



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

**REDUCCIÓN DEL FITOPLANCTON POR EL
CONSUMO DE *Cypridopsis vidua*, (Müller
1776) (CRUSTÁCEA : OSTRÁCODA) EN EL
LAGO TEZOZOMOC**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ PEÑA

DIRECTOR DE TESIS: DR. ALFONSO LUGO
VÁZQUEZ



TLALNEPANTLA, EDO. DE MÉXICO 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICO ESTE TRABAJO

A mis padres Patricia y Leonardo

A mi hermano Adrián

A mi pareja Diego

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa.”

Mahatma Gandhi

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, que me formo como biólogo.

A mis padres Norma Patricia Peña Cruz y Leonardo Francisco Hernández Cisneros por su gran apoyo tanto moral como económico para terminar mis estudios.

A Diego Magaña Cruz y Teresa Cruz Hurtado por su grandísimo apoyo que me han proporcionado, así como su gran cariño, comprensión y afecto que me han brindado para seguirle echando ganas.

Al Dr. Alfonso Lugo y la Dra. Rosario Sánchez por haberme apoyado tanto en este proyecto y además por brindarme su apoyo y darme consejos siempre que lo necesitaba.

Al Dr. S.S.S: Sarma, Dra Nandini Sarma y M. en C. Mario Fernández por las contribuciones hechas a este trabajo.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES.....	4
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 General.....	8
2.2 Particulares.....	8
3. AREA DE ESTUDIO.....	9
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
4.1 Cultivo del Ostrácodo <i>Cypridopsis vidua</i>	12
4.2 Experimento en laboratorio.....	13
4.3 Experimento en campo.....	14
5. RESULTADOS.....	19
5.1 Cultivo del Ostrácodo <i>Cypridopsis vidua</i>	19
5.2 Experimento en laboratorio.....	19
5.3 Experimento en época de lluvias (Del 31/10/08 al 14/11/08).....	20
5.4 Experimento en época de sequía (Del 10/02/09 al 20/02/09).....	23
5.5 Comparación de las dos experimentos en campo Época de sequía – Época de lluvias.....	26
5.6 Composición de fitoplancton.....	27
5.7 Tasa de filtración.....	28
6. Discusión.....	29
7. Conclusión.....	35
8. Bibliografía.....	38

RESUMEN

Las técnicas de biomanipulación pueden ser de las mejores herramientas para el mejoramiento de las condiciones en lagos eutróficos, como es el lago urbano del parque Tezozómoc, que está ubicado al noroeste de Azcapotzalco, D.F. Estas técnicas manipulan los niveles tróficos, dándoles preferencia a los individuos que consumen fitoplancton, logrando de esta manera un mejor estado del agua. Un grupo de individuos que podrían ayudar en la bioremediación de los lagos son los ostrácodos como, *Cypridopsis vidua* (Müller 1776) que es nativa del lugar, ya que estos individuos son detritívoros que se alimentan de partículas finas de materia orgánica y fitoplancton. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de *Cypridopsis vidua* (Crustácea : Ostrácoda) en el consumo de fitoplancton en las condiciones naturales del lago Tezozómoc. En este estudio se realizaron un experimento en laboratorio y dos experimentos en campo. En el experimento en laboratorio se midió a intervalos regulares, durante 1 semana la concentración de clorofila *a* en las réplicas que contenían agua del lago y 5 ostrácodos, comparándolos con el testigo que solo contenía agua del lago, por medio de un fluorómetro; mientras que en los experimentos de campo se pusieron 12 recipientes en una estructura flotante en la parte central del lago Tezozómoc, que contenían agua del mismo y 10 ostrácodos, adicionalmente se colocaron 4 recipientes más que fungían como testigo ya que contenían solo agua del Tezozómoc. La experimentación duro 2 semanas, donde cada tercer día se sacaban 3 tratamientos y un testigo y se media por medio del fluorómetro la concentración de clorofila *a*. Los experimentos en campo se llevaron a cabo uno en época de lluvias y otro en época de sequía para determinar si había variaciones. Tanto en el experimento de laboratorio como en los de campo, no hubo diferencias significativas en la concentración de clorofila *a* entre los tratamientos y el testigo; por lo que el consumo de fitoplancton vivo por los ostrácodos parece ser muy reducido.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En la República Mexicana existen 320 cuencas hidrográficas, en las cuales se encuentran alrededor de 14 000 embalses y destacan 70 lagos de gran tamaño (De la Lanza y García-Calderón, 2002) La mayor parte de estos cuerpos de agua han sido empleados como una fuente de agua potable y/o actividades recreativas (Tirado, 2001). Son lugares de gran diversidad de animales y plantas, donde albergan gran cantidad de individuos acuáticos, semiacuáticos y terrestres (Cruz, 2002).

El deterioro de las cuencas y cuerpos de agua, por la contaminación doméstica e industrial genera procesos como la acidificación y eutrofización. Esta última, que consiste en el incremento de la concentración de los nutrientes disponibles para los productores primarios (básicamente fósforo y nitrógeno), es uno de los dos problemas mas graves a los que se enfrentan los lagos mexicanos, y está relacionada con el deterioro ambiental producto del crecimiento tecnológico y demográfico (García-Calderón *et al.*, 2002).

La eutrofización en los lagos provoca la proliferación de cianobacterias y de plantas flotantes, que disminuyen la transparencia y la oxigenación de las aguas, alterando notablemente las condiciones del medio acuático; las especies nativas desaparecen y el agua se torna fétida por el aumento de materia orgánica en descomposición. La eutrofización cultural es el aceleramiento de dicho proceso debido a las actividades humanas como la urbanización y los desarrollos industriales, que vierten aguas de desecho en los cuerpos acuáticos (Moreno, 2003).

Asimismo, es una forma de contaminación que determina un descenso de la diversidad, tanto por establecer condiciones rigurosas que pocas especies pueden resistir, como por estimular el fuerte desarrollo de unas pocas especies en un ambiente altamente fluctuante e inestable (Margalef, 1995). Además, el aspecto visual del lago es de gran desagrado para los que visitan el lugar.

La eutrofización antropogénica es más frecuente en los lagos urbanos ya que se trata de cuerpos de agua localizados en el interior de las ciudades. Es por esto que los lagos urbanos se encuentran comúnmente en condiciones fuertemente eutróficas (Schueler y Simpson, 2003).

Schueler y Simpson (2003) definen a los lagos urbanos con cinco diferentes criterios:

- 1.- Tamaño pequeño, generalmente con una superficie menor a 2.6 km²
- 2.- Profundidad baja, generalmente con profundidades promedio inferiores a 6 m.
- 3.- El origen del agua, en la mayoría de los casos es residual. Si no es así, existe por lo menos una proporción de 1 litro de agua residual por cada 10 litros de agua potable.
- 4.- La cuenca de depósito, debe tener al menos 5% de un material impermeable para el desarrollo del lago.
- 5.- La mayoría de estos lagos son creados por el hombre y se utilizan con fines recreativos, abastecimiento de agua, contenedores de lluvias o cualquier otro uso relacionado con actividades antropogénicas.

Estos lagos se caracterizan por ser centros recreativos y de entretenimiento para muchos habitantes (Labounty, 1995), hecho que les otorga relevancia; sin embargo, han recibido poca atención y por ende los estudios limnológicos de manejo y restauración son escasos (Schueler y Simpson, 2003).

Una forma de ayudar a corregir este tipo de problemas de manera natural y a un bajo costo, es utilizando agentes biológicos que se encarguen de consumir el exceso de productores primarios (Quirós, 2007). Uno de los grupos de organismos que pueden ser empleados con este fin son los ostrácodos, crustáceos entomostráceos que se alimentan de algas y material detrítico (Meisch, 2000), abundante en estos ambientes.

Los ostrácodos de agua dulce normalmente muestran un alto potencial reproductivo, produciendo nuevas generaciones en corto tiempo y con la posibilidad de crecer abundantemente, por lo que pueden ser cultivados en laboratorio bajo ciertos criterios de alimentación (Schmit *et al.*, 2007).

Estos crustáceos viven naturalmente tanto en aguas saladas, como en aguas dulces, ya sean lólicas (ríos) o lénticas (lagos) (Dole-Oliver *et al.*, 2000). Son individuos de vida libre muy resistentes ya que los adultos pueden resistir en estado “aletargado” mientras que los huevos pueden resistir la desecación o el congelamiento (Horne, 1993). Son detritívoros, es decir, que se alimentan de partículas finas del sedimento ricas en materia orgánica, así como también ingieren algas asociadas, microfauna y microflora. (Pont, 1983).

