



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Diversidad del Orden Cladocera (Crustacea: Branchiopoda:
Phyllopoda) de las pozas de la Reserva Ecológica del
Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I Ó L O G A
P R E S E N T A :**

Yoselin Bermúdez Reyes



**DIRECTOR DE TESIS:
Dra. Cecilia Enriquez García**

México D.F.

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

Gracias por haberme educado así. Estoy orgullosa de ser como soy y eso te lo debo a ti. Cuando me equivoco me ayudas, cuando dudo me aconsejas y siempre que te llamo estás a mi lado. Gracias papá te quiero. Por ello te dedico este trabajo con mucho amor.

Gracias a toda mi familia con la que comparto genes y con la adquirida recientemente por el constante apoyo, interés e impulso.

Gracias las Tías Silvia y Lety que siempre supieron que decir cuando más lo necesité.

Gracias por su puesto a toda esa familia que la vida me dio el privilegio de escoger Guadalupe, Karla, Alejandra, Joaquín, Erika, Sara, Matilde, Diego, Óscar, Eréndira, Verónica, Diana, Ana, Francisco, Aliberth espero no omitir a nadie.

Gracias a mi pequeño clon que me ha dado grandes momentos de alegría y apenas comienza sus pasitos por este mundo, nunca te limites, lucha por todo lo que quieras, por tus sueños y lo que te haga feliz en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a Dios por brindarme la oportunidad de habitar este planeta.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias por haberme permitido formar en sus aulas como bióloga.

A la Dra. Cecilia Enríquez por enseñarme a hacer ciencia, por su tiempo, cariño y amistad.

A Erika por ayudarme y hacerme amenas esas tardes de muestreo.

Al Dr. José Luis Villalobos por su apoyo, aportaciones, guía y paciencia para la realización de este trabajo.

Al Dr. Fernando Álvarez por otorgar los elementos necesarios y sus comentarios que ayudaron a enriquecer este proyecto.

A la Dra. Nandini Sarma y a la Dra. Guillermina Alcaráz por sus valiosas aportaciones y comentarios.

Al Instituto de Biología donde se encuentra la CNCR donde se analizaron las muestras obtenidas.

Al Dr. Antonio Lot por permitirme trabajar en la Cantera Oriente y al Biólogo Francisco Martínez por su amabilidad y simpatía.

A la Lic. Leticia Barboza y Juan Sandoval por su ayuda en el diseño del mapa y arreglo de los cladóceros.

A mis compañeros y profesores en el laboratorio.

ÍNDICE

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| RESUMEN..... | 3 |
| Introducción..... | 4 |
| Antecedentes..... | 15 |
| Objetivos..... | 17 |
| Área de estudio..... | 18 |
| Mapa del área de estudio..... | 19 |
| Metodología..... | 20 |
| Resultados..... | 22 |
| Discusión..... | 37 |
| Conclusiones..... | 45 |
| Literatura citada..... | 46 |
| Apéndice..... | 59 |

RESUMEN

En un medio acuático las condiciones ambientales son producto de la interacción de los factores fisicoquímicos que actúan en la columna de determinado cuerpo de agua como el pH, la temperatura, la turbidez, el oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto y la profundidad. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de las fluctuaciones de estos factores abióticos sobre las poblaciones de cladóceros de las pozas de agua de la que forman parte de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria México, (REPSA). Se identificaron seis especies de cladóceros de marzo de 2008 a febrero 2009; de estas especies, tres fueron consideradas dominantes, porque estuvieron presentes prácticamente durante todo el año de muestreo y fueron *Pleuroxus aduncus*, *Bosmina longirostris* y *Scapholeberis kingi*. También se encontraron tres especies raras en el sistema que fueron *Simocephalus vetulus*, *Moina micrura* y *Daphnia parvula*, que mostraron frecuencias y abundancias bajas durante el año. El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener aplicado mostró su valor más alto durante los meses de julio y agosto que fue de 2.090 bits y la equitatividad mayor se registró en el mes de febrero con 0.971 Hmax. El análisis de correlación muestra resultados significativos con la presencia de *Bosmina longirostris*, ya que se ve afectada por la profundidad y la turbidez. Mientras que los valores promedio (ANOVA) presentaron diferencias significativas en el oxígeno disuelto, porcentaje de oxígeno disuelto y la temperatura. Las especies registradas en este estudio ya habían sido citadas para el Distrito Federal, habitando en cuerpos de agua con características similares a las pozas de la REPSA, Muro (1994), encontró a *Moina micrura* en los lagos de Chapultepec y Enríquez-García (2009) a *Simocephalus vetulus*, *Scapholeberis kingi* y *Pleuroxus aduncus*, en el lago Huetzalin en Xochimilco. Por su parte, *Bosmina longirostris* y *Daphnia parvula*, no habían sido registradas para cuerpos de agua en el Distrito Federal. Los cladóceros son organismos altamente tolerantes a las condiciones ambientales adversas, cualidad que les confiere la ventaja de habitar todo tipo de cuerpos de agua con condiciones en constante fluctuación.

INTRODUCCIÓN

El agua constituye uno de los compuestos de mayor distribución y abundancia en el planeta albergando una gran diversidad de vida que es representada en diferentes tipos de ecosistemas. Entre ellos están los cuerpos de agua epicontinentales que en parte considerable son caracterizados por el zooplancton que se constituye por protozoos, ciliados, rotíferos, copépodos y cladóceros que se encuentran conformados en poblaciones que comparten un determinado hábitat y poseen organización comunitaria característica. Una comunidad tiene características importantes que son esenciales para entender su dinámica e interacción con las demás comunidades presentes en el medio. Su continuidad o discontinuidad que se relaciona directamente con los parámetros ambientales que permiten inferir una proyección de la medida en que influyen en la sucesión de especies lo que permite ser reflejado en la variedad orgánica (riqueza) y en su abundancia relativa, todo esto se unifica en la diversidad del sistema (Begon *et al.*, 1999; Margalef, 1976).

Como parte esencial de la comunidad de los sistemas acuáticos epicontinentales se encuentra el zooplancton de agua dulce y entre los grupos importantes que lo forman están los microcrustáceos del orden Cladocera para el que se han determinado aproximadamente 600 especies agrupadas en los órdenes Anomopoda, Ctenopoda y Onychopoda (Negría *et al.*, 1999). Estos organismos son conocidos comúnmente como pulgas de agua y son un componente típico del zooplancton dulceacuícola. Los cladóceros tienen una distribución mundial, son comunes en aguas cálidas y templadas y habitan en lagos, lagunas, charcas temporales, manantiales, bordos, estanques, presas, ríos y arroyos. La mayor parte de las especies se encuentran en agua dulce y sólo se tienen registradas nueve especies para ambientes marinos que ocupan amplias zonas biogeográficas pertenecientes a la familia Sididae (Rosenberg y Palma, 2003). El cuerpo de los cladóceros mide de 0.1 a 18 mm, la mayoría de las especies no sobrepasa los 3 mm sólo *Leptodora kidntii* (Focke, 1844) una especie de aguas templadas alcanza los 18 mm (Elías-Gutiérrez, 1998), otra especie de talla grande pertenece al subgénero *Ctenodaphnia* (Brooks, 1957), entre ellas está *Daphnia exilis*, de 5 mm de longitud y fue registrada para el centro del país por Elías- Gutiérrez en 1995.

Morfología de los cladóceros

La variación morfológica en estos organismos es compleja ya que comparten estructuras con diferentes modificaciones entre un grupo y otro. El cuerpo de los cladóceros está visiblemente segmentado y comprimido lateralmente, la mayoría están cubiertos en las partes torácica y abdominal por un caparazón que tiene la apariencia de una concha con dos valvas que en ocasiones puede terminar en la parte posterior en una espina o espínula, con una apertura en la parte ventral de las mismas donde también pueden presentar una espina llamada mucron. En vista lateral, el margen ventral de las valvas usualmente se encuentra ornamentado con un fleco de setas. El caparazón puede tener forma oval, circular, elongada o incluso angular, dependiendo de la especie y la superficie suele presentar ornamentaciones como reticulaciones, estrías, puntos u otros tipos de marcas que son características importantes para su determinación taxonómica. Se han podido identificar especies de cladóceros conservadas en sedimentos debido a la preservación de la quitina del tegumento ya que con las mudas tiene la cualidad de volverse más resistente a la degradación y esto ayuda a que los organismos se conserven por un periodo de tiempo mayor (Grant, 2001).

La cabeza o cefalón es una estructura compacta que suele terminar en una espina apical e incluso tener una saliente ventral ligeramente dirigida hacia atrás (Brusca, 1996), en algunos casos se observa separada del cuerpo por una depresión llamada seno cervical o muesca (Elías-Gutiérrez, 1998). El cerebro es simple y está precedido por un cordón nervioso ganglionado (Elías-Gutiérrez, 2009).

En la región cefálica también se presentan ojos compuestos sésiles que ayudan a la orientación del organismo mientras nada, (con diminutos lentes hialinos que contienen gránulos de pigmento), que constantemente están en movimiento por espasmos de tres pequeños pares de músculos. Algunas especies suelen presentar un pequeño ocelo en la parte posterior ventral del ojo compuesto (Grant, 2001).

Los cladóceros tienen dos pares de antenas, las primeras son llamadas anténulas, se insertan en el lado ventral de la cabeza cerca del margen posterior; pueden presentar formas inconspicuas, unisegmentadas y tienen al final sedas olfativas. Las segundas antenas regularmente son las más largas y son el principal órgano de motilidad para estos organismos, están insertadas lateralmente cerca del margen posterior de la cabeza y están compuestas por un segmento basal, otro segmento que se divide en dos ramas,

en una dorsal y una ventral. Las antenas son movidas por músculos fuertes que están en la parte dorsal del seno cervical (Barnés, 1989) (Fig. 1).

El movimiento de los cladóceros es vertical y normalmente a saltos propulsivos, es decir, el giro de la antena hacia abajo lanza al animal hacia arriba, luego se va hundiendo lentamente utilizando las antenas a modo de paracaídas. Las pequeñas sedas plumosas del final del abdomen actúan como estabilizadoras ya que si no estuvieran giraría con el lado ventral hacia arriba (Grant, 2001).

La boca consta de pequeñas partes situadas entre la cabeza y el tórax en la región ventral. Éstas piezas bucales poseen un labrum medio, una mandíbula esclerotizada, fuerte y rígida, un par de maxilas pequeñas que ayudan a triturar el alimento y un labrum medio individual (Grant, 2001). Las mandíbulas tienen una lámina masticadora denominada gnathobase que esta diferenciada entre el lado derecho e izquierdo de la boca (Elías-Gutiérrez, 2009).

Respecto a la porción media del cuerpo de los cladóceros, el abdomen y el tórax están fusionados en un tronco que presenta de cuatro a seis pares de apéndices dependiendo de la especie, que se designan como toracópodos o patas los cuales poseen sedas con función respiratoria, filtradora, de limpieza e inclusive para atrapar o desprender partículas alimenticias (Elías-Gutiérrez, 2009). La continuación del abdomen o el inicio del tórax es denominado postabdomen, esta estructura presenta una serie de proyecciones determinadas procesos abdominales que funcionan como selladores de la cámara embrionaria, seguido de dos setas natatorias o abdominales. En la porción postabdominal se sitúa el ano además de un conjunto de espinas laterales y marginales conocidas como espinas anales y sus características son de relevancia taxonómica para la identificación de géneros y especies (Elías-Gutiérrez, 2009). En el extremo distal del postabdómen se encuentran las garras postabdominales que a su vez pueden estar armadas con espinas pequeñas organizadas en hileras de diversos tamaños. Todo este conjunto de estructuras constituyen el postabdomen, el cual tiene como función la limpieza del conducto alimentario y los toracópodos (Elías-Gutiérrez, 2009) (Fig. 1).

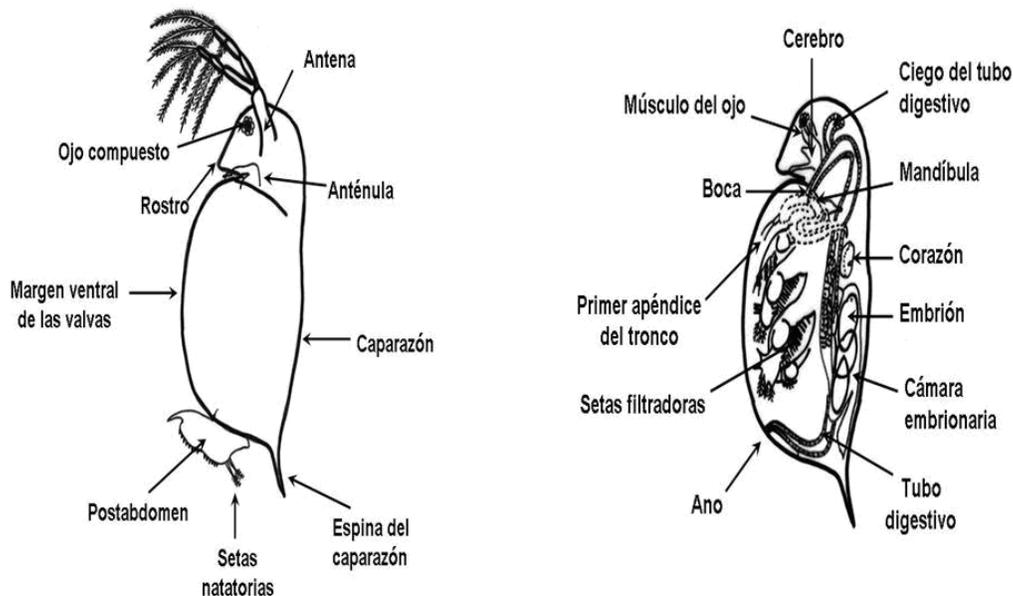


Figura 1. Morfología externa e interna de un cladóceros (Barnes, 1996)

Alimentación

Los cladóceros se alimentan de las partículas orgánicas que se encuentran en suspensión en la columna de agua (suspensívoros), acumulan dichas partículas con las sedas finas de los apéndices del tórax, las cuales se pueden presentar de cuatro a seis dependiendo de la especie, y están dispuestas en el apéndice constituyendo un peine que filtra el agua y recolecta el alimento. El flujo de agua pasa del lado anterior al posterior mientras que los fragmentos recolectados son transportados a la boca por medio de las gnatobases situadas en la parte basal de los apéndices bucales (Barnes, 1996). El aprovechamiento del alimento se lleva a cabo a través de la parte anterior del tubo digestivo, que en algunos cladóceros está enrollado una o más veces (Dumont y Negrea 2002; Barnes, 1996).

El intercambio gaseoso se lleva a cabo a través de los epipodios vesiculares o lamelares por medio de las estructuras branquiales, el sistema circulatorio es de tipo abierto y tiene un corazón de tipo ovoide. Se ha encontrado hemoglobina en la sangre

de los músculos, el tejido nervioso y los huevos de muchos branquiópodos (Barnes, 1996).

Reproducción

La reproducción de los cladóceros es de dos tipos, asexual o partenogénica y sexual. En la primera el desarrollo es directo, es decir que se lleva a cabo dentro del huevo en la cámara embrionaria de la madre dando origen a hembras juveniles que son liberadas por medio de la flexión ventral del postabdomen de la hembra. Aquí la carga genética es aportada completamente por la hembra y por ello la hija es idéntica a esta (Dumont y Negrea, 2002).

Mientras que en los periodos de condiciones desfavorables la reproducción es de tipo sexual cuando hay presencia de machos en el medio, de esta forma es posible la recombinación genética ya que las hembras partenogénicas producen una generación de machos y hembras sexuales dando lugar a la generación de gametos haploides (n) que se reproducen sexualmente y forman los huevos de resistencia ($2n$) (Dumont-Negrea, 2002). Las estructuras reproductivas en el caso de los machos son los gonoporos masculinos que pueden estar unidos o separados y se abren cerca del ano o del postabdomen, que puede diferenciarse como un órgano copulador, ya que el primer apéndice torácico tiene forma de gancho copulatorio robusto, e incluso pueden tener un par de “penes” en la región distal del postabdomen (Dodson-Frey, 1991). El macho a pesar de ser de menor tamaño que la hembra tiene el primer par de antenas (anténulas) relativamente más largas y robustas. En las hembras, los oviductos abren a una cámara incubadora ubicada en la porción dorsal del tórax. Durante la cópula el macho sujeta el lado dorsal del abdomen de la hembra con sus primeras antenas, le da la vuelta e introduce los apéndices copuladores reversibles y pareados, en el gonoporo femenino medio. Los huevos se incuban en la cámara embrionaria dorsal de la hembra (Brusca, 1996). Las hembras pueden producir varias puestas de huevos que cambian en número dependiendo de la especie. Los huevos maduran en la cámara embrionaria y son liberadas hembras juveniles completamente desarrolladas por medio de la flexión ventral del postabdomen de la hembra (Dumont-Negrea, 2002).

Durante los periodos de estrés o disturbio ambiental como pueden ser la disminución de alimento, excesivo incremento poblacional, cambio en la temperatura, fotoperiodo, depredación, presencia de contaminantes en el medio y alteración en los demás factores

físico-químicos se generan machos que pueden fecundar a las hembras y se producen huevos de resistencia que en la mayoría de los casos se fusionan con el caparazón de la madre, estas estructuras reciben el nombre de efipios, los cuales son liberados al medio durante el proceso de muda o la muerte de la hembra, ocasionalmente hay producción de efipios por vía asexual (Frey, 1982). Los efipios pueden flotar, adherirse a otras estructuras e incluso depositarse en el fondo del cuerpo de agua durante largos periodos de latencia que les permite soportar desecación, congelamiento y hasta el paso por el tracto digestivo de organismos que los hayan ingerido. Esta estrategia les confiere a los cladóceros una ventaja de supervivencia ya que pueden ser transportados por el viento o por otros organismos a distancias enormes y soportar las condiciones adversas a las que puedan ser sometidos, posteriormente presentan una eclosión rápida cuando las condiciones son favorables aunque la demora lleve años (Elías- Gutiérrez, 2009). Como los machos suelen ser raros, la mayoría de las descripciones taxonómicas se basan en hembras partenogénicas (Frey, 1982).

Ciclomorfois

Otra ventaja de supervivencia es el fenómeno característico en los cladóceros llamado ciclomorfois que representa cambios estacionales o no en ciertas estructuras del organismo respecto a su tamaño y forma. Estas modificaciones morfológicas han causado gran confusión en la taxonomía de varias especies y por esta razón existen gran cantidad de sinonimias en la determinación de familias, géneros y especies. Los cambios son favorables desde un punto de vista adaptativo, ya que algunos cladóceros pueden desarrollar yelmos, espinas u otras estructuras, lo que ocasiona rechazo por parte de algunos consumidores como copépodos y depredadores sensoriales como el díptero *Chaoborus* (Hananzato, 1991; Pijanowska, 1992). En el caso de depredadores visuales como algunos peces, la distancia de reacción es menor con relación a los organismos que portan estructuras cristalinas (Zaret, 1972), lo que reduce la mortalidad de las presas que poseen este factor. Se ha determinado la relación de los factores ambientales, con la variedad de formas ciclomórficas junto con los factores inductores (Hananzato, 1991; Jacobs, 1961), por ello la hipótesis de la interacción de depredación no descarta la influencia ambiental.

