaturas cercanas a los 30°C (Dodson y Frey, 2001). La presa Iturbide es un cuerpo de agua templado-calido, por la temperatura que presentó (8.5 °C a 23 °C). Sin embargo, de acuerdo a Hutchinson (1967), el rango de temperatura para cuerpos de agua tropicales es de 20° a 30 °C pero la altitud puede ser la causa de que las temperaturas registradas en el presente estudio, estén por debajo de ese rango. Sin embargo estas temperaturas se encuentran en climas templados (García, 1988).

Con respecto al pH, en el caso particular de los cladóceros, Dodson y Frey (2001) señalan que la acidez afecta la distribución de estos, por lo que son encontrados principalmente en aguas neutrales o alcalinas. Sin embargo para los copépodos no se ha demostrado que este factor tenga influencia directa en su ciclo de vida, ya que soportan amplias variaciones de pH (Dussart y Defaye, 1995). El pH registrado (8.6 unidades en promedio) indica un cuerpo de agua neutro a básico lo que coincide con lo reportado en otros estudios de cuerpos de agua mexicanos (Ciros, 1994; Cervantes y Gutiérrez, 1996; Sarma y Elías-Gutiérrez, 1998; Domínguez, 2006). El intervalo mas frecuente que se encuentra en cuerpos de agua (continentales y marinos) oscila de 6.5 a 8.5. Desde el punto de vista biológico, la vida se ha adaptado bien al intervalo natural usual de pH (Vilaclara y Chávez, 2008).

Por otra parte, se apreció una disminución en la densidad poblacional del zooplancton durante agosto, septiembre y octubre, principalmente en este ultimo, meses que corresponden a la temporada de lluvias, esto concuerda con los trabajos realizados por López y Serna (1999) en Guanajuato y Godoy y Reverol (2005) en Venezuela, en el cual señalan que esto es debido a un posible efecto de dilución por

el aumento del volumen del agua y hay una mayor concentración de sólidos suspendidos en cuerpos de agua lénticos, con gran aporte de material terrígeno, esto provoca interferencia en los procesos de filtración del zooplancton, esto confirma lo mencionado por Jiménez (2007) indicando que se inhibe el crecimiento de ciertos cladóceros. Esto también se relaciona con la transparencia debido a que hay un deslave por lluvias y arrastre de limos y arcillas hacia el agua (Cervantes y Gutiérrez, 1996) y contribuye a la turbidez por mezcla y acarreo de materia disuelta (Domínguez, 2006). Esto queda evidenciado porque se observó que el agua presentó un color café en esos meses. Además, como es señalado por López y Serna (1999) el período de pluviosidad es acompañado de incremento en nutrientes N y P, turbidez y sólidos suspendidos, lo que favorece a los copépodos cyclopoideos. La transparencia y profundidad fueron muy parecidas entre sí, y como señala Margalef (1983), la transparencia de los embalses suele ser menor que el de los lagos puesto que en aquellos, puede haber más materiales en suspensión que no es fitoplancton. De acuerdo a la clasificación de Wetzel (1981), este cuerpo de agua es polimíctico, característica dada por la altitud a la que se encuentra y que es un embalse somero, debido a su baja profundidad (promedio de 95cm) lo que permite que el viento mantenga la columna de agua mezclada (Elías-Gutiérrez, 1995; Scheffer, 1998; Vilaclara y Chávez, 2008).

Otro factor importante que afecta la densidad de los organismos, es la cantidad de alimento disponible. Los valores de transparencia pueden darnos una aproximación de la cantidad de fitoplancton, esto nos indica que en la presa hay baja productividad primaria a excepción de los meses cálidos, y el fitoplancton como productor primario, controla el crecimiento y la capacidad reproductora de los organismos y está regulada por factores como la temperatura, la radiación solar disponible, la concentración de nutrientes, el consumo por parte de los herbívoros, (Ramos-Higuera *et al.*, 2008). En este caso, la limitación del crecimiento del fitoplancton en la presa puede darse por deficiencia de Nitrógeno (es común en los lagos tropicales debido a la pérdida de este elemento por procesos de desnitrificación promovidos por temperaturas más elevadas, Ramos-Higuera *et al.*, 2008) y Fósforo, ya que el fitoplancton satisface sus requerimientos de este elemento por asimilación directa de los ortofosfatos (Contreras, 1994).