La mayoría de las especies de ostrácodos se reproducen partenogénicamente pero existen algunas especies de

reproducción sexual (Dole-Oliver *et al.*, 2000), por lo que según el tipo de reproducción y alimentación es la rapidez con la que pueden crecer las poblaciones.

Cypridopsis vidua (Müller, 1776) es un ostrácodo de amplia distribución geográfica que habita en agua dulce. Algunos autores dicen que se trata de una especie con reproducción sexual (Delorme, 2001) donde su ciclo de vida, en condiciones favorables, se desarrolla en aproximadamente un mes; algunos otros autores como Havel y Hebert (1989) sostienen que esta especie en la naturaleza se reproduce comúnmente a través de partenogénesis cíclica. Durante su desarrollo el ostrácodo realiza 8 mudas hasta alcanzar el estado adulto e iniciar la fase reproductiva de su vida (Delorme, 2001). *Cypridopsis vidua* se encontró habitando naturalmente en el Lago Tezozomoc, lugar donde se realizó el presente estudio.

Dada su importancia en otros ambientes y su presencia en el lago se consideró utilizar a esta especie como una alternativa de biomanipulación, pensando en contribuir a la resolución del problema de la eutrofización del lago urbano Tezozómoc. Así mismo, aportar más información sobre este grupo de ostrácodos ya que han sido pobremente estudiados (Dole-Oliver *et al.*, 2000; Schmit *et al.*, 2007; Kulköylüoglu, 2007), por lo que el presente proyecto contribuiría en ampliar el conocimiento de estos crustáceos y su posible utilidad en la biomanipulación.

2. OBJETIVOS

2.1) General

Evaluar la efectividad de *Cypridopsis vidua* (Crustácea : Ostrácoda) en el consumo de fitoplancton en las condiciones naturales del lago Tezozómoc.

2.2) Particulares

1.- Realizar cultivos de *Cypridopsis vidua* en el laboratorio, bajo condiciones controladas de alimentación: Acelgas, *Chlorella sp.* y mezcla de ambos.

2.- Observar los cambios en la densidad de ostrácodos y la variación en la concentración de clorofila *a* en microcosmos *in situ*, en dos épocas del año (sequía y lluvias).

3.- Observar la composición del fitoplancton durante la fase experimental en campo, en dos épocas del año (sequía y lluvias).

3. AREA DE ESTUDIO

El Parque recreativo y cultural “Tezozómoc”, fue diseñado por el arquitecto Mario Schjetnan de Garduño en 1978 y abrió sus puertas al público el 21 de Marzo de 1982. Está diseñado como un relieve a escala del antiguo Valle de México, con el lago y una serie de montículos que llegan a medir hasta 10 metros de altura, que representan los sistemas montañosos del Valle de Anáhuac y los Valles de Toluca y Tlaxcala (D.D.F., 1998).

Se localiza al noroeste de la delegación Azcapotzalco, colindando al norte y noroeste con el municipio de Tlalnepantla y al oeste con el municipio de Naucalpan, entre las coordenadas 19° 29' 05" de latitud norte y 99° 12' 36" de longitud oeste, a una altura de 2250 msnm y una extensión de 27 hectáreas (INEGI, 1988).

Posee un clima de tipo Cb(w1)(w)(i')g, es decir templado subhúmedo con lluvias en verano y marcha de temperatura tipo Ganges. La temperatura media anual es de 16.7 °C, mientras que la temperatura promedio mayor se presenta en mayo de 19.2 °C y la más fría en enero de 13.3 °C. La precipitación pluvial total anual promedio es de 769.9 mm (García, 2004).

La superficie del parque en su gran mayoría esta cubierta por áreas verdes, en total 200 000 m², los cuales están constituidos por tres estratos: herbáceo, arbustivo y arbóreo. El primero representado únicamente por pasto el cual abarca casi la totalidad del área. Los árboles cubren aproximadamente 120 000 m² y entre ellos encontramos, cedro blanco o ciprés, fresno, pino, colorín, sauce,

yuca, eucalipto, álamo, acacia, pirul, palma. Dentro de las especies arbustivas predominantes se encuentran el piracanto, el bambú, rosa laurel, bugambilia, tulia, clavo y trueno (D.D.F., 1998).

El lago se ubica en la parte central del parque, posee una superficie de 17,000 m² y capacidad de 38,000 m³. La profundidad mínima es de 50 cm y la máxima de 2.40 m. El agua que abastece al parque proviene de la planta de tratamiento “El Rosario” operada por la Dirección General Hidráulica (DGOH), el abastecimiento es diario a razón de 6 L s⁻¹. El lago cuenta con 3 fuentes que sirven de aireadores, así como también actualmente existe un muelle donde hay 50 lanchas de alquiler.



Figura 1: Lago Tezozómoc, Azcapotzalco, D.F.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1) Cultivo del Ostrácodo *Cypridopsis vidua*

Cypridopsis vidua (figura 2) fue colectado del lago Tezozómoc (Azcapotzalco, D.F.) filtrando agua con una malla de 20 μm . De este concentrado se separaron con una pipeta Pasteur los individuos obtenidos, utilizando un microscopio estereoscópico marca Leica modelo Zoom 2000. La determinación taxonómica del ostrácodo se llevo a cabo con las claves de Tressler (1959) y Delorme (2001).

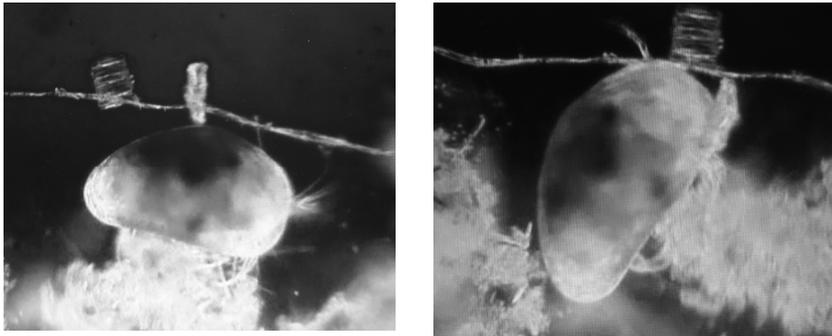


Figura 2: Ostrácodo (*Cypridopsis vidua*) 16X

Posteriormente se cultivó en acuarios con agua de la llave declorada a temperatura de 20 ± 2 °C, manteniendo las mismas condiciones de su hábitat natural. Se les alimentó con acelgas (*Beta vulgaris*) trituradas previamente y con la microalga clorofita *Chlorella vulgaris* cultivada en Medio Bold (Borowitzka y Borowitzka, 1998); se realizaron 3 cultivos, donde en el primero se alimentó a los individuos con acelgas (Schmit *et al.*, 2007), el segundo con un cultivo de *Chlorella vulgaris* y el tercero con una mezcla de ambos alimentos. Se analizó el crecimiento poblacional de los ostrácodos en cada tipo de alimento para determinar el mejor crecimiento. De

esta manera se obtuvieron los individuos suficientes para poder desarrollar posteriormente los experimentos (figura 3).