Importancia ecológica

En las tramas tróficas los cladóceros se destacan por la posición que ocupan de manera importante por la posición que ocupan dentro de la ruta de intercambio de materia-energía, estableciéndose en la producción primaria y como consumidores de las fuentes de detritus-bacteria hacia los estratos de los consumidores secundarios. Como presas son muy importantes pues forman parte de la alimentación de otros crustáceos, peces planctívoros y especialmente de larvas de peces de talla reducida (Occhi-Oliveros, 1974; Oliveros, 1980; Oliveros y Rossi, 1991; Rossi, 1989).

Los cladóceros ayudan a mantener un cuerpo de agua libre de partículas en suspensión, bacterias y algas al alimentarse de ellos; para esto también es necesario que las algas dispongan de poco alimento (Infante, 1988). Algunas especies de cladóceros son también consideradas como especies bioindicadoras por su estenosidad el género más usado para ello es *Daphnia* pues se utiliza para diversos estudios a nivel científico (De Bernardi y Peters, 1987). Específicamente *Daphnia magna* es el cladóceros más empleado para estudios toxicológicos por ser fácilmente reproducible y por presentar un ciclo de vida corto (Dodson y Hanazato, 1995), además de ofrecer una reducción de costos respecto a los estudios fisicoquímicos para biomonitoreo ambiental y acercarse más a una visión sobre el impacto real de los contaminantes en el ecosistema (Gannon y Stemberger 1978; Rojo, 1988; Del Castillo, 1992). También representan herramientas importantes en estudios paleolimnológicos ya que son requeridos para conocer la historia de los lagos pues se han encontrado diversas partes de estos microcrustáceos como caparazones, postabdomenes y garras que permiten inferir oscilaciones tróficas, cambios climáticos, acidificación y variaciones en el nivel del agua (Dodson y Frey, 1991; De Sellas *et al.*, 2008).

El hábitat de los cladóceros

Los cladóceros constituyen una parte importante en el ecosistema acuático y presentan interacciones importantes con su medio biótico y abiótico, la combinación de una gran capacidad de dispersión, crecimiento acelerado y reproducción rápida ha resultado en que estos crustáceos se encuentren entre los miembros más ampliamente distribuidos y ecológicamente relevantes de las comunidades animales que habitan los cuerpos de aguas continentales (Grenn, 1981).

La mayor diversidad del orden Cladocera se presenta en las regiones tropicales del planeta, en donde es común encontrar especies pantropicales. Por el contrario, en las regiones templadas, se distribuyen formas adaptadas a altitudes elevadas y condiciones climáticas más variables a lo largo del año, entre las formas que se distribuyen en estas regiones destacan las holárticas, aunque también se pueden encontrar especies de amplia distribución continental. En el continente americano, los cladóceros con mayor afinidad a las regiones templadas se pueden presentar en un rango geográfico que abarca desde Norte hasta Sudamérica. En la porción de Mesoamérica se presenta una mezcla de especies (templado-tropicales) que son características de la mitad sur de Estados Unidos y de la porción tropical de Sudamérica (Frey, 1982).

Los sistemas lacustres por lo general constituyen los hábitats preferidos por los cladóceros ya que por su asociación con las macrófitas, muestran predilección por la zona litoral de estos cuerpos de agua, que es donde interactúan la vegetación ribereña y sumergida, la materia orgánica en suspensión y en el sedimento, la presencia de otros organismos acuáticos micro y macroscópicos, así como los distintos factores físico-químicos, para proporcionar a estos crustáceos las condiciones ambientales adecuadas para soportar una alta diversidad de especies (Sarma, 2005)

Los lagos presentan diferenciaciones zonales de acuerdo con los factores bióticos y abióticos que los caracterizan. La zona más superficial es la litoral, que comprende la franja más cercana a la orilla y se distingue por la presencia de vegetación, materia orgánica en el sedimento y en suspensión. La zona limnética es la de aguas más despejadas que se extienden hasta la región donde es posible la fotosíntesis, es decir, hasta donde llega la luz solar y la zona bentónica es la parte más profunda a la cual no llega la luz y en donde se deposita la materia orgánica e inorgánica, fango y algunos minerales (Lampert y Sommer, 1997; Lewis, 2000)

La más alta diversidad de cladóceros habitualmente es registrada en la zona litoral por su asociación con las macrófitas, esto esencialmente se da en lagos con una estratificación marcada y se infiere que en sistemas acuáticos someros no hay una diferencia acentuada en la composición de las diferentes zonas (Valdivia y Zambrano 1989). Los organismos acuáticos son complejos, para entenderlos mejor es necesario vislumbrar su entorno pues todos los factores que hay en el medio influyen actuando de manera independiente, pero a la vez este conjunto interviene directamente en la calidad

de vida del organismo. Esto hace más ardua la comprensión del medio en que se desarrollan. Asimismo el estudio de los modelos de los ecosistemas acuáticos ha sido llevado a cabo en primera instancia en cuerpos de agua templados, pero sabemos que la naturaleza suele ser a veces impredecible y aunado a eso la presencia de diferentes condiciones ambientales y variedad de especies en los cuerpos de agua tropicales o subtropicales los hace marcadamente diferentes a los templados (Lewis, 1996; Wetzel, 2001). En el caso de las pozas de agua de la Cantera Oriente no se puede inferir que los modelos existentes se ajusten como regla universal, los cuerpos de agua tropicales requieren de estudios específicos.

Los sistemas de agua epicontinentales tienen contrastes considerables en sus condiciones físicoquímicas, estas son heterogéneas con respecto a los sistemas de agua marinos y oceánicos (Margalef, 1983) y se encuentran influenciados por factores bióticos y abióticos. Los primeros hacen referencia a las interacciones que se presentan entre los organismos como la competencia, depredación, parasitismo, amensalismo, comensalismo, simbiosis y mutualismo (Begon, 1999). Los segundos hacen alusión a los factores físicoquímicos y biogeográficos que influyen el medio en el cual se desarrollan los organismos acuáticos (Margalef, 1983; Roldan, 1992; Allan, 1996).

Entre los parámetros que más influyen en la vida de los organismos acuáticos se encuentra la profundidad que es la distancia entre la superficie y el fondo del cuerpo de agua. Ésta puede influenciar en la composición, producción y abundancia de los cladóceros que son sensibles a las variaciones del nivel del agua (Méndez-Comin, 1985), esta situación puede ser más marcada en cuerpos de agua someros (Infante, 1988).

La temperatura es la energía transformada en calor, es un factor muy importante ya que influye directamente en los procesos anabólicos y catabólicos y se relaciona con la solubilidad de los gases elementales, a menor temperatura mayor solubilidad. La temperatura también influye sobre la viscosidad, densidad, movimiento del agua e interfiere con procesos reproductivos y distributivos de los organismos acuáticos (Lampert, 1997; Lewis, 2000).

Los lagos se dividen en tres zonas de acuerdo a su estratificación térmica: el metalimnio que es la capa intermedia que se produce entre las capas más superficiales y las más profundas, mismas que están bien contrastadas, la capa que se encuentra por

encima del metalimnio se denomina epilimnio con aguas cálidas y en movimiento y la que está por debajo se denomina hipolimnio, que pertenece a las aguas frías y regularmente sin movimiento. La circulación de estas capas varía en el transcurso del año dependiendo de las condiciones medio ambientales. En el caso de los cuerpos de agua tropicales, la profundidad en general es reducida debido a su formación geológica, por ello la variación de la temperatura es poco marcada y se da una estratificación menor, las etapas bien diferenciadas son la temporada de secas y de lluvias (Esteves, 1988).

El pH es la medida que constituye la acidez o alcalinidad en el cuerpo de agua. En el pH el factor más importante es el anhídrido carbónico debido a la mineralización total. Regularmente los ecosistemas acuáticos tienen un pH que oscila entre 5.0 y 9.0, muy pocas especies pueden crecer a pH inferior a 2.0 o superiores a 10 (Esteves, 1988; Castañeda, 2004).

La turbidez es un factor que es proporcional a la cantidad de materia orgánica e inorgánica disuelta en el cuerpo de agua, ya sea proveniente del exterior o del mismo. (Esteves de Assis, 1988; Castañeda, 2004)

El oxígeno es el parámetro más importante en el cuerpo de agua para los organismos aerobios pues participa en forma esencial en los procesos metabólicos e influye en la solubilidad de los gases. Es adquirido de varias fuentes como la atmósfera, de la fotosíntesis de bacterias, algas, plantas y de reacciones inorgánicas (Esteves, 1988; Wetzel, 2001; Margalef, 1983).

El ecosistema dulceacuícola

Una comunidad es el conjunto de poblaciones de diferentes especies en un espacio determinado que está delimitado y posee una cierta organización que le confiere cualidades específicas (Odum, 1972; Krebs, 1985; Margalef, 1989). Entre las especies principales que constituyen la comunidad zooplanctónica de agua dulce se encuentran los protozoos, copépodos, rotíferos y cladóceros (Margalef, 1989). Esta comunidad tiene características importantes que son esenciales para entender su dinámica e interacción con las demás presentes en el medio. La continuidad o discontinuidad de la presencia las comunidades se puede relacionar directamente con los parámetros ambientales que permiten inferir una proyección de la medida en que influyen en la estructura lo cual se puede ver reflejado en la variedad orgánica (riqueza de

especies) o en su abundancia relativa, todos estos parámetros se unifican y definen la diversidad del sistema. Cabe mencionar que la riqueza de especies se considera un parámetro cuantificable (Gaston, 1996), que permite retener la esencia de las entidades reproductivas que contienen una diversidad genética propia y única; además es una medida útil de diversidad ecológica (Magurran, 1988), ya que en medidas estándares de ésta se evalúa el número de determinadas especies en una comunidad como especies raras, comunes, dominantes y ocasionales (Brewer y Williamson, 1994). Entre los métodos más usados para el análisis y medida de la diversidad de especies están los índices que son derivados de la teoría de la información y se basan en parámetros coherentes de diversidad y datos de un sistema natural que se pueda determinar de una forma semejante a la información contenida en un código. Como ventaja en éstos se pueden hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística que permiten confirmar o discrepar la relación entre las variables estudiadas, para así elaborar una adecuada interpretación del índice y por ende de la riqueza específica y abundancia de las especies.

Los cuerpos de agua representan modelos óptimos para la elaboración de estudios de índices de diversidad con relación a los gradientes ambientales, pues constituyen entidades ecológicas bien delimitadas en el paisaje (Dodson *et al.*, 2000). Aunque comparados con los estudios que se han elaborado en sistemas terrestres relacionados con patrones de diversidad, en cuerpos de agua son exigüos (Waide *et al.*, 1999). Así como en los biomas terrestres indica una gran variedad de respuestas a los gradientes de productividad, dependiendo del organismo estudiado y el estudio a realizar.

Entre las medidas más usadas para calcular la diversidad existen distintos índices de como el de Shannon-Wiener que determina el grado promedio de incertidumbre para proyectar la probabilidad de que al escoger un individuo al azar de una muestra pertenezca a determinada especie (Magurran, 1988, Peet, 1974; Baev y Penev, 1995). Infiere que la selección de individuos es al azar y que todas las especies están en la muestra. Obtiene valores de cero, al haber una sola especie y el logaritmo del número total de especies cuando todas se representan por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

Es importante como parte relevante de la generación del conocimiento científico llevar a cabo trabajos de investigación esto es necesario para salvaguardar la

biodiversidad. La ubicación geográfica de México le confiere ciertas características distintivas por localizarse en medio de las zonas neártica y neotropical como es una flora y fauna únicas en el mundo. Como parte de la aportación al conocimiento de la biodiversidad de los sistemas dulceacuícolas tropicales del país se elaboró un estudio en las Pozas de agua de la Cantera Oriente que forman parte de la REPSA.

El estudio de la variación de los factores físicoquímicos contribuirá al conocimiento de los cuerpos de agua tropicales someros que requieren de profundizar en su estudio ya que la mayor parte de de las investigaciones son desarrolladas en los grandes lagos templados (Esteves, 1988).

ANTECEDENTES

El estudio de los cladóceros en México esta aún en desarrollo, las primeras investigaciones sobre estos crustáceos fueron realizadas en el año de 1915 por Juday con su estudio “Limnological Studies in some Lakes in Central America”, de este estudio surgen las primeras descripciones de cladóceros para el país, reportando 14 especies. Entre 1930 y 1950 las publicaciones presentadas fueron sólo de tipo taxonómico (Jaczewski y Wolski, 1931; Wilson, 1936; Uéno, 1939; Rioja, 1940, 1942; Brehm, 1939; Brehm, 1942, 1953 y Osorio-Tafall, 1942). Algunos de estos trabajos están enfocados a describir el plancton de cuerpos lacustres del altiplano mexicano y durante esta época se crea la estación biológica del Lago de Pátzcuaro en Michoacán. Al dejar de funcionar la estación hay un periodo de disminución sobre los estudios en este campo. Varios años después Van de Velde y colaboradores (1978) presentan una recopilación taxonómica de México y Guatemala con el reporte de 25 especies de cladóceros en total. Frey (1982) integró un compendio sobre la información generada de los cladóceros de Mesoamérica hasta ese entonces y presentó una lista de 44 especies para México, Centroamérica y el Caribe.

En 1986, Kraus realizó la primera descripción de una subespecie de cladóceros endémico mexicano, *Daphnia laevis tarasca* del Lago de Pátzcuaro, pero debido a los trabajos con sinonimias presentados hasta entonces hay registros previos que son dudosos (Elías-Gutiérrez *et al.*, 1999; Suárez *et al.*, 2001). En 1993 Villalobos y colaboradores, llevaron a cabo un recuento de los crustáceos dulceacuícolas en México citando un total de 20 especies de cladóceros. Para 1996, Ciro *et al.*, describen la

especie *Macrothrix mexicanus*, a partir de esa fecha los estudios sobre cladóceros empiezan a incrementarse principalmente en el ámbito taxonómico y la acuicultura (Espinosa *et al.*, 1992). Desde de entonces las investigaciones se incrementaron, dando lugar a publicaciones sobre especies nuevas de cladóceros, es así que en 1997, *Macrothrix smirnovi* fue descrita por Ciro-Pérez y Elías-Gutiérrez en la zona central de México; los mismos autores descubren el primer cladóceros ciego en América, *Spinalona anophthalma* Ciro-Pérez y Elías-Gutiérrez (1997), para el estado de México. Más adelante en 1999 se describen a *Alona pectinata* por Elías-Gutiérrez *et al.*, para la península de Yucatán, y *Macrothrix agsensis* por Silva-Briano *et al.*, en la zona del altiplano central. Hacia el año 2000 y subsecuentes, se describen *Macrothrix marthae* Elías-Gutiérrez y Smirnov (2000), para Tabasco; *Karualona penuelasi* es descrita por Dumont y Silva-Briano (2000) para Aguascalientes; *Ilyocryptus nevadensis* Cervantes-Martínez, Gutiérrez-Aguirre y Elías-Gutiérrez (2000), para la Cd. de Querétaro; *Kurzia polypina* Hudec (2000) para Chamela en Jalisco; *Ilyocryptus paranaenses inarmatus* Kokotov *et al.*, (2001) para Tabasco; *Leydigia lousi mexicana* Kokotov y *et al.*, (2003), para el zona del altiplano central y *Moina dumonti* fue descrita por Kokotov *et al.*, (2005), para la Península de Yucatán.

Actualmente en nuestro país, además de las descripciones taxonómicas existen diferentes estudios basados en cladóceros que son importantes en varios ámbitos, como por ejemplo en el área de ecología poblacional (Enríquez *et al.*, 2009), historias de vida (Sarma *et al.*, 2005), aplicados a la acuicultura como cultivos en condiciones de laboratorio (Nandini-Enríquez, 2007), variación estacional y de abundancia del zooplancton relacionadas con factores bióticos y abióticos (López y Serna, 1999; Ramírez *et al.*, 2002), como bioindicadores en estudios de toxicidad (Nuñez y Hurtado, 2005), acerca de la relación paleoecológica en el medio con los cladóceros (Dodson y Hanazato, 1995), hay incluso estudios moleculares que ayudan a determinar la filogenia que permite conocer orígenes y similitudes con relación a otros grupos de organismos (Elías- Gutiérrez *et al.*, 2009).

Entre el desarrollo del estudio de estos microcrustáceos en el ámbito académico se incluyen tesis profesionales en diferentes campos que aportan información importante para este crecimiento científico, estudios de descripciones, distribución y abundancia en estado de México (Elías-Gutiérrez, 1982; Muro, 1994; Martínez, 1993), estudios de

campo y laboratorio en Xochimilco (Enríquez, 2004), biodiversidad de cladóceros en el estado de México (Ciros, 1994).

Objetivo general.

- ❖ Contribuir al conocimiento de los crustáceos planctónicos del Valle de México mediante el estudio de la diversidad de cladóceros en las pozas de agua de la cantera oriente de Ciudad Universitaria (REPSA) y su relación con la variación de los parámetros ambientales.

Objetivos particulares.

- ❖ Establecer los cambios de los parámetros físico-químicos en las pozas en el transcurso del año.
- ❖ Identificar las especies de cladóceros que habitan en las pozas.
- ❖ Determinar la abundancia y variación de las especies en las pozas en el transcurso del año.
- ❖ Identificar a las especies comunes, dominantes, raras y ocasionales.
- ❖ Conocer la influencia de parámetros físico-químicos en la diversidad y abundancia de las especies encontradas.

ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), ubicada al sur de la ciudad de México, protege la porción remanente del ecosistema caracterizado por matorral xerófilo y por la presencia de una gran cantidad de material rocoso volcánico. Dicha reserva está bajo protección de la Universidad Nacional Autónoma de México, dentro de su campus ocupa una superficie de 237.3 hectáreas, lo que representa el 32% de toda Ciudad Universitaria.

Las pozas de Cantera Oriente forman parte de esta y ocupan 11,906.45 m², lo cual representa un 14.36% de la reserva. Se encuentran en las zonas más bajas de la zona y consta de cinco cuerpos de agua en los que se ubicaron las estaciones de muestreo (Fig. 1). Es una de las zonas de amortiguamiento de la REPSA al suroriente, presenta características particulares debido al manejo del hombre. La zona de la reserva al igual que el resto del pedregal, forma parte del derrame lávico del volcán Xitle, cuya fase eruptiva data de hace más de 2000 años. Tales emisiones de lava se extienden siguiendo rumbo hacia el cuadrante noroeste cubriendo una superficie de 80 km², se esparce en forma de un amplio abanico, cuyos límites externos se reconocen desde Cuicuilco-Estadio Azteca- Copilco y Chimalistac (Lot *et al.*, 2007).