El oxígeno disuelto presentó un valor promedio anual de 16 mg l^{-1} , es un cuerpo de agua muy oxigenado en comparación a otros cuerpos de agua estudiados (Ciros, 1994; Cervantes y Gutiérrez, 1996). Este factor fue favorable para el zooplancton de microcrustáceos ya que el O_2 disuelto es primordial para el metabolismo de todos los organismos (Wetzel, 1981; Contreras, 1994). Sin embargo, los copépodos son más tolerantes a la deficiencia de oxígeno que los cladóceros (Pennak, 1989). La variabilidad del oxígeno disuelto a través del año se puede deber a la presencia de algas y macrofitas que producen oxígeno durante el día y que a su vez este es utilizado en la reacción de oxidación de la materia orgánica que en la zona litoral suele ser abundante (Enríquez, 2004).

Los valores de conductividad (K25) oscilaron entre $39 \mu\text{S cm}^{-1}$ y $78 \mu\text{S cm}^{-1}$, los valores mayores se presentaron durante mayo y julio. Este incremento puede estar relacionado con la temperatura puesto que los meses mencionados son de elevada temperatura ambiental. En octubre se registró el valor más bajo de conductividad ($39 \mu\text{S cm}^{-1}$), hecho que puede explicarse por la influencia de la época de lluvias por el aporte de agua y aumento en el volumen por lo que disminuye la concentración de iones (Grafías-Espejo, 2000).

El amonio presentó en general valores muy bajos (promedio de 0.07 mg l^{-1}) lo que nos indica que hay poca materia orgánica en la presa, por ser el compuesto que aparece primero en los procesos de metabolismo y descomposición de los organismos, es considerado como un índice de la actividad biológica o de contaminación; además de ser la forma preferida para la asimilación de N_2 por parte del fitoplancton (Contreras, 1994). Sin embargo, en el mes de septiembre se registró el valor más alto de N-NH_4 , siendo de 0.75 mg l^{-1} , esto puede deberse en una parte a la lluvia porque a causa del incremento de los aportes de N_2 en la atmósfera debido a la contaminación, la lluvia constituye una fuente importante (Wetzel, 1981). Los valores más bajos reportados en el presente estudio fueron en los meses de marzo, mayo, junio y julio (con valores de 0 a 0.04 mg l^{-1}), esto confirma lo dicho por Contreras (1994) en primavera el incremento de la intensidad y duración de la luz causa una proliferación de fitoplancton, por lo que se agotan las formas

nitrogenadas, después al ser consumido el fitoplancton por el zooplancton y peces, los compuestos nitrogenados retornan al agua a través de las excreciones.

Los nitratos, también presentaron valores muy bajos (promedio de 0.05 mg l^{-1}), esto se debe a que el N-NH_3 de aguas oxigenadas es relativamente escaso y por lo tanto se observan concentraciones bajas en aguas oligotróficas (Wetzel, 1981). Igualmente se registro el valor mas alto en el mes de septiembre (0.46 mg l^{-1}), esto se confirma ya que hubo una correlación positiva entre amonio y nitratos, puede deberse por el proceso de nitrificación en el que el amonio es oxidado a nitritos y después a nitratos (Margalef, 1983; Contreras, 1994).