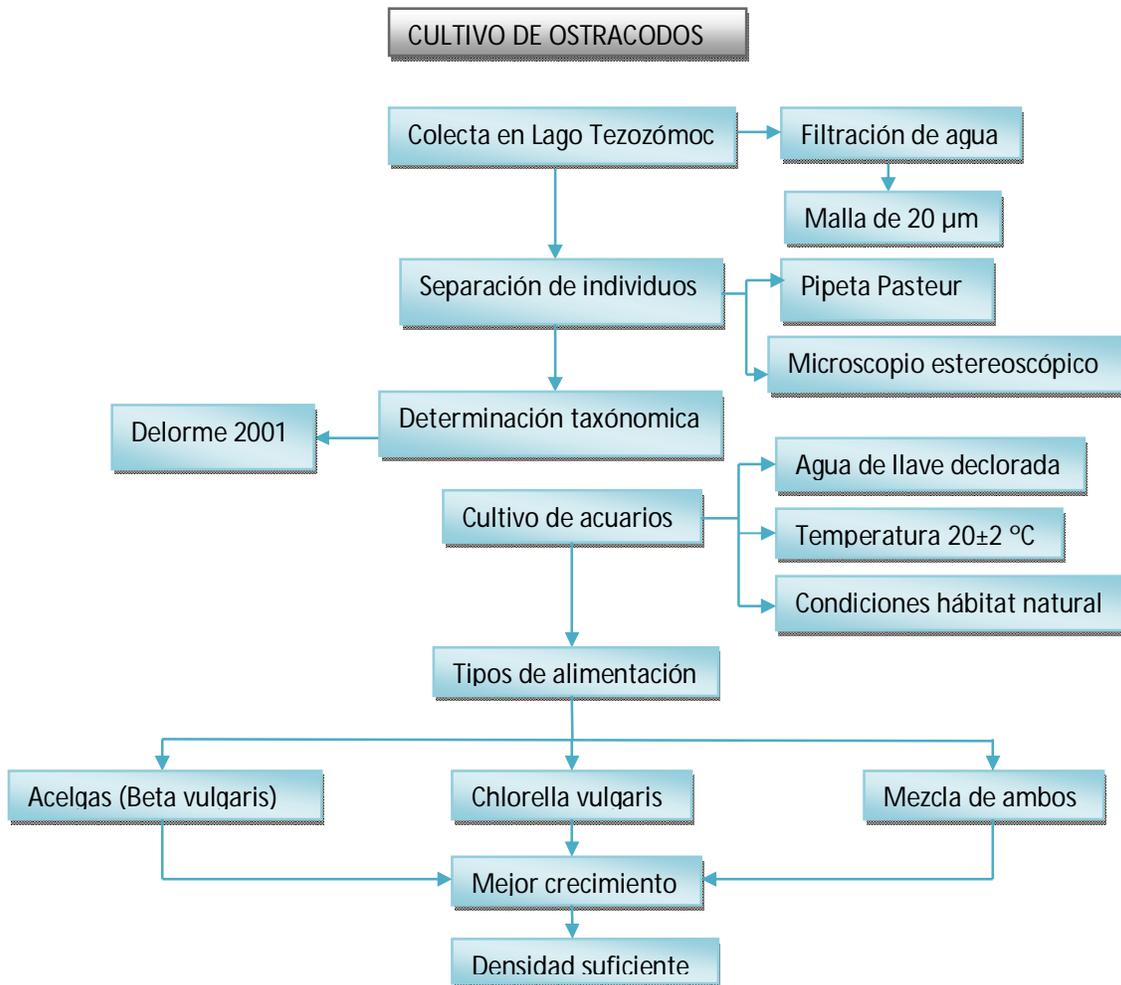


Figura 3: Diagrama de flujo del procedimiento para el cultivo de ostrácodos.

4.2) Experimento en laboratorio

Se colocaron 5 ostrácodos por 100 ml de agua del lago Tezozómoc en contenedores de 600 ml haciéndose 4 réplicas, así como también se usó un testigo con únicamente agua del Tezozómoc. Se realizaron medidas de concentración de clorofila *a in vivo* con un

fluorómetro marca Turner Designs modelo Aquafluor durante 1 semana, tanto en las réplicas como en el testigo (figura 4).

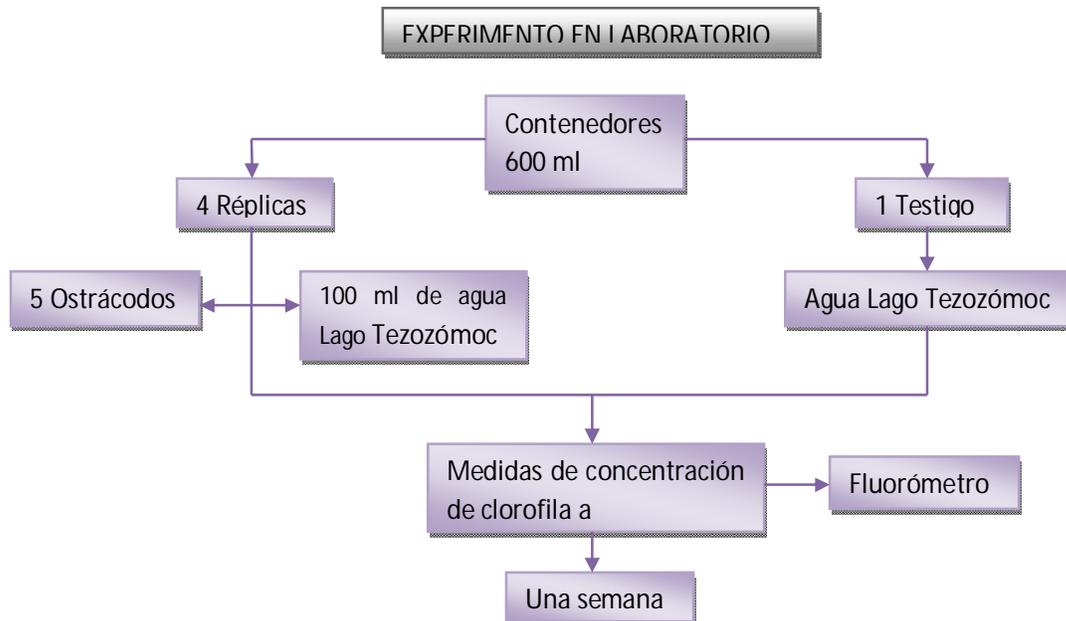


Figura 4: Diagrama de flujo de la experimentación en el laboratorio.

4.3) Experimentos en campo

Se realizaron dos experimentos, el primero en la época de lluvias que se llevó a cabo en las fechas de octubre a noviembre del 2008; realizándose 4 muestreos a lo largo de dos semanas, los días 4, 7, 12 y 14 de noviembre.

El segundo experimento se hizo en la época de secas en el mes de febrero del 2009, dejando las muestras en el lago desde el día 10 y haciendo 3 muestreos los días 13, 17 y 20 de febrero.

Para cada época se hicieron 12 recipientes de acrílico transparentes de 500 ml cortados por ambos lados (figura 5). Se les colocó a cada extremo una membrana de diálisis Spectrapore® No. 2, que permite el paso de compuestos de peso molecular de hasta 12 000-14 000 daltones (Spectrapore®), incluyendo gases y otras sustancias disueltas inorgánicas y orgánicas. En cada recipiente se pusieron 10 ostrácodos adultos de un tamaño aproximado de 600 μm por 500 ml de agua del lago Tezozómoc (figura 5) y se ubicaron en una estructura flotante en un punto central del lago. Adicionalmente se colocaron otros 4 recipientes en las mismas condiciones, sin ostrácodos, para que funcionaran como testigo. Se dejaron ahí por 14 días, período durante el cual, cada tercer día se sacaban tres recipientes con individuos y uno sin ellos hasta el día 14. Los recipientes fueron trasladados al laboratorio donde se hizo la cuenta de los ostrácodos para cada uno de los recipientes para conocer como fue el cambio en las densidades de la población.

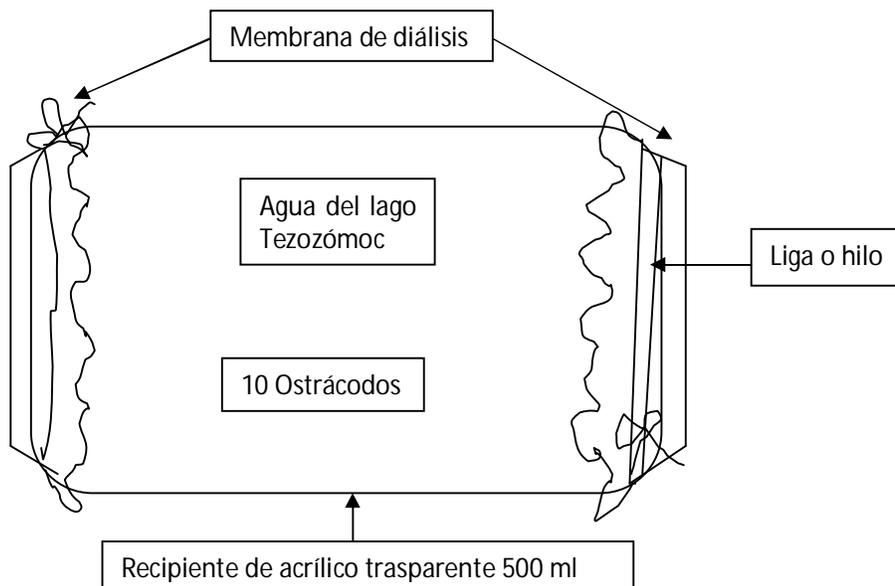


Figura 5: Diagrama de los recipientes de acrílico para la experimentación en el lago Tezozómoc.

Adicionalmente, a las muestras se les realizaron dos tipos de estudios: en el primero, se observaron los cambios en la composición del fitoplancton, fijando las muestras en acetato de lugol y poniéndolas en cámaras de sedimentación de 12 ml de capacidad para ser observadas en un microscopio invertido marca Leica modelo D-Mill (Wetzel y Likens, 2000). En el segundo se midió a las muestras *in vivo* la concentración de clorofila *a*, mediante el Método de Fluorometría en vivo (fluorómetro Aquafluor de Turner Designs) para ver si existía disminución o variación de ella (Figura 6).

