

00377



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

"Estudio de campo y laboratorio de la dinámica poblacional de los Rotíferos y Cladóceros de la zona litoral del Lago Huetzalin, Xochimilco".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(AMBIENTAL)

P R E S E N T A
BIOL. CECILIA ENRIQUEZ GARCIA

DIRECTOR DE TESIS: DRA. MANDINI SARMA



MEXICO, D. F.

COORDINACIÓN

OCTUBRE 2004



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MEXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS COORDINACIÓN

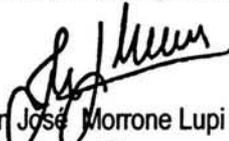
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 24 de mayo del 2004, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del alumno(a) **Cecilia Enríquez García**, con número de cuenta 94082278 con la tesis titulada: **"Estudio de campo y laboratorio de la dinámica poblacional de los Rotíferos y Cladóceros de la zona litoral del Lago Huetzalin, Xochimilco"**, bajo la dirección del(a) **Dra. Nandini Sarma**

| | |
|-------------|--------------------------------|
| Presidente: | Dra. María Ana Fernández Álamo |
| Vocal: | Dr. Fernando Álvarez Noguera |
| Secretario: | Dr. Alfonso Lugo Vázquez |
| Suplente: | Dra. Nandini Sarma |
| Suplente: | Dr. Javier Carmona Jiménez |

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a, 17 de septiembre del 2004


Dr. Juan José Morrone Lupi
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por proporcionarme los medios para seguir creciendo académica y personalmente.

Al Posgrado en Ciencias Biológicas por darme la oportunidad de adquirir una formación de excelencia.

A la Unidad de Morfología y Función de la FES- Iztacala, UNAM por acogerme y brindarme las herramientas para realizar este trabajo.

Al Dr. Erwin Stephan Otto coordinador del Parque Ecológico de Xochimilco y a todo el personal del mismo por darme las facilidades para trabajar en el Lago Huetzalin.

A la Dra. Nandini Sarma que me dio su confianza y apoyo para elaborar este trabajo con total paciencia y disposición.

Al Dr. SSS Sarma por su apoyo durante la realización de este proyecto y por ayudarme a conocer mas a estos fascinantes organismos.

A la M. en C. Lucia Pavón por su ayuda en la solución de problemas y análisis de datos.

A los miembros del Comité Tutorial:

Al Dr. Alfonso Lugo Vázquez por haberme dedicado gran parte de su tiempo y por enseñarme a conocer a fondo el comportamiento fisicoquímico del Lago Huetzalin.

A la Dra. María Ana Fernández Álamo por estar siempre al pendiente de que el trabajo tuviera la calidad y claridad necesaria.

A los miembros del Jurado, Dr. Fernando Álvarez Noguera y Dr. Javier Carmona Jiménez, que con sus comentarios enriquecieron este trabajo.

Por su ayuda en el campo agradezco a: M. en C. Alejandro Botello Camacho, M. en C. Alejandro Alva y a la Sra. Manuela García Domínguez.

A mis compañeros del laboratorio de Zoología Acuática.

Dedico este trabajo a las personas que con su apoyo y cariño incondicional contribuyeron para que esto fuera posible

Patricio

Manuela

Cesar

Alejandro

y a Bestia por desvelarse conmigo en las noches de trabajo.

RESUMEN

Para su estudio, los lagos se han dividido en zonas: la limnética, bentónica y litoral, esta última se caracteriza por la presencia de macrófitas. Es muy importante que se entienda la estructura y función de los lagos sobre todo por las comunidades de organismos que viven en estos sistemas, un caso de ellos es el del zooplancton que esta constituido por protozoos, rotíferos, cladóceros, copépodos y larvas de insectos. Estos al ser consumidores de fitoplancton, bacterias, detritus e incluso organismos de su propia, especie continúan con el flujo de energía hacia niveles superiores de la trama trófica. La comunidad de rotíferos y cladóceros litorales contribuyen más a la productividad de un lago, por encima de las especies pelágicas, al ser la primera en reciclar la materia orgánica; sin embargo, la mayoría de los investigadores pone más atención a las especies pelágicas. En el presente estudio se buscó ampliar el conocimiento sobre las interacciones de los rotíferos y cladóceros propios de la zona litoral.

Se muestreó la zona litoral del lago Huetzalin, ubicado dentro del parque ecológico de Xochimilco, de enero del 2003 a enero del 2004, encontrándose que es un cuerpo de agua somero con una marcada heterogeneidad debido a que es abastecido con aguas de tratamiento. La temperatura que presentó se encuentra en el intervalo de 12 a 38° C, el oxígeno disuelto varió mucho de acuerdo a la temperatura teniéndose valores entre 1.6 a 12 mg/l¹, el pH es característico de aguas alcalinas que presenta una dureza y alcalinidad dura. Los valores de los nutrimentos obtenidos fueron elevados al igual que los niveles de clorofila *a* durante la mayoría del año. Se encontraron en total 47 especies de las cuales 40 fueron rotíferos y 7 cladóceros, aunque se llegaron a presentar especies propias de la zona pelágica, cuya presencia entre las macrófitas se debe a la disponibilidad del alimento y a la protección contra depredadores. El índice de diversidad de Shannon – Weiner fue alto en las muestras de las raíces de las macrófitas estando por arriba de los 3 bits y las muestras tomadas del agua entre las macrófitas se mantuvieron por debajo de los 3 bits durante casi todo el año. El índice de Morisita nos muestra que sólo entre las estaciones 1 y 2 hubo una gran similitud entre el tipo de especies encontradas, mientras que la estación 3 no fue similar a ninguna de las anteriores. Los factores abióticos encontrados no influyen en la diversidad de las muestras tomadas de las raíces de las macrófitas; sin embargo, la

transparencia, pH, el fósforo total, el fósforo disuelto total y la clorofila *a* están influyendo en la diversidad de las muestras tomadas del agua que se encontraba entre las raíces de las macrófitas.

Los experimentos de laboratorio se realizaron para tratar de entender como las especies *Simocephalus vetulus*, *Alona rectangular* y *Pleuroxus aduncus* se desarrollan en un medio como la zona litoral. En el crecimiento poblacional *A. rectangular* tuvo un crecimiento favorablemente en el medio elaborado con alga *Scenedemus acutus* mientras que *S. vetulus* y *P. aduncus* tuvieron una población baja en *S. acutus* y el detritus. En la tabla de vida se puede observar que *S. vetulus* tiene una supervivencia de 77 días en el detritus, *A. rectangular* de 40 días y *P. aduncus* de 20 días, las diferencias en los datos de ambos experimentos nos muestran que la morfología y fisiológica de cada especie es diferente en la obtención y asimilación del alimento. En las curvas de crecimiento de los tratamientos de *S. vetulus* con *A. rectangular* y *S. vetulus* con *P. aduncus* no hubo competencia entre las especies ya que los ciclos de vida de *P. aduncus* y *A. rectangular* son mas cortos y a pesar de que se ha observado que los cladóceros de tallas grandes como *S. vetulus* tienden a excluir a especies pequeñas como *P. aduncus* o *A. rectangular*, en los resultados de este experimento se vio que no es así y que incluso *A. rectangular* tuvo un mejor crecimiento poblacional en presencia de *S. vetulus*, lo que se puede deber a que el lugar en donde viven tiene una gran disponibilidad de recursos como la materia orgánica en descomposición.

ABSTRACT

For study purposes, lakes are classified in three zones: limnetic, benthonic and littoral, this last one is characteristic for the presence of macrophytes. It is very important the understanding of the structure and function of the lakes in relation to the communities of aquatic organisms; one of them is zooplankton that is composed of protozoa, rotifers, cladocerans, copepods and insect larva. All these groups are consumers of phytoplankton, bacteria, detritus and even organisms of their own species, that continue the energy flow to higher level in the trophic net. The rotifers and cladocerans natives to the littoral zone are more important for the productivity in the lake, even above the pelagic species, because is the first one in assimilate and recycle the organic material; nevertheless most of the investigators focus their attention in the pelagic species. The object of the present study was to amplify the knowledge about the interactions between rotifers and cladocerans natives of the littoral zone.

Sampling in the littoral zone of the Huetzalin Lake, was performed between January of the year 2003 and January of 2004. This lake is located inside the ecological park of Xochimilco and is a shallow water body with great heterogeneity, because is supplied with urban waters. Temperature was between 12 and 38 Celsius, dissolved oxygen was very variable with values of 1.6 to 12 milligrams per liter, and pH was typical of alkaline-hard waters. Obtained values of nutrients were high, just like the levels in chlorophyll *a* during most of the year. I found 40 species of rotifers and 7 of cladocerans, nevertheless some of them are native to the pelagic zone, maybe due to the food and protection provided for the macrophytes. Shannon – Weiner diversity index was higher in the root of the macrophytes with more than 3 bits, than samples taken from the water with less than 3 bits during most of the year. Morisita similarity index show us that only stations 1 and 3 are very similar in relation of the type of species founded, but station 3 was not similar with none of the others. Abiotic factors do not have any influence in the diversity of the samples taken in macrophytes; nevertheless transparency, pH, total phosphorus, total dissolved phosphorus and chlorophyll *a* are important factors that influence diversity in the samples taken from the water.

Propose of laboratory experiments were to understand how is the development in the littoral zone of the cladocerans *Simocephalus vetulus*, *Alona rectangula* and *Pleuroxus aduncus*. Population growth in *A. rectangula* was good in the presence of *Scenedemus acutus* alga, while *S. vetulus* and *P. aduncus* had a low population in *S. acutus* and detritus. We can see in life table that *S. vetulus* survive 77 days, *A. rectangula* 40 days, and *P. aduancus* 20 days in detritus. Differences in both experiments results show us that some differences in morphology and physiology are important for the capture and assimilation of their food. In growth curves of *S. vetulus* whit *A. rectangula* and *S. vetulus* whit *P. aduncus* was not competition between species, because life cycles of *P. aduncus* and *A. rectangula* are shorter than *S. vetulus*. Other studies show that larger body cladocerans like *S. vetulus* exclude smaller species like *P. aduncus* or *A. rectangula*, but in the present work this is not right, maybe because in the littoral zone of Huetzalin Lake there is a great quantity of decomposed organic material available.

INDICE

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| ANTECEDENTES | |
| En el Mundo..... | 6 |
| En México..... | 7 |
| JUSTIFICACIÓN..... | 10 |
| HIPÓTESIS..... | 10 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 11 |
| OBJETIVOS PARTICULARES..... | 11 |
| ÁREA DE ESTUDIO..... | 12 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | |
| Fase de Campo..... | 14 |
| Fase de Laboratorio..... | 16 |
| RESULTADOS | |
| Fase de Campo I: Físicoquímicos..... | 20 |
| Fase de Campo II: Rotíferos y cladóceros..... | 26 |
| Fase de Laboratorio: Crecimiento poblacional..... | 37 |
| Tabla de vida..... | 40 |
| Competencia..... | 50 |
| DISCUSIÓN | |
| Caracterización de los parámetros físicoquímicos y nutrimentos..... | 54 |
| Composición de la comunidad de rotíferos y cladóceros..... | 58 |
| Crecimiento poblacional..... | 60 |
| Tabla de vida..... | 61 |
| Competencia..... | 63 |
| Relación entre el campo y el laboratorio..... | 65 |
| CONCLUSIONES..... | 67 |
| LITERATURA CITADA..... | 69 |
| ANEXO I..... | 77 |
| ANEXOII..... | 79 |

INTRODUCCIÓN

A pesar de que una de las características fundamentales de la superficie del planeta es la abundancia de agua (71%), el 99% de está se encuentra en las depresiones oceánicas y menos del 1% esta en sistemas epicontinentales como embalses, arroyos, ríos y lagos, cuya importancia radica en el mantenimiento de la vida en los sistemas terrestres (Wetzel, 1981). Para un estudio práctico, los lagos han sido divididos en: zona limnética (pelágica) la cual interactúa con la atmósfera, zona bentónica que interactúa con el fondo, y zona litoral que tiene la cualidad de interactuar con la atmósfera y con el fondo, además de presentar vegetación de tipo emergente, sub-emergente y sumergida (macrófitas) (Margalef, 1983).

Es muy importante que se entienda la estructura y función de los lagos sobre todo por las comunidades de organismos que viven en estos sistemas. Un caso es del plancton, que presenta una estrecha relación con las características físicas y químicas, además de ser el primer eslabón de la trama trófica de este medio (Hutchinson, 1967). El plancton son aquellos organismos que no cuentan con la capacidad para desplazarse contra la corriente de agua y se dividen en fitoplancton y zooplancton. Los primeros son organismos fotosintetizadores y su tamaño oscila entre $0.01\mu\text{m}$ y 1.00 mm , siendo los productores en la trama trófica; entre ellos se encuentran los grupos Cryptophyta, Chlorophyta y Cyanophyceae, entre otros (Reynolds, 1984). El zooplancton es el componente animal de las aguas dulces y esta constituido por protozoos, rotíferos, cladóceros, copépodos y larvas de insectos (Wetzel, 1981), que al ser consumidores de fitoplancton, bacterias, detritus e incluso organismos de su propia especie continúan con el flujo de energía hacia niveles superiores de la trama trófica, que esta formada por peces (Scourfield y Harding, 1941), organismos que han llegado a ser de gran importancia alimenticia y comercial para los humanos.

En los cultivos de peces, se ha visto que los rotíferos y cladóceros son el alimento más importante para ellos sobre todo en su etapa larval (Bernabé, 1991a), debido a que el tamaño de la boca de las larvas es pequeño y que el alimento más fácil de ingerir está inicialmente compuestos por rotíferos; y después de dos semanas de haber eclosionado, de cladóceros (Sarma, 2001). Otra forma en la que se han utilizado a los rotíferos y cladóceros

es como indicadores de la calidad del agua en varios tipos de sistemas con problemas de contaminación (Gannon y Stemberger, 1978; Sládeček, 1983). En la acuicultura se utilizan como transportadores de antibióticos llegando a promover altas tasas de sobrevivencia entre las larvas de peces (Lubzens *et al.*, 1989; Barnabé, 1991b). También los cladóceros y rotíferos son empleados en la alimentación de cultivos de peces (Fernández, 2001).

Del Phylum Rotifera, se han descrito 2000 especies aproximadamente, comprendidas en los órdenes Seisonidea, Collothecacea, Flosculariacea y Plomida (Nogrady *et al.*, 1993), son organismos eutélicos que llegan a presentar ciclomorfosis y criptobiosis (Pennak, 1989). Comúnmente son transparentes, su cuerpo es alargado, cilíndrico y mide de 0.1 a 1.0 mm. Se caracterizan por tener una corona ciliada, cuya función es el desplazamiento y llevar el alimento hacia la boca por medio de una faringe que contiene al mástax, el cual esta compuesto por las mandíbulas llamadas trofi (Ruppert y Barnes, 1996).

Los rotíferos generalmente se reproducen por partenogénesis, aunque en algunas ocasiones al presentarse condiciones adversas en el medio, se producen huevos míclicos (n), los cuales si no son fecundados darán lugar a machos, pero si son fecundados originarán huevos de resistencia (Ruppert y Barnes, 1996), que no eclosionarán hasta que las condiciones ambientales vuelvan a la normalidad para su desarrollo (Wetzel, 1981).

Los cladóceros son crustáceos de la clase Branchiopoda, que comprenden 80 géneros con 450 a 600 especies aproximadamente (Dole *et al.*, 2000) agrupándose en los órdenes Ctenopoda, Anomopoda y Onychopoda (Negrea *et al.*, 1999). Son organismos que llegan a presentar ciclomorfosis y criptobiosis, su tamaño fluctúa entre 0.2 y 3.0 mm de longitud, su cuerpo está dividido en cabeza, tórax y abdomen, los dos últimos están cubiertos por un caparazón que en la mayoría de las especies se prolonga hasta la cabeza cubriéndola, además está abierto centralmente y llega a formar una cámara incubadora en la parte dorsal de las hembras (Ruppert y Barnes, 1996). La cabeza presenta un ojo compuesto y algunas veces un ocelo; también tiene dos pares de apéndices que son las anténulas y las antenas. En el tórax se encuentran cuatro apéndices cuya función principal es la de llevar el alimento a la boca (Dodson y Frey, 1991).

Los cladóceros se reproducen sexual y asexualmente, aunque esta última es la que más se presenta y se da por partenogénesis. El tipo de reproducción que presenten va a depender de factores como la desecación, la temperatura o la escasez del alimento. Llegándose a generar en condiciones adversas organismos de ambos sexos, que posteriormente se reproducirán sexualmente dando origen a hembras que producirán asexualmente huevos de resistencia, que pueden resistir varios meses de sequía o congelación hasta que las condiciones sean favorables. Generalmente todos estos huevos dan origen a hembras partenogenéticas (Dodson y Frey, 1991).

La mayoría de los rotíferos y cladóceros habitan en aguas dulces, aunque cuentan con representantes marinos (Ruppert y Barnes, 1996), en el caso de los cladóceros hay especies de zonas árticas hasta tropicales (Dodson y Frey, 1991), donde cubren el nicho ecológico de los pequeños filtradores, ya que se alimentan de materia orgánica de unas pocas micras hasta grandes diatomeas y euglenas, aunque hay especies depredadoras que se alimentan de algas verdes móviles, de protozoarios y de rotíferos que incluso pueden llegar a ser de la misma especie (Margalef, 1983; Dodson y Frey, 1991).

Los cladóceros y rotíferos comparten el hábitat e incluso suelen alimentarse de las mismas especies de algas y ser depredados por los mismos invertebrados y peces (Pennak, 1989; Nogrady *et al.*, 1993). Ambos taxones tienen una gran abundancia y diversidad, por lo que tienen una influencia directa en la densidad de las poblaciones de algas y peces, afectando incluso a consumidores terciarios (Dodson y Frey, 1991).

Las especies de ambos grupos se encuentran distribuidas a través del cuerpo de agua, existiendo especies propias de la zona bentónica, pelágica o litoral. Los organismos que viven en la zona litoral tienen disponible una gran cantidad de materia orgánica generada por las macrófitas, que al descomponerse les sirve como alimento a los rotíferos y cladóceros, siendo así de los primeros en reciclarla. (Dodson y Frey, 1991). Las macrófitas son un componente muy importante dentro de la zona litoral ya que es donde las larvas de los peces pueden resguardarse de la depredación, pero también obtienen alimento como son los rotíferos y cladóceros, de formas y tamaños adecuados para su pequeña boca. Se ha encontrado que ambos taxones litorales contribuyen más en la productividad de un lago

que las especies pelágicas; sin embargo la mayoría de los investigadores pone más atención a estas últimas (Nogrady *et al.*, 1993).