El fósforo es el nutriente limitador de la productividad primaria de un cuerpo de agua (Margalef, 1983), participa en la fotosíntesis y otros procesos vegetales (Contreras, 1994). Según los valores obtenidos de fósforo en la Presa (mínimo de 0.01 mg l^{-1} y maximo de 4 mg l^{-1}) indican un cuerpo de agua eutrófico, de acuerdo a la clasificación de Wetzel (1981), sin embargo la transparencia alta, baja productividad primaria, baja cantidad de materia orgánica y N, nos indican un cuerpo de agua oligotrófico,

Otro indicador del estado trófico es en el caso de los cladóceros, la presencia de la especie *Bosmina coregoni* ya que predomina cuando el cuerpo de agua es oligotrófico y el proceso de eutrofización de muchos lagos va acompañado de la sustitución progresiva de *B. coregoni* por *Bosmina longirostris* (Hutchinson, 1967; Margalef, 1983). esto se confirma ya que *B. longirostris* se ha reportado en sistemas eutróficos tales como Lago Huetzalin, Laguna de Zumpango y la Presa de Valle de Bravo (Enríquez, 2004; Domínguez, 2006; Jiménez, 2007).

Conclusiones

La comunidad de crustáceos estuvo conformada por 13 especies (9 cladóceros y 4 copépodos), en el cual la riqueza de especies fue mayor para los cladóceros.

Los cladóceros encontrados en la presa fueron principalmente litorales y en el caso de los copépodos fueron planctónicos.

El cladócero *Chydorus brevilabris* y los copépodos (nauplios, copepoditos y Calanoideos adultos) fueron los organismos que dominaron durante el año de estudio.

Se encontró una especie temporal por localizarse en épocas específicas del año y con abundancias elevadas: el cladócero *Macrothrix triserialis*.

La variable ambiental que influyó más en las especies, fue la temperatura, mostrando así la mayor densidad y riqueza de especies durante verano (mayo, junio y julio).

En la época de lluvias (agosto, septiembre y octubre) disminuyó la densidad y se presentó una baja riqueza de especies, sin embargo en el mes de octubre se presentó un ligero incremento de la densidad pero menor a la observada durante los meses cálidos;

En invierno, se observó una densidad y riqueza de especies muy baja e incluso la ausencia de la mayoría de las especies, ya que solo estuvo presente el cladócero *Chydorus brevilabris* y las larvas nauplio.

La diversidad del zooplancton varió en el rango de 0.4 y 2.5 bits durante el año de muestreo, señalando un índice de diversidad bajo.

De acuerdo a las características fisicoquímicas obtenidas, la Presa Iturbide es un cuerpo de agua de tipo calido (temperatura en un rango de 8.5 °C a 23 °C), es somero (profundidad promedio de 95cm), polimíctico, con alta transparencia (promedio de 74 cm), un pH ligeramente básico (8.6 unidades en promedio), oxígeno disuelto alto de 16 mg l⁻¹, baja conductividad (promedio de 55 μS cm⁻¹) y baja concentración de nutrientes (amonio: 0.07 mg l⁻¹; nitratos: 0.05 mg l⁻¹, fósforo total: mínimo de 0.01 mg l⁻¹ y máximo de 4 mg l⁻¹).

La presencia de la especie *Bosmina coregoni*, transparencia alta, baja productividad primaria, baja cantidad de materia orgánica y nutrientes, nos indican que la presa Iturbide es un cuerpo de agua oligotrófico-mesotrófico.

Es recomendable realizar estudios a largo plazo que nos permitan conocer la biota de la presa Iturbide, así también al tener un seguimiento observaremos los cambios reales que ocurren a lo largo del tiempo y que modifican el estado trófico del cuerpo de agua.

Sería importante complementar la información de algunos parámetros como medir la concentración de clorofila a, sólidos suspendidos y DBO₅ para obtener datos mas precisos sobre la cantidad de fitoplancton, sólidos y materia orgánica.

Es necesario conocer las especies de fitoplancton, ya que en un futuro al cambiar el estado trófico del cuerpo de agua, aparecen grupos como el de las cianobacterias que pueden afectar la composición del zooplancton por ser potencialmente toxicas.