Posteriormente se realizaron gráficos de variación temporal de las densidades de ostrácodos y de la concentración de clorofila *a* para ambas épocas.

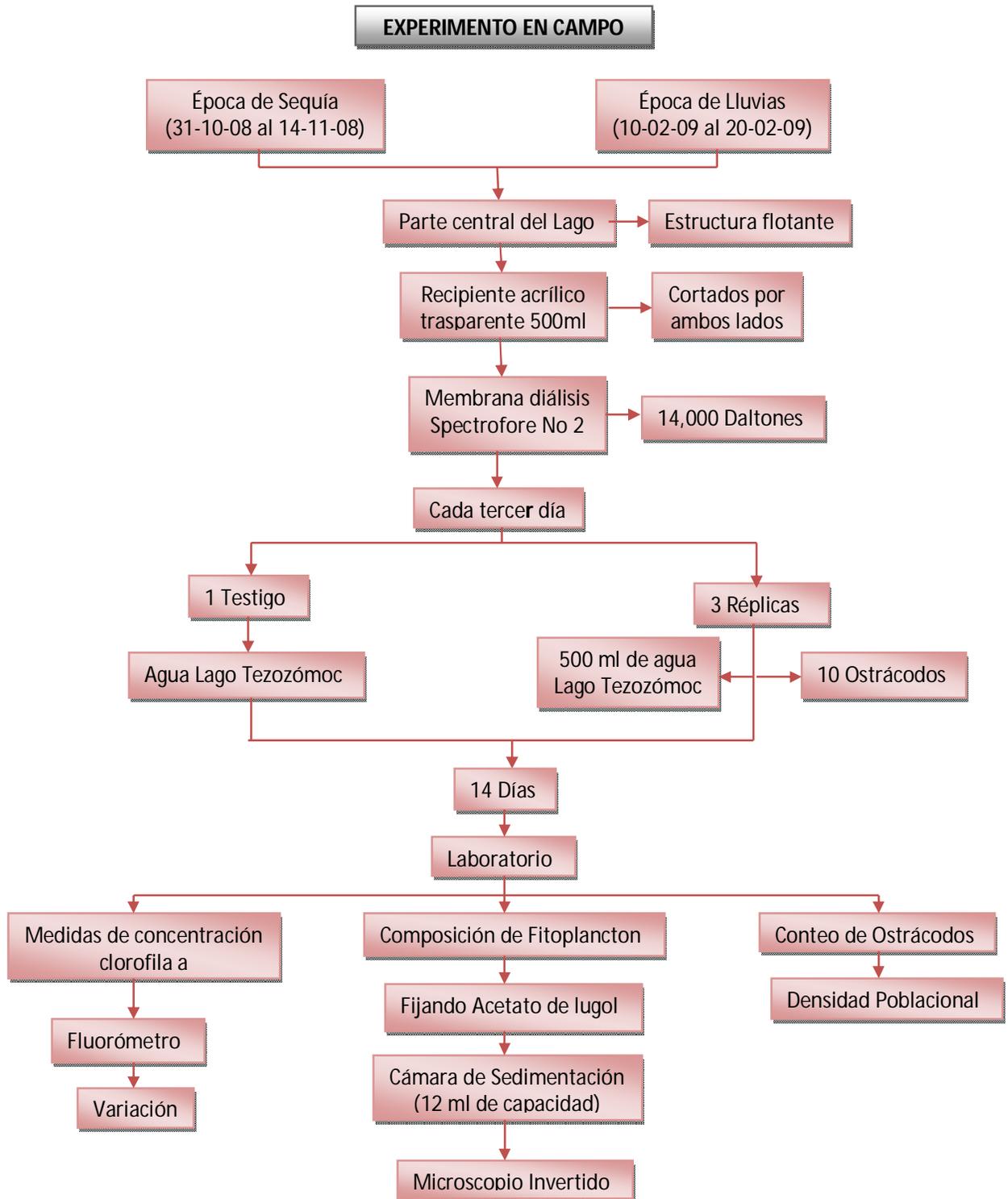


Figura 6: Diagrama de flujo de los experimentos realizados en el campo.

También se calculó la tasa de filtración (F) de *Cypridopsis vidua* de acuerdo con la fórmula de Peters (1984).

$$F = V \frac{(C_o - C_t)}{(tN)}$$

Donde:

F: tasa de filtración en cel. Ind.⁻¹ unidad de tiempo⁻¹

V: volumen del agua del contenedor en ml.

C_o: conteo de células ml⁻¹ en el contenedor de alimentación al inicio del experimento

C_t: conteo de células ml⁻¹ en el contenedor de alimentación al final del experimento

N: numero de individuos por contenedor

t: tiempo de alimentación

Se examinaron las variaciones entre las muestras de cada una de las 2 épocas por medio de un análisis de varianza (ANOVA). Así como también se compararon las diferencias entre los resultados de las muestras de las 2 épocas (sequía y lluvia) realizando de igual forma una ANOVA con la prueba post-hoc de Tukey. Ambas pruebas se realizaron tanto para la concentración de clorofila, como para el conteo de individuos.

5. RESULTADOS

5.1) Cultivo del Ostrácodo *Cypridopsis vidua*

De los tres alimentos probados (acelgas, alga *C. vulgaris* y mezcla de ambos) se observó que el mejor es la acelga (*B. vulgaris*) ya que fue en el que se obtuvo mejor crecimiento de individuos y mayor abundancia para los experimentos.

Sin embargo, *C. vidua* resultó ser de una velocidad de crecimiento lento. Ya que en las condiciones de cultivo, para alcanzar una población de 100 individuos se requirió de un lapso superior a un mes.

5.2) Experimento en laboratorio

Los resultados que se obtuvieron fueron (figura 7): al inicio del experimento el testigo (agua del Tezozómoc) tuvo un promedio de $226.1 \pm 7.9 \mu\text{g L}^{-1}$ de clorofila *a* mientras que en los recipientes con ostrácodos se midió un promedio de $223.2 \pm 7.6 \mu\text{g L}^{-1}$; después del lapso de consumo del fitoplancton por parte de los ostrácodos, el testigo tuvo un promedio de $76.9 \pm 3.9 \mu\text{g L}^{-1}$ y las muestras un promedio de $75.7 \pm 18.3 \mu\text{g L}^{-1}$

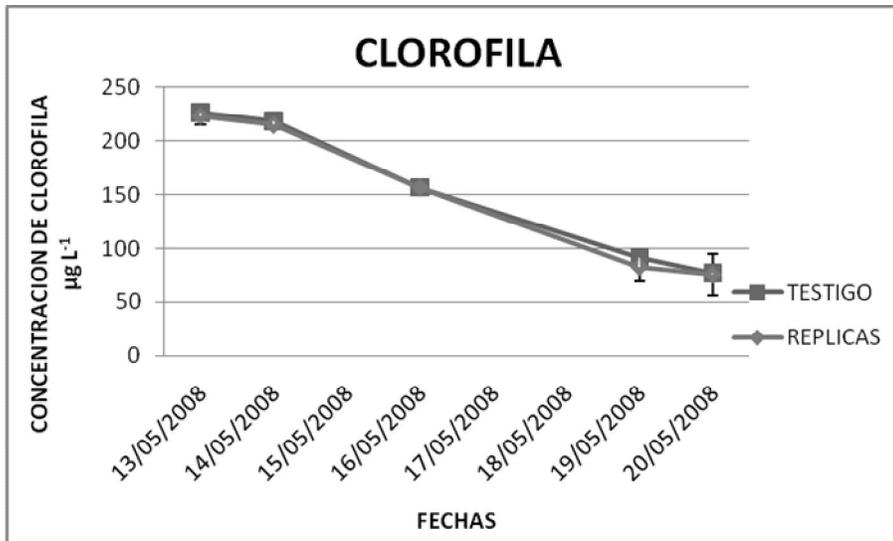


Figura 7: Variación de la concentración de clorofila *a* en el tiempo durante el experimento de laboratorio. Promedio \pm error estándar.

En el experimento realizado en laboratorio el ANOVA (Análisis de varianza de una vía) tuvo como resultado que no existieron diferencias significativas en cuanto la concentración de clorofila entre las 4 réplicas ($P = 0.05$), como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1: Análisis de la varianza para los resultados de concentración de clorofila *a* en el experimento en laboratorio.