Dentro del desarrollo de la limnología en el país, los primeros estudios que se realizaron estaban enfocados a la descripción de organismos, posteriormente se realizaron estudios a nivel taxonómico y de caracterización de cuerpos de agua, hasta llegar a la limnología aplicada y a la utilización múltiple de los recursos acuáticos (Alcocer *et al.*, 1993), actualmente hay estudios como el de Alcocer (1988) que caracterizó los lagos de Chapultepec de acuerdo a las características morfométricas, físicas y químicas relacionándolo con la fauna encontrada en el bentos (Anexo 1, Tabla 1). En el 2001, Martínez y Járegui volvieron a analizar las características fisicoquímicas de los lagos de Chapultepec, además ampliaron su estudio midiendo los mismos parámetros en varios canales de Xochimilco. López y Zambrano en el 2002 analizaron varios embalses con métodos de alta tecnología como videos y fotografías de satélite; esta clase de trabajos despertaron el interés de los investigadores en el estudio de los cuerpos de agua naturales, urbanos y artificiales, ya sea para su rescate, conservación o manejo. A pesar de los avances de la limnología en el país, la mayoría de los estudios realizados particularmente para rotíferos y cladóceros han sido sólo a nivel taxonómico de muestras que generalmente son de la zona pelágica y pocas veces reportan las condiciones ambientales en las que se encuentran (Frey, 1982). En estudios realizados en otros países sobre la distribución de los rotíferos y cladóceros dentro de la zona litoral sugieren que se deben realizar más estudios en cuestiones de biomasa y producción de estas especies (Paterson, 1993; Duggan *et al.*, 1998; Tremel *et al.*, 2000), así como de las interacciones que presentan con su medio (Martínez, 2001).

Los estudios de campo son muy importantes para conocer la biología de los organismos, pero para saber más sobre su comportamiento en los medios naturales es necesario tratar de reproducir en el laboratorio sus hábitos de manera que los podamos entender. Dentro de los parámetros importantes que se pueden observar en el laboratorio son los diferentes tipos de alimentación que presentan las especies, esta va a depender de la disposición del alimento y del medio en el que se encuentren los organismos; ya que se pueden encontrar especies detritívoras, omnívoras, rascadoras de perifiton y depredadoras (Dvorak y Best, 1982). Hay

otros parámetros que se pueden cuantificar mediante la realización de experimentos como los de tabla de vida, que nos permiten tener un panorama completo de los efectos que tiene el tipo de alimentación en su desarrollo y crecimiento como una población (Nandini *et al.*, 2000). Dentro de las interacciones que presentan los organismos y que se pueden observar en el laboratorio son la competencia y la depredación, que han sido reconocidas como las fuerzas más importantes en la estructuración de un ecosistema acuático, la competencia se vuelve más importante cuando la depredación es baja. La competencia en condiciones experimentales proporciona información acerca de dos tipos de interacciones: la competencia explotativa en especies de poca demanda de alimento contra las que tienen requerimientos elevados en medios con condiciones limitadas de recursos y la competencia por interferencia, donde las especies grandes provocan perturbaciones sobre las especies de tallas pequeñas (Gilbert, 1988 a). La tasa de crecimiento poblacional es uno de los parámetros que se pueden medir y es determinante en la superioridad competitiva de una especie (Allan, 1976); sin embargo, los experimentos en laboratorio no apoyan esta hipótesis, debido a que no siempre se obtiene un crecimiento máximo (Lynch, 1978 y Sarma *et al.*, 1996). Los experimentos realizados en el laboratorio con especies de la zona pelágica han demostrado que una de ellas siempre lleva a una o más de las otras especies a la exclusión, mientras que en las especies de hábitos litorales se presenta una coexistencia prolongada (Gilbert, 1988 b, Nandini *et al.*, 1998; Nandini *et al.*, 2002).

ANTECEDENTES

EN EL MUNDO

Rotíferos

Dentro de los primeros estudios realizados con un enfoque en la zona litoral están los de Pejler y Berzins (1989), que obtuvieron un listado de 28 especies de rotíferos de la Familia Branchonidae y vieron que los miembros de esta familia preferían vivir entre las raíces de las macrófitas de la zona litoral. Duggan *et al.* (1998), estudiaron la dinámica espacio - temporal de 58 especies de rotíferos de la zona litoral del Lago Rotomanuka en Nueva Zelanda, tomando como referencia la distribución de diferentes especies de macrófitas, encontrando que había mayor número de especies reportadas en la zona litoral que en la pelágica. Duggan (2001), propone que hay una relación espacio - temporal entre los rotíferos del perifiton y las macrófitas, dando como resultado que estas comunidades sean más diversas en la zona litoral que en la pelágica.

Cladóceros

Quade (1968), realizó uno de los primeros estudios sobre la asociación de cladóceros con las macrófitas de la zona litoral encontrando 38 especies en el Lago Itasca, Minnesota. Williams (1982), observó el patrón espacio - temporal y la abundancia de 24 especies de la familia Chydoridae asociadas a la vegetación. Hann y Zrum (1997), observaron la abundancia estacional y la estructura de la comunidad de microcrustáceos (cladóceros) litorales en dos diferentes zonas del delta Marsh, Canadá. Tremel *et al.* (2000), observaron en el lago Plastic de Ontario, Canadá, que la Familia Chydoridae presentó una correlación positiva entre la biomasa de macrófitas litorales y su abundancia constituyendo una reserva de alimento para peces y macro-invertebrados. Dentro de otro tipo de estudios donde están presentes ambos grupos tenemos el realizado por Nandini (1999), observó la variación estacional del plancton de acuerdo a la estructura de la comunidad y a los parámetros físicos y químicos (Anexo 1, Tabla 1), de un cuerpo de agua urbano llenado con aguas de tratamiento en Delhi, India. Beaver *et al.* (1999), en humedales de USA, caracterizaron la sucesión de especies y el ensamblaje del zooplancton y fitoplancton así como los parámetros ambientales (Anexo 1, Tabla 1).

EN MÉXICO

Rotíferos

Sámamo (1931), reportó el primer trabajo taxonómico con rotíferos de muestras de los lagos de Xochimilco y Chapultepec de la Ciudad de México. Para 1932 Ahlstrom, registro 62 especies del Río Grande o de Santiago, el Río Lerma, el Río Salto y el Lago de Texcoco. Sámamo (1936), reportó 20 especies que encontró en depósitos de agua de Actopan. Hoffman y Sámamo (1938a y 1938b), encontraron 10 especies de rotíferos en criaderos de *Anopheles* en Oaxaca y Veracruz. Uéno (1939), determinó 9 especies para el Lago de Chapala. Rioja (1940b), reportó 11 especies para el Lago de Pátzcuaro, pero en ese mismo año Ahlstrom amplió la lista a 24 especies. Osorio (1942), analizó varias muestras de colecciones planctónicas obtenidas de varios estados de la Republica Mexicana encontrando 32 especies. Rioja en el mismo año encontró 18 especies en la Laguna de San Felipe Xochiltepec en Puebla. En trabajos más recientes como el de Vilaclara y Sládecek, (1989), recorrieron varios cuerpos de agua en los alrededores de la Ciudad de México encontrando que un 49 % de las especies presentan hábitos litorales y registraron parámetros como el oxígeno disuelto y el pH. Serrania (1996), muestreó varios cuerpos de agua localizados en el Estado de México, donde reportó que el 50% de las especies que encontró son de la zona litoral, además registro la temperatura, pH, conductividad, alcalinidad, dureza y oxígeno disuelto de cada muestreó. Sarma *et al.* (1996), tomaron muestras los lagos-crater el Sol y la Luna del volcán Nevado de Toluca, junto con parámetros ambientales como la temperatura y la transparencia al disco de Secchi. Flores (1997), realizó un estudio en cuerpos de agua ubicados sobre el eje Neovolcánico, donde obtuvo un listado de las especies de rotíferos, además cuantifico los parámetros físicos y químicos, las concentraciones de nutrimentos como el fósforo y el nitrógeno y los índices saprobios de cada lugar (Anexo 1, Tabla 1). Sarma y Elías (1999), reportaron un listado de la Península de Yucatán y de Michoacán, en este mismo año Sarma publicó una lista de todas las especies que se han encontrado en México que son 283 de las cuales la mayoría tienen hábitos litorales. Ramírez *et al.* (2002), observaron la variación estacional y la abundancia de los rotíferos, relacionándolo con los parámetros fisicoquímicos y los nutrimentos analizados en el reservorio Valle de Bravo, Estado de México. Para el año 2003 se amplía las zonas de muestreó con la subcuenca del río Cuautla, Morelos,

reportando 16 especies (Granados y Álvarez, 2003). Para el lago más grande de México que es el lago de Chapala, Jalisco; se tienen reportadas 57 especies de rotíferos (Rico *et al.*, 2003). Flores y Sarma en el mismo año amplían la lista de rotíferos reportados para los canales de Xochimilco con 54 especies. Finalmente Serrania y Sarma (2003), ampliaron las zonas de muestreo con el Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Veracruz, reportando 86 especies de rotíferos.

Cladóceros

En el caso de los cladóceros los primeros registros que se tienen del país están en el trabajo de Juday (1915), que muestreó tres localidades cercanas a la Ciudad de México encontrando 14 especies. Wilson (1936), recorrió 47 cenotes y cavernas de la Península de Yucatán donde encontró 10 especies. Uéno (1939), encontró 4 especies de cladóceros en el Lago de Patzcuaro, en el mismo año Rioja (1940a), amplió la lista a 9 especies. Chávez (1986), trabajó en el embalse de Valle de Bravo y determinó la estructura de la comunidad planctónica y lo relacionó con las condiciones ambientales. Elías (1982), estableció la distribución geográfica, la abundancia y los caracteres fisicoquímicos de 9 especies de cladóceros en cuerpos de agua del Estado de México. En el Lago de Pátzcuaro y en el mismo lugar Rodríguez (1988), observó la variación estacional del género *Daphnia*. Martínez (1993), realizó una contribución al estudio de los cladóceros del Lago Nabor Carrillo ubicado en el Estado de México reportando 6 especies y relacionándolas con las características fisicoquímicas como la transparencia y el oxígeno disuelto (Anexo 1, Tabla 1). Ciros (1994), realizó un estudio donde reportó 45 especies de cladóceros de diferentes cuerpos de agua del Estado de México y los relacionó con los factores ambientales registrados. Dodson y Silva (1996), revisaron 19 cuerpos de agua del estado de Aguascalientes encontrando 48 especies dando un total de 81 especies de cladóceros reportadas para el país, en ese año. Ciros *et al.* (1996), reportaron una nueva especie *Macrothrix mexicanus*; en el mismo año Ciros y Elías reportaron 15 nuevos registros de cladóceros para el país. Ciros y Elías (1997), reportan a *Macrothrix smirnovi* como una nueva especie para México, en el mismo año Elías y Ciros reportan 22 cladóceros de hábitos litorales. Elías *et al.* (2001), realizaron un estudio donde reportaron especies de cladóceros pequeños, aumentando así el listado de especies reportadas para México. Elías y

Suárez (2003) realizaron un estudio bibliográfico del estado actual de los cladóceros en México, donde reportaron 123 especies para el país.

En el Laboratorio

De los estudios realizados sobre la **alimentación** de cladóceros litorales esta el de Wehr *et al.* (1998), en donde vieron que el carbón es muy abundante entre las macrófitas, llegando a aumentar la densidad de las poblaciones de cladóceros. Gulati y colaboradores en el 2001, le dieron como alimento a *Daphnia galeata* la cianobacteria *Oscillatoria limnetica* y un detritus elaborado a base de filamentos de *O. limnetica*, siendo esta última dieta la que el cladóceros consumió mejor. En el 2003 Enríquez aplicó diferentes tipos dietas: *Chlorella vulgaris* viva, *Chlorella vulgaris* muerta, levadura *Saccharomyces cerevisiae* y detritus a tres especies de cladóceros litorales, encontrando que tenían preferencia por el detritus. De los estudios donde se observaron y cuantificaron parámetros demográficos por medio de la **tabla de vida**, tenemos el realizado por Nandini y Sarma que en el 2000 presentaron que las tasa de incremento poblacional de *Pleuroxus aduncus* y *Simocephalus vetulus* (especies litorales), fueron altas al exponerlas a tres diferentes concentraciones *Chlorella vulgaris*. Eyto e Irvine en el 2001 observaron la respuesta de tres especies de chidoridos al tipo de alimento como el alga *Chlamydomonas reinhardi* y al detritus elaborado con restos sólidos de organismos centrifugados y agua de un pequeño cuerpo de agua filtrada con una malla de 30 µm. Muro en el 2001 aplicó a *Macrothrix triserialis*, *Alona rectangularis* una dieta elaborada con *Chlorella vulgaris*, observando el crecimiento poblacional y realizando tablas de vida. En el 2003 Bec y colaboradores estudiaron el crecimiento, la supervivencia y la fecundidad de *Simocephalus vetulus* con varias tipos de algas y partículas de materia orgánica. Los trabajos de **competencia**, como el de Orgutt y Pierce (1985), observaron que al poner en el mismo medio a las especies *Diaphanosoma brachyurum* y *Daphnia ambigua* con una concentración de alga baja las especies tienden a coexistir, pero si la concentración es alta una especie desplaza a la otra. Se ha demostrado que en las especies pelágicas una de ellas siempre lleva a una o más de las otras especies a la exclusión, mientras las especies de hábitos litorales presentan una coexistencia prolongada (Gilbert, 1988 b; Nandini *et al.*, 1998; Nandini *et al.*, 2002).

JUSTIFICACIÓN

En el presente trabajo de investigación se busca ampliar el campo de conocimiento sobre las interacciones que presentan los rotíferos y cladóceros propios de la zona litoral ya que la información sobre este tema es escasa no solo en nuestro país sino también a nivel mundial. Con esta información se podría aprovechar mejor a estas especies en actividades como la acuicultura.

HIPÓTESIS

Ya que varios estudios sobre la distribución, densidad y diversidad de rotíferos y cladóceros en la zona pelágica de los lagos, muestran que hay una relación entre la variación de estos parámetros bióticos y los parámetros físicoquímicos, se esperaba que hubiera la misma relación en la zona litoral del Lago Huetzalin.

Debido a que la calidad del alimento influye en el desarrollo de los cladóceros se esperaba que las diferentes dietas aplicadas en el laboratorio tuvieran un efecto en el crecimiento poblacional, supervivencia y tasa de crecimiento.

Si las tres especies de cladóceros con las que se experimentó en el laboratorio fueron recolectadas en la zona litoral del Lago Huetzalin tendrían los mismos hábitos alimenticios y por ello llegarían a competir por el recurso.

OBJETIVO GENERAL

Estimar la diversidad, distribución y la posible interacción poblacional entre rotíferos y cladóceros de la zona litoral del Lago Huetzalin, Xochimilco.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la variación de los parámetros fisicoquímicos presentes en el Lago Huetzalin y relacionarlos con la distribución y densidad de las especies encontradas.
- Estimar la diversidad y similitud de las densidades encontradas de rotíferos y cladóceros que se encuentran en la zona litoral del Lago Huetzalin, cada 15 días durante un año.
- Evaluar el efecto sobre los parámetros demográficos de las dietas de *Scenedesmus acutus* y el detritus de los cladóceros: *Simocephalus vetulus*, *Alona* c.f. *rectangula* y *Pleuroxus aduncus* del Lago Huetzalin, en el laboratorio.
- Determinar la interacción de competencia que ocurren entre las tres especies.

ÁREA DE ESTUDIO

El Lago Huetzalin se encuentra en el interior del Parque Ecológico de Xochimilco (PEX), que está ubicado a 19° 17' latitud norte y 99° 05' longitud oeste a una altura de 2240 msnm. Situado al norte de la Delegación Xochimilco de la Ciudad de México y colindando con las Delegaciones Tlalpan, Coyoacán, Iztapalapa y Tláhuac. El lugar está limitado por los siguientes cuerpos de agua: el Canal Chalco, el Canal Nacional, la Pista Olímpica Virgilio Uribe, el Canal de Cuemanco y el Canal El Borde, está rodeado por el Anillo Periférico y las colonias Barrio la Concepción Tlacopa, Ampliación San Marcos Norte, las Unidades Habitacionales Aztlán y el Hueso Periférico Sur; además la Universidad Autónoma Metropolitana Campus Xochimilco se encuentra a unos 100 metros al norte, y el Lago del Toro a unos 100 metros al sur. La dirección es: Anillo Periférico Oriente 1, Col. Ciénega Grande, C. P. 16070 Xochimilco, D. F. (INEGI, 2001).

El clima de la zona es de tipo C (w₁) (w), que corresponde a templado subhúmedo con lluvias en verano (García, 1988). La temperatura media anual oscila entre los 11.8° C y los 18.9° C, presentándose la más cálida en el mes de mayo con una temperatura de 18.9° C y la más fría en diciembre con 11.8° C. La precipitación pluvial oscila entre 700 a 900 mm al año. (INEGI, 2001).

El área del Lago Huetzalin es de 55000 m² y su profundidad promedio es de 1.5 m; es abastecido por la planta de tratamiento Cerro de la Estrella, la cual surte a razón de 250 litros por segundo (el tratamiento se realiza a nivel terciario, más filtración con grava y antracita); la planta de tratamiento está ubicada en la Delegación Iztapalapa (INEGI, 2001).

Las estaciones que se determinaron para el estudio están ubicadas, la primera en la zona de embarcaderos, la segunda en la Isla de los Mitos que está cerca de la zona de canales y por último la estación tres que está como a 40 m de los vertederos. El criterio que se utilizó para determinar las estaciones de muestreo fue al azar considerando la entrada de agua del lago.