Literatura citada

- Alcocer, J. and U.T. Hammer. 1998. Saline lake ecosystems of Mexico. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 1, 291-315.
- APHA AWWA, WPCF. 1994. Métodos normalizados para el estudio de aguas potables y residuales. 17ª edición. USA.
- Arredondo-Figueroa J. L. y Flores-Nava A. 1992. Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en I acuicultura. *Hidrobiológica* Vol. 3, 1992.
- Arriaga C. L., Aguilar V., Alcocer J. 2003. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Biodiversitas. CONABIO. México.
- Barnes R. D. 1989. Zoología de los invertebrados. Interamericana McGraw-Hill. Quinta edición. 967 pp.
- Burns, C.W. y Gilbert, J.J. 1986. Direct observations of the mechanisms of interference between *Daphnia* and *Keratella cochlearis*. *Limnology and Oceanography* 31: 859-866.
- Carruyo-Noguera J., Reyes J. L., Casler C. L., Reverol Y. Cladóceros (Crustacea, Branchiopoda) de la laguna de Kunana, Sierra de Perijá, estado Zulia, Venezuela. *Rev. Scielo*. 2006.
- Cervantes M. A. y Gutiérrez A. M. 1996. Cladóceros del Estado de México, aportaciones sobre Biología y Sistemática. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, UNAM. 91 pp.
- Cervantes-Martínez A. N., M. Gutiérrez-Aguirre y M. Elías-Gutiérrez. 2000. Description of *Ilyocryptus nevadensis* (Branchiopoda, Anomopoda), a new species from a high altitude crater lake in the volcano nevado de Toluca, México. *Crustaceana* 73(3): 311-321.
- Ciros P. J. 1994. Biodiversidad de Cladóceros (Crustácea: Branchiopoda) del Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. 78pp.
- CONAGUA. 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Cuernavaca, Estado de Morelos.
- Conde-Porcuna J.M., Ramos-Rodríguez E., Morales-Baquero R. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Ecosistemas* 13 (2): 23-29. Mayo 2004.
- Contreras E. F. 1994. Manual de técnicas hidrobiológicas. 1era edición. Trillas, México. 140 pp.
- De los Ríos P. & Soto D. 2007. Crustacean (Copepoda and Cladocera) zooplankton richness in Chilean Patagonian Lakes.

- De los Ríos P. & Soto D. 2009. Estudios limnológicos en lagos y lagunas del parque nacional Torres del Paine (51° s, Chile). *Anales Instituto Patagonia* (Chile), 2009. 37:63-71
- Dimas-Flores, N., J. Alcocer and J. Ciro-Perez: The structure of the zooplankton assemblages from two neighboring tropical high mountain lakes. *Journal of Freshwater Ecology*, 23, 21-31 (2008).
- Dodson S. and Silva-Briano M. 1996. Crustacean zooplankton species richness and associations in reservoirs and ponds of Aguascalientes State, Mexico. *Hidrobiologia* 325: 163-172, 1996.
- Dodson S. & Frey D. 2001. Cladocera and other Branchiopoda. In: Thorp J. H. Covich A. P. Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates. 2ª edic. Academic Press. USA. 849-913 pp.
- Domínguez P. I. E. 2006. Estudio de la diversidad de zooplancton y fitoplancton de la laguna de Zumpango (Estado de México) para su uso en la biomanipulación. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas. FES Iztacala, UNAM. 69 pp.
- Dumont, H. y S. Negrea 2002. Introduction to the Class Branchiopoda. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World, Backhuys Publishers, The Netherlands.
- Dussart B. H. y D. Defaye. Copepoda. 1995. Introduction to the copepoda. SPB Academic Publishing. 277 pp.
- Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales and S.S.S. Sarma. 2001. Diversity of freshwater zooplankton in the neotropics: the case of Mexico. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 27, 4027-4031.
- Elías-Gutiérrez y Suárez M. E. 2003. Estado actual del conocimiento de los cladóceros en México. Cap. 9: 171-184. Planctología mexicana.
- Elías-Gutiérrez M., Suárez-Morales E., Gutiérrez-Aguirre M. A., Silva-Briano M., Granados-Ramírez J. G., Garfias-Espejo T. 2008. Cladocera y Copepoda de las aguas continentales de México. Primera edición. México. 322 pp.
- Enríquez G. C. 2004. Estudio de campo y laboratorio de la dinámica poblacional de los rotíferos y cladóceros de la zona litoral del lago Huetzalin, Xochimilco. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas. FES Iztacala, UNAM. 84 pp.
- Gama-Flores, J.L., Sarma S.S.S. & Nandini S. 2007. Exposure time-dependent cadmium toxicity to *Moina macrocopa* (Cladocera): a life table demographic study. *Aquatic Ecology* 41(4): 639-648
- García-Sánchez M.R. 2001. Las comunidades de zooplancton de los embalses españoles. *Rev. Ecosistemas* Vol. 10, nº 2 (mayo-agosto 2001).