FUENTE	GI	SC	CM	F	P
Replicas tratamientos C. <i>vidua</i> en laboratorio	3	1,105.325	368.442	0.085	0.968
Error	56	242,178.705	4,324.620		

5.3) Experimento de campo en Época de Lluvias (Del 31/10/08 al 14/11/08)

Se obtuvieron los siguiente resultados, en la concentración de clorofila (figura 8): hay un leve aumento de $22 \pm 1.5 \mu\text{g L}^{-1}$ en el día cero hasta los $35.6 \pm 6.1 \mu\text{g L}^{-1}$ en el día 12 y de ahí en el día 14

ocurre un descenso llegando a los $29.3 \pm 2.2 \mu\text{g L}^{-1}$. Mientras que en el testigo (figura 9) al principio hay un leve incremento de concentración de clorofila de $22 \mu\text{g L}^{-1}$ del día cero a $29.0 \mu\text{g L}^{-1}$ del día 7 y en los últimos días hay un incremento súbito llegando en el día 14 a los $116.3 \mu\text{g L}^{-1}$ de concentración de clorofila.

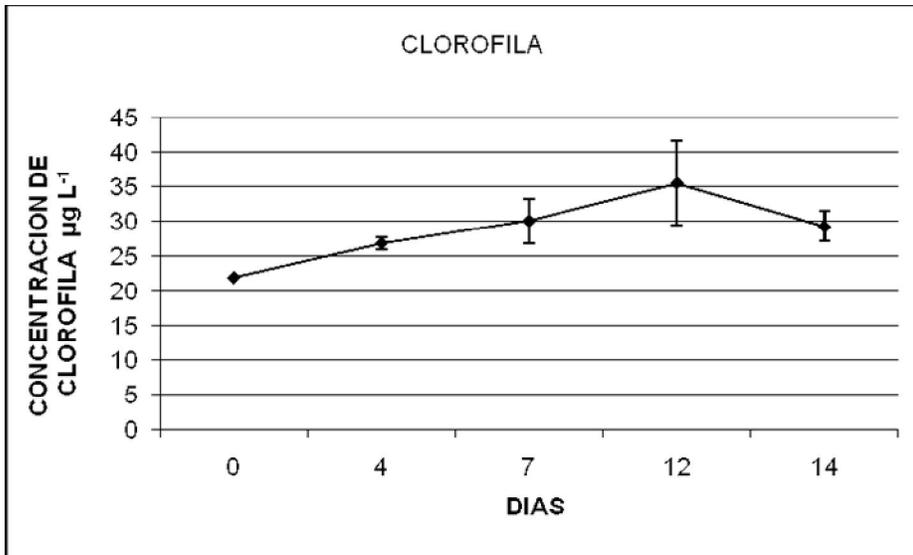


Figura 8: Variación de la concentración de clorofila a en las muestras con ostrácodos durante el experimento de campo en época de lluvias. Promedio \pm error estándar.

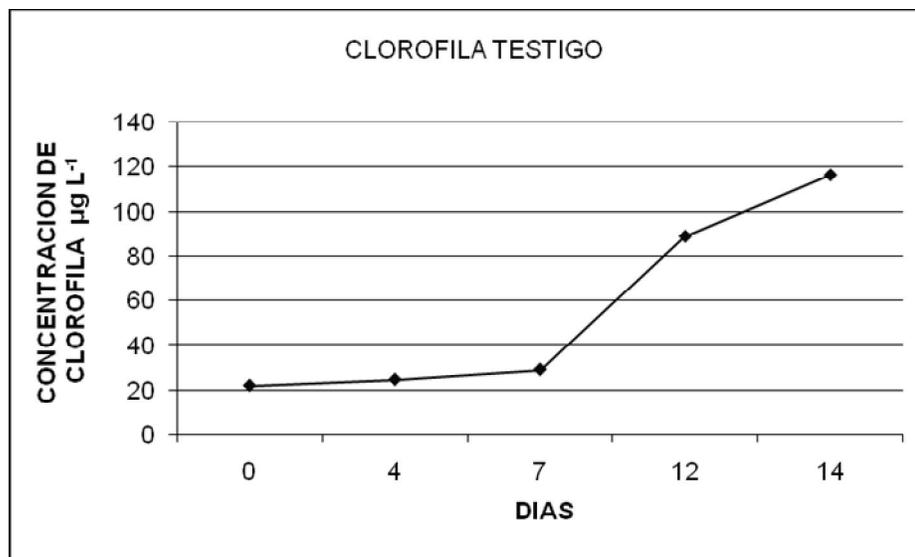


Figura 9: Variación de la concentración de clorofila a en el testigo durante el experimento de campo en época de lluvias. Valor promedio.

En cuanto al conteo de los ostrácodos (figura 10) al principio hubo un aumento rápido llegando en el día 4 a los 212 ± 1.9 individuos L^{-1} y después hubo descenso gradual llegando en el día 12 a los 72 ± 8 individuos L^{-1} y en el ultimo día hubo de nuevo un aumento de 113 ± 9.4 individuos L^{-1} .

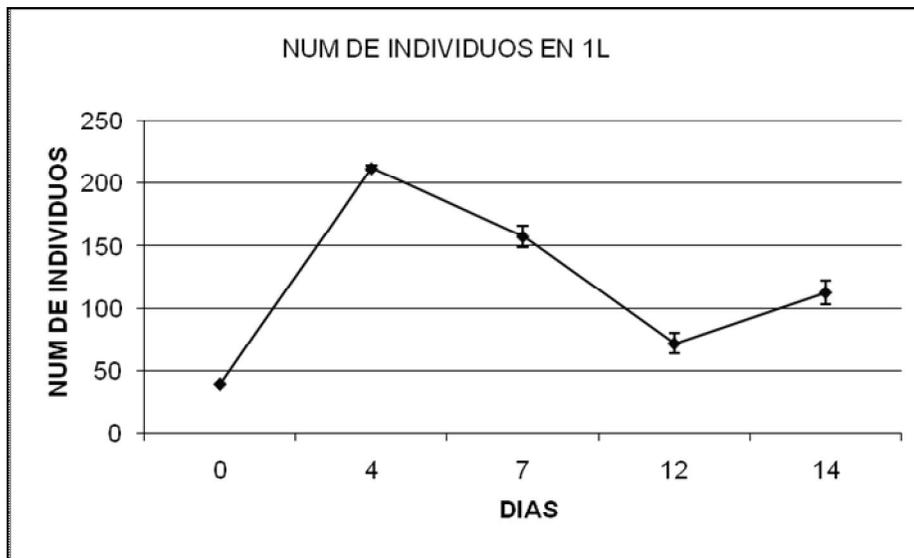


Figura 10: Variación del número de individuos en el tiempo durante el experimento de campo en época de lluvias. Promedio \pm error estándar.

En el ANOVA (Análisis de varianza de una vía) con una prueba post hoc de Tuckey el resultado que se obtuvo fue que no hay diferencias significativas entre las réplicas con una $P = 0.05$, tanto para el rubro de concentración de clorofila, como para el conteo de individuos, como se visualiza en las tablas 2 y 3.

Tabla 2: Análisis de la varianza para los resultados de concentración de clorofila a en el experimento en campo en época de lluvias.

FUENTE	GI	SC	CM	F	P
Replicas tratamientos					
clorofila en época de lluvias	2	0.048	0.024	0.002	0.998
Error	21	334.196	15.914		

Tabla 3: Análisis de la varianza para los resultados del conteo de individuos en el experimento en campo en época de lluvias.

FUENTE	GI	SC	CM	F	P
Replicas tratamientos <i>C. vidua</i> en época de lluvias	2	8,050.667	4,025.333	1.763	0.196
Error	21	47,946.667	2,283.175		

5.4) Experimento de campo en Época de Sequía (Del 10/02/09 al 20/02/09)

Se planeó hacer 4 muestreos al igual que en la época de lluvias pero en el último día de muestreo, a realizarse el 23/02/09, a varios microcosmos se les rompió la membrana que se le había puesto, debido al mal tiempo que hubo el día anterior. Por lo que se contaminaron las muestras y se decidió ya no contarlas en la experimentación.