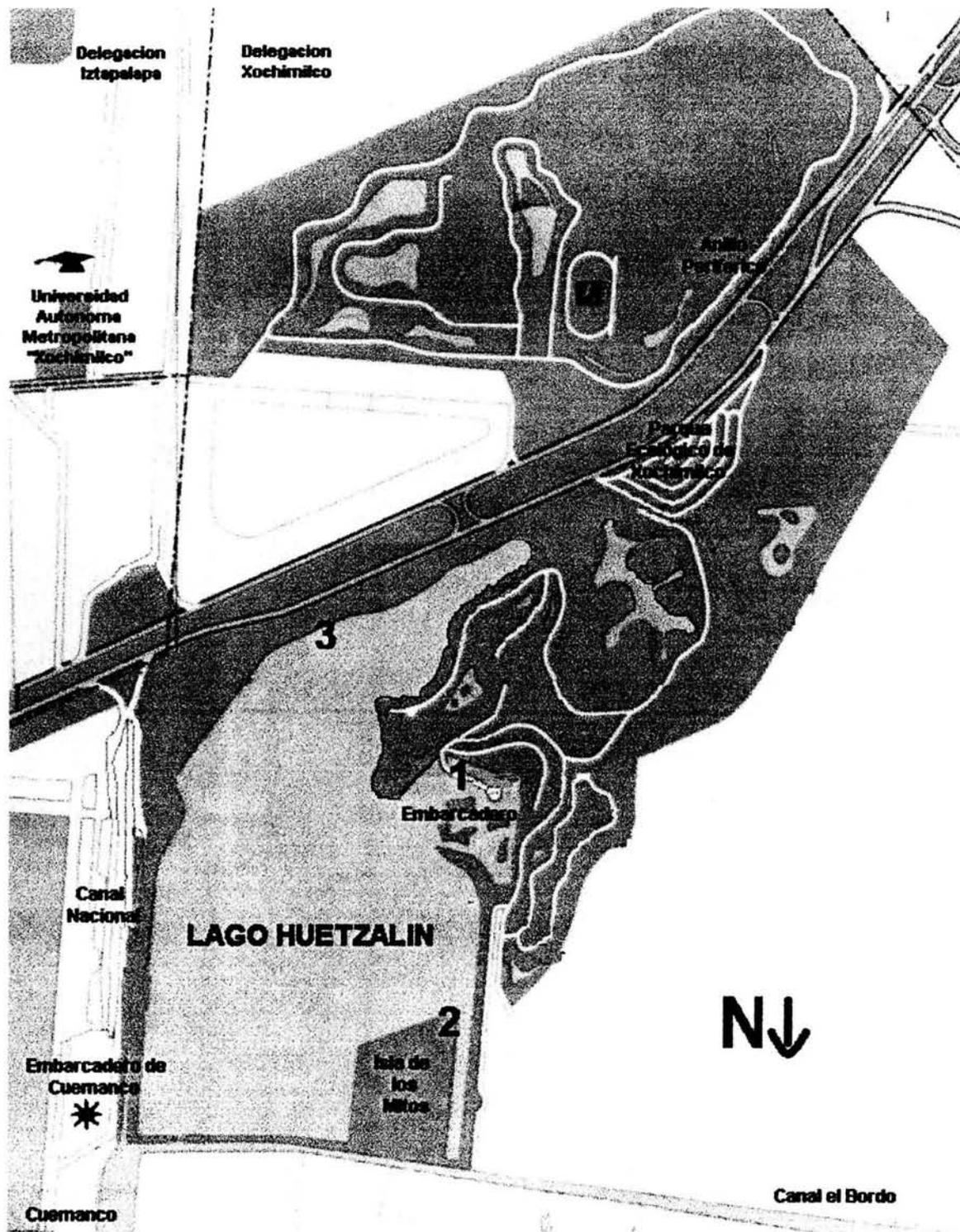


Figura 1. Mapa panorámico de la localización del Lago Huetzalin, Parque Ecológico de Xochimilco. Los números indican las estaciones de muestreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

FASE DE CAMPO

De enero del año 2003 a enero del 2004, se tomaron muestras cada mes para medir los parámetros fisicoquímicos, y cada 15 días se muestreó el zooplancton (rotíferos y cladóceros), en tres estaciones que estuvieron ubicadas en la zona litoral del Lago Huetzalin, Xochimilco (Fig. 1).

Parámetros Fisicoquímicos y Nutrientes

En cada una de las estaciones se realizó un registro de los siguientes parámetros fisicoquímicos: la profundidad con sondaleza, la profundidad de visibilidad del disco de Secchi, temperatura con termómetro de mercurio, pH con potenciómetro digital Hanna (pH 212), conductividad (K_{25}) con conductímetro de campo modelo 118 marca Thermo Orion, oxígeno disuelto y dureza total por titulación con los métodos iodométrico azida y EDTA respectivamente (APHA, 1989), la concentración de clorofila *a* por medio del método de extracción de acetona, fósforo total y fósforo total disuelto por el método de cloruro estanoso, los nitratos y nitritos se midieron con un analizador de ion específico modelo 37ISI marca Thermo Orion y con los electrodos que para nitratos fueron el 93-07 y el 90-02 y para nitritos el 93-46 y 90-01 de la misma marca, la materia orgánica se determinó por el método de Carbón Orgánico Disuelto (COD) (Siewertsen, 1979) (Anexo 2).

Muestras de fitoplancton

Se realizó el muestreo de fitoplancton, fijando directamente 600 ml de agua con 6 ml de lugol y se identificaron a las especies dominantes con las claves de Hanford y Edwin (1952).

Muestras de Rotíferos y Cladóceros

De cada una de las estaciones se tomó una muestra de las macrófitas de la zona litoral, colocándose sus raíces en una cubeta con 10 l de agua del lago, las cuales, se sacudieron fuertemente para que el zooplancton se desprendiera; los 10 litros de agua se filtraron con

una malla de 50 μm , se concentró el filtrado en recipientes de plástico y se fijó con formalina al 10% (Steedman, 1976). Finalmente, las macrófitas se pesaron con una balanza romana. También se tomaron 50 l del agua que se encontraba entre las macrófitas de cada estación, se filtraron con una malla de 50 μm , y se fijaron con formalina al 10% (Steedman, 1976).

Se realizó la identificación de los rotíferos y cladóceros a nivel específico usando para los primeros las claves de Koste (1978) y para los segundos las claves de Korovochinsky y Smirnov (1998). Se realizaron tres conteos en la cámara de Sedgewick Rafter (capacidad 1 ml) para cada muestra y con los datos obtenidos se calculó posteriormente los índices de diversidad de Shannon-Wiener (Krebs, 1985), y de similitud de Morisita (Krebs, 1989).

Diversidad de Shannon-Weiner:

$$H' = - \sum_{i=1}^n (p_i \log p_i)$$

Donde: p_i = proporción de la especie i .

Índice de Morisita :

$$C\lambda = \frac{2 \sum X_{ij} X_{ik}}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_j N_k}$$

Donde: $C\lambda$ = Índice de similitud de Morisita entre las muestras j , k .

X_{ij}, X_{ik} = Número de individuos de la especie i en la muestra j y la muestra k .

$N_j = \sum X_{ij}$ = Número total de individuos de la muestra j .

$N_k = \sum X_{ik}$ = Número total de individuos de la muestra k .

Finalmente los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y las diversidades se analizaron con el fin de ver si la diversidad esta determinada por los factores ambientales.

Esto se realizó con un análisis de coeficientes de correlación con el programa STATISTICA versión 5.1 (1998).

FASE DE LABORATORIO

Se realizó una recolecta previa en la zona litoral del lago Huetzalin y se obtuvieron tres especies de cladóceros: *Simocephalus vetulus* (Sv), *Alona* c.f. *rectangula* (Ar) y *Pleuroxus aduncus* (Pa). Estas especies fueron seleccionadas para la realización de los experimentos por encontrarse entre las macrófitas del litoral del lago, asegurando con ello que se desarrollan en el mismo hábitat.

Cultivo de Cladóceros

En el laboratorio se aisló e identificó hasta especie a los cladóceros, y con ello se verificó que son organismos propios de la zona litoral; posteriormente se pusieron en acuarios de vidrio de 5 l, que contenían aproximadamente 3 l de medio sintético de agua dulce de dureza moderada, (EPA: 0.095g de NaHCO₃, 0.06g KCASO₄, 0.06g MSO₄ y 0.0002g de KCL para 1L) (Anónimo, 1985) y una concentración de *Chlorella vulgaris* de 1.5×10^6 cels ml⁻¹ a una temperatura constante de $22 \pm 1^\circ$ C con calentador automático de 20 watts, luz difusa continua y un pH entre 7.5 y 8.0. Tres veces por semana se realizaban cambios totales del medio, desechando el sedimento ya que podría ser fuente de contaminación. Los recambios consistían en filtrar a los organismos con una malla de 50 μ m y enjuagarlas con medio EPA e inmediatamente depositarlos en medio nuevo con el fin de causar el menor daño a los individuos (Sarma, 1991).

Cultivo del Alga

Se determinó realizar los experimentos con el alga *Scenedesmus acutus*, porque al realizarse una estimación visual resultó que era muy abundante en el lago. Para la preparación del cultivo de esta alga se utilizó 1.5 l de medio Bold Basal (Borowitzka y Borowitzka, 1998), y un inóculo inicial de 4.0×10^6 cels ml⁻¹ (Larios, 1999), posteriormente las botellas se expusieron a un periodo de luz continua utilizando lámparas de 30 watts y se oxigenaron introduciendo un tubo de vidrio conectado a flujo de aire continuo, estos cultivos se mantuvieron durante todos los experimentos.

Preparación de Dietas

Scenedesmus acutus: Se preparó el medio con una concentración de 1×10^6 células ml^{-1} en medio EPA (Anónimo, 1985). Esta concentración de alga contiene 8.5 mg de Carbón por litro.

Detritus: Se puso una concentración de 1×10^6 células ml^{-1} en medio EPA (Anónimo, 1985), durante 3 días a 40°C , este medio presentaba un 17.5 % mas de carbón que el alga sola por el crecimiento de bacterias y materia orgánica, por lo tanto se realizó un ajuste para que ambas dietas tuvieran 8.5 mg de carbón por litro. Para cuantificar el carbón de las dietas se utilizó la técnica COD (Anexo 2).

Crecimiento Poblacional

Se utilizaron vasos de plástico transparentes con una capacidad 100 ml en los cuales se colocaron 50 ml de cada dieta preparada. Para asegurar su crecimiento se pusieron en cada recipiente 20 individuos de diferentes edades provenientes de una población de crecimiento exponencial (descrita en cultivo de cladóceros), se mantuvieron cada una de las especies con 4 réplicas por cada dieta. Los individuos de cada vaso se contaron diariamente, eliminándose el alimento no ingerido, cambiando los cultivos tanto de vaso como de medio EPA para mantener constante la concentración del alimento y evitar la contaminación por otros organismos.

Se determinó el crecimiento poblacional elaborándose las curvas de densidad poblacional y se calculó la tasa de crecimiento poblacional (r), usando la ecuación de crecimiento exponencial:

$$r = (\ln N_t - \ln N_o) / t$$

Donde: N_o = densidad poblacional inicial, N_t = densidad poblacional al tiempo t , t = tiempo en días, (Krebs, 1985); utilizando el programa de computo SIGMA PLOT exact graphs for exact science versión 7, 2001.

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para cuantificar la diferencia de los tratamientos con la tasa de crecimiento poblacional (Sokal y Rohlf, 1979).

Tabla de Vida

Se colocaron 10 neonatos de cada especie en vasos de plástico con 50 ml de las dietas ya mencionadas, los individuos originales se contaron diariamente, separando y contando a su descendencia y retirando a los organismos muertos, se tuvieron 4 réplicas por cada tratamiento.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para las tablas de vida de acuerdo a Pianka (1988) son: curva de supervivencia (número de individuos / día), fecundidad (número de individuos / hembra), promedio de vida (días), esperanza de vida al nacer (días), tasa de reproducción bruta (numero total de neonatos / hembra / tiempo), tasa de reproducción neta (número promedio de neonatos / hembra / tiempo total), tiempo generacional (días) y tasa de incremento poblacional (individuos por unidad de tiempo). Las formulas tomadas de Krebs (1985) y Pianka (1988) para calcular estos parámetros fueron las siguientes:

$$\text{Tasa reproductiva bruta} = \sum_{x=0}^{\infty} m_x \quad \text{Donde: } m_x = \text{fecundidad}$$

$$\text{Tasa reproductiva neta } R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x \quad \text{Donde: } l_x = \text{supervivencia}$$

$$m_x = \text{fecundidad}$$

$$\text{Tiempo generacional (T)} = \sum l_x m_x \cdot x / R_0 \quad \text{Donde: } l_x = \text{supervivencia,}$$

$$m_x = \text{fecundidad}$$

$$X = \text{edad.}$$

$$\text{Tasa de incremento poblacional (r)} = \sum_{x=0}^n e^{-rx} l_x m_x = 1 \quad \text{Donde: } e = 2.718$$

$$x = \text{edad}$$

$$l_x m_x = R_0$$

Competencia

Se determinó la dieta en la que crecían mejor las tres especies de cladóceros, resultando el alga *Scenedesmus acutus* fresca como la adecuada para montar el experimento. Teniendo ya definida la dieta, se prepararon 50 ml de ésta en medio EPA (Anónimo, 1985), se les agregaron 10 cladóceros *Simocephalus vetulus* (Sv), *Alona rectangula* c.f. (Ar) y *Pleuroxus aduncus* (Pa), en las siguientes combinaciones: Sv + Ar, Sv + Pa y Ar + Pa con sus respectivos controles de Sv, Ar, Pa. Se tuvieron 4 replicas por combinación, se cambiaron de medio y contaron diariamente. Con los datos obtenidos se determinó el crecimiento poblacional elaborándose las curvas de densidad poblacional y se calculó la tasa de crecimiento poblacional con la ecuación exponencial ya mencionada en el experimento de crecimiento poblacional.

RESULTADOS

FASE DE CAMPO I

Parámetros Físicos

La menor **profundidad** registrada en el Lago Huetzalin fue de 30 cm en las estaciones 1 y 2 en el mes de marzo y la más alta fue de 100 cm en la estación 3 en el mes de enero. La variación entre las estaciones fue muy pequeña, incluso en el mes de septiembre se encontró para las tres estaciones una profundidad con un intervalo de 70 a 80 cm (Fig. 2). La profundidad de **visibilidad del disco de Secchi** tuvieron un intervalo de 11 a 35 cm en las estaciones 1 y 2 a través del año. La visibilidad en la estación 3 osciló entre los 25 a 65 cm, siendo ésta la más alta a lo largo de los 12 meses. En este parámetro no se encuentra una relación entre las estaciones 1 y 2 con la 3 porque ésta última se encuentra cerca de los vertederos que abastecen de agua al lago (Fig. 1), teniéndose en esta zona el agua libre de organismos y partículas de gran tamaño.

Los valores más altos de **temperatura** fueron de: 38 ° C en la estación 1, 28 ° C en la estación 2 y de 30 ° C en la estación tres del mes de abril. Las temperaturas más bajas se presentaron en los meses de diciembre del año 2003 y enero de 2004 con un intervalo de 12 a 16 ° C (Fig. 2).

Parámetros Químicos

El **oxígeno disuelto** en el agua varió entre 1.6 y 12.4 mg l⁻¹. Los valores más altos se presentaron en mayo con 10.4 mg l⁻¹ en la estación 1, 12.0 mg l⁻¹ en la estación 2 y 10.8 mg l⁻¹ en la estación 3. En abril se tuvo el oxígeno disuelto más bajo con 4.0 mg l⁻¹ en la estación 1, 6.0 mg l⁻¹ en la estación 2 y 1.6 mg l⁻¹ en la estación 3. En la mayor parte del año el oxígeno se mantuvo por arriba de los 7 mg l⁻¹ (Fig. 3).

El **pH** se presentó homogéneo en las estaciones 1 y 2 oscilando entre 7.93 y 10.41 a lo largo del año, el mes de octubre tuvo el valor más alto para estas dos estaciones con 10.41 y 10.52 respectivamente. El pH más bajo varió para cada estación, teniendo reportado para la estación 1 un valor de 8.8 en el mes de mayo y para la estación 2 un valor de 7.93 en enero

del 2003. La estación 3 se comportó de diferente manera al presentar en promedio un pH de 7.71 en el año (Fig. 3).

La **conductividad** (K_{25}), se empezó a medir a partir del mes de mayo siendo de los parámetros más estables y constantes en las tres estaciones a lo largo del año, excepto en mes de septiembre, ya que la estación 3 presentó una conductividad de $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$ siendo está la más alta del año. En este mismo mes en la estación 1 se presentó una conductividad de $500 \mu\text{S cm}^{-1}$. En general el intervalo se mantuvo entre 500 y $700 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Fig.3).

A lo largo del año en la **dureza total** se pueden observar varios períodos: el primero abarcaría los meses de enero (2003) a marzo en donde el intervalo se mantiene en 112.01 y 280.22 mg l^{-1} como CaCO_3 para las tres estaciones. El segundo periodo empieza en abril donde se ve una disminución en la estación 1 llegando a ser de 68.01 mg l^{-1} de CaCO_3 . En los meses de mayo a agosto hay fuertes oscilaciones hasta llegar a septiembre que es donde se tiene reportada la dureza total más alta con 324.05 mg l^{-1} en la estación 3. Finalmente en los meses de octubre (2003) a enero (2004) se presentan varias oscilaciones pero con un descenso de la concentración de CaCO_3 (Fig. 3).

La **clorofila a** es una medida indirecta de la biomasa de fitoplancton que se encuentra en un cuerpo de agua. En el caso del lago Huetzalin se obtuvieron los valores más altos en los meses de abril y mayo con un intervalo de 551 a 1229.3 mg/m^3 y los valores bajos se presentaron en el mes de noviembre con 373.8 mg/m^3 en la estación 1, 364.9 mg/m^3 en la estación 2 y 80.1 mg/m^3 en la estación 3 (Fig. 4).

Nutrientos

Los niveles bajos de **carbón** en el lago se presentaron en el mes de enero (2003). En los meses de junio y septiembre se mantiene estable con una concentración promedio de 51.85 mg l^{-1} en la estación 1, 38.41 mg l^{-1} en la estación 2 y 49.93 mg l^{-1} en la estación 3. Para octubre y noviembre la concentración disminuye. En diciembre vuelve a subir y se observa la concentración más alta del año con 93.29 mg l^{-1} en la estación 1. Finalmente en enero (2004) el carbón baja, sobre todo en la estación 1 con 22.63 mg l^{-1} (Fig.4).

En el mes de febrero se presentaron los niveles más bajos de **fósforo total** para las tres estaciones, el más bajo se registro en la estación 2 con 0.25 mg l^{-1} . La máxima

concentración se da en el mes de abril en la estación 3 con 3.56 mg l^{-1} . Los valores de las estaciones 1 y 2 a partir de junio se presentan similares aunque en los meses de diciembre y enero (2004) son más elevados en la estación 1. La estación tres presenta los valores más altos durante todo el año.

En la forma de **fósforo disuelto total** la concentración más elevada fue en la estación 3 con 3.0 mg l^{-1} en el mes de abril y la concentración baja se presentó en octubre con 0.14 mg l^{-1} en la estación 2. Las tres zonas de muestreo presentan grandes diferencias en las concentraciones de este nutrimento particularmente entre las estaciones 1 y 2 con la 3, poniéndose en duda que el agua de tratamiento de la planta Cerro de la Estrella este siendo correctamente procesada, ya que las concentraciones más altas se presentan en la entrada de agua, es decir la estación 3 (Fig. 1).