- Grañas-Espejo T. 2000. Variaciones poblacionales temporales y verticales del copépodo planctónico *Leptodiptomus novamexicanus* (Copepoda: Calanoida) en un lago salino. Tesis de licenciatura. FES Iztacala. UNAM. 72 pp.
- Garfias-Espejo T. y M. Elías-Gutiérrez. 2003. Taxonomy and distribution of Macrothricidae (Crustacea: Anomopoda) in southeastern México, northern Guatemala and Belize. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México*, 74(2): 105-134.
- Garrido G. G. 2002. Zooplankton del embalse Yacyretá Argentina-Paraguay.
- Goday A. R., Reverol Y. M. Variación temporal de los copépodos de dos lagunas de inundación del río Caura, estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol.*, dez. 2005, vol.39, no.3, p.262-276. ISSN 0375-538X.
- González E. J., Ortaz M., Matos M. L. 2002. Zooplankton de dos embalses neotropicales con distintos estados tróficos. INCI, oct. 2002, vol.27, no.10, p.551-558. ISSN 0378-1844.
- Grimaldo O. D. 1996. Copépodos (Crustácea: Calanoida, Cyclopoida) en algunos cuerpos de agua temporales del Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, UNAM. 55 pp.
- Haynes, R. C. 1988. An Introduction to the Blue-Green Algae (Cyanobacteria) with an emphasis on nuisance species. North American Lake Management Society, Washington, D. C. 20 p.
- Hutchinson, G. E. 1957. A treatise on Limnology II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. New York, John Wiley & Sons Inc. 1115 pp.
- Jiménez C. J. 2007. Evaluación de los cambios en la comunidad zooplanctónica durante tres ciclos anuales en un embalse profundo (Valle de Bravo, México) con importantes variaciones en el nivel. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del mar y limnología. FES Iztacala, UNAM, México 73 pp.
- Juday C. 1915. Limnological studies on some lakes in Central America. *Trans. Acad. Sci. Arts and Lett.* 18(1): 214-250.
- Korovochinsky N y N. Smirnov. 1993. Introduction to the "Cladocera" (Ctenopoda, Anomopoda, Onychopoda and Haplopoda). Suplemented dor América.
- Krebs J. R.: Ecological Methodology. Harper Collins Publ., New York (1993).
- Locascio de Mitrovich C., Villagra de Gamundi A., Juarez J. Ceraolo M. 2005. Características limnológicas y zooplankton de cinco lagunas de la Puna, Argentina. *Ecología en Bolivia*. jun 2005, vol. 40, no. 1, p.10-24.
- López L. E. y Serna H. J. Variación estacional del zooplankton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. *Rev. Biol. Trop*, dic. 1999, Vol. 47, no.4, p.643-657.
- MacIsaac, H.J y Gilbert, J. J. 1991. Discrimination between exploitative and interferente competition between cladocera and *Keratella cochlearis*. *Ecology*, 72 (3): 924-937