En la concentración de clorofila (figura 11) se observa un aumento repentino de $199.5 \pm 20.7 \mu\text{g L}^{-1}$ del día 4 a $422.7 \pm 31.9 \mu\text{g L}^{-1}$ en el día 7 y luego sigue subiendo levemente a $461.4 \pm 89.5 \mu\text{g L}^{-1}$ en el día 12. En el testigo (figura 12) hay un aumento gradual de concentración de clorofila, de principio a fin de la experimentación, empezando en el día cero con $69.8 \mu\text{g L}^{-1}$ y llegando en el día 12 a los $305.7 \mu\text{g L}^{-1}$

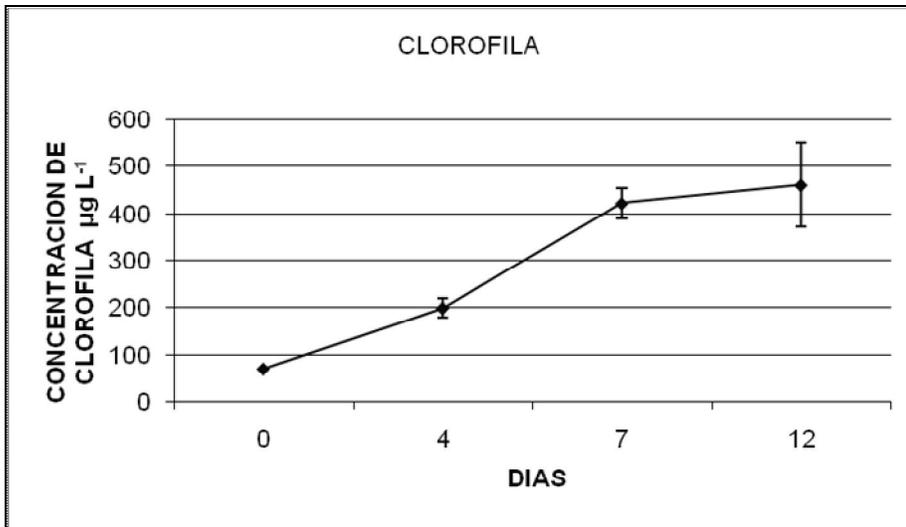


Figura 11: Variación de la concentración de clorofila a en las muestras con ostrácodos durante el experimento de campo en época de sequía. Promedio \pm error estándar.

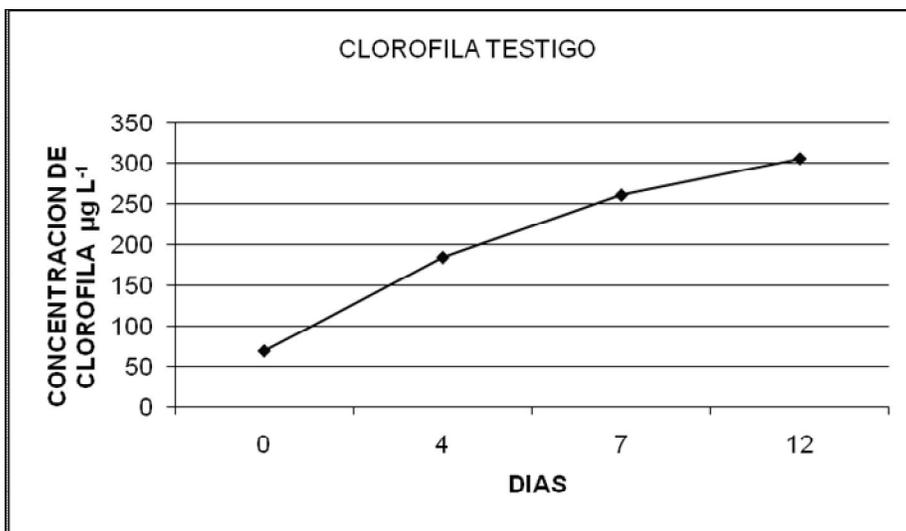
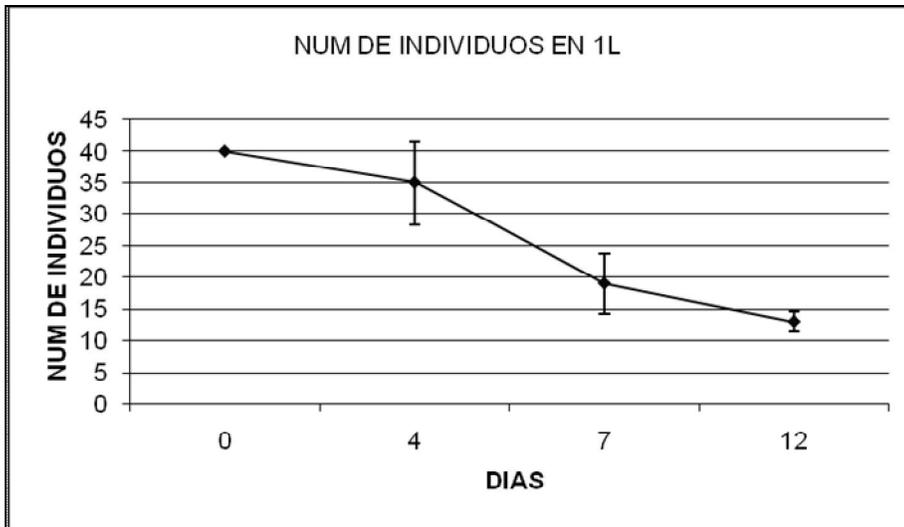


Figura 12: Variación de la concentración de clorofila a en el testigo durante el experimento de campo en época de sequía. Valor promedio.

En el conteo de individuos (figura 13) se observa una disminución repentina de los 35 ± 6.6 individuos L^{-1} en el día 4 hasta los 19 ± 4.8 individuos L^{-1} en el día 7 y en el día 12 hay otro ligero descenso llegando a los 13 ± 1.6 individuos L^{-1} .



Gráfica 13: Variación del número de individuos en el tiempo durante el experimento de campo en época de sequía. Promedio \pm error estándar.

Al igual que en el experimento en época de lluvias el resultado de la ANOVA (Análisis de varianza de una vía) tuvo como resultado que no existen diferencias significativas entre las réplicas con un $\alpha = 0.05$, tanto para el rubro de concentración de clorofila *a* como para el conteo de individuos, como se presenta en las tablas 4 y 5.

Tabla 4: Análisis de varianza para los resultados de concentración de clorofila *a* en el experimento en campo en época de sequía.

FUENTE	GI	SC	CM	F	P
Replicas tratamientos clorofila en época de sequía	2	11,393.225	5,696.613	0.327	0.725
Error	21	365,952.244	17,426.297		

Tabla 5: Análisis de varianza para los resultados del conteo de individuos en el experimento en campo en época de sequía.

FUENTE	GI	SC	CM	F	P
Replicas tratamientos <i>C. vidua</i> en época de sequía	2	185.111	92.556	0.810	0.458
Error	21	2,398.222	114.201		

5.5) Comparación de los dos Experimentos Época de Sequía – Época de Lluvias

En la comparación de ambos experimentos de campo, en la concentración de clorofila *a* existe una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las replicas del experimento en época de sequía con las del experimento en época de lluvias (tabla 6), habiendo una mayor cantidad de concentración de clorofila en la época de sequía con un máximo de $461.4 \mu\text{g L}^{-1}$ que en la época de lluvias que llega a tan solo $35.6 \mu\text{g L}^{-1}$.

Tabla 6: Análisis de varianza para los resultados de concentración de clorofila *a* en la comparación de los experimentos de época de lluvias con la época de sequía.

FUENTE	GI	SC	CM	F	P
Replicas tratamientos					
clorofila entre época de sequía y época de lluvias	5	1,231,731.092	246,346.218	28.247	0.000
Error	42	366,286.440	8,721.106		

En cuanto al conteo de individuos también hay una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las replicas de la época de sequía con las de la época de lluvias (tabla 7), resultando con una mayor cantidad de individuos en la época de lluvias con un máximo de 212 individuos L^{-1} que en la época de sequía que llego a solo 35 individuos L^{-1} .

Tabla 7: Análisis de varianza para los resultados del conteo de individuos en la comparación de los experimentos de época de lluvias con la época de sequía.

FUENTE	GI	SC	CM	F	P
Replicas tratamientos C.					
<i>vidua</i> entre época de sequía y época de lluvias	5	200,262.778	40,052.556	33.414	0.000
Error	42	50,344.889	1,198.688		

5.6) Composición del Fitoplancton

A principios del experimento en época de lluvias (Del 31/10/08 al 14/11/08), la especie dominante de fitoplancton que se encontró fue *Microcystis* spp, sin embargo al final fue disminuyendo la dominancia de dicha cianobacteria. Aumentando la importancia de otras cianobacterias como *Merismopedia punctata* y *Merimospedia tenuisima*; así como también se nota un incremento de la densidad de clorofitas.