La extracción de la roca basáltica con fines de pavimentación, generaron un paisaje inédito al llegar por explotación de la cantera al manto freático permitiendo la formación de las pozas de agua. El paisaje queda limitado por una pared de roca de hasta 40 m de altura. La vegetación que se estableció en las últimas décadas corresponde a el tular de *Thypha latifolia* (Lot *et al.*, 2007).

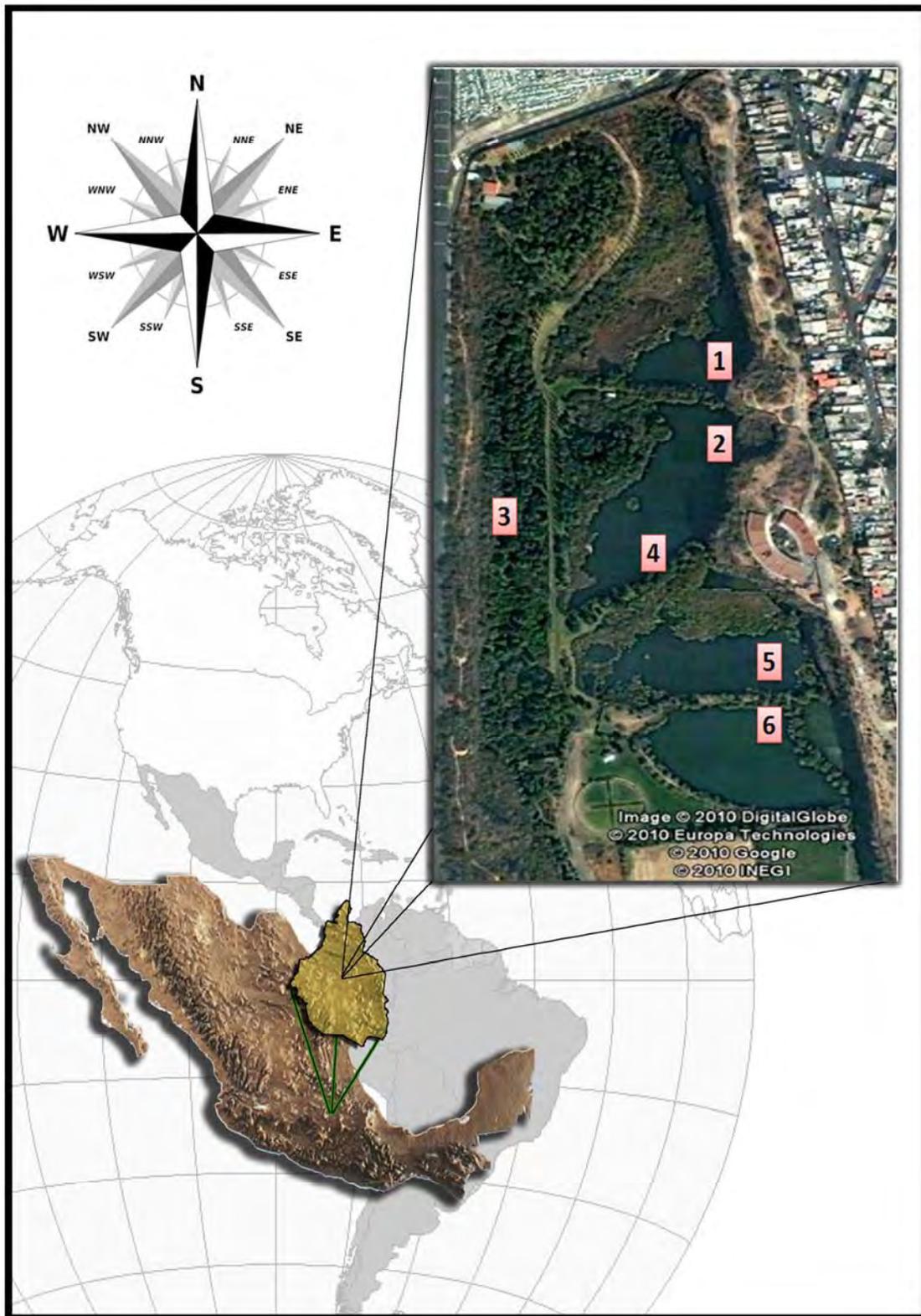


Figura 2. Mapa de la Cantera Oriente con la ubicación de las seis estaciones de muestreo en Ciudad Universitaria, México.

METODOLOGÍA

Se llevaron a cabo doce muestreos, uno por mes, de marzo de 2008 a febrero de 2009 en cada una de las seis estaciones establecidas. Se midió para cada estación la profundidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y turbidez, con un Hydrolab Surveyor, una varilla y un flexómetro. Con los datos obtenidos se elaboraron matrices en el programa Microsoft Excel y se graficó el promedio mensual de cada parámetro con el programa Sigma Plot 11.0.

También se realizó un filtrado de la orilla, en cada una de las estaciones de 100 lts a través de una malla de 50 μm . El filtrado se conservó en frascos de vidrio con formol al 10% (Steedman, 1976) que se etiquetaron y fecharon. Las muestras obtenidas se depositaron en la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR) del Instituto de Biología, UNAM. Para la determinación taxonómica de los cladóceros se usó un microscopio óptico marca Zeiss y se siguieron las claves de identificación de Korovochinsky y Smirnov (1998), Dumont y Negrea (2002) y Elías-Gutiérrez y colaboradores (2009). Para cada especie se realizaron esquemas con una cámara clara adaptada al microscopio. Para la determinación de la abundancia se realizaron cinco conteos por muestra en la cámara Sedgewick Rafter, con capacidad de 1 ml. Con los datos obtenidos se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener y de equitatividad de Shannon (Krebs, 1985). Los datos de abundancia y frecuencia se utilizaron para determinar las especies raras, constantes, dominantes y temporales, de acuerdo al modelo de Olmstead-Tukey que permite determinar de manera gráfica cuales especies en un ecosistema son dominantes, constantes, ocasionales y raras (Sokal-Rholf, 1985). Las gráficas correspondientes se elaboraron en el programa Sigma Plot 11.0. y Microsoft Excel.

El índice de Shannon-Wiener enuncia la uniformidad de los valores relevantes por medio de todas las especies contenidas en la muestra, la fórmula del índice es la siguiente (Magurran, 1988):

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

Donde:

S = número de especies (riqueza de especies)

pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos es decir la

abundancia relativa de la especie $\frac{n_i}{N}$

ni – número de individuos de la especie i

N – número de todos los individuos de todas las especies

En la medida de la equitatividad se utilizó el Índice de Shannon que se expresa de la siguiente manera:

$$E' = H' / \ln S$$

S= número de especies

H' = diversidad

Para establecer la relación entre los parámetros fisicoquímicos y cada una de las especies se llevó a cabo un análisis de correlación (Daniel, 2002). Para detectar si se presentaron diferencias significativas durante el periodo de muestreo en los parámetros fisicoquímicos considerados se efectuaron análisis de varianza de una vía (ANOVA) tomando los meses como tratamientos y los datos de los diferentes sitios y pozas como réplicas. Con respecto a la abundancia de las especies, solamente se consideró a *Pleuroxus aduncus* para este análisis ya que fue la única especie que estuvo presente en todos los muestreos.

RESULTADOS

De los muestreos mensuales llevados a cabo en las 6 estaciones determinadas en las pozas de agua de la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, México se obtuvieron los siguientes datos:

Parámetros fisicoquímicos

La profundidad en el primer trimestre mostró un intervalo que fue de los 33 a 35 cm, que se incrementó al inicio de la temporada de lluvias que abarcó de junio a septiembre con un intervalo de 37 a 44 cm durante este último mes (Fig. 3). Al término de la temporada de lluvias se percibió la disminución gradual de la profundidad, que se estabilizó en los cuatro meses subsecuentes que presentaron una profundidad promedio de 37 cm. Finalmente en febrero se mostró el promedio más bajo durante el año de muestreo con 26 cm.

La temperatura presentó promedios que fluctuaron de los 15 a los 22 °C (Fig. 4). En los meses de noviembre y diciembre se reportaron las temperaturas más bajas, mientras que en marzo y abril las más altas con un promedio de 22 °C, que permitieron ver marcadamente la temporada de secas. Entre mayo y junio hubo un descenso de 3 °C en la temperatura, fue en este último mes donde comenzó la temporada de lluvias. En julio, agosto y septiembre se presentó una temperatura que alcanzó los 20 °C, registrándose la mayor precipitación pluvial del año en el último mes de este periodo. En los últimos meses del año la temperatura disminuyó considerablemente y se presentó el promedio más bajo del año que fue de 15 °C. Al finalizar esta época seca con bajas temperaturas, se observó un marcado ascenso de la temperatura durante los primeros meses del año 2009, que tuvo un intervalo de 16.5 °C a 18 °C. Los valores promedio mostraron diferencias significativas (ANOVA $F_{11,60} = 9.53$, $p = 1.19$).

La turbidez mostró fluctuaciones considerablemente variables, las más bajas oscilaron entre 1 y 32 ppm, mientras que las más altas alcanzan intervalos que van de los 500 a 873 ppm.

Estas fluctuaciones no presentan un patrón evidente de ocurrencia de las partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión en la columna de agua ya que estas concentraciones se pueden ver influenciadas por diversos factores como la temporada de lluvias y secas, la actividad fotosintética de las algas y bacterias, los ciclos

reproductivos de plantas y animales, las partículas minerales depositadas por diversos elementos como la actividad de los organismos terrestres y acuáticos presentes.

En abril y mayo se determinaron los mayores promedios de turbidez durante el año de muestreo, esto se pudo deber al crecimiento poblacional del fitoplancton estimulado por las altas temperaturas, ya que en el mes de abril se observaron florecimientos de cianobacterias en la superficie de las pozas. En agosto se registró otro incremento en la turbidez debido a que se presentó el tiempo de auge de las lluvias, incluso fue en este mes donde se encontró la mayor profundidad en las pozas (Fig. 3). Al término de la época de lluvias disminuyó la cantidad de partículas en suspensión, pues se redujeron las mezclas de la columna de agua por la lluvia. La disminución de la temperatura que se presentó al final del año 2008 e inicio de 2009 (Fig. 4), dificultó también la suspensión de partículas en el agua por el incremento de viscosidad en la misma que se vio reflejada en los registros como se observa en la gráfica de la figura 5.

En la curva de oxígeno disuelto (Fig. 6) se observó un promedio e concentración que se mantuvo entre los 13 a 17 mg/L⁻¹ en el primer cuatrimestre del año, que abarca de marzo a junio y representa la temporada más cálida. Se presentaron diferencias significativas entre los valores promedio (ANOVA $F_{11,60} = 1.99$, $p = 0.04$) Al llegar la temporada de lluvias, la concentración disminuyó por el incremento de la profundidad, que junto con el movimiento constante y baja profundidad de los cuerpos de agua se hizo evidente la liberación de materia orgánica del fondo que requirió oxígeno del medio para degradarse y oxidarse. Del mes de julio a octubre el promedio presentó de intervalo entre 11 y 13 mg/L⁻¹, que pudo ser posible por el movimiento producido por la entrada de agua y nutrientes minerales durante la temporada de lluvias que representa un periodo de cambios. Por último en noviembre-diciembre del 2008 y enero-febrero de 2009 el oxígeno comienza a incrementarse hasta 19 mg/L⁻¹. La concentración más baja se registró durante el mes de julio (11mg/L⁻¹), fue en este mes donde la temporada de lluvias empezó ,mientras que el promedio más alto se presentó durante el mes de diciembre y fue de 19mg/L⁻¹ coincidiendo con el mes más frío del año, pues las bajas temperaturas favorecen la solubilidad de los gases el agua como el oxígeno.

El porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (Fig. 7) se relaciona con la presión atmosférica y la temperatura existente en el agua de las pozas, durante el año de muestreo se observó que la disponibilidad de oxígeno fue alta en el primer trimestre del

año de marzo, abril y mayo pertenecientes a la temporada seca que alcanzó un promedio de 261 ppm, sin embargo entre los valores promedio (ANOVA, $F_{11,60} = 1.79$, $p = 0.07$) no hubo resultados significativos. Las altas concentraciones de oxígeno pudieron deberse a que los organismos fotosintéticos aprovecharon las cantidades óptimas de luz y temperatura. El cuatrimestre siguiente de julio a septiembre abarcó la temporada de lluvias y el promedio cayó hasta 150 ppm, mientras que en los últimos meses del año el promedio alcanzó las 271 ppm. En estos últimos meses se registraron las temperaturas más bajas del año que facilitaron el incremento de solubilidad del oxígeno (Fig. 4).

El pH nos indica que tan básico o ácido es un sistema. Cuando el pH es mayor a 7 el medio es básico esto quiere decir que hay mayor concentración de iones hidroxilo en el agua, cuando el pH es menor a 7 es un medio ácido y esto representa que la cantidad de protones en el medio es alta. Cuando los iones hidroxilo y protones se igualan el pH en el medio es de 7, es decir se neutraliza, la variación de estos valores son un factor determinante para la vida en los cuerpos de agua. En la figura 8 se pueden observar los valores de pH durante el año y se aprecia que durante el primer semestre del año las variaciones se mantuvieron entre 7.8 y 7.9 mientras que en el mes de agosto se empezó a basificar más el medio, durante la temporada de lluvias. En septiembre se alcanzó el punto más básico del año que fue de 8.4. El pH al igual que la temperatura disminuyó en enero, regresó a los 7.8 y se mantuvo hasta febrero. Los valores promedio mostraron diferencias significativas (ANOVA, $F_{11,60} = 17.17$, $p = 1.10$).

Abundancia de las especies

Se reconocieron un total de seis especies de cladóceros (ANEXO 1): *Bosmina (B.) longirostris* (O. F. Müller, 1776), *Daphnia parvula* Fordyce, 1901, *Moina micrura* Kurz, 1874, *Pleuroxus aduncus* (Jurine, 1820), *Scapholeberis kingi* G. O. Sars, 1888 y *Simocephalus vetulus* (O. F. Müller, 1776).

La especie *Bosmina longirostris* (Fig. 9), fue una especie que se encontró durante marzo, abril, mayo, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2008, y en enero y febrero de 2009. Registró su abundancia más alta en el mes de mayo que fue de 25 ind L⁻¹, y la menor en los meses de agosto, septiembre y octubre con 1 ind L⁻¹. Las abundancias mayores de esta especie se registraron durante los tres primeros meses de muestreo, su crecimiento poblacional se vio favorecido por las altas temperaturas que se presentaron en este trimestre, pues la especie tiene preferencia por climas tropicales y

subtropicales, incluso durante este mismo tiempo el número de partículas en suspensión en la columna de agua se incrementó y la especie también se caracteriza por la preferencia de sistemas que tienden a la eutrofización. Son organismos litorales que viven asociados a las raíces de las macrófitas que aparecen en forma regular en esta zona. La especie no se reportó durante el primer y segundo mes de la temporada de lluvias (junio y julio), pero para agosto resurgió y se mantuvo entre 1 y 2 ind L⁻¹ hasta el mes de diciembre. En enero y febrero de 2009 con el incremento gradual de la temperatura, ligera acidificación del medio y disponibilidad de oxígeno, la abundancia de *Bosmina longirostris* se vio favorecida (Figs. 4, 6, 7 y 8).

La especie *Pleuroxus aduncus* se registró durante todo el año, su abundancia más alta se presentó en el mes diciembre con 80 ind L⁻¹, y la más baja en el mes de octubre con 33 ind L⁻¹ (Figura 10). Ciertamente es una especie adaptable y resistente que soportó cambios de temperatura, fluctuaciones en el pH, variaciones en la disponibilidad de oxígeno, depredación, alteraciones en el nivel del agua y otros cambios bióticos en el sistema, ya que su abundancia fue variable durante todo el año. Careció de una tendencia específica que permitiera determinar las condiciones óptimas para la especie pero se puede inferir que le favorecen las bajas temperaturas y el pH básico e incluso la disminución de partículas en suspensión en la columna de agua. Su abundancia más baja se presentó en el mes de octubre que en general fue el menos abundante, *Pleuroxus aduncus* es una especie litoral, adaptada a sustratos sólidos con poca capacidad natatoria estas características le permiten hacer de las pozas de agua de la Cantera Oriente un medio adecuado para su proliferación.

En la figura 11 se puede ver la abundancia de la especie *Moina micrura* durante todo el año de muestreo en la figura 11, donde se puede observar que estuvo presente durante marzo, mayo, julio, agosto de 2008 y enero de 2009. El registro de abundancia mas alto de esta especie fue durante el mes de marzo con 7 ind L⁻¹, otro mes que presentó una abundancia alta fue en julio con 5 ind L⁻¹. La abundancia más baja se presenta durante los meses de mayo y agosto de 2008 y enero de 2009 con 1 ind L⁻¹. El registro más alto se presentó durante el mes más cálido del año, probablemente porque es una especie típica de regiones tropicales y subtropicales, y su tasa de crecimiento y ciclo de vida están sujetos a la temperatura (Hutchinson 1967, Margalef 1983). La abundancia que presentó en el mes de julio fue alta porque los parámetros presentaron

cierto equilibrio que se había visto perturbado en el mes anterior con el inicio de la temporada de lluvias. Mientras que su abundancia más baja se presentó en los meses que la temperatura fue gradualmente en descenso.

La especie *Scapholeberis kingi* se encontró durante casi todo el año de muestreo con excepción del mes de junio que coincide con la entrada de la temporada de lluvias. La abundancia más alta se registró en el mes de enero de 2009 con 24 ind L⁻¹, mientras que la abundancia menor se mostró durante los meses de mayo, septiembre y octubre de 2008 con 1 ind L⁻¹ (Fig. 12). En el mes de enero de 2009 se encontró una de las más bajas temperaturas del año, la turbidez en la columna de agua y la disponibilidad de oxígeno también fueron bajas. Estas condiciones favorecen a las características de esta especie ya que es de tipo neustónica, es decir que son organismos que viven sobre y debajo la película de agua, específicamente esta especie presenta un dispositivo hidrófugo en la parte posterior del caparazón (Margalef, 1983), que le permite adherirse a la película de agua que se crea por la tensión superficial que se vuelve mas resistente a temperaturas frías, ya que esto confiere mayor viscosidad en el agua y puede influir en la preferencia de la especie por las épocas frías del año.

La especie *Simocephalus vetulus* estuvo presente en seis meses del año de muestreo y registró su abundancia más alta durante el mes mayo con 11 ind L⁻¹, y la más baja en el mes de septiembre con 1 ind L⁻¹ (Fig. 13) La abundancia mayor de la especie durante el año se presentó en los meses con temperaturas elevadas. Esta especie es característica de la zona litoral asociada a la vegetación enraizada de ambientes eutróficos. Es encontrada principalmente en climas tropicales y en cuerpos de agua pequeños estancados o corrientes (Margalef, 1983) condiciones y características presentes en las pozas de agua de la Cantera Oriente.