- Margalef R. 1983. *Limnología*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1010pp.
- Martínez T. B. B. 1993. Contribución al estudio de cladóceros y copépodos del Lago Nabor Carrillo, Estado de México. Tesis de licenciatura. FES Iztacala. UNAM. 72 pp.
- Nandini, S., P. Ramírez-García, S.S.S. Sarma. 2005. Seasonal variations in the species diversity of planktonic rotifers in Lake Xochimilco, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology*, 20, 287-294.
- Nandini, S., M. Merino-Ibarra and S.S.S. Sarma. 2008. Seasonal changes in the zooplankton abundances of the reservoir Valle de Bravo (State of Mexico, Mexico). *Lake and Reservoir Management* 24, 321-330.
- Nandini S & Sarma SSS. 2007. Effect of algal and animal diets on life history of the freshwater copepod *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851). *Aquatic Ecology* 41: 75-84
- Osorio Tafall B. F. 1944. Biodinámica del Lago de Pátzcuaro, I. Ensayo de interpretación de sus relaciones tróficas. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 5 (3-4): 197-227.
- Paggi J. C. 2004. Importancia de la fauna de "Cladóceros" (Crustácea, Branchiopoda) del Litoral Fluvial Argentino. *INSUGEO* 12: 239-246.
- Pennak W. R. 1989. Fresh-water invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca. John Wiley & Sons Inc. 628 pp.
- Ramos-Higuera E., J. Alcocer, E. Ortega-Mayagoitia y A. Camacho. 2008. Nitrógeno: elemento limitante para el crecimiento fitoplanctónico en un lago oligotrófico tropical. *Hidrobiológica* 18(1 suplemento): 105-113.
- Reid J. W. 1988. Cyclopoid and Harpacticoid copepods (Crustacea) from México, Guatemala and Colombia. *Trans. Am. Micros. Soc.* 107 (2): 190-202.
- Rico-Martínez, R. and M. Silva-Briano: Contribution to the knowledge of the Rotifera of Mexico. *Hydrobiologia*, 255/256, 467-474 (1993).
- Rioja E. 1940. Notas acerca de los crustáceos del Lago de Pátzcuaro. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México*, 11: 469-475.
- Sarma S. S. S. y M. Elías-Gutiérrez. 1998. Rotifer diversity in a central Mexican pond. *Hydrobiology* 387/388: 47-54.
- Scheffer M. 1998. Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall. Great Britain. 357 pp.
- Smirnov, N.N. 1974. Fauna of the U.S.S.R. Crustacea. Keter Publishing House. Jerusalem. pp. 390.
- Smirnov, N.N. 1992. The Macrothricidae of the World. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. SPB Academic Publishing The Netherlands.
- Suárez-Morales E., Elías-Gutiérrez M., Ciro-Pérez J., Silva-Briano M., Reid J. W., Gasca R. 2000. Cladóceros y Copépodos. In: Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Vol. II. 1er edición. UNAM, México. 676 pp.

Uéno M. 1939. Zooplankton of Lago de Pátzcuaro, México. *Annot. Zool. Japón*; 18(12): 105-114.

Vilacalara F. G. y M. Chávez A. 2008. Curso monografico de Limnología.

Wetzel R. G. 1981. Limnología. Ediciones Omega. Barcelona, España. 679pp.

Williamson C. y Reid J. 2001. Copepoda. In: Thorp J. H. Covich A. P. Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates. 2ª edic. Academic Press. USA. 849-913 pp.

Wilson C. B. 1936. Copepods from the cenotes and caves of Yucatán Peninsula, with notes on cladocerans. In: A.S. Pearse, E. P. Creaser & F. G. Hall. The cenotes of Yucatan, a zoological and hydrographic survey. *Carnegie Inst. Washington*, Publ: 77-88.