En cuanto a la época de secas (Del 10/02/09 al 20/02/09) la composición de fitoplancton dominante fue la clorofita *Tetraedron triangulare*. También hubo incremento de otras clorofitas como *Chlamydomonas globosa*, *Chlorogonium* y *Pandorina morum*, al igual que la cianobacteria *Merismopedia punctata*, que también fue abundante. En cuanto *Microcystis* spp. estuvo casi ausente.

5.7) Tasa de Filtración

Debido a que en ninguno de los dos experimentos de campo se observó una disminución de fitoplancton a través del tiempo por parte de los ostrácodos, si no que al contrario hubo un aumento de ello, excepto en el último muestreo en la época de sequía, se decidió no calcular la tasa de filtración como se había planeado en los objetivos ya que el resultado sería negativo.

En cuanto al experimento en laboratorio, se observó una disminución generalizada de la concentración de clorofila en todos los tratamientos, pero también en el testigo, por lo que no hubo un consumo significativo del fitoplancton por los ostrácodos de la especie *C. vidua*. En este caso, tampoco se calculó la tasa de filtración.

6. DISCUSIÓN

En el cultivo del ostrácodo con los diferentes tipos de alimentación, las acelgas (*B. vulgaris*) fueron el alimento predilecto, debido a que fue donde más se desarrollaron y hubo un mayor crecimiento. Sucediendo lo mismo en el estudio que hizo Schmit (2007) donde cultivando en laboratorio encontró que las espinacas fueron el alimento que permitió el mejor crecimiento de los ostrácodos de la especie *Eucypris virens*. Este resultado nos indica que estos organismos para poder sobrevivir, pueden consumir diferentes tipos de alimento, es decir, son de alimentación generalista (Monakov, 2003).

En el experimento en laboratorio no hubo una diferencia significativa entre los tratamientos y el testigo, ya que no fue posible observar un consumo de fitoplancton. Lo que al parecer ocurrió fue que el fitoplancton fue muriendo en todas las repeticiones del tratamiento y en el testigo, lo cual se reflejó en una disminución generalizada y continua de la concentración de clorofila. Esto significaría que el proceso de muerte y descomposición del fitoplancton en el experimento de laboratorio pudo encubrir el consumo por parte de los ostrácodos.

Una explicación para este resultado negativo del experimento en laboratorio pudo haber sido el hecho de que se utilizó una cantidad de 5 ostrácodos de *C. vidua* y debido a que el fitoplancton se fue muriendo no pudo observarse un consumo de fitoplancton. En comparación con el experimento de Pitts-Diner (1986) quien utilizó a 10 ostrácodos de la especie *C. vidua* el lapso para el desarrollo

completo de esta especie fue de alrededor de un mes y además requirió entre unos 80 y 100 días para lograr un crecimiento de la población y poder observar de esta manera un consumo importante de fitoplancton.

En cuanto a la experimentación en campo, en la época de lluvias se presentó lo que parece ser un control del fitoplancton por parte de los ostrácodos pues aunque hubo un ligero incremento de la clorofila en los tratamientos, no puede compararse con el muy significativo aumento que se presentó en el testigo. Es posible asumir que los ostrácodos consumieron una parte importante de la producción del fitoplancton, y aunque no fueron capaces de disminuir la cantidad de fitoplancton presente, sí limitaron su crecimiento.

Otra evidencia de que en esta época los ostrácodos fueron capaces de consumir al fitoplancton es el hecho de que las densidades al día 4 prácticamente se cuadruplicaron con respecto al inicio del experimento. Esto podría deberse probablemente a que hubo una reproducción de tipo partenogenético por parte de los ostrácodos (Havel y Hebert, 1989) y debido a que todavía era época cálida, en ese momento había condiciones favorables para su crecimiento, ya que esta especie tiene preferencia por temperaturas cálidas para su reproducción (Bunbury y Gajewski, 2005). Para confirmar esta afirmación puede mencionarse que la mayoría de los ostrácodos observados eran de tamaño pequeño. Más tarde se presentó un descenso del 60% en la densidad poblacional que pudo deberse a la falta de adaptación a un ambiente controlado ya que en los últimos días de experimentación volvió a haber un aumento de

individuos. Sin embargo la cantidad de individuos siempre se mantuvo por encima de la inicial, es decir, hubo un aumento neto de la población.

En el experimento de época de sequía la concentración de clorofila *a* inicial fue aproximadamente un 50% mayor que la del experimento en época de lluvias, esto es debido a que la composición del fitoplancton es diferente en cada época, por lo que en época de sequía abundan más las clorofitas que contienen mayor concentración de clorofila *a* (Oliva-Martínez *et al.*, 2008).

En este caso, no se observó control alguno por parte de los ostrácodos pues se presentó un fuerte incremento de la clorofila *a*, el cual fue aún más elevado en los tratamientos con ostrácodos que en el testigo. En contraste con el experimento en época de lluvias, la densidad de los ostrácodos siempre fue inferior a la inicial, señalando claramente que en este caso no hubo crecimiento de los individuos en ningún tratamiento.

Quizá el mal tiempo en esos días y que en algunas muestras se introdujo agua del lago ocasiono que no hubiera crecimiento. Evidentemente esta entrada de agua permitió la entrada de fitoplancton que contribuyó al aumento de la clorofila. De la misma manera, algunos de los ostrácodos pudieron salir de los recipientes experimentales y disminuir la densidad. Debe resaltarse que durante este experimento hubo un fuerte predominio de la cianobacteria *Merismopedia punctata*, que coincide con el estudio de Oliva-Martínez *et al.* (2008) donde se observó que en esa temporada existe una elevación en la población de dicha especie.

En la comparación de las dos épocas, existe una diferencia significativa, ya que hubo una menor concentración de clorofila *a* en la época de lluvias que en la época de sequía. Lo cual corresponde con la cantidad de individuos ya que en consecuencia hubo mayor cantidad de individuos en la época de lluvias que en la época de sequía.

Esto puede deberse principalmente a que los ostrácodos tuvieron mejores condiciones para sobrevivir en la época de lluvias que en la época de sequía, ya que en la época de sequía era época fría y había mal tiempo, por lo que la baja temperatura pudo afectar el ciclo de vida y la velocidad de desarrollo (Dole-Oliver *et al.*, 2000; Viehberg, 2006), ya que *C. vidua* tiene preferencia por temperaturas cálidas asociadas con aguas poco profundas para su reproducción (Bunbury y Gajewski, 2005).

Además de que está reportado que en época de frío y secas (febrero) hay un ligero incremento en la dureza y alcalinidad del agua en el lago Tezozómoc, con relación a la época cálida y de lluvias (Contreras y Rivera, 2003) por lo que si no hay una presencia adecuada de concentración de bicarbonatos en el agua para la correcta formación del caparazón, que es calcáreo, podría afectar en gran medida la sobrevivencia de los ostrácodos (Delorme, 1991; Dole-Oliver *et al.*, 2000).

En base a este trabajo se recomendaría que para futuros estudios se deje un mayor tiempo de muestreo o empezar la experimentación con un mayor número de individuos para poder

observar un mayor consumo de fitoplancton por parte de los ostrácodos. Ya que por ejemplo en el estudio de Grant (1983) con el ostrácodo *Cyprinotus carolinensis*, resultó necesitar una población mínima de 560 individuos en 60 ml, para observar una reducción significativa de fitoplancton.

En contraste, en el estudio hecho por Fernández (2010) en el consumo del ostrácodo *Heterocypris incogruens* con dos especies de cianoprocariontes y una clorofita, tuvo como resultado que si hubo un consumo por parte del microcrustáceo en poco tiempo, aunque el número de individuos utilizados fue un poco menor que en el presente estudio (100 individuos en 10 litros), es decir 10 org L⁻¹ vs 10 org en 500 ml desde el inicio de la experimentación. Pero es particularmente importante mencionar que este ostrácodo es de reproducción partenogenética, ya que en tan solo 10 días de experimentación se encontró presencia de huevos del ostrácodo, por lo que en corto tiempo pueden generarse mayor número de individuos lo cual no sucedió con la especie *C. vidua*. Probablemente las condiciones ambientales en el interior de los recipientes no fueron favorables para el adecuado crecimiento de *C. vidua*, motivando un crecimiento muy lento, quizá de tipo sexual. En el trabajo de Fernández (2010) no hubo preferencia alimenticia por parte de *H. incogruens* respecto a las 3 especies utilizadas de fitoplancton, por lo que se concluyó que su alimentación fue generalista.

A pesar de todo, la especie *C. vidua* puede ser considerado como un organismo con un intervalo amplio de tolerancia a diferentes

factores ambientales (Külköylüoğlu, 2007) ya que dentro de los ostrácodos es uno de los que posee mayor resistencia.