Daphnia parvula se presentó únicamente durante dos meses del año de muestreo, que fueron diciembre de 2008 con 3 ind L⁻¹ y en enero de 2009 con 2 ind L⁻¹ (Fig. 14). La especie se desarrolló en la temporada más hostil del año donde la temperatura registrada fue la más baja además se dio un cambio de pH de básico a ligeramente ácido como se mantuvo la mayor parte del año (Fig. 8). Las partículas en suspensión fueron bajas, y la disponibilidad de oxígeno fue favorable. Esta especie tiene en las pozas de agua de la Cantera Oriente condiciones adecuadas para desarrollarse exitosamente, ya que es un organismo típico de aguas mesoeutróficas estancadas, poco profundas,

subtropicales, donde toma ventaja de la reducida competencia entre las poblaciones ya establecidas en este tipo lagos (Flössner, 2000).

Índice de diversidad y equitatividad de las especies

En los datos del índice de Diversidad de Shannon-Wiener (Fig. 14) se pudo ver que durante los tres primeros meses del muestreo que abarcaron la temporada seca del año, la diversidad se mantuvo en un intervalo de 1.58 a 1.59 bits. Durante junio con la entrada de la temporada de lluvias mostró su registro más bajo durante el año que fue de 0.22 bits, para julio y agosto se encontraron las diversidades más altas que fueron de 2.09 bits, el último cuatrimestre de 2008 registró la temporada mas fría del año de muestreo y la diversidad mantuvo un intervalo de 0.61 bits a 1.45 bits. El inicio del año 2009, es decir en enero se mostró una diversidad de 1.21 bits que finalmente se incrementó a 1.53 bits para el mes de febrero.

Es de notar que donde más disminuyó la diversidad de cladóceros fue en junio que marcó el inicio de la temporada de lluvias y también cuando se registraron las más bajas temperaturas en el medio (Fig. 4). Por el contrario donde se incrementó primordialmente la diversidad fue en los dos meses subsecuentes del inicio de las lluvias que fueron julio y agosto, donde incluso se presentó la mayor profundidad de las pozas en el año (Fig. 3).

La equitatividad mostró que las especies encontradas en el año de muestreo tuvieron una abundancia similar (Fig. 15). La equitatividad más baja (0.22 Hmax) se registró en el mes de junio de 2008, que coincidió con la temporada de lluvias, seguida por la de noviembre (0.38 Hmax) y la de diciembre (0.32 Hmax), estos dos últimos meses tuvieron las temperaturas más bajas del año de muestreo (figura 4). La equitatividad más alta se presentó en el mes de febrero de 2009 (0.98 Hmax), durante este mes los parámetros fisicoquímicos comenzaron a tener una estabilidad, ya que los periodos de temperaturas bajas y la temporada de lluvias habían terminado.

Frecuencia de aparición y abundancia de las especies

El diagrama de Olmstead-Tükey (Fig. 16) muestra que las especies dominantes son *Pleuroxus aduncus*, *Bosmina longirostris* y *Scapholeberis kingi*, las tres especies se encontraron en las seis estaciones de muestreo al mismo tiempo incluso en diferentes períodos y con variedad en sus abundancias. No se encontraron especies temporales en el sistema. Entre las especies raras están *Simocephalus vetulus*, *Moina micrura* y

Daphnia parvula, las dos primeras llegaron a estar en el sistema en los mismos meses. Tampoco se encontraron especies constantes. *M. micrura* sólo estuvo presente en las estaciones 1, 2, 4 y 5; *S. vetulus* estuvo presente en todas las estaciones muestreadas y *D. parvula* apareció solamente en las estaciones 1, 4, 5, 6.

Análisis de correlación

El análisis de correlación (Tabla 1) representa la influencia de los parámetros físicos y químicos determinados en este estudio sobre la abundancia de las especies de cladóceros encontradas. Se encontraron resultados significativos con *Bosmina longirostris* respecto a la profundidad con una correlación de 0.740, y una significancia de $p=0.006$, eso quiere decir que el organismo tuvo preferencia por determinada profundidad en el sistema. También la turbidez tuvo una influencia con correlación de 0.598 y significancia de $p=0.040$ que permitió ver que *Bosmina longirostris* se ve afectada por el incremento o disminución de las partículas suspendidas en la columna de agua. La temperatura se correlaciona negativamente con la abundancia *Scapholeberis kingi*, *Pleuroxus aduncus* y *Daphnia parvula* y positivamente con las de *Simocephalus vetulus*, *Moina micrura*, *Bosmina longirostris*. La profundidad se correlaciona negativamente con *Scapholeberis kingi*, *Pleuroxus aduncus* y *Simocephalus vetulus*, la turbidez no es un parámetro que afecte a todas las especies, exclusivamente a *B. longirostris*. El pH afecta a todas las especies, ya que todas las relaciones muestran valores negativos. La concentración de oxígeno y el porcentaje de saturación de oxígeno afectan negativamente a *Moina micrura* y *Scapholeberis kingi* y a las demás especies las beneficia.

Gráficas elaboradas de los datos obtenidos

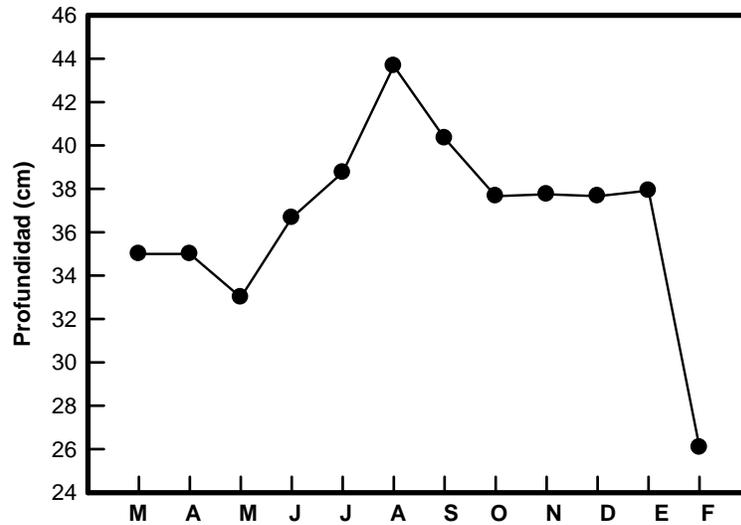


Figura 3. Profundidad (cm) promedio registrada en el año de muestreo de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, México.

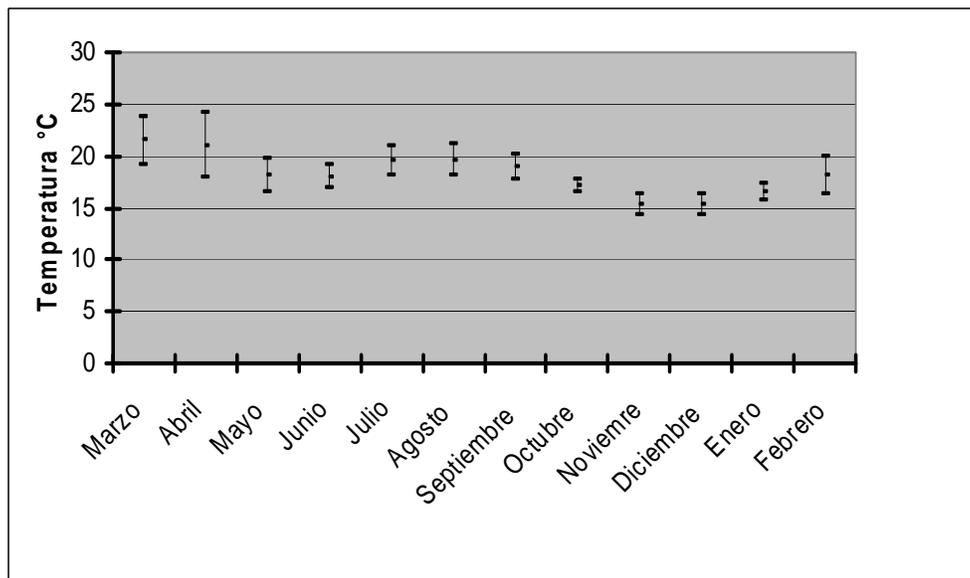


Figura 4. Temperatura (°C) promedio registrada de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, México.

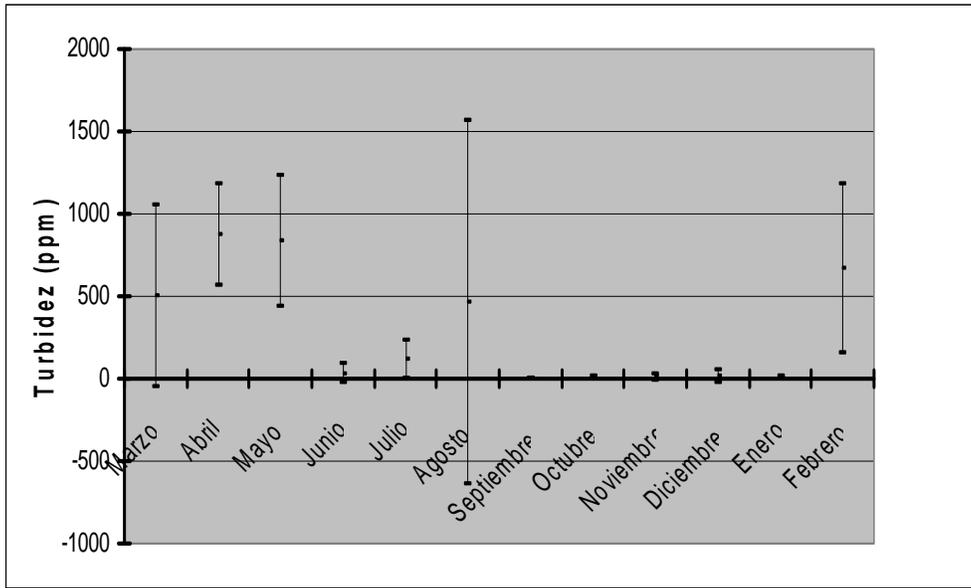


Figura 5. Turbidez (ppm) promedio registrada de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, México.

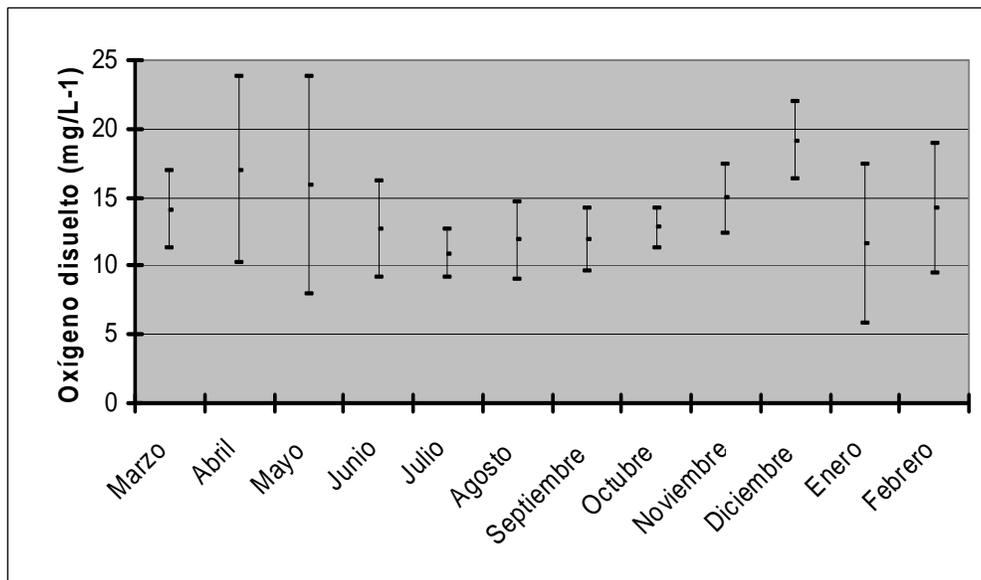


Figura 6. Oxígeno disuelto (mg/L^{-1}) promedio registrado de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, México.

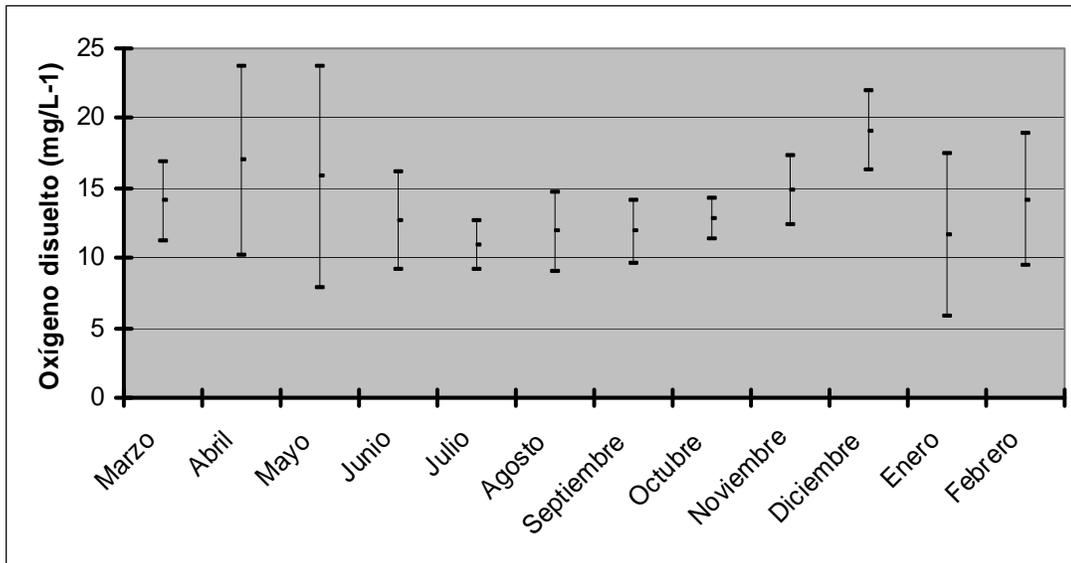


Figura 7. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto mg/L^{-1} promedio, de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, México.

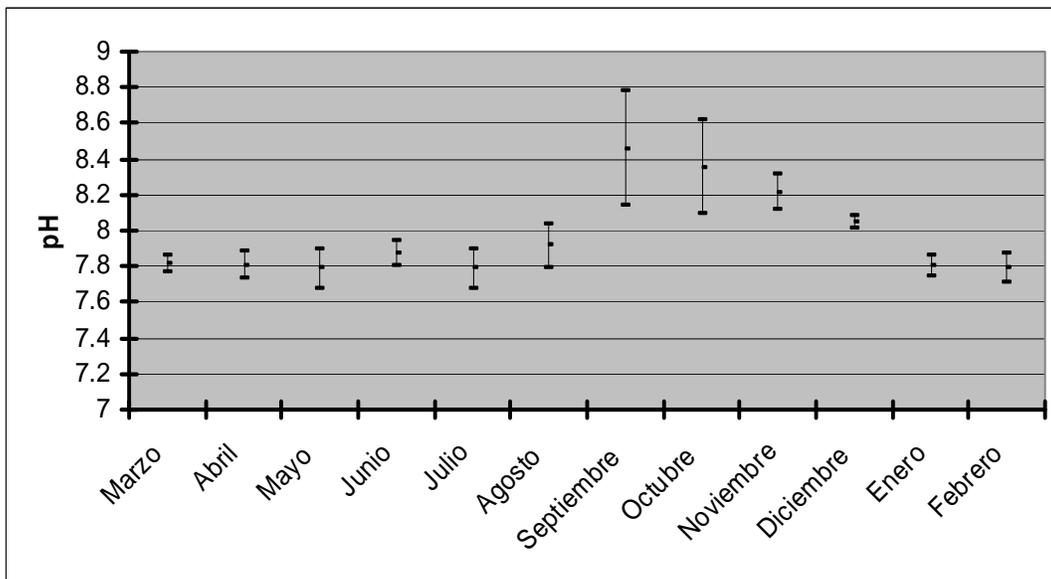


Figura 8. pH promedio de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, México.

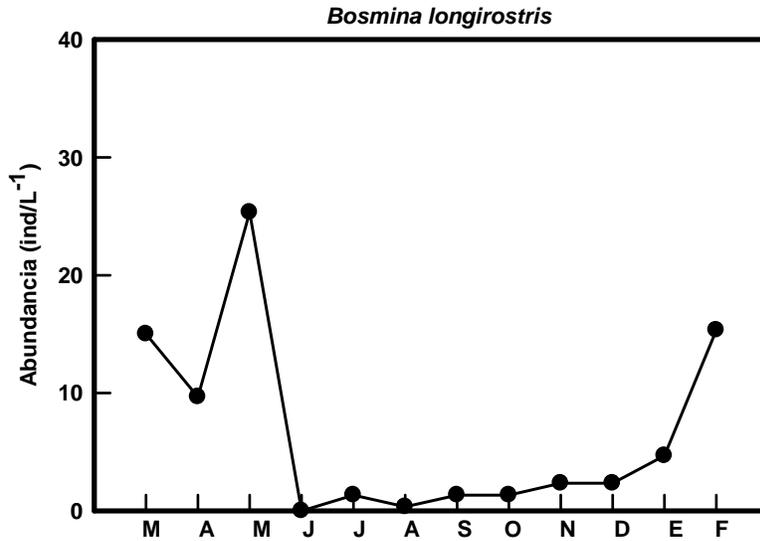


Figura 9. Abundancia de la especie *Bosmina longirostris*, durante los muestreos realizados de marzo de 2008 a febrero de 2009. En las pozas de agua de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, México.

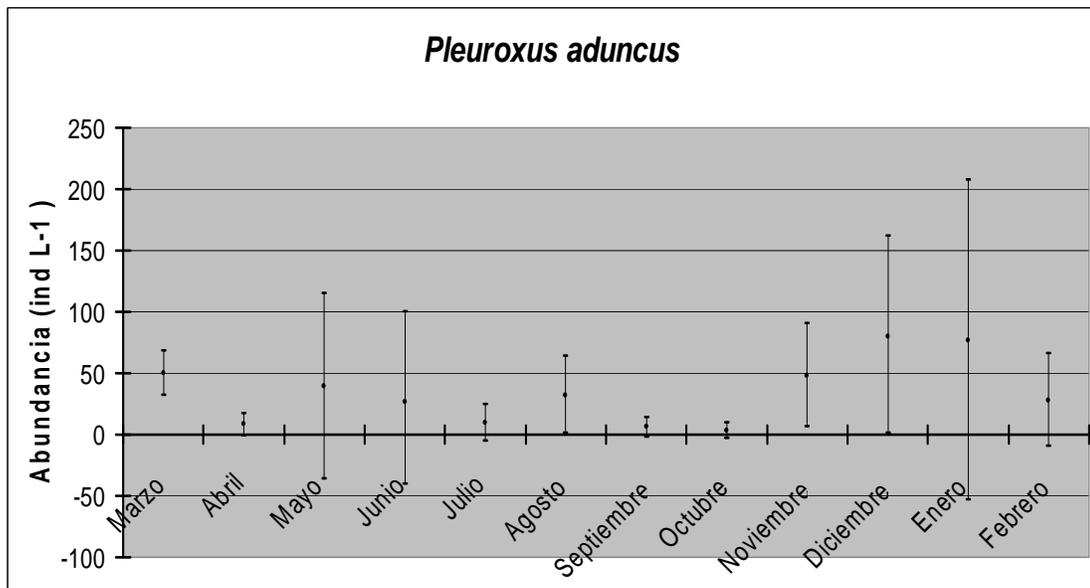


Figura 10. Abundancia de la especie *Pleuroxus aduncus* durante marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, México.