El **nitrato** se empezó a medir a partir del mes de mayo. Las concentraciones de N-NO_3 de mayo a septiembre oscilaron de 16.2 y 20.8 mg l^{-1} en las tres estaciones. Para el mes de octubre aumentó la concentración particularmente en la estación 3 con 25 mg l^{-1} , siendo la más alta a lo largo del año. Para noviembre el N-NO_3 bajo considerablemente en todas las estaciones, teniendo en la estación 3 el nivel más bajo con 13 mg l^{-1} . En los meses de diciembre y enero (2004) se vuelve a establecer la concentración de nitrato para las tres estaciones, encontrándose en un intervalo de 18.9 a 20.9 mg l^{-1} .

El **nitrito**, también empezó a medirse en el mes de mayo. En este mes y junio las oscilaciones son muy reducidas ya que van de 1.0 a 1.19 mg l^{-1} . Para el mes de abril en la estación 2 se registró un descenso drástico de la concentración de N-NO_2 con 0.61 mg l^{-1} . En septiembre sube el N-NO_2 manteniéndose entre 1.10 y 1.16 mg l^{-1} , pero en octubre vuelve a bajar ligeramente, siendo la estación 3 la más baja con 0.87 mg l^{-1} . De noviembre a enero del 2004 se mantienen las concentraciones entre 1.0 y 1.21

PARAMETROS FÍSICOS

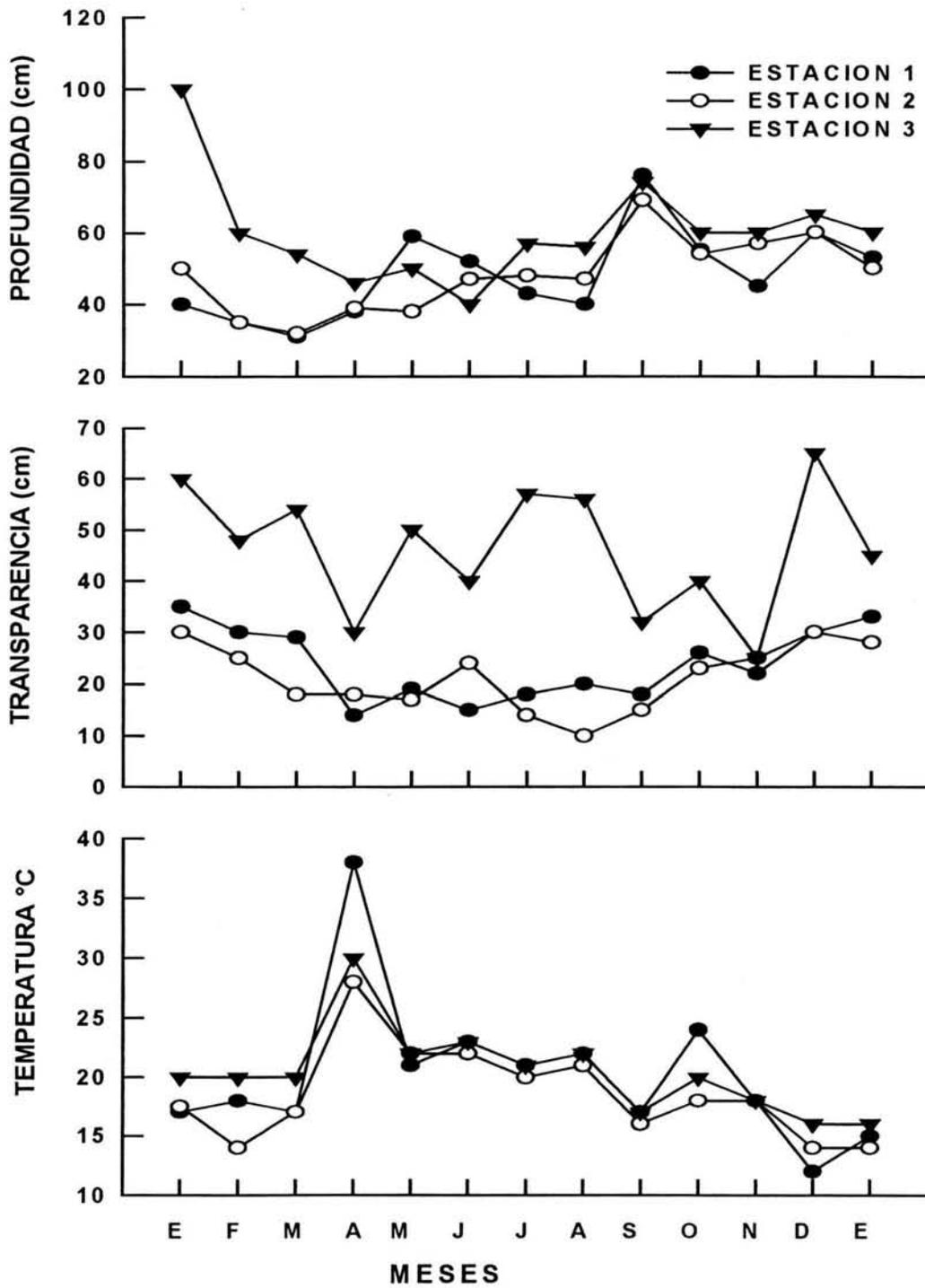


Figura 2. Profundidad, transparencia y temperatura registradas en el Lago Huetzalin, Xochimilco.

PARÁMETROS QUÍMICOS

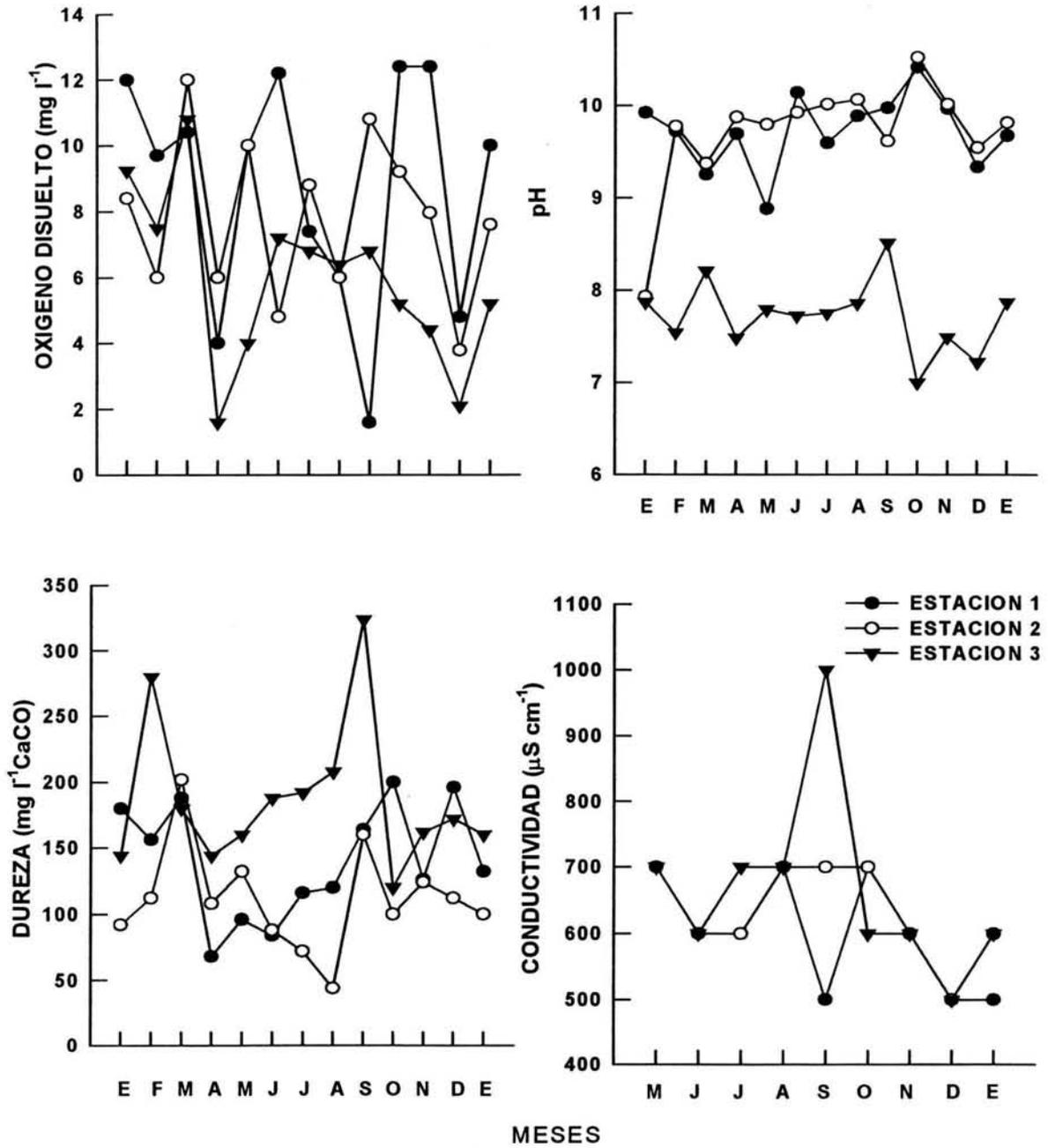


Figura 3. Oxígeno disuelto, pH, dureza y conductividad registrados en el Lago Huetzalín, Xochimilco.

NUTRIMENTOS

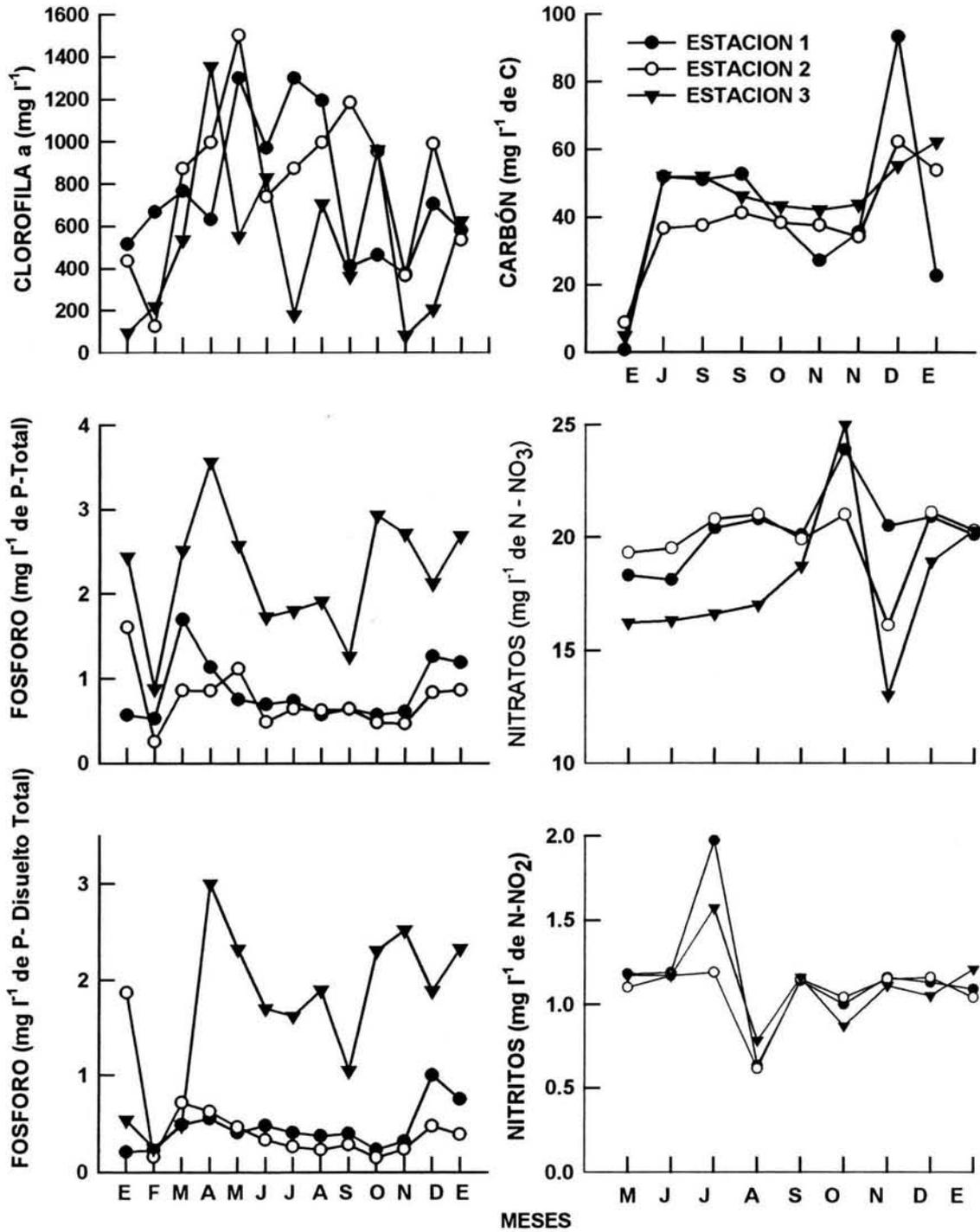


Figura 4. Clorofila a, carbón, fósforo total, fósforo total disuelto, nitratos y nitritos registrados en el Lago Huetzalin, Xochimilco.

FASE DE CAMPO II

Fitoplancton

De las muestras que se obtuvieron del Lago Huetzalin para el fitoplancton, se revisaron y se realizó una estimación visual, observándose que durante todo el año, las especies de algas que siempre se encontraron fueron *Scenedesmus acutus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Fragilaria* sp. y *Pediastrum* sp.

Rotíferos

Se revisaron las muestras obtenidas en el periodo de enero del 2003 a enero del 2004 de las raíces de las macrófitas, y se encontraron representadas 12 Familias del Orden Ploima y 1 Familia del Orden Gnesitrocha. Del Orden Ploima los géneros *Brachionus* y *Lecanidae* fueron los que presentaron mayor número de especies con 8 y 13 respectivamente. Las especies *Brachionus quadridentatus*, *Keratella cochlearis*, *Lecane bulla* y *Lecane closterocerca* se encontraron en todas las muestras del año junto con *Mytilina bisulcata*, *Lepadella ovalis*, *Lepadella patella* y *Testudinella patina* (Tabla 1).

De las muestras donde se filtraron 50 litros de agua que estaban entre las macrófitas, se obtuvieron 12 Familias del Orden Ploima de las cuales los géneros con mayor número de especies fueron: *Brachionus* con 8 y el *Lecanidae* con 12. Las especies *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus havanaensis* y *Brachionus quadridentatus* que junto con *Polyarthra vulgaris* de la Familia Synchaetidae, estuvieron presentes en todo el año. También se encontraron dos Familias del género Gnesitrocha (Tabla 2).

Cladóceros

En los dos tipos de muestras tomadas de la zona litoral del lago Huetzalin, se encontraron 3 Familias del Orden Anomopoda representadas con tres géneros: Daphniidae con 2 especies, Moinidae con 1 y Chydoridae con 4. En las muestras de las raíces de macrófitas la especie que se encontró durante todo el año fue *Alona rectangula* y en la muestra de 50 litros fue *Pleuroxus aduncus* (Tabla 1 y 2).

Densidad

De las doce especies que presentaron densidades altas en los muestreos de las raíces de macrófitas, *Brachionus quadridentatus* presentó una densidad máxima de 1000 individuos por gramo de planta en el caso de los rotíferos y en los cladóceros tenemos a la especie

Pleuroxus aduncus con una densidad máxima de 800 individuos por gramo de planta (Fig. 5).

En las muestras de 50 litros las densidades más altas las tuvieron la especie *Brachionus havanaensis* con casi 6000 individuos por litro por parte del grupo de los rotíferos y en el caso de los cladóceros fue la especie *Alona rectangula* con casi 750 individuos por litro en el mes de septiembre (Fig. 6). En el caso de las muestras de las macrófitas se tienen densidades pequeñas mientras que en las especies de las muestras de 50 litros son mayores. La revisión detenida de las doce especies más abundantes de ambos tipos de muestras, nos deja ver que *Lepadella ovalis* y *Testudinella patina* no son abundantes en las muestras de 50 litros, mientras que *Brachionus caudatus* y *Keratella cochlearis* tampoco tienen altas densidades en las muestras tomadas de las raíces de macrófitas. (Fig. 5 y 6).

Diversidad de Shannon-Weiner

Al calcular el índice de diversidad para cada mes se obtuvieron los valores que al graficarse muestran como ésta varía a lo largo del año. En las muestras tomadas de las raíces de macrófitas se tuvo que la estación 1 presentó la diversidad más alta en el mes de marzo con 3.47 bits y la más baja se presentó en el mes de septiembre con 1.36 bits, la estación 2 en agosto tuvo 3.34 bits y en el junio 0.88 bits. Para la estación 3 el mes de noviembre presentó la diversidad más alta con 3.71 y la más baja fue en octubre con 0.59 bits (Fig. 7). Los índices de diversidad que se obtuvieron de las muestras de 50 litros fueron ligeramente menores a los que se presentaron en las raíces de las macrófitas, observándose en el caso de la estación 1, que la diversidad más alta fue de 3.33 bits y la más baja fue de 0.74, en la curva de diversidad de la estación 2 se puede apreciar que el pico más alto fue el de junio con 3.04 bits y el más bajo fue de 0.64 en el mes de febrero. Para la estación 3 en octubre se tuvo 3.51 bits y en abril se presentó la diversidad más baja con 0.098.

Índice de Morisita

Las muestras de las raíces de las macrófitas presentaron en la mayoría de los meses una gran similitud entre las estaciones 1 y 2. Entre las estaciones 1 y 3 solo en 6 meses fueron similares, mientras que entre las estaciones 2 y 3 la mayoría de los muestreos están por debajo del índice de similitud de Morisita. En las muestras de 50 litros las estaciones 1 y 2 comparten en la mayoría de los muestreos el estar por arriba del índice lo que nos indica que son muy similares, pero entre las estaciones 1 y 3 solo en uno de los muestreos del mes

de agosto presenta similitud. Entre las estaciones 2 y 3 se presenta una similitud en los meses de enero (2003), agosto y septiembre (Fig. 8).

Coefficiente de correlación

Se realizó un análisis estadístico de coeficientes de correlación con el programa STATISTICA versión 5.1 (1998), en donde se construyó una matriz con los datos obtenidos de las diversidades de ambos tipos de muestras (macrófitas y las de 50 L) y los datos de cada uno de los parámetros físicos, químicos y de los nutrientes obtenidos a través del año de muestreo.

Se encontró que las diversidades de las muestras obtenidas de las macrófitas no tienen ninguna relación, con los parámetros medidos.

Sin embargo, en el caso de las diversidades calculadas con las muestras obtenidas de entre el agua que circulaba entre las macrófitas (50 L) sí se encontró una correlación significativa ($p < 0.05$) con los parámetros como la transparencia, pH, fósforo total, fósforo total disuelto y la clorofila a.