Con base en el presente estudio se puede concluir que el ostrácodo *C. vidua* es de alimentación generalista. Sin embargo se pudiera aumentar su efectividad consumidora de fitoplancton si se utilizara en conjunto con otros crustáceos como los cladóceros (Fernández, 2010), y entre ellos contribuir a mejorar la calidad de aguas eutróficas.

7. CONCLUSIONES

- No hubo un consumo significativo de fitoplancton por parte del ostrácodo *C. vidua* en el lago Tezozómoc durante el tiempo de muestreo, ni en la época de lluvias ni tampoco en la época de sequía.
- En los cultivos en laboratorio el alimento que promovió el mejor crecimiento de la población de los ostrácodos fueron las acelgas (*B. vulgaris*).
- No hubo crecimiento poblacional significativo de ostrácodos durante la fase experimental, ni en la época de lluvias ni en la de sequía.
- La concentración de clorofila *a* mostró un ascenso progresivo, aunque se observó mayor concentración en la época de sequía que en la época de lluvias.
- En el ANOVA realizado para ver si hay variaciones entre las replicas dentro de cada época, resultó no haber diferencias significativas entre los datos de clorofila ni la de organismos.
- El ANOVA aplicado para comparar los resultados de ambos experimentos de campo reflejo que sí hay diferencia significativa entre las dos épocas tanto en los datos de clorofila como de organismos, teniendo mayor concentración

de clorofila la época de sequía y mayor número de organismos en época de lluvias.

- Se observó que existe una diferencia en la composición del fitoplancton de la época de lluvia a la época de sequía.
- No se pudo calcular la tasa de filtración debido a que en ninguno de los experimentos de campo se observó una disminución de fitoplancton por parte de los ostrácodos.
- En el experimento en laboratorio hubo una disminución generalizada de la concentración de clorofila *a*, tanto en tratamientos como en el testigo.

RECOMENDACIONES

- Para próximos estudios, aumentar el tiempo de la experimentación o aumentar la densidad de ostrácodos utilizada para observar en poco tiempo el consumo de fitoplancton.
- En condiciones controladas, esta especie podría ser utilizada en combinación con otros crustáceos para lograr el mejoramiento de las condiciones de eutrofia en los cuerpos de agua.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Borowitz, M. A. y L. J. Borowitz. 1998. Micro-alga biotechnology. Cambridge. University Press: London. 480 pp.
- ❖ Bunbury, J. y K. Gajewski. 2005. Quantitative analysis of freshwater ostracode assemblages in southwestern Yukon Territory, Canada. *Hydrobiologia* 545:117-128.
- ❖ Contreras, G. A. M. y Rivera, O. F. A. 2003. Diagnóstico ambiental del lago del Parque Tezozómoc, Azcapotzalco, D.F. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Autónoma de México, Estado de México. 45 pp.
- ❖ Cruz, M. G. 2002. Coleópteros acuáticos de tres arroyos de la reserva de la Biosfera “Sierra de Huautla”, en el estado de Morelos, México. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Autónoma de México, Estado de México. 69 pp.
- ❖ D.D.F. 1998. Departamento de Parques y Jardines. Parque Tezozómoc, Azcapotzalco. Folleto informativo. 4pp.
- ❖ De la Lanza, G. E. y García-Calderón, J. L. 2002. Lagos y Presas de México. AGT Editor. México, D. F. 680pp.
- ❖ Delorme, D. L. 1991. Ostracoda. En: North American Freshwater Invertebrates (Comps: Thorp, J. H. & A. P. Covich). Edition Academic Press, Toronto: 691–717 pp.

- ❖ Delorme, D. L. 2001. Ostracoda. En: Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates (Comps: Thorp, H. J. y Covich, A. P.) Edition Academic Press, London. 811-848 pp.
- ❖ Dole-Oliver, M., Galassi, D. M. P., Marmonier, P. y Creuzé des Châtelliers, M. 2000. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. *Freshwater Biology* 44:63-91.
- ❖ Fernández, R. 2010. La capacidad de consumo y los efectos demográficos de microcrustáceos alimentados con cianoprocariontes. Tesis de Maestría en Ciencias (Limnología), Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 79 pp.
- ❖ García-Calderón, J., De la Lanza, G. E. e Ibáñez, A. 2002. Las aguas epicontinentales y sus pesquerías. In: Pesquerías en tres cuerpos de agua continentales de México. (Comps: Pérez, V., Cruz, S., Bermudez, R., Cabrera, M. y Gutiérrez, Z.) Instituto Nacional de Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Pesqueros. 168 pp.
- ❖ García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen . Instituto de Geografía. Serie Libros 6. México, D.F. 90 pp.

- ❖ Grant, I. F., Egan, E. A. y Alexander, M. 1983. Measurement of rates of grazing of the ostracod *Cyprinotus carolinensis* on blue-green algae. *Hydrobiologia* 106:199-208.
- ❖ Havel, J. E. y Hebert, P. D. N. 1989. Apomictic parthenogenesis and genotypic diversity in *Cypridopsis vidua* (Ostracoda : Cyprididae). *Heredity* 62:383-392.
- ❖ Horne, F. R. 1993. Survival strategy to escape desiccation in a freshwater ostracod. *Crustaceana* 65:53-61.
- ❖ INEGI. 1988. Cuaderno Estadístico delegacional, Azcapotzalco, D.F. 89pp.
- ❖ Külköylüoglu, O., Dügel, M. y Kiliç, M. 2007. Ecological requirements of Ostracoda (Crustacea) in a heavily polluted shallow lake, Lake Yeniçaga (Bolu, Turkey). *Hydrobiologia* 585:119–133.
- ❖ Labounty, J. 1995. What`s an urban lake worth?. *Lake Line* 15:6-7.
- ❖ Margalef, R. 1995. Ecología. 8va. Reimpresión. Ediciones Omega. Barcelona, España. 945 pp
- ❖ Meisch, C., 2000. Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. Spektrum Akademischer Verlag, Gustav Fischer, Heidelberg, Alemania.

- ❖ Monakov, A.V. 2003. Feeding of freshwater invertebrates. Ed. Kenobi Productions, Gante , Bélgica. 373 p.
- ❖ Moreno, J. L. 2003. Fitoplancton. In: Manual para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de la calidad del agua. (Comps: De la Lanza, E. G. y Hernández, P.) AGT Editor. 233 pp.
- ❖ Oliva-Martínez, Ma. G., Rodríguez Rocha, A., Lugo Vázquez, A. y Sánchez Rodríguez, Ma. Del R. 2008. Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. *Hidrobiológica* 18(suplemento 1): 1-13
- ❖ Peters H. R. (1984). Methods for the study of feeding, grazing and assimilation by zooplankton. In: A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwater. Downing J. A. and Rigler F. H. (eds). Blackwell Scientific Publications, London. 334-412 pag.
- ❖ Pitts-Diner, M., Odum, E. P. y Hendrix, P. F. 1986. Comparison of the roles of Ostracods and Cladocerans in regulating community structure and metabolism in freshwater microcosms. *Hydrobiologia* 133: 59-63.
- ❖ Pont, D. 1983. Recherches quantitatives sur le peuplement de copépodes, cladóceres et ostrácodes des rizières de Camargue. PhD Thesis, University Aix-Marseille, France.

- ❖ Quirós, R. 2007. Manejo y recuperación de lagos urbanos. Documento de trabajo del área de producción acuática N0. 6. Facultad de Agronomía, Buenos Aires. 16 pp.

- ❖ Schmit, O., Rosseti, G., Vandekerkhove, J. y Mezquita, F. 2007. Food selection in *Eucypris virens* (Crustacea: Ostracoda) under experimental conditions. *Hydrobiologia* 585:135-140.

- ❖ Schueler, T. y Simpson, J. 2003. Introduction: Why urban lakes are different. *Watershed Protection Techniques*. 1:747-750.

- ❖ Tirado, R. 2001. Composición y variación de la asociación de rotíferos planctónicos del Lago Alchichica Puebla. México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Autónoma de México, Estado de México. 51 pp

- ❖ Tressler, W. L. 1959. Ostracoda. En: Edmondson, W.T. (ed.). *Fresh-water Biology*. John Wiley & Sons, EUA. pp. 657-734

- ❖ Viehberg, F. A. 2006. Freshwater ostracod assemblages and their relationship to environmental variables in waters from northeast Germany. *Hydrobiologia* 571:213–224.

- ❖ Wetzel, R. G. y Likens, G. E. 2000. *Limnological Analyses*. 3a. Ed. W. Saunders, Nueva York.