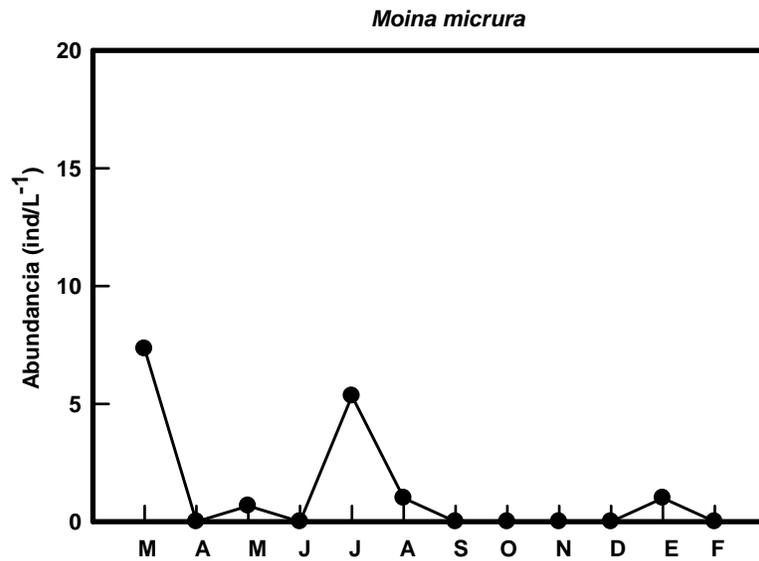


Figura 11. Abundancia de la especie *Moina micrura* durante los muestreos realizados de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, México.

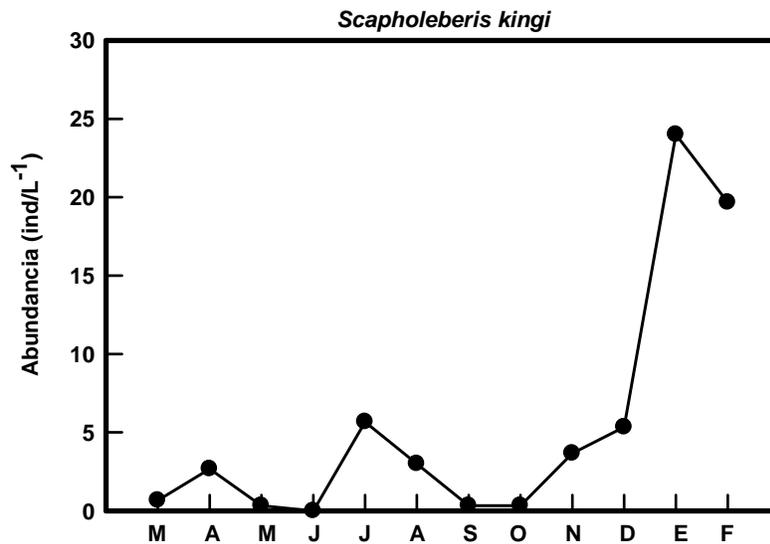


Figura 12. Abundancia de la especie *Scapholeberis kingi* durante los muestreos realizados de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, México.

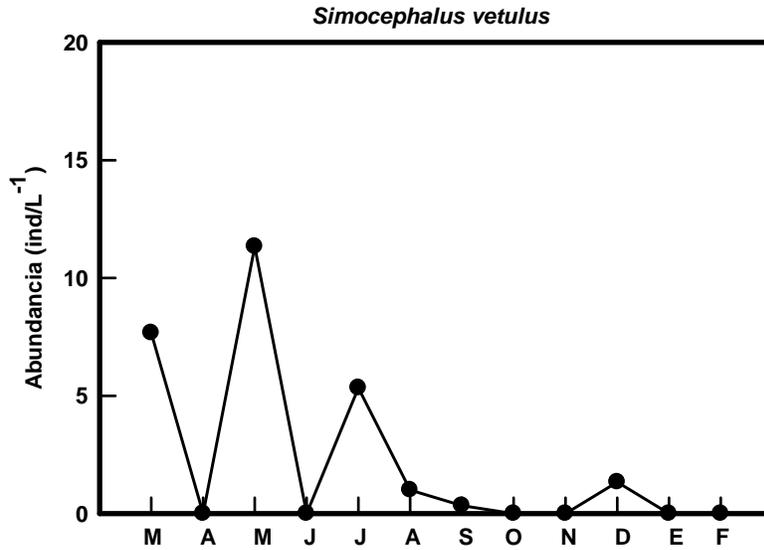


Figura 13. Abundancia de la especie *Simocephalus vetulus* durante los muestreos realizados de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, México.

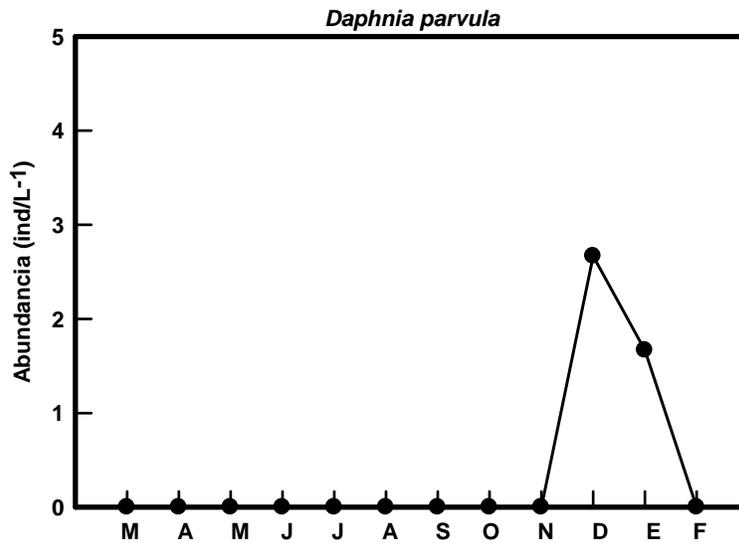


Figura 14. Abundancia de la especie *Daphnia parvula*, durante los muestreos realizados de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, México

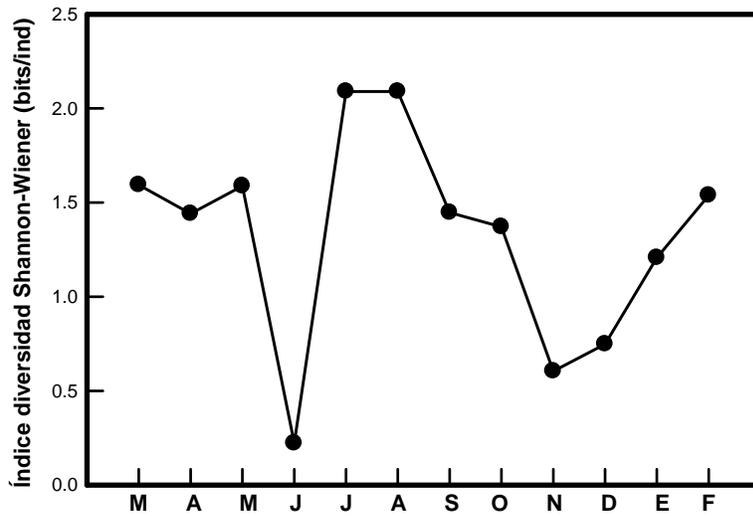


Figura 14. Índice de diversidad de Shannon –Wiener (H') de marzo de 2008 a febrero 2009 de las pozas de agua de la Cantera Oriente, México.

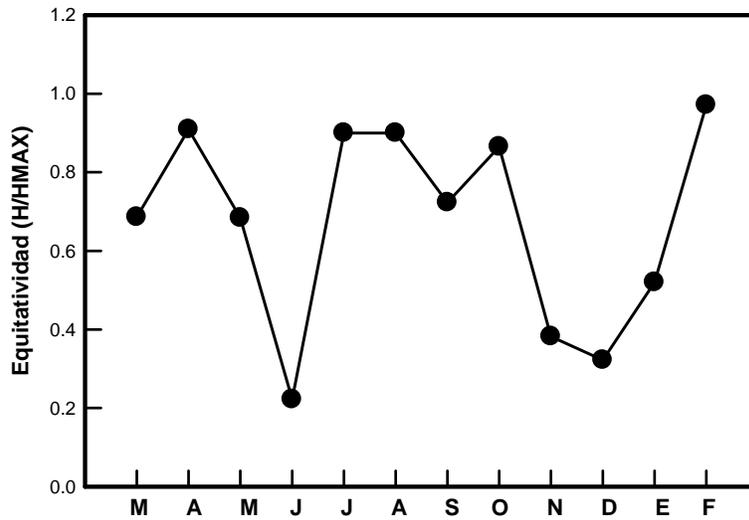


Figura 15. Equitatividad (H/H_{max}) de marzo de 2008 a febrero de 2009 en las pozas de agua de la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, México.

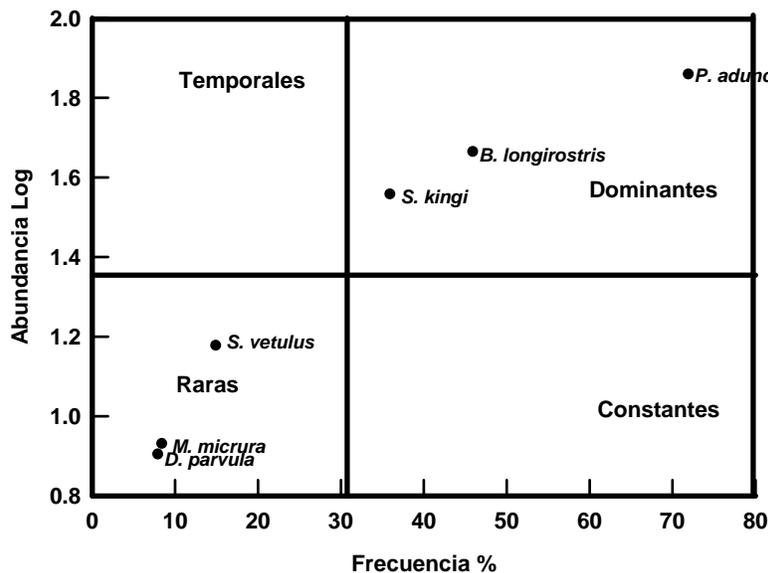


Figura 16. Diagrama de Olmstead-Tükey de las especies de cladóceros encontradas en las pozas de agua de la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, México.

| | Temperatura | Profundidad | Turbidez | pH | OD | %OD |
|-----------------------------|-------------|-------------|----------|---------|---------|---------|
| | 0.245 | -0.740 | 0.598 | -0.574 | 0.490 | 0.490 |
| <i>Bosmina longirostris</i> | p=0.442 | P=0.006 | P=0.040 | p=0.051 | p=0.105 | p=0.105 |
| | 0.528 | 0.029 | 0.287 | -0.214 | -0.247 | -0.247 |
| <i>Moina micrura</i> | p=0.077 | P=0.927 | P=0.365 | p=0.503 | p=0.437 | p=0.437 |
| | -0.352 | -0.126 | 0.142 | -0.433 | 0.317 | 0.317 |
| <i>Pleuroxus aduncus</i> | p=0.261 | P=0.696 | P=0.659 | p=0.159 | p=0.315 | p=0.315 |
| | -0.318 | -0.296 | 0.005 | -0.328 | -0.049 | -0.049 |
| <i>Scapholeberis kingi</i> | p=0.313 | P=0.349 | P=0.987 | p=0.297 | p=0.879 | p=0.879 |
| | 0.360 | -0.153 | 0.476 | -0.280 | 0.065 | 0.065 |
| <i>Simocephalus vetulus</i> | p=0.249 | P=0.635 | P=0.117 | p=0.377 | p=0.841 | p=0.841 |
| | -0.575 | 0.129 | -0.317 | -0.311 | 0.422 | 0.422 |
| <i>Daphnia parvula</i> | p=0.050 | p=0.688 | P=0.314 | p=0.324 | p=0.171 | p=0.171 |

Tabla 1. Análisis de correlación entre la abundancia de las especies y los factores abióticos determinados de marzo de 2008 a febrero de 2009, en las pozas de agua de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, México.

DISCUSIÓN

La Cantera Oriente forma parte de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, en ella se encuentra un sistema lacustre formado por cinco pozas de agua que presentaron una profundidad promedio de 37 cm durante el año de muestreo. Las pozas se caracterizan por ser polimícticas cálidas, esto quiere decir que la columna de agua se mezcla varias veces durante el día y presenta baja diferenciación entre el epilimnio, metalimnio e hipolimnio. Su ubicación geográfica las coloca entre las zonas biogeográficas neártica y neotropical, conocida también como subtropical (Begon, 1988). Las pozas presentaron un promedio mínimo de temperatura de 14°C y el promedio anual fue de 18°C, lo que las ubica como aguas subtropicales (Esteves, 1988; Lewis, 1966). Estos cuerpos de agua no se comportan prácticamente como cuerpos de agua en zona templada lo que podría pensarse por su latitud de 19° 31' latitud norte, 99° 17' longitud oeste y por la altitud a la que se encuentran (2240 msnm), pues presentan características fisicoquímicas de un lago de zona subtropical y en menor medida de una templada (Wetzel, 1981; Serruya y Pollingher, 1983).

Durante el año de muestreo se observó un color aparente verde en las pozas que dejó ver la eutrofización en el sistema ocasionado por un evidente crecimiento de fitoplancton y cianobacterias característico de cuerpos de agua tropicales (Sarma *et al.*, 2005). Las pozas se encuentran rodeadas por pastos y vegetación que para su mantenimiento son tratados con fertilizantes que están elaborados con nitrógeno, fósforo y potasio (Lampert, 1997). Estos nutrientes llegan a las pozas por medio del escurrimiento pluvial y de riego generando la proliferación del fitoplancton, esto a su vez provoca que el dióxido de carbono sea requerido en una elevada medida por la demanda de los organismos fotosintéticos disminuyendo así los protones del medio, y volviendo el pH a una tendencia básica durante el año de muestreo. En los meses en que el medio fue más básico, la concentración de oxígeno disuelto en las pozas disminuyó, y por ende también su disponibilidad, ya que fue notable que estaba siendo consumido en alta medida por la fotosíntesis realizada en el medio.

Las partículas en suspensión en la columna de agua se presentaron en mayor medida durante la temporada seca del año, lo cual coincidió con la estación primaveral y favoreció los ciclos reproductivos de diferentes organismos que ocupan el agua como hábitat, medio de dispersión y excreción. Ejemplos de estos son bacterias, plantas que

depositan sus semillas, hojas y esporas, así como otros habitantes como aves, mamíferos y artrópodos, que con sus mudas, excretas y su actividad diaria contribuyeron al depósito de estas partículas. Otros factores importantes que influyeron también en el acumulo de la materia en suspensión, fueron las condiciones climáticas, por ejemplo el viento, que en esa época del año tubo una mayor actividad y facilitó el depósito de estos materiales externos. Por lo tanto la turbidez osciló de 2 a 874 ppm. Una turbidez alta inhibe la productividad primaria, ya que la entrada de luz al sistema es menor y disminuye la fuente alimenticia de los cladóceros (Meneses, 1997) y de esta manera pudo afectar directamente a la diversidad y abundancia de estos microcrustáceos.

La concentración oxígeno disuelto se vio disminuida por el aumento en la profundidad que va ligado con la entrada de la temporada de lluvias que incrementó la liberación de materia orgánica en el cuerpo de agua y así la demanda de oxígeno para degradación. En el periodo de las temperaturas más bajas aumenta la disponibilidad del oxígeno debido a que estas facilitan la disolución de los gases en el agua (Esteves, 1988)

En general en todo el año de muestreo se presentó una sobresaturación de oxígeno en el agua que pudo ser posible por la actividad de los organismos fotosintéticos en el sistema eutrófico y a el continuo movimiento del agua por el viento, por lo tanto el promedio de oxígeno disuelto fue de 14 mg/L^{-1} y el % de oxígeno disuelto de 196 mg/L^{-1} . Las altas concentraciones de oxígeno disuelto en el medio pueden ser son desfavorables pues pueden generar una condición denominada como “gas bubble disease” o enfermedad de la burbuja de gas que afecta a los organismos acuáticos como peces e invertebrados provocando la formación de burbujas en los tejidos y capilares que pueden inducir anoxia y con ello la muerte. Se ha documentado que *Daphnia* es susceptible a este fenómeno aunque los efectos difieren (Cole, 1979). Lo que podría explicar en parte la ausencia o bajas abundancias de los cladóceros durante determinados periodos.

La caracterización ambiental del sistema lacustre de la Cantera Oriente es similar a la de diversos lagos de México, con particularidades tropicales y subtropicales tales como las presentes en el lago Huetzalin en Xochimilco (Enríquez, 2009), lago de Chapultepec (Muro, 1994), lago Nabor Carrillo (Martínez, 1993), ya que en estos estudios hay registros de temperaturas que van de los 14 hasta 20°C , pH de 6.5 hasta

11.9 profundidad de 50 cm (Enríquez, 2009), registros de oxígeno disuelto que oscilan de 0.33 a 13.6 mg/L⁻¹. Las condiciones de eutrofización también son semejantes y las especies de cladóceros en común con las registradas en las pozas de agua de la Cantera Oriente, son *Moina micrura*, *Simocephalus vetulus*, *Scapholeberis kingi* y *Pleuroxus aduncus*.

La abundancia y la diversidad de los cladóceros en las pozas

La especie más abundante fue *Pleuroxus aduncus* exponiendo la mayor abundancia durante diciembre de 2008, seguida por *Bosmina longirostris* que se presentó primordialmente en mayo de 2008, *Scapholeberis kingi* con su registro más alto en enero de 2009, *Simocephalus vetulus* que mostró su máximo en marzo de 2008, *Moina micrura* resaltó también en marzo de 2008 y por último *Daphnia parvula* mostrando su abundancia mayor en diciembre de 2008.

Enero de 2009 se registró como el mes con más abundancia de especies durante de todo el año de muestreo, se presentaron cinco de las seis especies, excepto *S.vetulus*, mientras que octubre de 2008 que coincide con el término de la temporada de lluvias y el descenso de la temperatura, fue el de menor abundancia y en donde se encontraron únicamente la mitad de las especies registradas *B.longirostris*, *P.aduncus* y *S.kingi*. Se pudo observar que en enero se presentaron con cierta estabilidad los parámetros fisicoquímicos que beneficiaron la presencia y abundancia de los cladóceros. La época de lluvias había terminado junto con la temporada seca y la temperatura comenzó a incrementarse gradualmente, lo que favoreció las condiciones del medio en las pozas.