La transparencia presentó un coeficiente de correlación de 0.457, lo que nos indica que la transparencia se puede ver influenciada por la diversidad. El fósforo total y el fósforo total disuelto tuvieron 0.381 de coeficiente de correlación, indicándonos también que entre más fósforo se encontraba en el medio hay mayores índices de diversidad, los tres parámetros anteriores tuvieron una correlación positiva para la diversidad con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

En el caso del pH y la clorofila a, tuvieron una correlación negativa con unos coeficientes de -0.308 y -0.445 respectivamente. Este tipo de correlaciones nos indican que entre menores fueran los niveles o concentraciones de pH y clorofila la diversidad se incrementa. El nivel de probabilidad de la correlación fue de $p < 0.05$.

| ROTIFERA | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE |
|--------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ORDEN PLOIMA | | | | | | | | | | | | | |
| Familia: Epiphanidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Liferotrocha subtilis</i> Rodewald, 1940 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Familia: Brachionidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851) | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Brachionus budapestinensis</i> (Daday, 1885) | | x | x | | x | | x | | | x | | x | |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| <i>Brachionus caudatus</i> Barros & Daday, 1894 | | | | | x | x | x | | x | x | | x | |
| <i>Brachionus havanaensis</i> Rousset, 1911 | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Platyas quadricornis</i> (Ehrenberg, 1886) | x | x | x | x | x | x | x | x | | | x | x | |
| Familia: Euchlanidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dipleuchlanis propapula</i> (Gosse, 1886) | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832 | | | x | | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Familia: Mytilinidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lophocaris salpina</i> (Ehrenberg, 1834) | | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | | x |
| <i>Mytilina bisulcata</i> (Lucks, 1912) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Mytilina mucronata</i> (O. F. Muller, 1773) | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Familia: Colurellidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| <i>Lepadella ovalis</i> (O. F. Muller, 1786) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Lepadella patella</i> (O. F. Muller, 1786) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Familia: Lecanidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Lecane flexilis</i> (Gosse, 1886) | | | | | | | | | x | | | | |
| <i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896) | x | | x | x | | | | | x | x | x | x | x |
| <i>Lecane inermis</i> (Bryce, 1892) | x | | x | x | | x | x | x | | x | x | x | x |
| <i>Lecane ludwigi</i> (Eckstein, 1893) | | | | | | | | | | x | | x | x |
| <i>Lecane luna</i> (O. F. Muller, 1776) | x | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| <i>Lecane obtusa</i> (Murray, 1913) | | | | x | | x | | | | | | x | |
| <i>Lecane ohioensis</i> Herrick, 1885 | | x | | x | | | x | | x | | | | |
| <i>Lecane pyriformis</i> (Daday, 1905) | | x | x | x | x | x | x | | | | | | |
| <i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1832) | | | | | x | x | x | x | x | x | | | |
| <i>Lecane stokesi</i> Pell, 1890 | | | | | | | | | | | x | x | |
| <i>Lecane unguitata</i> (Fadееv, 1925) | | | | | | | x | x | x | x | x | x | |

Tabla 1. Especies de Rotíferos y Cladóceros encontradas en Enero 2003 a Enero 2004. en las muestras de las raíces de las macrófitas, del Lago Huetzalin.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE |
|------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ROTIFERA | | | | | | | | | | | | | |
| ORDEN PLOIMA | | | | | | | | | | | | | |
| Familia: Lindiidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lindia torulosa</i> Dujardin, 1841 | | | | | | x | x | x | x | | | | x |
| Familia: Notommatidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1832) | | | | | | | | x | x | x | x | x | x |
| <i>Pleurotrocha atlantica</i> Myers, 1936 | | | | | | | | | x | x | x | | |
| Familia: Trichocercidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Trichocerca bicristata</i> (Gosse, 1887) | | | | | | | | x | x | x | x | x | |
| <i>Trichocerca tenuior</i> (Gosse, 1886) | | | | | | | | x | x | x | | x | |
| Familia: Synchaetidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943 | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Familia: Asplanchnidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Asplanchna brightwelli</i> (Gosse, 1850) | x | | | | | | | | | x | | x | |
| Familia: Dicranophoridae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dicranophorus forcipatus</i> (O. F. Muller, 1786) | | | | | | | x | x | x | | | | |
| ORDEN GNESIOTROCHA | | | | | | | | | | | | | |
| Familia: Testudinellidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783) | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Familia: Filiniidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834) | | | | | | | | | | | | | |
| CLADÓCERA | | | | | | | | | | | | | |
| ORDEN ANOMOPODA | | | | | | | | | | | | | |
| Familia: Daphniidae | | | | | | | | | | | | | |
| Subgenus Ctenodaphnia | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Simocephalus vetulus</i> Kurz, 1874 | x | | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Scapholeberis kingin</i> Sars, 1903 | | | | | | | | | | x | x | x | x |
| Familia: Moinidae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Moina micrura</i> Kurz, 1874 | x | x | x | | x | | | | | x | | x | |
| Familia: Chydoridae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820) | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Alona rectangularis</i> Sars, 1862 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Muller, 1785) | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Kurzia latissima</i> (Kurz, 1874) | | | | | | | x | x | x | x | x | x | |

Tabla 1. Continuación.

ROTIFERA

ORDEN PLOIMA

Familia: Epiphanidae

Liferotrocha subtilis Rodewald, 1940

ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC ENE

x x x x x x x x x x x x

Familia: Brachionidae

Brachionus angularis (Gosse, 1851)

x x x x x x x x x x x x

Brachionus budapestinensis (Daday, 1885)

x x x x x x x x x x x x

Brachionus calyciflorus Pallas, 1766

x x x x x x x x x x x x

Brachionus caudatus Barros & Daday, 1894

x x x x x x x x x x x x

Brachionus havanaensis Rousselet, 1911

x x x x x x x x x x x x

Brachionus quadridentatus (Hermann, 1783)

x x x x x x x x x x x x

Keratella cochlearis (Gosse, 1851)

x x x x x x x x x x x x

Platyias quadricornis (Ehrenberg, 1886)

x x x x x x x x x x x x

Familia: Euchlanidae

Dipleuchlanis propapula (Gosse, 1886)

x

Euchlanis dilatata Ehrenberg, 1832

x x x x x x x x x x

Familia: Mytilinidae

Lophocaris salpina (Ehrenberg, 1834)

x x x x x x x x

Mytilina bisulcata (Lucks, 1912)

x x x x x x x x x x

Mytilina mucronata (O. F. Muller, 1773)

x x x x x x x x x x

Familia: Colurellidae

Colurella obtusa (Gosse, 1886)

x x x x x x x x x x

Lepadella ovalis (O. F. Muller, 1786)

x x x x x x x x x x x x

Lepadella patella (O. F. Muller, 1786)

x x x x x x x x x x x x

Familia: Lecanidae

Lecane bulla (Gosse, 1851)

x x x x x x x x x x x x

Lecane closterocerca (Schmarda, 1859)

x x x x x x x x x x x x

Lecane flexilis (Gosse, 1886)

x

Lecane hamata (Stokes, 1896)

x x x x x x x x x x

Lecane inermis (Bryce, 1892)

x x x x x x x x x x

Lecane ludwigi (Eckstein, 1893)

x x x x

Lecane luna (O. F. Muller, 1776)

x x x x x x x x x x

Lecane obtusa (Murray, 1913)

x x x x x x x x x x

Lecane ohioensis Herrick, 1885

x x x x x x

Lecane pyriformis (Daday, 1905)

x

Lecane quadridentata (Ehrenberg, 1832)

x x x x x x x x x x

Lecane stokesi Pell, 1890

x x x x

Lecane unguitata (Fadeev, 1925)

x x x x x x

Tabla 2. Especies de Rotíferos y Cladóceros encontradas en Enero 2003 a Enero 2004. En las muestras de 50 L, del Lago Huetzalin.

ROTIFERA

ORDEN PLOIMA

Familia: Lindiidae

Lindia torulosa Dujardin, 1841

Familia: Notommatidae

Cephalodella gibba (Ehrenberg, 1832)*Pleurotrocha atlantica* Myers, 1936

Familia: Trichocercidae

Trichocerca bicristata (Gosse, 1887)*Trichocerca tenuior* (Gosse, 1886)

Familia: Synchaetidae

Polyarthra vulgaris Carlin, 1943

Familia: Asplanchnidae

Asplanchna brightwelli (Gosse, 1850)

Familia: Dicranophoridae

Dicranophorus forcipatus (O. F. Muller, 1786)

ORDEN GNESIOTROCHA

Familia: Testudinellidae

Testudinela patina (Hermann, 1783)

Familia: Filiniidae

Filinia longiseta (Ehrenberg, 1834)**CLADÓCERA**

ORDEN ANOMOPODA

Familia: Daphniidae

Subgenus Ctenodaphnia

Simocephalus vetulus Kurz, 1874*Scapholeberis kingi* Sars, 1903

Familia: Moinidae

Moina micrura Kurz, 1874

Familia: Chydoridae

Pleuroxus aduncus (Jurine, 1820)*Alona rectangularis* Sars, 1862*Chydorus sphaericus* (O. F. Muller, 1785)*Kurzia latissima* (Kurz, 1874)

ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC ENE

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>Lindia torulosa</i> | | | | | | | x | x | x | | | | x |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|---|---|--|
| <i>Cephalodella gibba</i> | | | | | | | | x | x | x | x | x | |
| <i>Pleurotrocha atlantica</i> | | | | | | | | | x | x | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|---|---|---|---|---|---|--|
| <i>Trichocerca bicristata</i> | | | | | | | x | x | x | x | x | x | |
| <i>Trichocerca tenuior</i> | | | | | | | | x | x | x | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Polyarthra vulgaris</i> | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|--|---|
| <i>Asplanchna brightwelli</i> | x | | | | | | x | | | x | x | | x |
|-------------------------------|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|--|---|

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|---|---|--|--|--|--|--|
| <i>Dicranophorus forcipatus</i> | | | | | | | x | x | | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|---|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Testudinela patina</i> | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | x |
|---------------------------|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| <i>Filinia longiseta</i> | | | | | | | | | | | | | x |
|--------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|---|--|---|--|--|---|--|---|---|---|---|---|
| <i>Simocephalus vetulus</i> | | x | | x | | | x | | x | x | x | x | x |
| <i>Scapholeberis kingi</i> | | | | | | | | | | | | x | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---|---|---|--|---|--|--|---|---|---|---|---|
| <i>Moina micrura</i> | | x | x | x | | x | | | x | x | x | x | x |
|----------------------|--|---|---|---|--|---|--|--|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Pleuroxus aduncus</i> | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Alona rectangularis</i> | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Chydorus sphaericus</i> | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Kurzia latissima</i> | | | | | | | | | x | x | x | | |

Tabla 2. Continuación

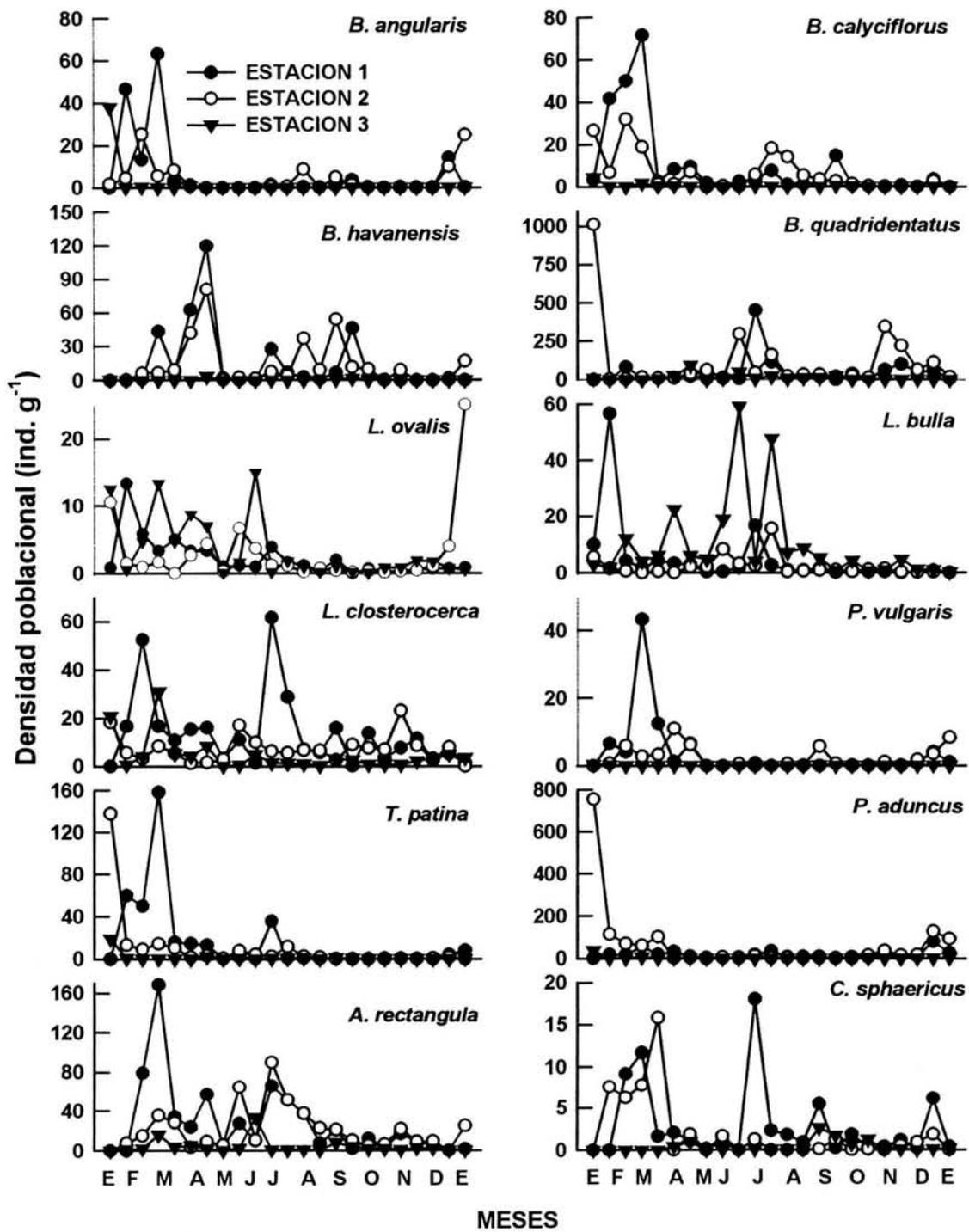


Figura 5. Especies de Rotíferos y Cladóceros más abundantes de las muestras de macrófitas de la zona litoral del Lago Huetzalin, Xochimilco.

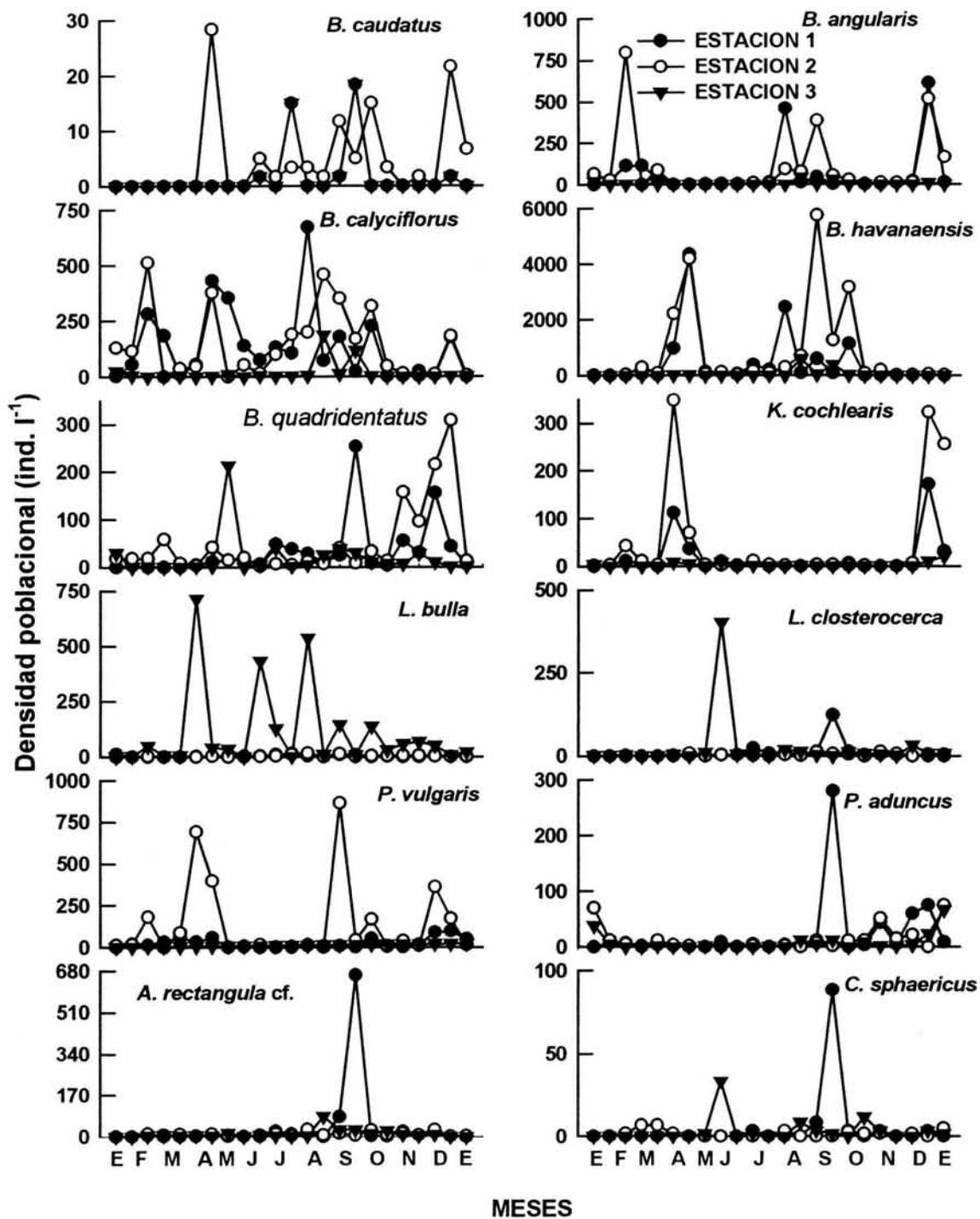


Figura 6. Especies de Rotíferos y Cladóceros más abundantes de las muestras de 50 L de la zona litoral del Lago Huetzalin, Xochimilco