ANEXOS

1. Cladóceros y copépodos encontrados en la Presa Iturbide de Febrero 2008 a Enero del 2009.

	F E B	M A R	A B R	M A Y	J U N	J U L	A G O	S E P	O C T	N O V	D I C	E N E
Cladocera												
<i>Chydorus brevilabris</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Ilyocryptus spinifer</i>	x	x										
<i>Bosmina coreogoni</i>	x	x			x			x	x	x	x	
<i>Macrothrix triserialis</i>				x	x	x						
<i>Daphnia leavis</i>					x			x	x	x	x	
<i>Ceriodaphnia dubia</i>				x	x	x	x					x
<i>Simocephalus vetulus</i>				x		x				x		
<i>Camptocercus rectirostris</i>				x	x	x	x	x	x			
<i>Eurycercus lamellatus</i>				x	x	x						
Copepoda												
Nauplios	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Copepoditos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
O. Calanoidea	x		x	x	x	x		x	x	x	x	
O. Cyclopoidea			x	x	x	x	x	x	x			

2. Valores del Índice de diversidad de Shannon-Wiener

	Índice de diversidad							
	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
	H'	H/Hmax	H'	H/Hmax	H'	H/Hmax	H'	H/Hmax
Feb	1.282	0.641	1.36	0.858	1.402	0.604	1.384	0.873
Mar	0.449	0.449	9.44	9.44	1.475	0.738	1.214	0.766
Abr	1.624	0.7	1.126	0.71	1.452	0.726	1.312	0.828
May	1.279	0.639	1.383	0.493	1.773	0.886	2.58	0.777
Jun	1.659	0.83	2.462	0.777	1.71	0.661	2.166	0.722
Jul	1.234	0.617	1.674	0.721	1.138	0.569	2.281	0.719
Ago			1.68	0.723	1.574	0.678	1.344	0.579
Sep	1.809	0.7	1.691	0.728	1.882	0.811	1.673	0.837
Oct	1.839	0.711	1.636	0.818	1.71	0.86	1.573	0.786
Nov	1.887	0.67	1.243	0.784	1.25	0.788	1.358	0.857
Dic	1.887	0.73	1.94	0.836			0.999	0.999
Ene	0.955	0.603			1.621	0.811	1.557	0.982

3. OXIGENO DISUELTO (Método iodométrico)

Se toman 300ml de muestra en frascos ámbar con tapón esmerilado evitando el contacto con el aire sin agitarla y protegiéndola de la insolación directa; se le agrega 1ml de sulfato manganeso ($MnSO_4$) y 1ml de solución álcali-yoduro-azida, se formara un precipitado y se agita durante 30seg. hasta su homogenización. Posteriormente se deja sedimentar y se le añade 1ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Se tapa y agita hasta la desaparición total del precipitado.

En el laboratorio se colocan 100ml de la muestra en un matraz de 250ml y se titula con tiosulfato de sodio 0.025N hasta obtener una coloración paja pálido. Se agrega 1ml de almidón y se agita para continuar la titulación hasta tornar a incoloro.

$$O_2 \text{ disuelto (mg/L)} = A \times F$$

A= ml de tiosulfato de sodio gastado en titulación.

F= Factor constante = $0.025 \times 8 \times 1000 / 99.33 = 2.01$

Normalidad del tiosulfato= 0.025

Constantes 8 y 1000

Corrección por adición de reactivos= $(300-2)100/300 = 99.3$

Muestra original colectada= 300ml

Reactivos agregados= 2ml

Alícuota para la titulación= 100ml

4. FOSFORO TOTAL (Método de cloruro estanoso)

Colocar en un matraz Erlenmeyer 100ml o una alícuota de la muestra. Se le adiciona 1 gota de fenoftaleína, si la solución se torna rosa se le añade gota a gota de solución de ácido sulfúrico concentrado hasta que desaparezca el color. Se le agregan 4ml de la solución molibdato de amonio y 0.5ml de solución cloruro estanoso y se mezclan de 10-12min. Se lee la absorbancia a 690nm usando un testigo de agua destilada, el cual deberá seguir los mismos pasos que la muestra.

Se extrapola-interpola el valor observando en la curva de calibración para obtener la concentración por 100ml en base a la curva de estándares conocidos que se realizaron junto con las muestras.

mg de P-PO₄/L = mg de P-PO₄ de curva x 1000/ ml de muestra