La estación que presentó las abundancias más altas fue la número 5 mientras que la más baja fue la estación 3. En la estación 5 se pudo ver un color verde aparente que mostró su condición eutrófica, había vegetación enraizada poca circulación de agua y menos visibilidad ante los depredadores. En la estación 3 el agua fue transparente en todo momento, poca vegetación enraizada, el agua se encontraba en constante circulación y cerca de una bomba para extracción de agua, estas condiciones son poco favorables para los cladóceros.

Las variaciones en las abundancias fueron acordes con respecto a las características morfológicas y fisiológicas de cada una de las especies, los cladóceros son organismos

que se presentan en hábitats diversos con condiciones ambientales hostiles y en ocasiones extremas (Sarma, 2005). Como se pudo ver en el caso de *Pleuroxus aduncus* que es un cladóceros litoral (Villalobos, 2006) y fue la única especie que estuvo presente durante todo el año, únicamente con fluctuaciones en su abundancia. En otros estudios esta especie no se reporta a la especie como dominante (Enríquez, 2009), probablemente debido a que la extensión y aislamiento de los lugares de estudio es diferente, pues en cuanto a caracterización fisicoquímica las pozas de la REPSA y el lago Huetzalín en Xochimilco, fueron semejantes. Es un organismo resistente, adaptable y sólo se vio ligeramente afectado ligera y ocasionalmente por la turbidez y disponibilidad de oxígeno. Una característica morfológica importante, es que posee un caparazón duro que le pudo conferir ciertos beneficios ante el medio en que se encuentra además de la adaptación ventral a los sustratos sólidos (Hutchinson, 1993) que probablemente se presenten en las pozas de la cantera provenientes del manto freático.

En el caso de *Bosmina longirostris* se mantuvo constante prácticamente todo el año exceptuando el mes de junio, es una especie de distribución muy amplia, asociada a ambientes eutróficos, vegetación enraizada y aguas tropicales o cálidas (Carvalho, 1983; Armengol, 1978; Alonso, 1985; Margaritota, 1985), evidentemente adaptable y resistente a las condiciones del medio de las pozas, se vio afectada negativamente por la profundidad y positivamente por la turbidez. A pesar de ser una especie de distribución extensa no se había reportado en estudios previos para lagos del distrito federal, ni para los cercanos al Valle de México (Martínez, 1993; Elías-Gutiérrez, 1995; Muro, 1994; Enríquez, 2009). Elías-Gutiérrez, *et al.* (2008), la registra para el Distrito Federal pero no detalles de su localización.

La abundancia de *Scapholeberis kingi* imperó durante los meses más fríos del año que fueron diciembre y enero. Es una especie neustónica que tiene un dispositivo hidrófugo en la parte posterior del caparazón que le permite adherirse a la película formada por la tensión superficial del agua (Margalef, 1983) que se vuelve más resistente con las temperaturas más bajas ya que esto aumenta la viscosidad de los líquidos que permite que esta película se torne más rígida. De esta manera las bajas de temperaturas le favorecen ante su adaptación, ya que se vio afectada por los cambios de esta y otros factores mas como la turbidez en el agua y las concentraciones de oxígeno disuelto se reportó también para el estudio de Enríquez (2009), registrándola para los

meses de noviembre, diciembre, enero y febrero que coincide con los meses de mayor abundancia para la especie en las pozas de la Cantera Oriente y que también son los meses con baja temperatura.

Daphnia parvula es otra especie que apareció sólo en la temporada mas fría durante los meses de diciembre y enero. Esta especie es típica de aguas eutróficas y poco profundas (Flösner-Kraus, 1976), además es tolerante a una amplia gama térmica que va desde los 4° C hasta los 20° C, tiene preferencia por aguas estancadas que le permiten tomar ventaja de la reducida competencia establecida en las poblaciones permanentes (Orcutt, 1983; Riccardi *et al.*, 2004). Esta especie no había sido reportada previamente para cuerpos de agua en el Distrito Federal.

Entre las especies identificadas se encontró también a *Simocephalus vetulus*, es un cladócero litoral de distribución muy amplia asociado a la vegetación enraizada, se encuentra tanto en regiones tropicales como templadas (Sarma *et al.*, 2005), también se llega a encontrar en ambientes eutróficos (Perrin, 1988). Estuvo presente durante los meses de mayor temperatura del año. En el estudio de Enríquez (2009) realizado para el lago Huetzalin, se reportó a *S. vetulus* que posee características subtropicales en un intervalo de temperatura entre 14 °C y 24°C, con un rango de pH de 6.5 hasta 11.9, la profundidad promedio de 36 cm y con una sobresaturación de oxígeno en el medio, la especie se registró para este estudio en los meses de noviembre, diciembre y enero. Aunque estas condiciones fisicoquímicas son muy similares a las de las pozas, la especie fue registrada en épocas prácticamente diferentes es decir durante marzo, mayo, julio, agosto y sólo coincidió con presencia con el mes de diciembre en ambos estudios.

Otra especie que estuvo presente en los meses con más altos registros de temperatura fue *Moina micrura*, posiblemente se debió a que es una especie tropical y su ciclo de vida fluctúa con respecto a la temperatura (Murugan, 1975), en experimentos realizados previamente con el efecto de la temperatura en esta especie muestra una longevidad prolongada a los 20 °C, habita desde lagos de grandes extensiones hasta cuerpos de agua someros. En el estudio de Muro (1994) donde también se reportó esta especie se encontró en una temperatura que osciló entre los 14 y 21°C, con un pH de entre 8 y 9, una concentración de oxígeno que fue de 9.6 a 13.1 mg/L⁻¹, en el presente trabajo se registraron temperaturas entre los 14 y 24°C, un pH de 7.6 a 8.5, y también una concentración de oxígeno anual de 13.88 mg/L⁻¹. Los parámetros son muy

semejantes en ambas áreas de estudio lo que quiere decir que la especie tiene preferencias por temperaturas cálidas, es tolerante al medio basificado y a determinadas concentraciones de oxígeno elevadas.

El Índice de Shannon–Wiener alcanzó durante julio y agosto de 2008 los 2.090 bits, este valor se puede equiparar con estudios previamente realizados en lagos de México con condiciones fisicoquímicas similares a las de las pozas de agua de la Cantera Oriente como el llevado a cabo por Martínez (1993) en el lago Nabor Carrillo donde encontró tres especies de cladóceros, al siguiente año Muro (1994) en los tres lagos de Chapultepec halló cinco especies y Enríquez (2009) en el lago Huetzalin reunió un total de nueve especies. Algunos de los cladóceros encontrados en estos estudios coinciden con los identificados para las pozas como *Moina micrura* que se reportó en los estudios de Muro (1994) y Enríquez (2009), en este último también se encontraron *Simocephalus vetulus*, *Scapholeberis kingi*, y *Pleoroxus aduncus*, cabe mencionar que las condiciones ambientales observadas en el estudio de Enríquez son las de mayor similitud con el área de estudio del presente trabajo.

Las seis especies de cladóceros encontradas son notables con respecto al tamaño de las pozas. Los estudios realizados previamente han sido en cuerpos epicontinentales de mayor extensión a éstas, y en algunos casos se encontraron un menor número de especies. En otros estudios el número de especies reportadas fue mayor, como por ejemplo en el lago Huetzalin, donde se encontraron tres especies más pero tiene una extensión 55000 m², mientras que las pozas de agua de la Cantera Oriente suman un total de 11906.45 m². En el presente estudio se podría considerar que es bajo el número de especies de cladóceros identificadas pero este fenómeno ha sido estudiado con anterioridad en lagos con características tropicales, considerando que la baja presencia de cladóceros suele ser típica debido a la temperatura y la disponibilidad de alimento que junto con la alta abundancia y diversidad de especies de rotíferos en el medio hacen que las poblaciones de cladóceros disminuyan (Lampert, 2007; Serruya y Pollinger, 1983; Sarma, 2005). Otro factor a considerar en los cuerpos de agua tropicales y subtropicales es que suelen ser regulares las condiciones de luz y temperatura, así las variaciones estacionales del plancton dependen del efecto de las lluvias, la temporada de secas e incluso de las mezclas que se dan en el agua (Harris, 1980).

Durante junio se pudo ver que en las especies hubo influencia ambiental con cierta estacionalidad primordialmente marcada en los cuerpos de agua templados ya que normalmente los modelos de estacionalidad han sido determinados para lagos templados y no se sobreponen a los cuerpos de agua tropicales. En tanto que los meses de muestreo son diferenciadas la épocas secas y de lluvias, fue en esta última donde la diversidad y abundancia de los cladóceros se ve disminuida casi por completo.

Los cladóceros responden en forma rápida a los cambios en la temperatura, depredación, tipo de alimento y a la competencia (Sommer, 1989; Dumont *et al.*, 1990; Gulati-De Mott, 1997). El análisis de correlación permitió ratificar y ampliar el conocimiento de los hábitos y rangos de tolerancia de las especies encontradas con respecto a los cambios fisicoquímicos en el medio que pueden influir en su abundancia presencia y ausencia. Mientras que la ANOVA aplicada permitió ver la variabilidad significativa entre los parámetros fisicoquímicos considerados.

De las seis especies de cladóceros encontradas, tres pertenecen a la Familia Daphniidae que es cosmopolita, y con una alta plasticidad fenotípica lo que le ha conferido la habilidad para habitar en cuerpos de agua templados y tropicales. Otra especie de las encontradas pertenece a la familia Bosminidae. Los dáfnidos y los bosmínidos se han diversificado de manera especial en el plancton y constituyen una fracción muy importante del zooplancton lacustre total (Margalef, 1983). Se ha registrado que la diversidad de cladóceros en la zona litoral es mayor que en la zona pelágica principalmente por la disponibilidad de recursos (Dumont y Negrea, 2002). Esto fue evidente en este estudio, ya que cuatro de las especies encontradas en las pozas presentan hábitos litorales *B. longirostris*, *S. vetulus*, *P. aduncus* y *D. parvula*, una es planctónica, *M. micrura* y *S. kingi* es neustónica (Margalef, 1983).

Los cuerpos de agua típicamente tropicales presentan principalmente especies de los géneros *Moina*, *Ceriodaphnia*, *Macrothrix* y *Diaphanosoma*, mientras que los templados suelen presentar *Daphnia*, *Bosmina*, *Leptodora*, *Bythotrephes* y *Cercopagis* (Sarma, 2005). Las pozas de agua de la Cantera Oriente por encontrarse en una zona subtropical con características ambientales particulares, es decir que en cierta época del año se presentan temperaturas bajas y por lo tanto características ambientales de lagos templados, mientras que en otra época del año la temperatura sube y se presentan

características ambientales de cuerpos de agua tropicales por ello se pudieron encontrar las especies de ambos tipos de ambientes.

Las pozas de agua de la Cantera Oriente pertenecen a un ecosistema con cierta estabilidad, que es proporcionada por el aislamiento de la zona conurbada conjuntamente con la preservación y mantenimiento por parte de la UNAM, ya que forman parte de la REPSA (Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel), sin embargo aunque esté alejada de considerables elementos que la pudiesen alterar no se pueden dejar de lado las interacciones bióticas del zooplancton como parte fundamental en la cadena trófica en las que están en el eslabón de consumidores primarios al alimentarse de algas y ser a su vez alimento de peces, otros crustáceos e insectos. Por parte de las interacciones abióticas se encuentran las características fisicoquímicas que son el producto de las interacciones ambientales, el conjunto de estas características marca condiciones para el desarrollo y asentamiento de la fauna acuática (Vidal *et al.*, 1994). Cabe mencionar que las pozas son un sistema que no se ve alterado por la alimentación de otras fuentes de agua, pues estos cuerpos de agua fueron creados por la excavación a la cantera hasta llegar al manto freático.

La diversidad es una expresión de la estructura que resulta de las interacciones entre los elementos del ecosistema que esta determinado por factores histórico-evolutivos y factores biótico-abióticos que actúan sobre cada especie (Margalef 1982; Odum 1986), y se divide en componentes que tienen un comportamiento consistente y endeble proporcionando una estima de la capacidad de conexiones internas o interacciones entre las especies de un ecosistema (Houston, 1994). El conjunto en las variaciones de los factores fisicoquímicos son esenciales para el desarrollo y asentamiento de los cladóceros en las pozas de agua de la Cantera Oriente, a su vez estos microcrustáceos contribuirán también en determinada manera al cambio fisicoquímico del ambiente.

CONCLUSIONES

- ❖ La temperatura más alta se presentó en abril con 24 °C, mientras que la concentración de oxígeno disuelto tuvo su concentración más alta en diciembre y fue de 19 mg/L⁻¹, estos fueron los parámetros que influenciaron en mayor medida en abundancia y variación de las especies de cladóceros reportadas.
- ❖ Los parámetros fisicoquímicos no presentaron estacionalidad marcada como la que llega a presentarse en lagos de regiones templadas, sin embargo se observó que las épocas de secas y de lluvias estuvieron bien determinadas, al igual que los lagos de las regiones subtropicales o tropicales.
- ❖ Se determinaron 6 especies de cladóceros *Pleuroxus aduncus*, *Bosmina longirostris*, *Scapholeberis kingi*, *Simocephalus vetulus*, *Moina micrura* y *Daphnia parvula*, en las pozas de agua de la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, México.
- ❖ Las especies más abundantes y frecuentes fueron *Pleuroxus aduncus* y *Bosmina longirostris*.
- ❖ De acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey las especies dominantes son *Pleuroxus aduncus*, *Bosmina longirostris* y *Scapholeberis kingi*, y las raras son representadas por *Simocephalus vetulus*, *Moina micrura* y *Daphnia parvula*.
- ❖ La única especie que presentó una correlación negativa con la profundidad y correlación positiva con la turbidez fue *Bosmina longirostris*, de acuerdo con el análisis de correlación.
- ❖ Los estudios en lagos tropicales deben de ser ampliados como parte del conocimiento de estos y sus características bióticas y abióticas.
- ❖ Se observó una mezcla de especies características tanto de cuerpos de agua templados como tropicales.

LITERATURA CITADA

- Allan A. J. 1996. *Stream Ecology; structure and function of running waters*. London, Chapman. Prentice Hall. 256 p.
- Alvarez F., Villalobos J. L., Elías-Gutiérrez M. y Rivera G. 2010. *Crustáceos dulceacuícolas y terrestres de Chiapas*. In: F. Alvarez (ed.), *Diversidad Biológica de Chiapas*. En prensa.
- Armitage K. B. 1961. Species composition and seasonal distribution of limnetic crustacean zooplankton Northeastern Kansas. *Transactions of the Kansas Academy of Science*. 64:1.
- Baev P. V. & Penev L. D. 1995. *Biodiversity: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. Versión 5.1. Pensoft, Sofia-Moscow. 57.
- Barnés R. D. 1989. *Zoología de los invertebrados*. Interamericana, México. 957 p.
- Barreiro-Güemes M. T., Meave-del Castillo M. E., Signorete-Poillon M. y Figueroa-Torres M. G. 2003. *Planctología Mexicana*. La Paz, Baja California Sur, México. Sociedad Mexicana de Planctología. 284 p.
- Begon M., Harper J.L y Townsend C. R. 1988. *Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades*. Ediciones Omega. 886 p.
- Belyaeva M. & Deneke R. 2007. Colonization of acidic mining lakes: *Chydorus sphaericus* and other Cladocera within a dynamic horizontal pH gradient (pH 3–7) in Lake Senftenberger See (Germany). *Hydrobiologia*. 594:97-108.
- Berrios, V. y W. Sielfeld. 2000. Superclase Crustacea. Guías de Identificación y Biodiversidad Fauna Chilena. *Apuntes de Zoología, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile*. 32 pp.
- Brehm, V. 1939. La fauna microscópica del Lago Petén, Guatemala. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. 1: 173-204.
- Brehm V. 1942. Plancton del lago de Pátzcuaro. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 3: 81-84.

- Brehm, V. 1953. Eine eigenartige *Bosmina* sp. *Venezuela Gesterr Akad Wiss Naturwiss. Ki. Sitzungsber.* 190: 214-217.
- Brehm V. 1955. Mexicanische entomostraken. Österreich Zoologie Zeitschrift *Osterr. ZOGL. Zeitschr.* 6: 412-420.
- Brewer A. & Williamson M. 1994. A new relationship for rarefaction. *Biodiversity and Conservation.* 3: 373-379.
- Brooks J. L. 1957. The systematics of North American *Daphnia*. *Arts & Science.* 13: 1-180.
- Brusca R. C. & Brusca G. J. 1990. *Invertebrates.* Sinauer. Incorporated. Publishers. Sunderland. 922 p.
- Cañizares-Villanueva R.O., Martínez-Jerónimo F. & Espinosa-Chávez F. 2000. Acute toxicity to *Daphnia magna* of effluents containing Cd, Zn, a mixturi Cd, Zn, after metal removal by *Chlorella vulgaris*. *Freshwater Biology.* 15: 160-164.
- Carvalho M. L. 1983. Efeitos da fluctacao do nivel da agua sobre a densidad composicao do zooplanton em um Lago de Varzea da Amazonia, Brasil. *Acta Amazonica.* 13: 715-724.
- Castañeda L. O. y Contreras F. 2004. *Bibliografía comentada sobre los ecosistemas costeros mexicanos.* Vol II: Litoral del Pacífico. CONABIO, UAM-I, CDELM, México 495p.
- Castellanos-Osorio I. y M. Elias-Gutiérrez 1999. Distribution and abundance of *Pseudevadne tergestina* Claus, 1877 in the Mexican Caribbean sea, with notes on its biology (Branchiopoda). *Artropoda selecta.* 8:59-65.
- Cervantes-Martínez A., 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. *Crustacean.* 73: 311-321.
- Cervantes-Martínez A. 1996. *Cladóceros del Estado de México, aportaciones sobre biología y sistematica.* Tesis Licenciatura (Biologo)-UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. 91p.