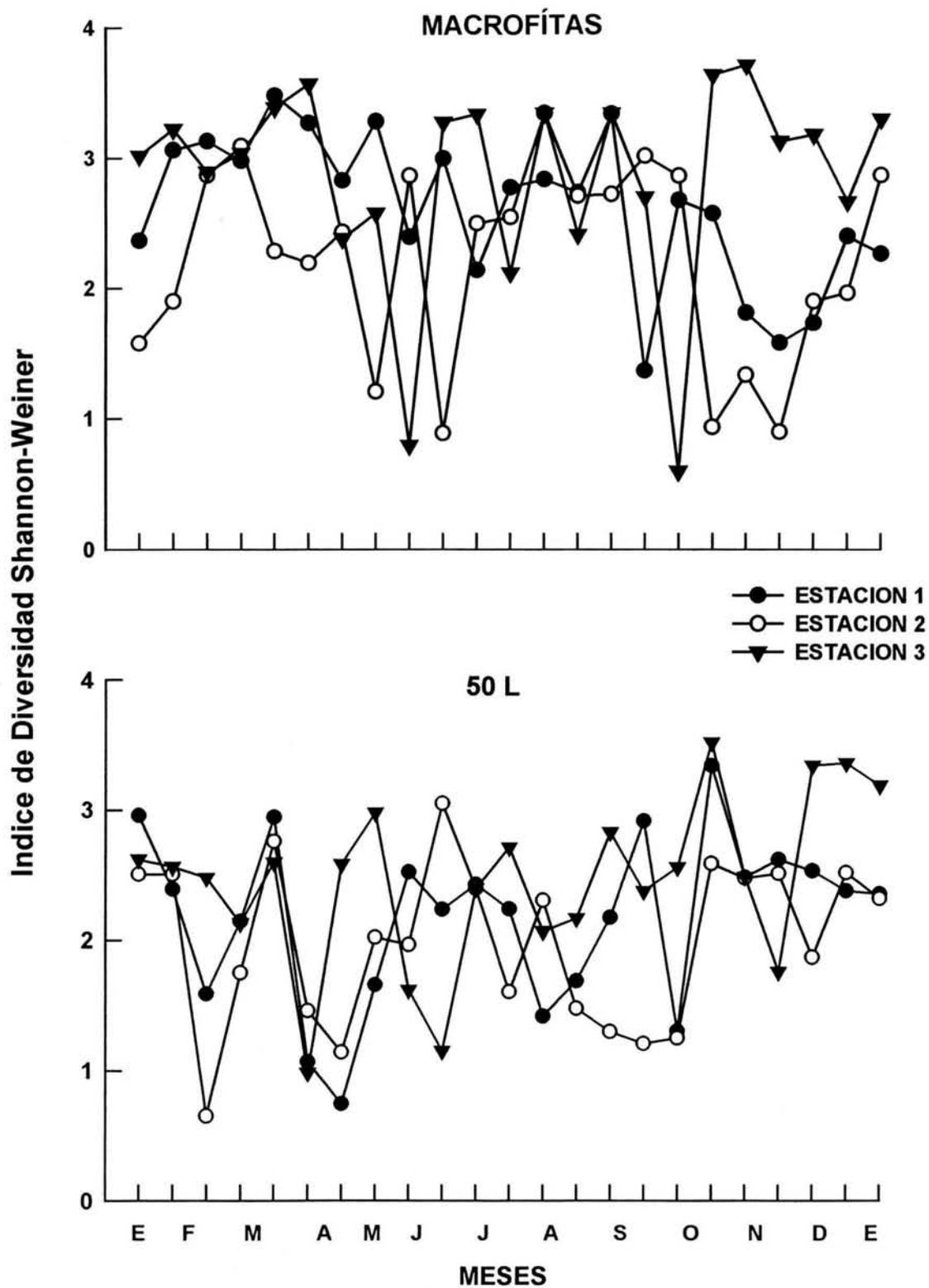


Figura 7. Diversidad encontrada en la zona litoral del Lago Huetzalin, Xochimilco, en enero de 2003 a enero de 2004.

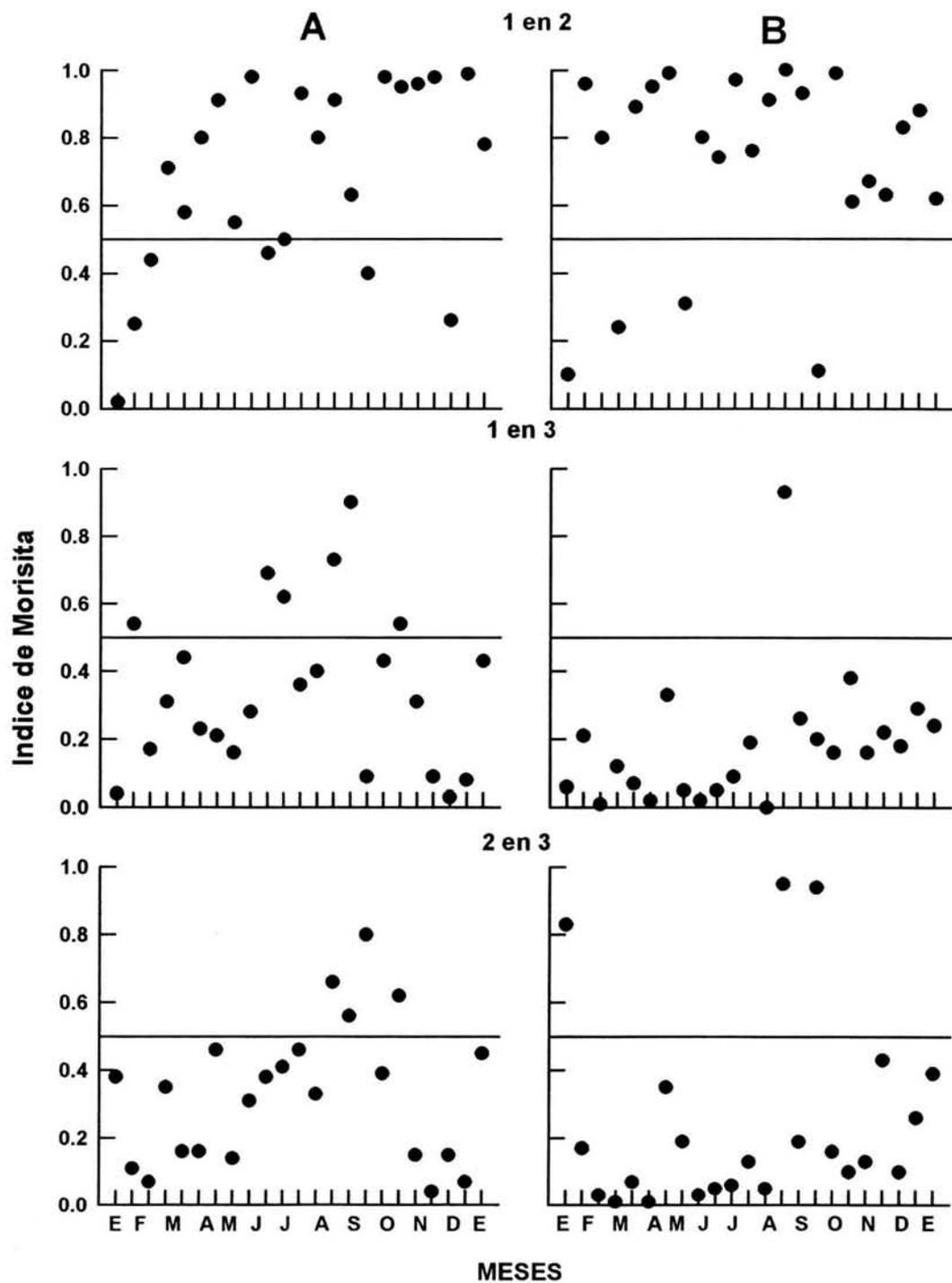


Figura. 8 Similitud que hay entre estaciones a través del año en el Lago Huetzalin, Xochimilco. A = muestras tomadas de las raíces de las macrófitas, B = muestras tomadas del agua que estaba entre las raíces de las macrófitas.

FASE DE LABORATORIO

Crecimiento Poblacional

Simocephalus vetulus presentó un crecimiento mayor con la dieta *Scenedesmus acutus* teniendo casi 10 individuos por ml, mientras que en el detritus fue de 3 (Fig. 9). Las tasas de crecimiento poblacional de las dietas en el análisis ANOVA tuvieron una diferencia significativa de $p < 0.05$ (Fig. 10 y Tabla 5).

Alona ractangula tuvo una tasa de crecimiento poblacional de 0.5 en *Scenedesmus acutus* (Fig. 10), reflejándose este valor en su curva con una densidad máxima de 50 individuos por ml (Fig. 9). En el análisis ANOVA se puede ver que hay una diferencia significativa de $p < 0.01$ entre las dietas (Tabla 5).

Pleuroxus aduncus fue la única especie que presentó un crecimiento alto en la dieta elaborada con el alga como detritus, ya que en su curva obtuvo una densidad máxima de 2.5 individuos por ml (Fig. 9) y su tasa de crecimiento fue de casi 0.10 (Fig. 10), sin embargo en el análisis ANOVA no se ve una diferencia significativa entre las dietas (Tabla. 5); ya que en la curva de la dieta de *Scenedesmus acutus* fresca se observan dos picos de abundancia máxima siendo el más alto de 1.5 individuos por ml (Fig. 9).

De las tres especies la que creció mejor fue *Alona ractangula* con *Scenedesmus acutus* obteniendo su densidad máxima al día 25 del experimento. En la curva de *Simocephalus vetulus* con *Scenedesmus acutus* se puede ver que obtiene dos picos de densidad máxima en el lapso de 30 días. En *Pleuroxus aduncus* se puede observar que su mejor crecimiento está muy por debajo del de las otras dos especies; y que entre los dos picos de densidad máxima obtenidos en el detritus, hay una distancia de recuperación en días muy larga entre una generación y la otra (Fig. 9).

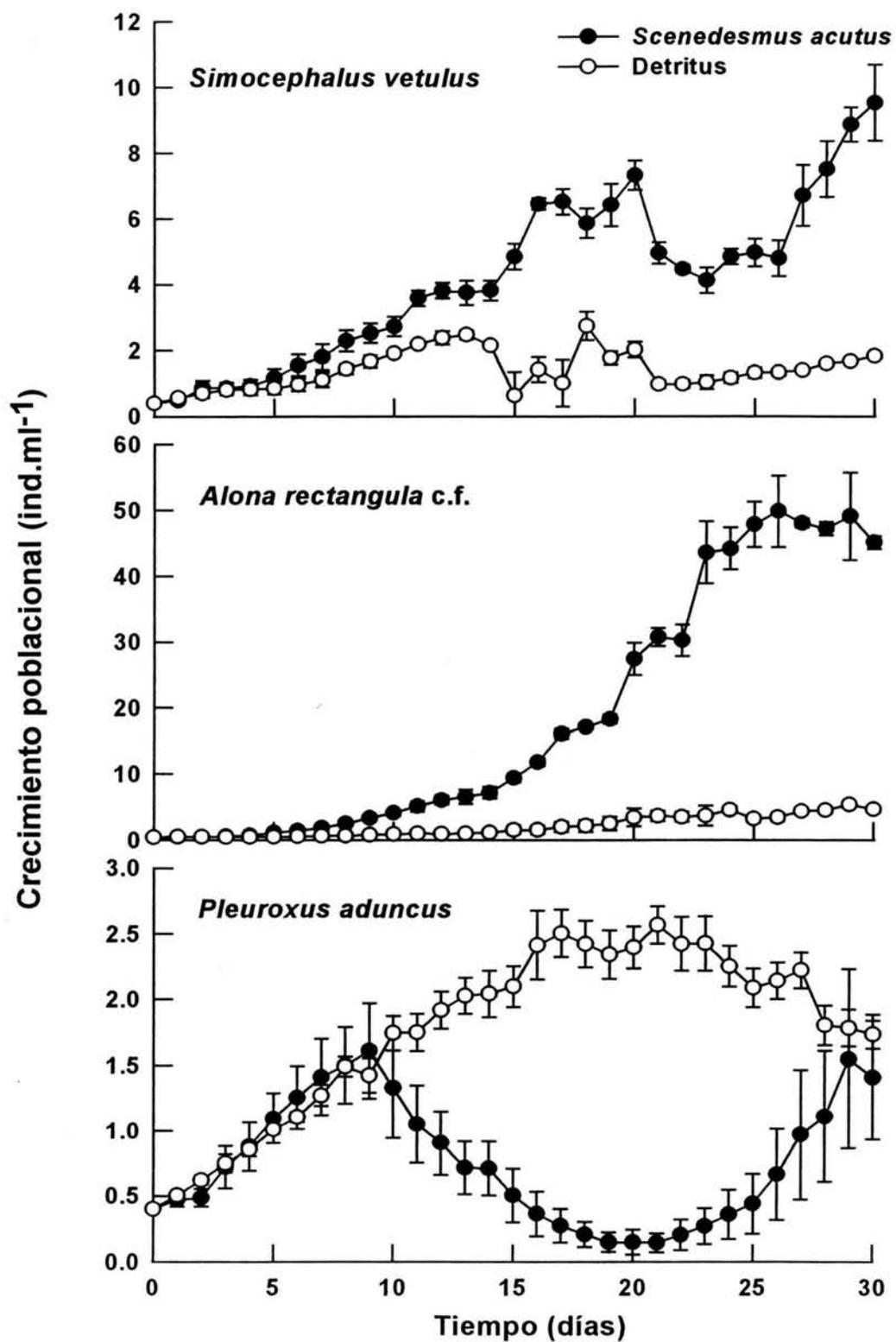


Figura 9. Crecimiento poblacional con dos dietas. Los valores indican \pm el error estándar de cuatro repeticiones.

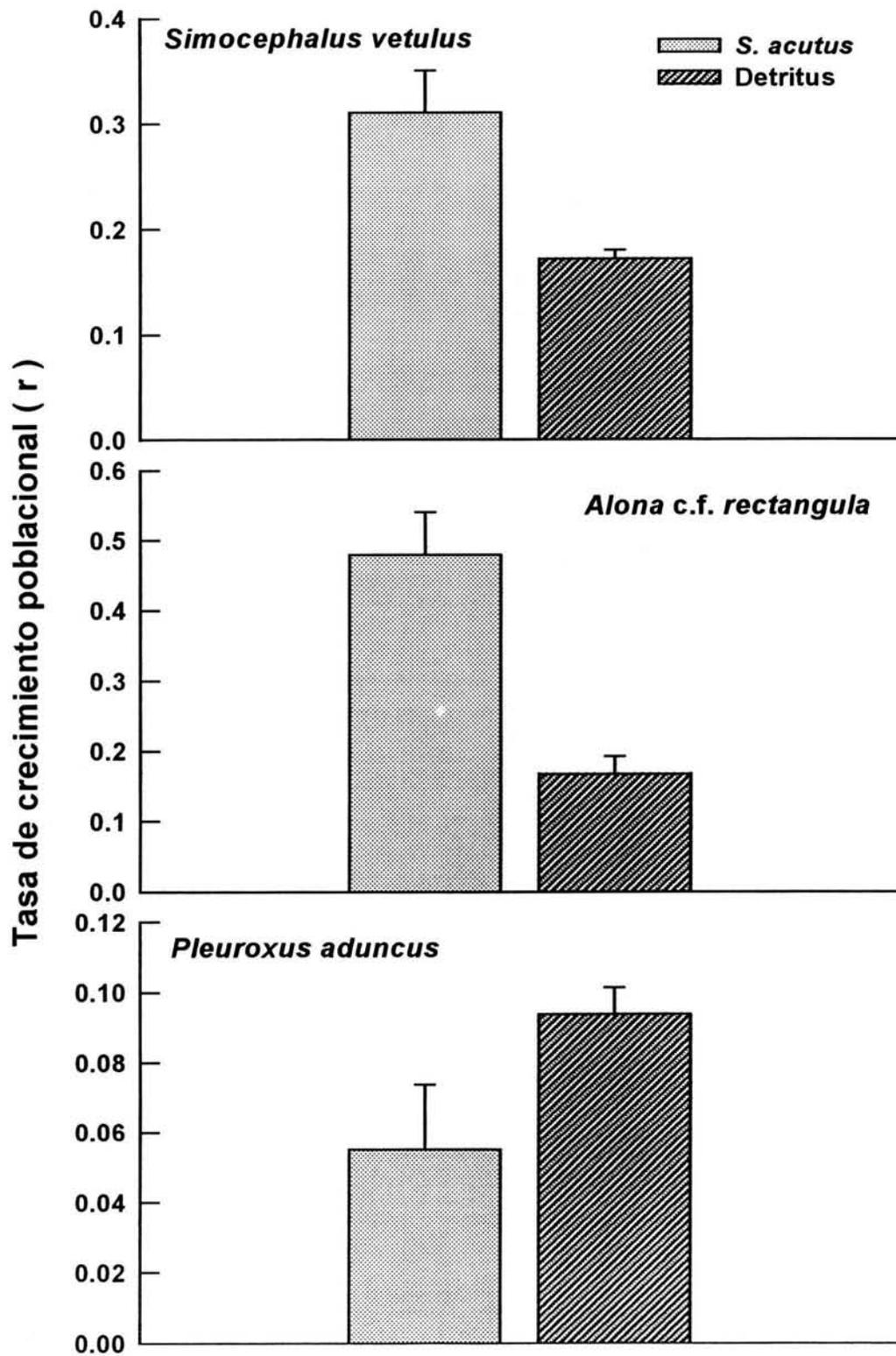


Figura 10. Tasa de crecimiento poblacional (r). Los valores indican \pm el error estándar de cuatro repeticiones.

Tabla de Vida

Al graficarse los datos de supervivencia que se obtuvieron de la tabla de vida de cada una de las especies con las dos diferentes dietas dieron como resultado curvas de Tipo I (convexa) de acuerdo a la clasificación de las curvas de supervivencia según Pearl (1928) y Deevey (1947) (Begón, *et al.*, 1995) (Fig.11 y 12). La supervivencia de las tres especies se ve claramente afectada por el tipo de alimento al que fueron expuestas. La mortalidad que se observó en las tres especies fue menor y más lenta en *Scenedesmus acutus* que en el detritus. En *Simocephalus vetulus* la mayor mortalidad se da en los últimos días con la dieta de alga fresca, mientras en el detritus se ve desde los primeros días, pero su supervivencia llega a ser de más de 55 días en *Scenedesmus acutus* y casi 80 días en el detritus. En ambas dietas *Alona rectangularis* tuvo una supervivencia de aproximadamente 40 días. *Pleuroxus aduncus* tuvo una supervivencia de 20 días aproximadamente en ambas dietas (Fig. 11 y 12).

Las curvas de fecundidad fueron diferentes en las tres especies de cladóceros. *Simocephalus vetulus* presentó en las dos dietas fuertes oscilaciones en su reproducción con un gran número de descendientes particularmente en *Scenedesmus acutus*, alcanzando un máximo de 12 individuos por periodo. *Alona rectangularis* tuvo más periodos reproductivos pero menos descendencia con un intervalo de 2 a 6 individuos por periodo. En *Pleuroxus aduncus* la presencia de periodos fue poca y el número de descendientes fue de aproximadamente dos organismos por periodo (Fig. 13 y 14).