- Chacón T. A., M. R. Pérez-Munguía y E. Múzquiz-Urbe 1991. *Biología Acuática I. Síntesis limnológica del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, 48 p.
- Ciros-Pérez J. 1994. *Biodiversidad de cladóceros (Crustacea: Branchiopoda) del Estado de México*. Tesis Licenciatura (Biologo)-UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. 78p.
- Ciros-Pérez J. y Elías-Gutiérrez M. 1996. Nuevos registros de cladóceros (Crustacea: Anomopoda) en México. *Revista de Biología Tropical*. 44: 279-304.
- Ciros-Pérez J., y M. Elías-Gutiérrez 1997. *Macrothrix smirnovi* sp. nov. (Anomopoda: Macrothricidae) from Mexico, a member of the *M. triserialis*-group. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 110: 115-127.
- Ciros-Pérez J., M. A. Gutiérrez-Aguirre y A. Cervantes-Martínez 1997. A checklist of the littoral cladocerans from México, with descriptions of five taxa recently recorded from the Neovolcanic Province. *Hydrobiología*. 369: 63-73.
- Daniel W. W. 2002. *Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud*. Limusa Wiley. México, 755 p.
- De Bernardi R. & Peters R. 1987. Why Daphnia?. *Mem. Ist. Ital. Hydrobiology*. 45: 1-9.
- De Sellas A., Paterson M., Sweetman J. & Smol J. 2008. *Cladocera assemblages from the surface sediments of southcentral Ontario (Canada) lakes and their relationships to measured environmental variables*. 600:105-119.
- Del Castillo M. 1992. Comparación del rol de Cladóceros como Bioindicadores Estacionales: Laguna Alalay - Cochabamba. In: Los Recursos Hídricos en Bolivia y su Dimensión Ambiental. *AGID Geoscience series*. 20: 367-375.
- Dodson S. I. & Frey D. 1991. *Cladocera and other Branchiopoda*. In: *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academia Press. Inc. 723-786p.
- Dodson S. & T. Hanazato. 1995. Commentary on effects of anthropogenic and natural organic chemicals on development, swimming behavior, and

reproduction of *Daphnia*, a key member of aquatic ecosystems. *Environmental Health Perspectives*. 103: 7-11.

- Dodson, S. I. & Silva-Briano M. 1996. Crustacean zooplankton species richness and associations in reservoirs and ponds of Aguascalientes State, México. *Hydrobiología*. 325: 163-172.
- Dodson, S. I., Arbott S. E. & Cottingham K. L. 2000. The relationship in lake communities between primary productivity and species richness. *Ecology*. 81: 262-267.
- Dumont, H. J. & M. Silva-Briano, 2000. *Karualona* n.gen. (Anomopoda: Chydoridae), with a description of two new species, and a key to all known species. *Hydrobiologia* 435: 61-82.
- Dumont H. J. & Negrea S. V. 2002. *Introduction to the Class Branchiopoda Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Vol. 19*. Leiden : Backhuys Publishers . 398p
- Dumont H., M. Silva-Briano y K. K. S. Babu 2002. A reevaluation of the *Macrothrix rosea-triserialis* group, with the description of two new species (Crustacea Anomopoda: Macrothricidae). *Hydrobiología*. 467: 1-44.
- Elías-Gutiérrez M. 1982. *Contribución al conocimiento de los cladóceros del Estado de México, con algunas notas ecológicas*. Tesis Licenciatura (Biologo)-UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. 54p.
- Elías-Gutiérrez M. 1995. Notas sobre los cladóceros de embalses a gran altitud en el Estado de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. Vol.40. 214p.
- Elías-Gutiérrez M. y J. Ciro-Pérez 1997. *Spinalona anophthalma* (Anomopoda, Chydoridae) a blind epigeal cladoceran from the Neovolcanic Province of México. *Hidrobiologia*. 353: 19-28.
- Elías-Gutiérrez M. y E. Suárez-Morales 1998. Redescription of *Microdiaptomus cokeri* (Crustacea : Copepoda : Diaptomidae) from caves in central Mexico, with the description of a new diaptomid subfamily. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 111: 199-208.

- Elías-Gutiérrez M. y E. Suárez-Morales 1999. *Alona pectinata* (Crustacea: Anomopoda: Chydoridae), a new freshwater cladoceran from Southeast Mexico. *Revista de Biología Tropical* 47: 105-111.
- Elias-Gutiérrez M., J. Ciro-Pérez, E. Suárez-Morales y M. Silva-Briano 1999. The freshwater cladocera (Orders Ctenopoda & Anomopoda) of Mexico with comments of selected taxa. *Crustaceana*. 72: 171-186.
- Elias-Gutiérrez M., y Smirnov N. N. 2000. *Macrothrix martae*, a new (Crustacea: Anomopoda: Macrothricidae), a highly specialized macrothricid from Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 113: 652-660.
- Elías-Gutiérrez, M., Smirnov N. N, E. Suárez-Morales & N. Dimas-Flores, 2001. New and little known cladocerans (Crustacea : Anomopoda) from southeastern Mexico, *Hydrobiologia* 442: 41-54.
- Elias-Gutiérrez M, Suárez Morales E. ,Gutiérrez Aguirre M. A, Silva Briano M., Granados Ramírez, J. G., Garfías Espejo T. 2009. Guía ilustrada para identificación de Cladoceros y Copepodos de las aguas continentales de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. 293p
- Elías-Gutiérrez M. y M. Valdez-Moreno 2009. Una nueva especie críptica de *Leberis* Smirnov, 1989 (Crustacea, Cladocera, Chydoridae) procedente de una región semidesértica mexicana, evidenciada por los códigos de barras del ADN. *Hidrobiológica* 18(1): 63-74.
- Espinosa-Chávez F., Martínez-Jerónimo F. y Ramírez Granados R. 1992. Tasa de filtración y cultivo de *Moina macrocopa* (Crustacea: Cladocera) alimentada con *Scenedesmus incrassatulus* (Chlorophyceae) y estiércol vacuno digerido. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. 19: 137-142.
- Enríquez-García C. 2002. Efecto de varias dietas sobre el crecimiento poblacional de cladóceros (*Macrothrix triserialis*, *Alona rectangula* y *Chydorus shaericus*) y rotíferos (*Platyas quadricornis*, *Lecane quadridentata* y *Brachionus macracanthus*). Tesis Licenciatura (Biologo)-UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. 59p.

- Enríquez G. C. 2009. *Interacciones de los copépodos dentro de la estructura de la comunidad planctónica del Lago Huetzalin*. Tesis Doctoral (Doctora en Ciencias) UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. 175p.
- Esteves de Asis. 1988. *Fundamentos de limnología*. Río de Janeiro. 640p.
- Esteves F. A. 1988. Considerações sobre aplicação da tipologia de lagos temperados a lagos tropicais. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 2: 3-28.
- Flössner D. & K. Kraus. 1976. Zwei für Mitteleuropa neue Cladoceren-Arten (*Daphnia ambigua*, Scourfield, 1946, und *Daphnia parvula* Fordyce, 1901) aus Süddeutschland. *Crustaceana*. 30: 301-309.
- Flössner D. 2000. *Die Haplopoda und Cladocera Mitteleuropas*. Backhuys Publishers, Leiden. 428 p.
- Frey D. G. 1961. The taxonomic and phylogenetic significance of the head pores of the Chydoridae (Cladocera). *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie*. 44: 27-50.
- Frey D. G. 1982., Hurlbert S. H y. Villalobos Figuera A. *Cladocera*. In: *Aquatic Biota of Mexico, Central America and the West Indies*. San Diego State University, 1st edition. 177-186 p.
- Fryer G. 1987. A new classification of the branchiopod crustacea. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 91: 357-383.
- Gannon J.E, Stemberger R.S., 1978. - Zooplankton (especiallly crustaceans and rotifers) as indicators of water quality: *Trans. America Micra. Society.*, 97 :16-35.
- Gaston K. J. 1996. *Biodiversity: a biology of numbers and difference*. Blackwell Science, Oxford. González-Isaias y Elías-Gutiérrez M. 1988. Comportamiento de la población de *Bosmina longirostris* en las regiones limnéticas y litoral en el embalse Danxho. Estado de México. *Memorias del IX Congreso Nacional de Zoología*. 2: 190-198.
- Grant S. D. 2001. *Pennak's Freshwater Invertebrates of the United States*. John Wiley & Sons, Inc. Printed United States of America. 638p.
- Green, J. 1981. Cladocera. In: S. Hulbert, G. Rodríguez y D. Dos Santos (eds.), *Aquatic biota of tropical South America*. Part. 1. Arthropoda. San Diego State University, 1st edition. 5-11 p.

- Hanazato T. 1991. Effects of a Chaoborus – released chemical on *Daphnia ambigua*: reduction in the tolerance of the Daphnia to summer water temperature. *Limnology and Oceanography*.36: 165-171.
- Hudec, I. 2000. Subgeneric differentiation within *Kurzia* (Crustacea: Anomopoda: Chydoridae) and a new species from Central America. *Hydrobiologia* 435: 61–82.
- Hutchinson, G. E. 1967. *A treatise on Limnology. Vol II. Introduction to lake biology and the limnoplankton*. Wiley, Nueva York. 1115p.
- Hutchinson, G. E. 1993. *A treatise on limnology. The Zoobenthos*. Wiley. Vol. 4. 964p.
- Infante A. G. 1988. *El plancton de la Aguas Continentales*.Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D. C. 131 p.
- Jacobs J. 1961. Cyclomorphosis in *Daphnia galeata mendotae*, a case of environmentally controlled allometry. *Arch. Hydrobiology*. 58: 658-665.
- Jaczewski, T.& T. Wolski, 1931. Report on a zoological trip to Mexico in summer, 1929, Sprawozd. *Panzt. Mus. Zool. Zar.* 1929 Warsgawa 1931 27-33.
- Juday C. 1915. Limnological studies on some lakes in Central America. Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences. *Arts and Letters*. 18: 214-250.
- Kerfoot C. & Zaret R. 1980. The shape and swimming technique of *Bosmina longirostris*. *Limnologica Oceanography*. 25: 126-133.
- Korovchinsky N. M. 1992. *Sididae & Holopedidae*. SPB Academic Publishing Amsterdam, 82 p.
- Kotov, A. A. *Ilyocryptus smirnovi* . No publicado, 1. 1998. Ref Type: Art Work.
- Kotov A. A., M. Elías-Gutiérrez y Gutiérrez-Aguirre. 2001. *Ilyocryptus paranaensis inarmatus*. Subsp.nov.from. Tabasco, Mexico (Cladóceras, Anomophoda. *Crustaceana*. 74: 1067-1082.
- Kotov A. A., M. Elías-Gutiérrez y M. G. Nieto 2003. *Leydigia lousi lousi* Jenkin, 1934 in the Neotropics, *L. lousi mexicana* n.subsp. in the Central Mexican highlands. *Hydrobiologia*. 510: 239-255.

- Kotov, A. A., M. Elías-Gutiérrez & J. G. Granados-Ramírez 2005. *Moina dumonti* sp. nov. (Cladocera, Anomopoda, Moinidae) from southern Mexico and Cuba, with comments on moinid limbs. *Crustaceana*. 78: 41-57.
- Kraus, K., 1986. *Daphnia laevis tarasca* ssp. nov., a lake-dwelling subspecies of *Daphnia laevis* Birge, 1879 (Cladocera, Daphniidae) from Mexico. *Crustaceana* 50(3): 225-230.
- Krebs 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. Harla, México. 700 pp.
- Lampert W. y Sommer U. 1997. *Limnoecology*. The Ecology of Lakes and Streams. Oxford University Press, New York. 382p.
- Lewis B. 2000. Basis for the protection and management of tropical lakes. Lakes and Reservoirs. *Research and Management*. 5: 35-48
- López-López E. y Serna-Hernández J. A. 1999. Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. *Biología tropical*. 47: 643-657.
- Lot A. 2007. *Guía Ilustrada de la Cantera Oriente, caracterización ambiental e inventario biológico*. Universidad Nacional Autónoma de México de Primera edición. 253p.
- Magurran A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, N. J. 179p.
- Margalef R. 1983. *Limnología*. Omega. Barcelona. 1010p.
- Margalef R. 1976. *Ecología Marina. Ritmos, Fluctuaciones y Sucesión Estacional*. Investigaciones Marinas de Margarita, Caracas, Venezuela, In: Fundación La Salle de Ciencias Naturales 492p.
- Margalef R. 1989. Condiciones de aparición de la pulga de mar y presiones de selección sobre sus componentes Cuadernos da área de Ciencias Marinas. *Seminario de Estudios Gallegos*. 13:20- 4
- Margalef R. 1995. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona. 950p.
- Martínez-Tejeda B. 1993. *Contribución al estudio de cladóceros y copépodos del Lago Nabor Carrillo, Estado de México*. Tesis Licenciatura (Biología)-UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. 72p.

- Méndez M. y Comin F. A. 1985. Variación estacional del zooplancton en las lagunas costeras del Delta del Ebro. *Ecología Acuática*. 8: 47-50.
- Meneses Junco L. 1997. Estructura de la comunidad de cladóceros en la Laguna Alay (Cochabamba, Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*. 3: 47-59.
- Michael R. G. y Frey, D. G. 1984. Separation of *Disparalona leei* (Chien,1970) in North America from *D. rostrata* (Koch, 1841) in Europe (Cladocera, Chydoridae). *Hydrobiologia*. 114: 81-108.
- Muro-Cruz G. 1994. *Contribución al conocimiento de la distribución y abundancia de los cladóceros en los tres lagos de Chapultepec*. Tesis Licenciatura (Biologo)-UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. 80p.
- Murugan N. 1975. Egg production, development and growth in *Moina micrura* Kurz (1874) (Cladocera: Moinidae). *Freshwater Biology*. 5: 245-250.
- Nuñez M. y Hurtado J. 2005. Bioensayos de toxicidad aguda utilizando *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Daphniidae) desarrollada en medio de cultivo modificado. *Revista Perú Biología*. 12:165-170.
- Nandini S., Sarma S.S.S. & Rao TR .1998. Effect of co-existence of the population growth of rotifers and cladocerans. *Aquatic Ecol*. 8:1-10.
- Nandini S., Sarma S.S.S. 2000. Lifetable demography of four cladoceran species in relation to algal food. *Hydrobiologia*. 435: 117-126.
- Nandini S., Enríquez-García C. & Sarma S.S.S. 2007. A laboratory study on the demography and competition of three species of littoral cladocerans from Lake Huetzalin, Xochimilco, Mexico. *Aquatic Ecology*. 41: 547-556.
- Negrea, S., Botnariuc N. & Dumont, H. J. 1999. Phylogeny, evolution and classification of the Branchiopoda (Crustacea). *Hydrobiologia* 412: 191–212.
- Noos R. 1990. Indicators for monitoring Biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biological*. 4: 355-364.
- Occhi R. y Oliveros O. 1974. Estudio anatómico-patológico de la cavidad bucofaríngea de *Leporinus obtusidens* y su relación con el régimen alimentarios. *Physis. Sec. B*. 33: 77-90.
- Odum, E. P. 1972. *Ecología*. Ed. Interamericana. México. 639 p.

- Oliveros O. B. 1980. Aspectos tróficos de peces de ambientes lénticos. Campaña limnológica «Keratella I» en el Río Paraná Medio. *Ecologia*. 4: 115-126.
- Oliveros O. B. y Rossi L. M. 1991. Ecología trófica de *Hoplias malabaricus malabaricus* (Pisces, Erythrinidae). *Ciencias Naturales Litorales*. 22: 55-68.
- Osorio-Tafall B. 1942. *Diaptomus (Mixodiaptomus) cokeri*, un nuevo subgénero y especie de *Diaptomidae* de las cuevas de la región de Valles, San Luis Potosí, México. *Ciencia*. 3:206-210.
- Osorio-Tafall B. 1943. Observaciones sobre la fauna acuática de las cuevas de la región de Valles, San Luis Potosí (México). *Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 4:43-71.
- Paggi J. 1976. Distribución espacial y temporal del zooplancton de un cuerpo de agua eutrófico (Lado del Parque Gral. Belgrano, SantaFé). *PHYSIS Secc. B. Buenos Aires*. 35:91:17.
- Paggi J.C. 1995. *Determinación de la Abundancia y Biomasa Zooplanctónica. en: Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodologías para sus estudios.* Ediciones Sur. I: 315- 321
- Peet R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annales Revision Ecology Systems*. 5:285-307.
- Perrin N. 1988. Why are Offspring born larger when it's colder? Phenotypic plasticity for offspring size in the cladoceran *Simocephalus vetulus* (Müller). *Functional Ecology*. 2: 283-288.
- Pijanowska J. 1992. Anti-predator defenses in the three *Daphnia* species. *Internationale Reueve der Gesamten. Hydrobiologie* 1: 153-163.
- Ramírez P., S. Nandini, S.S.S. Sarma, E. Robles-Valderrama, I. Cuesta y D. Hurtado. 2002. Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir Valle de Bravo (Mexico). *Hydrobiologia*. 467: 99-108.
- Rioja E. 1940. Notas acerca de los crustáceos del lago de Pátzcuaro. Cladóceros. *Anales del Instituto de Biología*. 11: 469-475.
- Rioja E. 1940. Observaciones acerca del plancton del lago de Pátzcuaro. *Anales del Instituto de Biología Universidad Autónoma de México*. 11: 421-422.

- Rioja, E. 1942. *Estudios hidrobiológicos VII. Apuntes para el estudio de la laguna de San Felipe Xochiltepec (Puebla)*. Antiguo Instituto Biología., Univ. Nacional Autónoma de México, **13**: 503-517.
- Rodríguez J., Villaseñor R y Martínez F., 2003. Efecto de la temperatura y tipo de alimento en el cultivo de *Moina micrura* (Kurz, 1874), (Anomopoda: Moinidae) en condiciones de laboratorio. *Hidrobiológica*. 13: 239-246.
- Rojo B. E. 1988. *Aspectos Biológicos del Lagunaje*. Consejería de política territorial y obras públicas. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Selegráfica S. A. 41-60p.
- Roldán G. 1992. *Fundamentos de limnología Neotropical*. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529p.
- Rosenberg, P. y Palma, S. 2003. Cladóceros de los fiordos y canales patagónicos localizados entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes. *Investig. mar.* [online]. 31:15-24.
- Rossi, L. M., 1989. Alimentación de larvas de *Salminus maxillosus* Val. 1840 (Pisces, Characidae). *Iheringia, Serie Zoología*, Porto Alegre 69: 49-59.
- Sabater F. 1984. Distribución espacio-temporal de las comunidades de crustáceos de las lagunas temporales de la localidad de Tordera (Barcelona). Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain. *Limnética* 1: 116-121
- Sarma S.S.S., S. Nandini y R. D. Gulati 2005. Life history strategies of cladocerans: comparisons of tropical and temperate taxa. *Hydrobiologia*. 542: 315-333.
- Silva-Briano M. 1988. *A revision of the Macrotrichid-like anomopods*. Tesis doctoral. Universiteit Gent. 388p.
- Silva-Briano M., Dieu N. Q., y Dumont H. J. 1999. Redescription of *Macrothrix laticornis* (Jurine, 1920) and description of two new species of the *M-laticornis*-group. *Hydrobiologia*. 403: 39-61.
- Smirnov N. N. 1996. *Cladocera: The Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the World*. SPB Academic Publishing, Amsterdam 197p.
- Smirnov N. N. 2000. *Macrothris marthae*, a new (Crustacea:Anomopoda: Macrothricidae), a highly specialized macrothricid from Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 113: 652-660.

- Solbrig O. 1992. *Discurso en la ceremonia inaugural en México ante los retos de la biodiversidad*. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, México D. F., 333p.
- Sokal, R. y Rohlf, F. 1985. *Biometry*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Soulé M. E. 1985. What is conservation biology?. *BioScience*. 35: 727-734.
- Suárez-Morales E. y Dimas-Flores N. 2001. New and little known cladocerans (Crustacea: Anomopoda) from southeastern Mexico. *Hidrobiología*. 442: 41-54.
- Steedman H. F. 1976. *Monographs on Oceanographic Methodology, General and applied data on formaldehyde fixation and preservation of marine zooplankton, fixation and preservation*. UNESCO, Paris. 103-131p.
- Stemberger R. S. 1981. A general approach to the culture of planktonic rotifers. *Can. J. Fish. Aquatic. Science*. 38: 721-724.
- Uéno M. 1939. Zooplankton of Lago de Pátzcuaro, México. *Annot. Zoology. Japon*. 18: 105-114.
- UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente). 2004. Convenio sobre diversidad biológica <http://www.unep.cch/biodiv.html>. Fecha de consulta 28 de noviembre de 2009.
- Valdivia R. y Zambrano F 1989. Cladóceros de la Laguna de Paca, Junín. Relaciones Ecológicas entre Hábitat y Especie. *Boletín de Lima*. 64: 83-89.
- Van de Velde I., Dumont H. J y Grootaert P. 1978. Report on a collection of Cladocera from México and Guatemala. *Archiv fur Hydrobiologie*. 83: 391-404.
- Vidal M., M. Suárez, Gómez R y. Ramírez L. *Cuadernos de ecología y medio ambiente, ecología de aguas continentales*. Prácticas de Limnología. Poligrafic S.L. 266p.
- Villalobos, J. L., Cantú A. & Lira E., 1993. Los crustáceos de agua dulce de México (267-290 p). *In*: R. Gío-Argáez y E. López-Ochoterena (eds.), *Diversidad Biológica en México. Volumen Especial (XLIV), Revista de la*

Sociedad Mexicana de Historia Natural. CONABIO, SEP, ENEP-IZTACALA-UNAM, ICMYL-UNAM, UAM-I. 427 pp.

- Villalobos J.L., Enríquez C., Botello A., y Álvarez F. 2007. Crustáceos. En: A. Lot (coord.) *Guía ilustrada de la Cantera Oriente: características ambientales e inventario biológico*. Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, UNAM, México, 161-178.
- Villalobos L. 2006. Estado de conocimiento de los crustáceos zooplanctónicos dulceacuícolas de Chile. *Gayana (Concepc.)* [online]. vol.70, n.1 ISSN 0717-6538.
- Waide R. B., M. R. Willing, C. F. Steiner, G. Mittelbach, L. Gough, S. I. Dodson, G. P. Juday y R. Parmenter 1999. The relationship between productivity and species richness. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 30: 257-300.
- Wetzel G. 2001. *Limnology*. Academic Press. New York. 1003p.
- Wilson, C. B., 1936. *Copepods from the cenotes and caves of Yucatan Peninsula, with notes on cladocerans*. In: A. S. PEARSE, E. CREASER P. & F. G. HALL (eds.), *The cenotes of Yucatan, a zoological and hydrographic survey: 77-88*. (Carnegie Inst. Washington Publ., Washington, D.C.).
- Xacur M. 1998. *Enciclopedia de Quintana Roo*. Chetumal Quintana Roo.
- Zaret T. M. 1972. Predators, invisible prey, and the nature of polymorphism in Cladocera (Class. Crustacea). *Limnology. Oceanography*. 17: 171-184.

Anexo. Especies reconocidas en las pozas de la Cantera Oriente (REPSA).

Familia Bosminidae Baird, 1845

Género *Bosmina* Baird, 1845

Bosmina (Bosmina) longirostris (O. F. Müller, 1776)

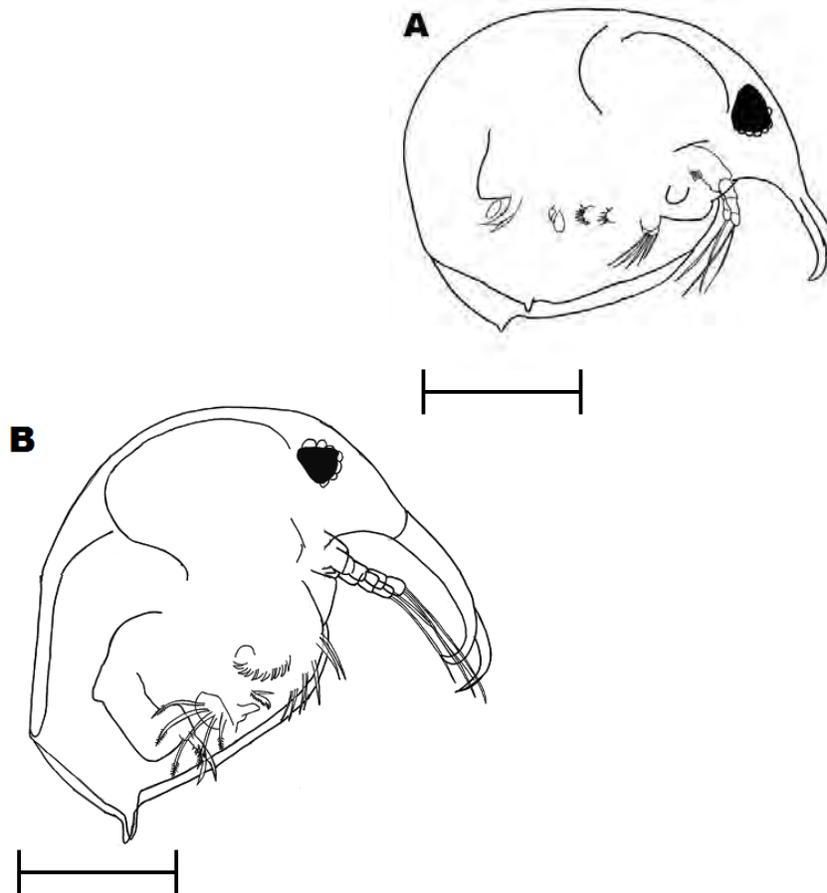


Figura 17. Vista lateral de hembras de *Bosmina longirostris*; A - hembra adulta; B - hembra juvenil (escala 0.1mm).

Características de reconocimiento.- El cuerpo es semiesférico, el ojo es compuesto cubierto por lentes hialinos, la base del par antenal esta separada desde una vista delantera, el postabdomen es con forma media rectangular, puede tener garra accesoria y el caparazón un mucron en la parte posterior de las valvas en la región dorsal presenta en ocasiones un poro cefálico.

Distribución geográfica.- Cosmopolita

Registros en México.- Nuevo León, Aguascalientes, Hidalgo, Michoacán, México, Distrito Federal, Veracruz, Chiapas, Yucatán (Elías-Gutiérrez, *et al.*, 2009).

Registros en el área de estudio.- Se le capturó en las estaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6

Observaciones.- Especie variable y ciclomórfica es litoral, nadadora su presencia sugiere un sistema eutrófico y poco mineralizado (Carvalho, 1983, Armengol, 1978), se encuentra en sistemas de aguas tropicales o cálidas (Margalef, 1983), distribución cosmopolita, no migra verticalmente de manera marcada esta asociada a vegetación enraizada.

Familia Chydoridae Straus, 1820

Género *Pleuroxus* Baird, 1843

Pleuroxus aduncus (Jurine, 1820)

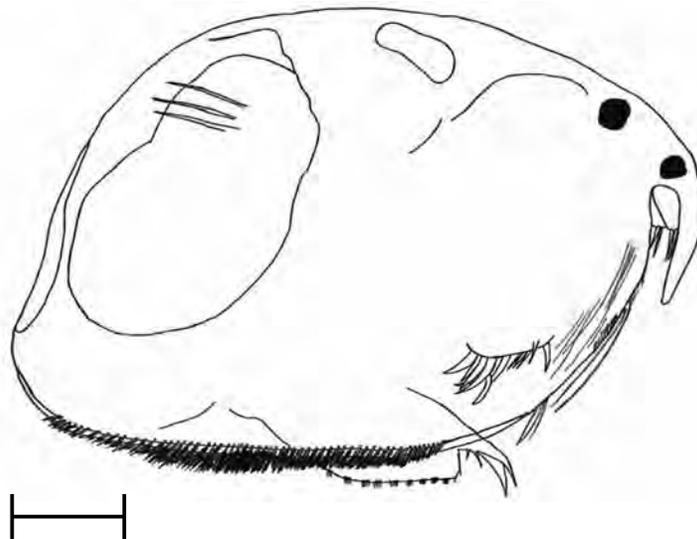


Figura 18. Vista lateral de una hembra de *Pleuroxus aduncus* (escala 0.1mm).

Características de reconocimiento.- Estos organismos tienen cuerpo semiovalado, ojo y ocelo de tamaño regular, rostrum alargado, los pares antenales son reducidos, el postabdomen ligeramente alargado con setas anales y espinas

marginales, el margen ventral de las valvas es amplio, semirecto y con estructuras accesorias plumosas variables de cada especie.

Distribución geográfica.- Cosmopolita

Registros en México.- Estado de México (Elías-Gutiérrez, *et al.*, 1995) Distrito Federal (Enriquez, 2009, Villalobos *et al.*, 2007), Chiapas (Álvarez *et al.*, en prensa)

Registros en el área de estudio.- Se le capturó en las estaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Observaciones.- Son de los géneros de cladóceros más complicados taxonómicamente. Las especies de *Chydorus* como *Pleuroxus aduncus* tienen poca capacidad natatoria (Hutchinson 1967), y especializaciones morfológicas en el margen del caparazón ya que suelen vivir en sustratos sólidos (Hutchinson, 1993), son cladóceros de tipo litoral (Villalobos, 2006).

Familia Daphniidae Straus, 1820

Género *Moina* Baird, 1850

Moina micrura Kurz, 1874

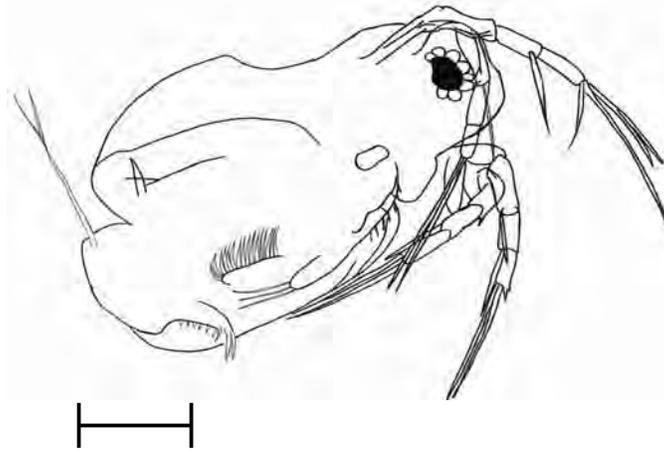


Figura 19. Vista lateral de una hembra de *Moina micrura* (escala 0.1mm).

Características de reconocimiento.- Cuerpo subcircular, con la depresión supraocular y la cabeza bien definidas. Cabeza distinguiblemente separada del resto del cuerpo por un surco localizado atrás de la antena.

Antenas móviles y situadas en la región central de la cabeza. En la región dorsal se ubica la cámara embrionaria que puede presentar una región especial para la nutrición de los embriones (sólo en Polyphemidae). En la zona postabdominal muestra una espina bidentada.

Distribución geográfica.- Cosmopolita

Registros en México.- Nuevo León, Aguascalientes, Hidalgo, México, Distrito Federal (Villalobos *et al.*, 2007), Morelos, Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Elías-Gutiérrez, *et al.*, 2009).

Registros en el área de estudio.- Se le capturó en las estaciones 1 ,2 ,4 y 5

Observaciones.- *Moina micrura* es termófila, se encuentra en zonas tropicales y subtropicales (Murugan, 1975) incluso se puede habitar en ambientes estuarinos ya que puede soportar salinidad en el medio, se le ha encontrado por todo el mundo con excepción de regiones frías (Muro, 1994). Su ciclo de vida fluctúa dependiendo de la temperatura entre los 13 y 15 días (Murugan, 1975). Las especies del género *Moina* se consideran planctónicas, que pueden habitar desde pequeños charcos hasta grandes lagos con altas concentraciones de materia orgánica, ricos en sulfatos y magnesio (Brooks, 1959; Margalef, 1983). Tienen gran capacidad de multiplicación, esta es dependiente de la temperatura (Hutchinson, 1967; Margalef, 1983).

Género *Simocephalus* Schoedler, 1858
Simocephalus vetulus (O. F. Müller, 1776)

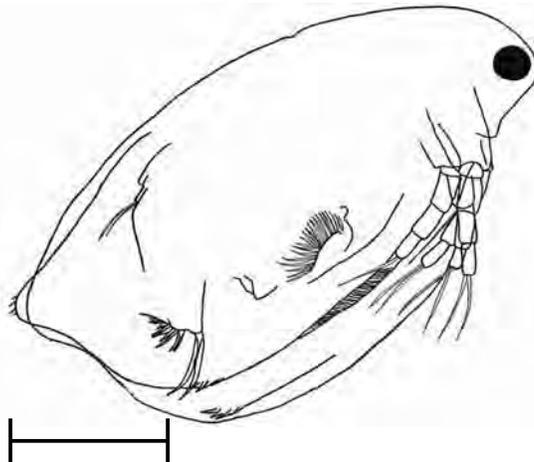


Figura 20. Vista lateral de una hembra de *Simocephalus vetulus* (escala 0.6mm).

Características de reconocimiento.- El cuerpo es lateralmente comprimido, el caparazón tiene un margen dorsal y uno ventral que suelen ser convexos, en la parte posterior del las valvas presenta una espina bien definida. La cabeza es grande bien definida y posee un yelmo cefálico. El par antenal es inmóvil, corto en hembras y largo en machos. En el postabdomen, la garra postabdominal posee tres pectenes.

Distribución geográfica.- Cosmopolita

Registros en México.- Aguascalientes, Hidalgo, México y Distrito Federal (Elías-Gutiérrez, *et al.*, 2009; Villalobos *et al.*, 2007).

Registros en el área de estudio.- Se le capturó en las estaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6

Observaciones.- *Simocephalus vetulus* es una especie nadadora, principalmente litoral (Margalef, 1983), asociada a vegetación enraizada, se encuentran también en ambientes eutróficos, llega a medir hasta 3.5 mm.

Género *Daphnia* Müller, 1785
Daphnia (Daphnia) parvula Fordyce, 1901

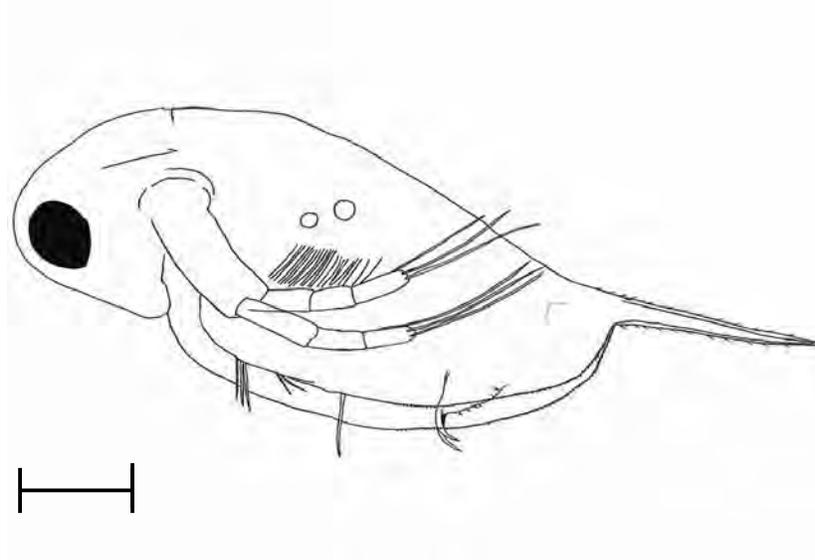


Figura 21. Vista lateral de una hembra de *Daphnia (D.) parvula* (escala 0.1mm).

Características de reconocimiento.- Cabeza redondeada bien diferenciada entre el caparazón el ojo es de gran tamaño, ocelo ausente, el par antenal es bien desarrollado y grande, en la región postabdominal la garra de este presenta un pecten medio largo y delgado en comparación del proximal, y distal la parte posterior del caparazón termina en una espina que representa la tercera parte del tamaño corporal del cladócero.

Distribución geográfica.- Estados Unidos (Armitage, 1961), Alemania, Italia, Canadá (Riccardi *et al.*, 2004)

Registros en México.- Citada para el Altiplano de México: Nuevo León, Aguascalientes, México y Morelos (Elías-Gutiérrez, *et al.*, 2009), Guanajuato (López- Serna, 1999).

Registros en el área de estudio.- Se le capturó en las estaciones 1, 4, 5 y 6.

Observaciones.- Esta especie es típicamente encontrada en aguas meso-eutróficas incluyendo lagos y reservorios de agua poco profundos (Flósnér, 2000).

Género *Scapholeberis* Schoedler, 1858

Scapholeberis Kingi G. O. Sars, 1888

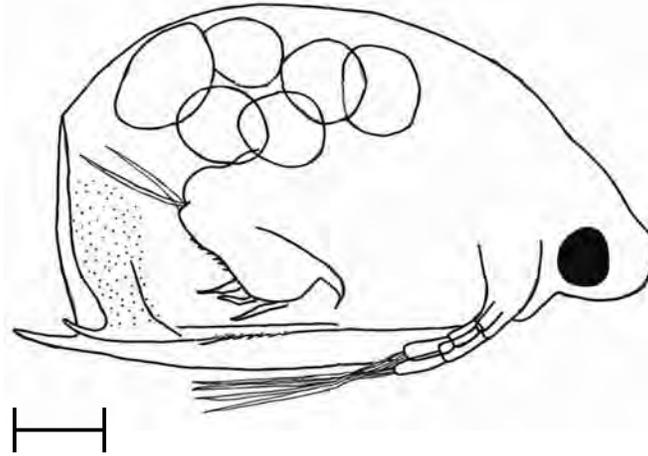


Figura 22. Vista lateral de una hembra de *Simocephalus vetulus* (escala 0.1mm).

Características de reconocimiento.- El rostrum tiene un revestimiento transparente. El ojo es voluminoso con relación al rostro envuelto por lentes cristalinos, le presigue un ocelo minúsculo cerca de este. El primer par de antenas es curvado, articulado y corto respecto al tamaño corporal, están situadas en ambos lados del rostro. Estos organismos tienen la particularidad de tener la región dorsal del caparazón redondeada, la parte ventral de las valvas es totalmente recta y termina en un mucron de cada lado, a lo largo de estas se presentan setas que probablemente tengan lubricación glandular que permite la adhesión a la película del agua, están dentro de la comunidad de hiponeuston por esta característica.

Distribución geográfica.- Estados Unidos, España (Sabater, 1984), Australia, Argentina, Chile (Berrios y Sielfeld, 2000).

Registros en México.- Hidalgo, Nuevo León, Yucatán, Distrito Federal (Elías-Gutiérrez, *et al.*, 2009) (Enriquez, 2009).

Registros en el área de estudio.- Se le capturó en las estaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Observaciones.- Esta especie de hábitos neustónicos se ha adaptado para poder adherirse a la película de agua mediante un dispositivo hidrófugo.