Los parámetros: promedio de vida, esperanza de vida al nacer, tasa de reproducción bruta y neta y el tiempo generacional nos reafirman los datos expresados en las graficas de supervivencia y fecundidad. *Simocephalus vetulus* llegó a tener un promedio de vida de 45 días, sus neonatos tuvieron una supervivencia alta, sus tasas de reproducción bruta y neta fueron de más de 140 y 100 neonatos por hembra en la dieta de *Scenedesmus acutus* y en el detritus fue de más de 105 y 40 neonatos por hembra, respectivamente; el tiempo generacional fue de más de 30 días en ambas dietas (Fig. 15 y 16), llegándose a presentar sólo en la tasa de reproducción neta una diferencia significativa de $p < 0.001$ entre las dos dietas (Tabla 4). *Alona rectangularis* tiene un comportamiento parecido y aunque su tiempo generacional promedio es menor al de *Simocephalus vetulus* con aproximadamente 20 días,

la esperanza de vida al nacer es de casi 20 individuos en *Scenedesmus acutus* y las tasas de reproducción neta y bruta solo son ligeramente altas en la dieta con *Scenedesmus acutus* con aproximadamente 30 neonatos por hembra, el tiempo generacional es de 20 días para ambas dietas (Fig. 15 y 16), teniendo en las tasas de reproducción bruta y neta una diferencia significativa de $p < 0.001$ entre las dietas (Tablas 3 y 4). *Pleuroxus aduncus* presentó un promedio de vida de casi 20 días en *Scenedesmus acutus*, una esperanza de vida de los neonatos muy baja y una tasa bruta y neta de reproducción casi nulas, mientras el tiempo por generación fue de 9 días en *Scenedesmus acutus* y de 12 días en el detritus (Fig. 15 y 16), solo en el parámetro de tiempo generacional se llega a ver una diferencia significativa entre las dietas de $p < 0.001$ (Tabla 4).

La tasa de incremento poblacional en *Simocephalus vetulus* es de 0.23 en *Scenedesmus acutus* y en el detritus de 0.16 (Fig.16), siendo las tasa más altas de las tres especies con una diferencia significativa de $p < 0.001$ (Tabla 4). En *Alona rectangulara* la tasa de incremento poblacional más alta se presentó en *Scenedesmus acutus* con 0.16 y en el detritus fue de 0.08 (Fig.16), con una diferencia significativa entre las dietas de $p < 0.01$ (Tabla 4). *Pleuroxus aduncus* presentó una r de 0.07 en la dieta con *Scenedesmus acutus* y en el detritus de 0.06 (Fig. 16), al aplicarles el análisis ANOVA no se encontró diferencia significativa entre las r de las dos dietas (Tabla 4).

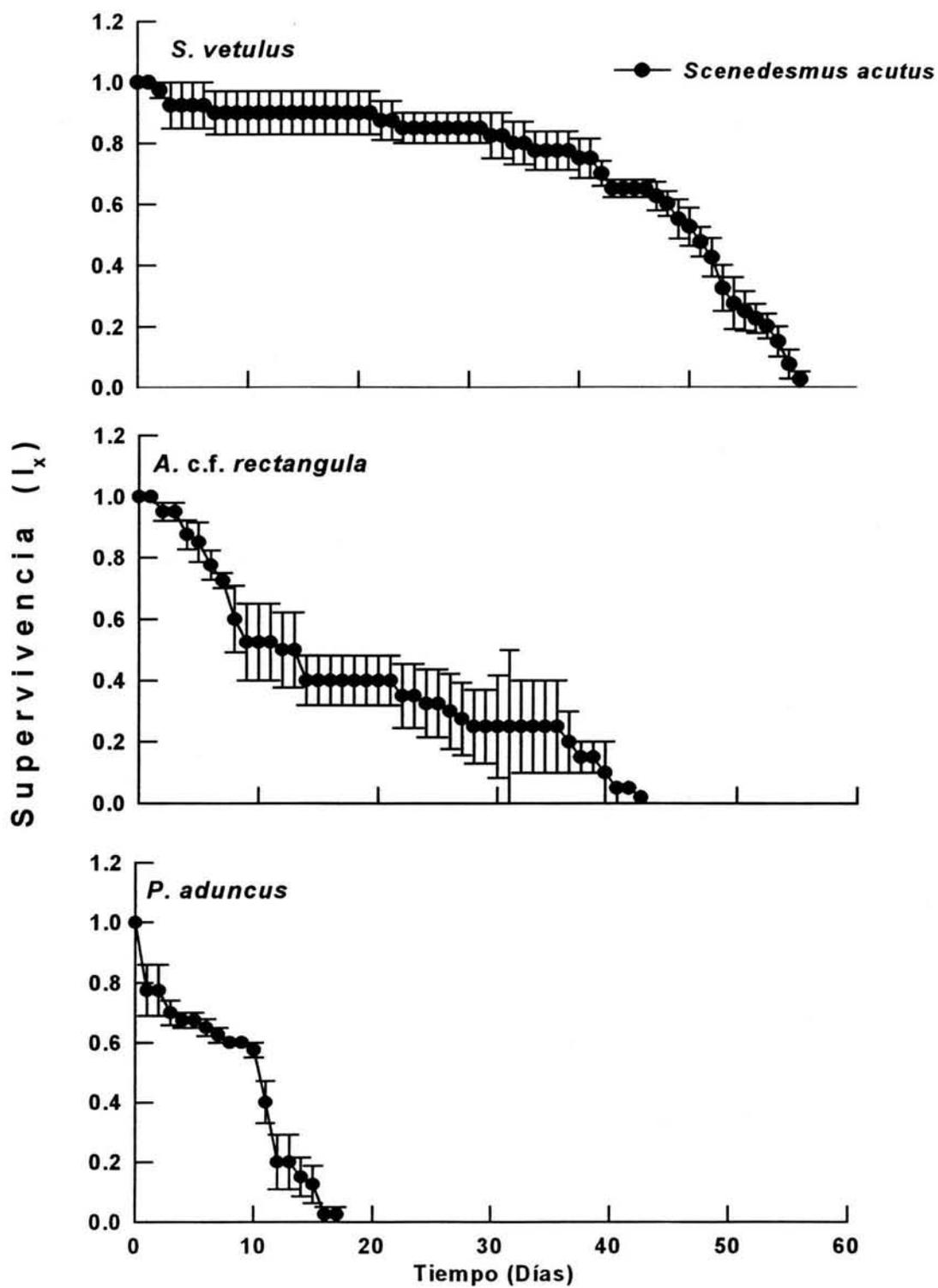


Figura 11. Curvas de supervivencia (I_x) en una edad específica (número de ind./día). Los valores indican el promedio \pm error estándar, basados en cohortes de cuatro réplicas.

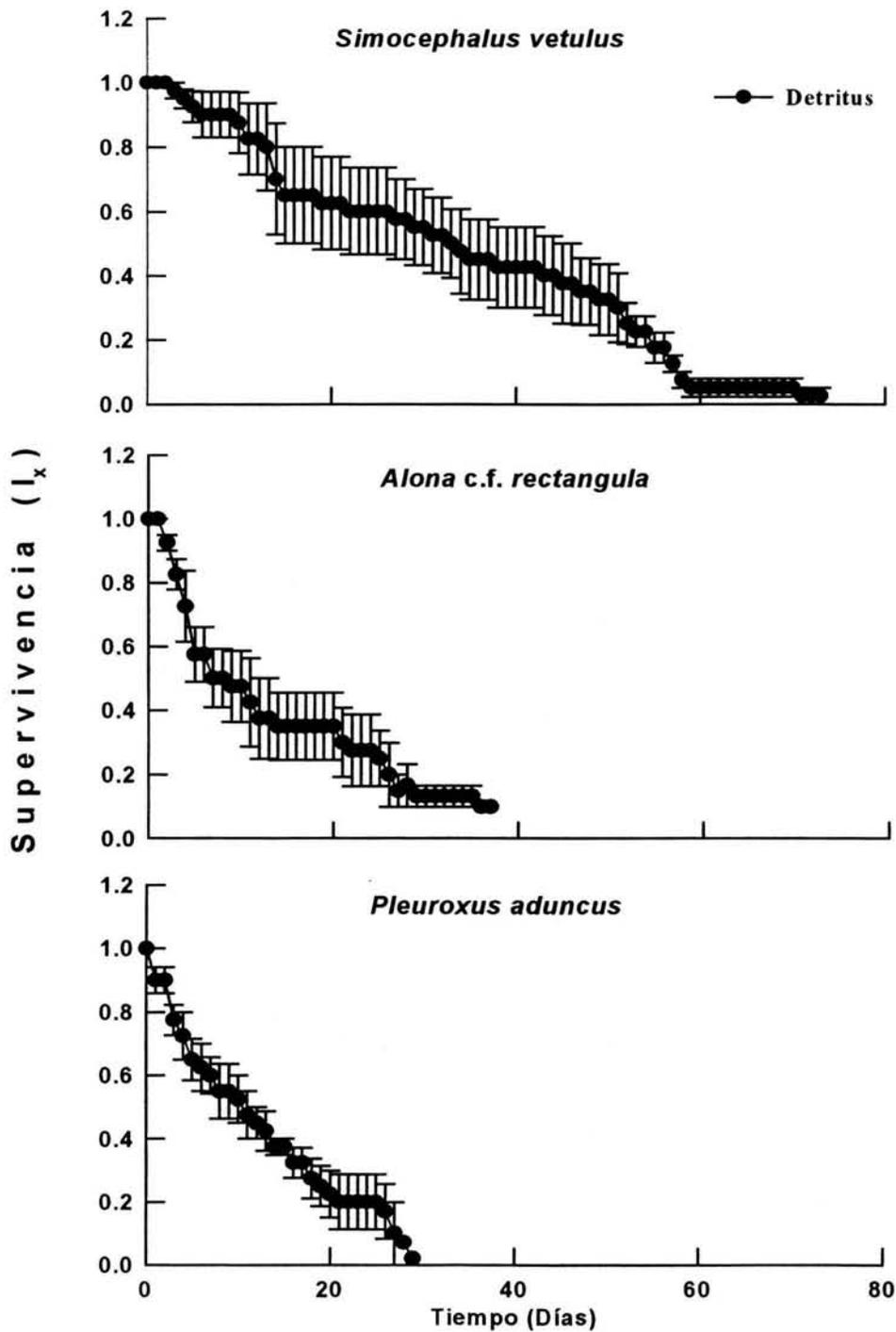


Figura 12. Curvas de supervivencia (I_x) en una edad específica (número de ind./día). Los valores indican el promedio \pm error estándar, basados en cohortes de cuatro réplicas.

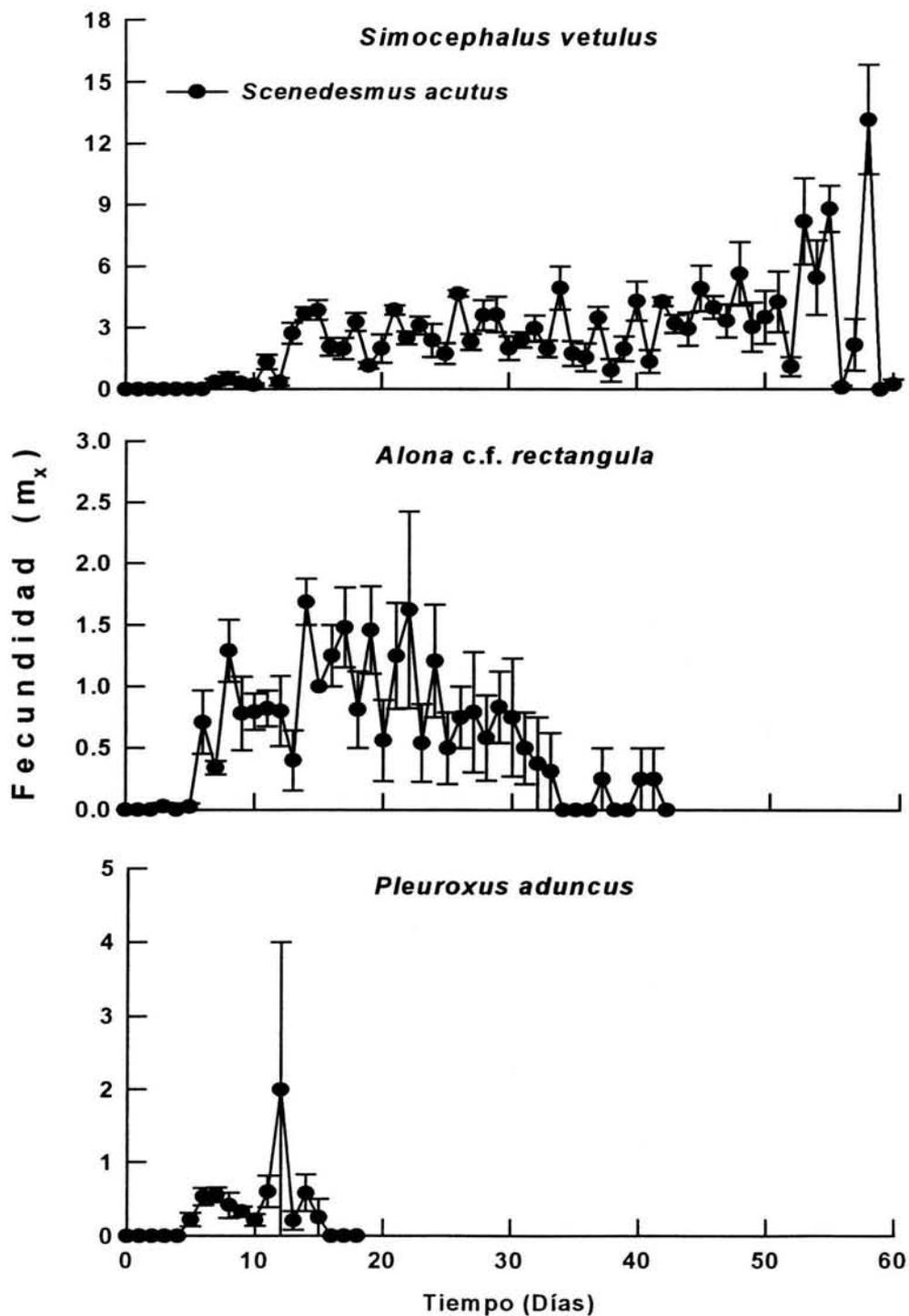


Figura 13. Curvas de fecundidad (m_x) en una edad específica (número de ind./día). Los valores indican el promedio \pm error estándar, basados en cohortes de cuatro réplicas.

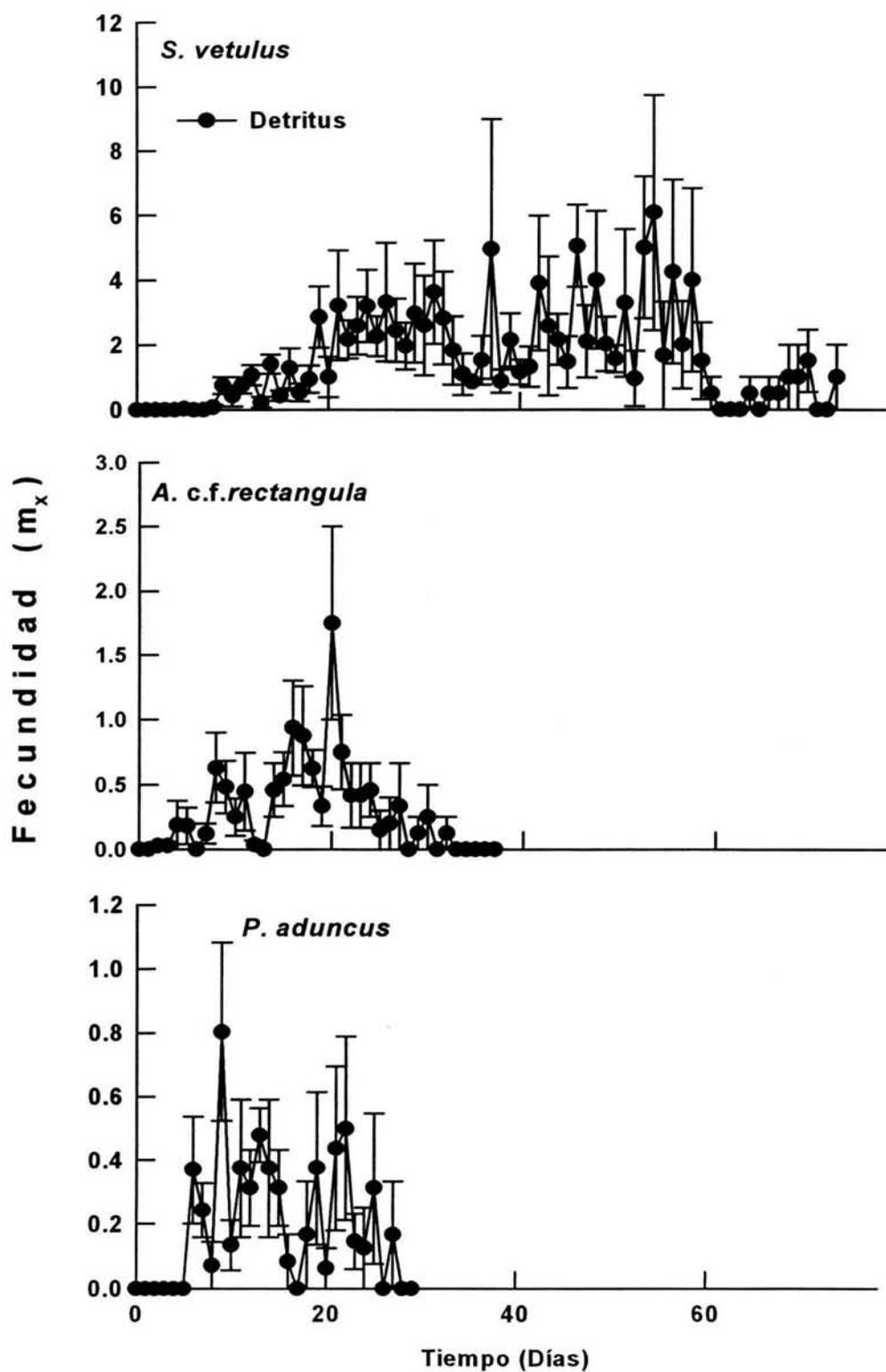


Figura 14. Curvas de fecundidad (m_x) en una edad específica (número de ind./día). Los valores indican el promedio \pm error estándar, basados en cohortes de cuatro réplicas.

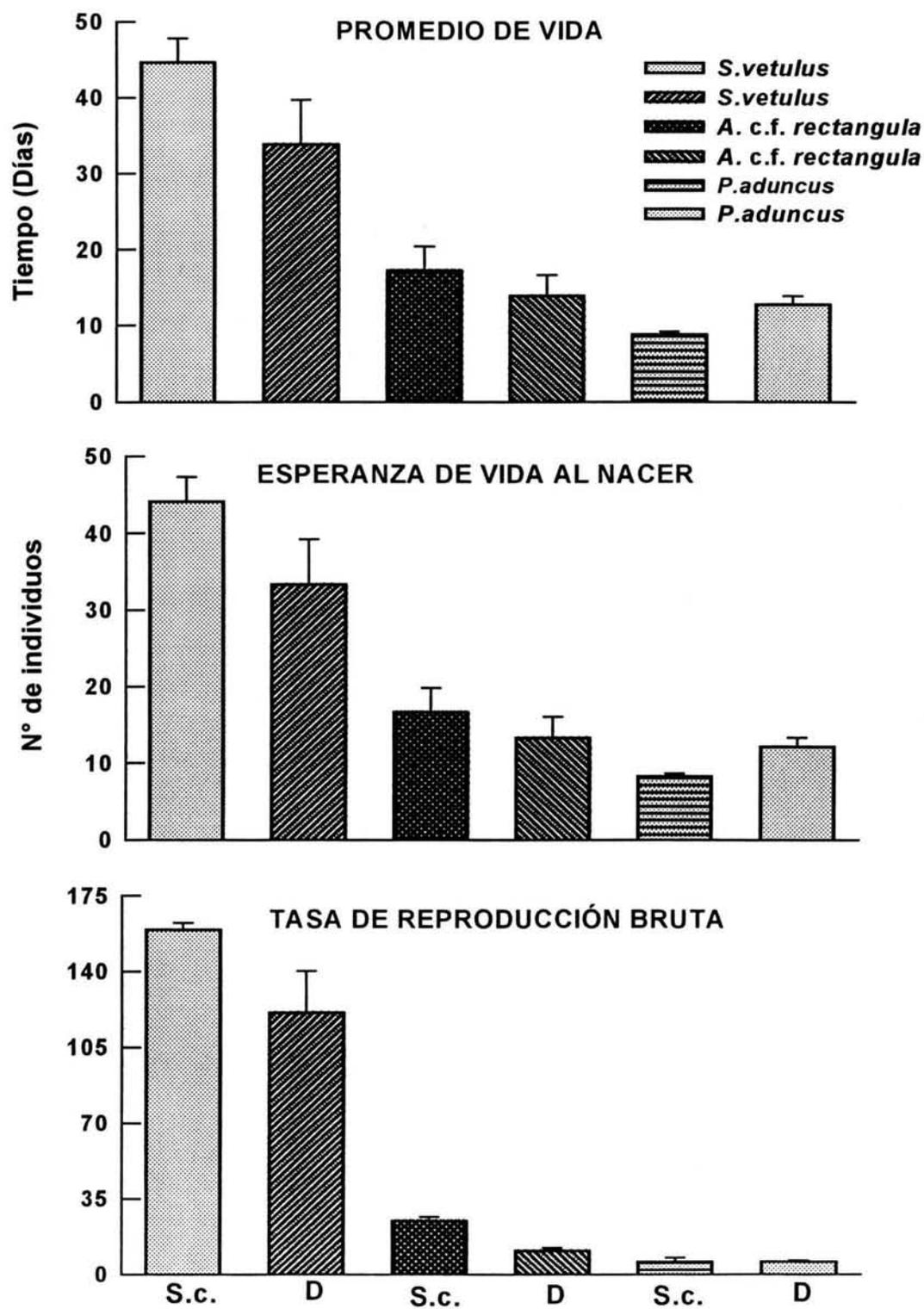


Figura 15. Variables seleccionadas de la historia de vida *Scenedesmus acutus* (S.c.), Detritus (D). Los valores indican el promedio \pm el error estándar de cuatro replicas.

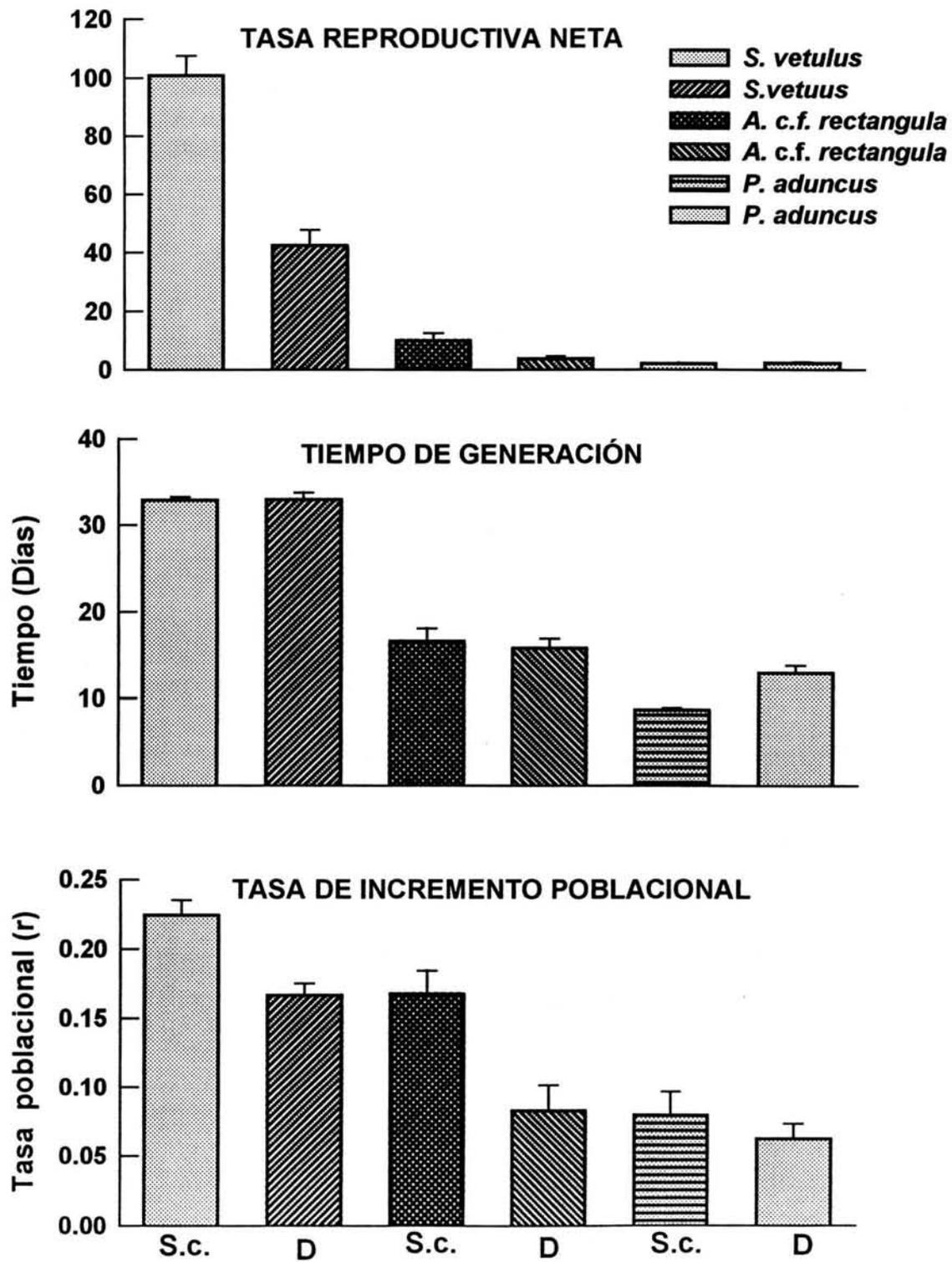


Figura 16. Variables seleccionadas de la historia de vida *Scenedesmus acutus* (S.c.), Detritus (D). Los valores indican el promedio \pm el error estándar de cuatro replicas.

| Promedio de vida | | | | |
|------------------------------------|----|----------|---------|------------|
| <i>Simocephalus vetulus</i> | | | | |
| Origen de la variación | df | SS | MS | F |
| Entre las dietas | 1 | 192.079 | 192.08 | 1.94 n. s. |
| Dentro de las dietas | 6 | 595.377 | 99.23 | |
| Total | 7 | 787.456 | | |
| <i>Alona rectangula</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 110.082 | 110.08 | 8.68 * |
| Dentro de las dietas | 4 | 50.707 | 12.68 | |
| Total | 5 | 160.788 | | |
| <i>Pleuroxus aduncus</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 30.420 | 30.42 | 10.23 ** |
| Dentro de las dietas | 6 | 17.835 | 2.97 | |
| Total | 7 | 48.255 | | |
| Esperanza de vida al nacer | | | | |
| <i>Simocephalus vetulus</i> | | | | |
| Origen de la variación | df | SS | MS | F |
| Entre las dietas | 1 | 192.080 | 192.08 | 1.94 n. s. |
| Dentro de las dietas | 6 | 595.376 | 99.23 | |
| Total | 7 | 787.456 | | |
| <i>Alona rectangula</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 110.082 | 110.08 | 8.68 * |
| Dentro de las dietas | 4 | 50.706 | 12.68 | |
| Total | 5 | 160.788 | | |
| <i>Pleuroxus aduncus</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 30.420 | 30.42 | 10.23 ** |
| Dentro de las dietas | 6 | 17.835 | 2.97 | |
| Total | 7 | 48.255 | | |
| Tasa de reproducción bruta | | | | |
| <i>Simocephalus vetulus</i> | | | | |
| Origen de la variación | df | SS | MS | F |
| Entre las dietas | 1 | 4010.500 | 4010.50 | 4.35 n. s. |
| Dentro de las dietas | 6 | 5534.000 | 922.33 | |
| Total | 7 | 9544.500 | | |
| <i>Alona rectangula</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 1040.957 | 1040.96 | 61.85 *** |
| Dentro de las dietas | 4 | 67.321 | 16.83 | |
| Total | 5 | 1108.277 | | |
| <i>Pleuroxus aduncus</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 0.011 | 0.01 | 0.00 n. s. |
| Dentro de las dietas | 6 | 50.250 | 8.38 | |
| Total | 7 | 50.262 | | |

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA), de los parámetros medidos a través de los experimento de Tabla de Vida. *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ y n. s. no significativo

| <u>Tasa de reproducción neta</u> | | | | |
|----------------------------------------------|----|----------|---------|------------|
| <i>Simocephalus vetulus</i> | | | | |
| Origen de la variación | df | SS | MS | F |
| Entre las dietas | 1 | 6891.379 | 6891.38 | 48.27 *** |
| Dentro de las dietas | 6 | 856.598 | 142.77 | |
| Total | 7 | 7747.977 | | |
| <i>Alona rectangula</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 268.002 | 268.00 | 49.34 *** |
| Dentro de las dietas | 4 | 21.727 | 5.43 | |
| Total | 5 | 289.728 | | |
| <i>Pleuroxus aduncus</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 0.080 | 0.08 | 0.25 n. s. |
| Dentro de las dietas | 6 | 1.895 | 0.32 | |
| Total | 7 | 1.975 | | |
| <u>Tiempo generacional</u> | | | | |
| <i>Simocephalus vetulus</i> | | | | |
| Origen de variación | df | SS | MS | F |
| Entre las dietas | 1 | 0.003 | 0.00 | 0.00 n. s. |
| Dentro de las dietas | 6 | 8.297 | 1.38 | |
| Total | 7 | 8.300 | | |
| <i>Alona rectangula</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 16.434 | 16.43 | 10.24 * |
| Dentro de las dietas | 4 | 6.418 | 1.60 | |
| Total | 5 | 22.852 | | |
| <i>Pleuroxus aduncus</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 33.142 | 33.14 | 20.68 *** |
| Dentro de las dietas | 6 | 9.616 | 1.60 | |
| Total | 7 | 42.758 | | |
| <u>Tasa de incremento poblacional</u> | | | | |
| <i>Simocephalus vetulus</i> | | | | |
| Origen de variación | df | SS | MS | F |
| Entre las dietas | 1 | 0.007 | 0.01 | 17.89 ** |
| Dentro de las dietas | 6 | 0.002 | 0.00 | |
| Total | 7 | 0.009 | | |
| <i>Alona rectangula</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 0.014 | 0.01 | 11.49 * |
| Dentro de las dietas | 6 | 0.008 | 0.00 | |
| Total | 7 | 0.022 | | |
| <i>Pleuroxus aduncus</i> | | | | |
| Entre las dietas | 1 | 0.001 | 0.00 | 0.77 n. s. |
| Dentro de las dietas | 6 | 0.005 | 0.00 | |
| Total | 7 | 0.006 | | |

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA), de los parámetros medidos a través de los experimento de Tabla de Vida. *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ y n. s. no significativo.

Competencia

Simocephalus vetulus presentó una densidad poblacional ligeramente baja en el grupo control, mientras en los tratamientos con *Alona rectangula* (S vs A) y *Pleuroxus aduncus* (S vs P), (Fig. 17) se observa una densidad poblacional mayor de *Simocephalus vetulus*. Las tasas de crecimiento poblacional va de 0.4 a 0.6 y al aplicarles el análisis de ANOVA se ve una diferencia significativa de $p < 0.001$ entre los tratamientos (Tabla 5).

En *Alona rectangula* se ve la misma tendencia que en *Simocephalus vetulus* en cuanto al comportamiento de las curvas, ya que la densidad máxima se observó en presencia de *Simocephalus vetulus* (A vs S), (Fig.17), seguida del grupo control. En el tratamiento con *Pleuroxus aduncus* su densidad más alta la alcanza al día 27 con más de 30 individuos por ml (Fig. 17). El análisis ANOVA presentó una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos (control, A vs S y A vs P) (Fig. 18), de $p < 0.001$ (Tabla 5).

A pesar de que *Pleuroxus aduncus* en el tratamiento P vs A y en el grupo control no se presentaron densidades poblacionales altas, la combinación P vs S si tuvo un crecimiento considerable al final de la curva (Fig. 17). Las tasas de crecimiento poblacional para los tres tratamientos no tuvo ninguna diferencia significativa (Fig. 18 y Tabla 5).

De las tres especies la que mayor densidad poblacional presentó fue *Alona rectangula* con una r máxima de 0.5 en el tratamiento A vs S, y a pesar de que las densidades de *Alona rectangula* (40 ind. ml) y *Simocephalus vetulus* (10 ind. ml) son muy diferentes las tasas de incremento poblacional de está ultima son mayores en los tratamientos A vs S y A vs P, con una r de 0.53 y 0.6 respectivamente. Presentando una $p < 0.01$ (Tabla 5). En *Pleuroxus aduncus* las tasas de incremento poblacional no son altas, pero al final del periodo del experimento con el tratamiento (P vs A) crece favorablemente (Fig. 18).

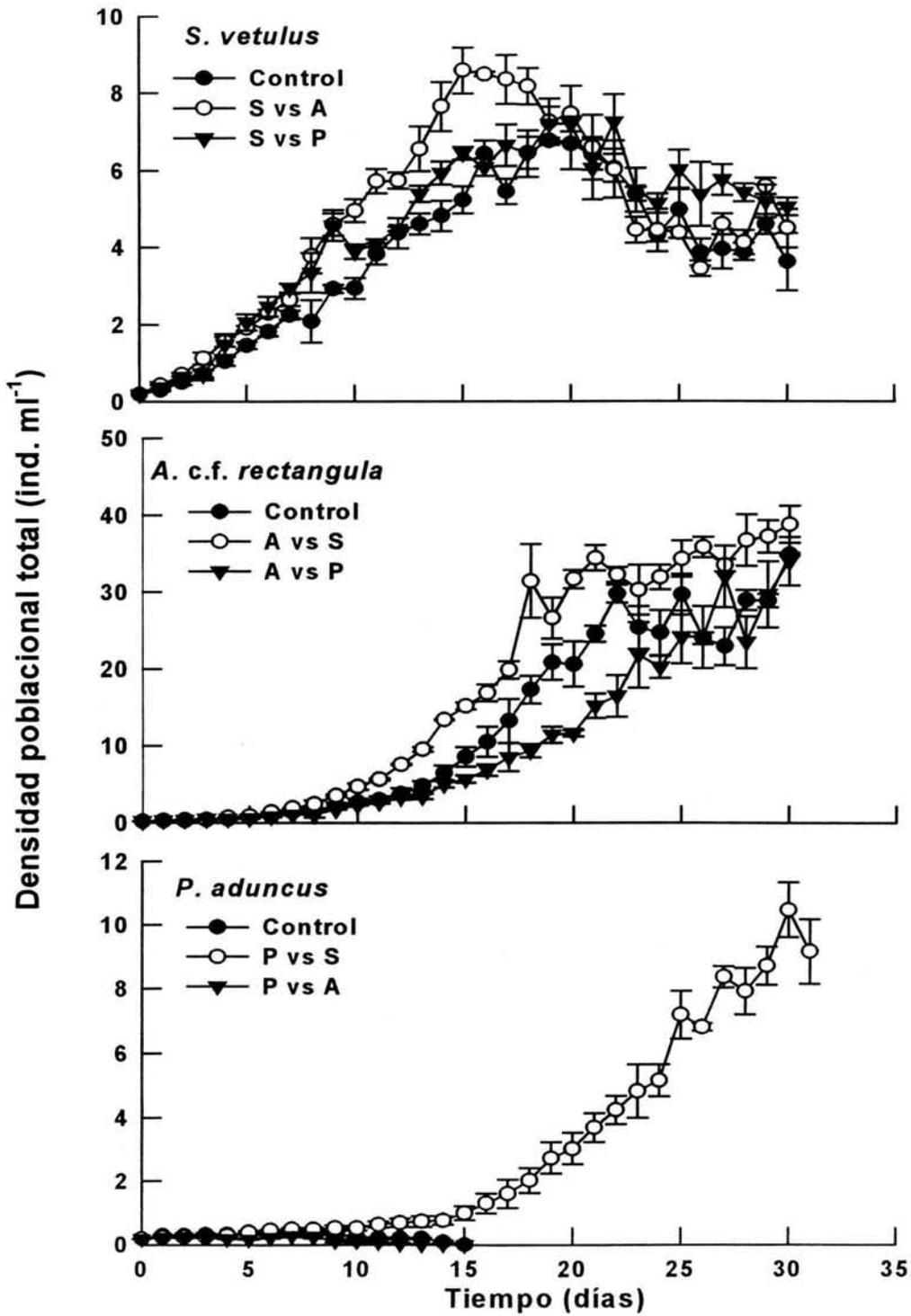


Figura 17. Competencia por recurso (*Scenedesmus acutus*), *S. vetulus* (S), *A. rectangular* (A), *P. aduncus* (P). Los valores indican el promedio \pm el error estándar de cuatro repeticiones.

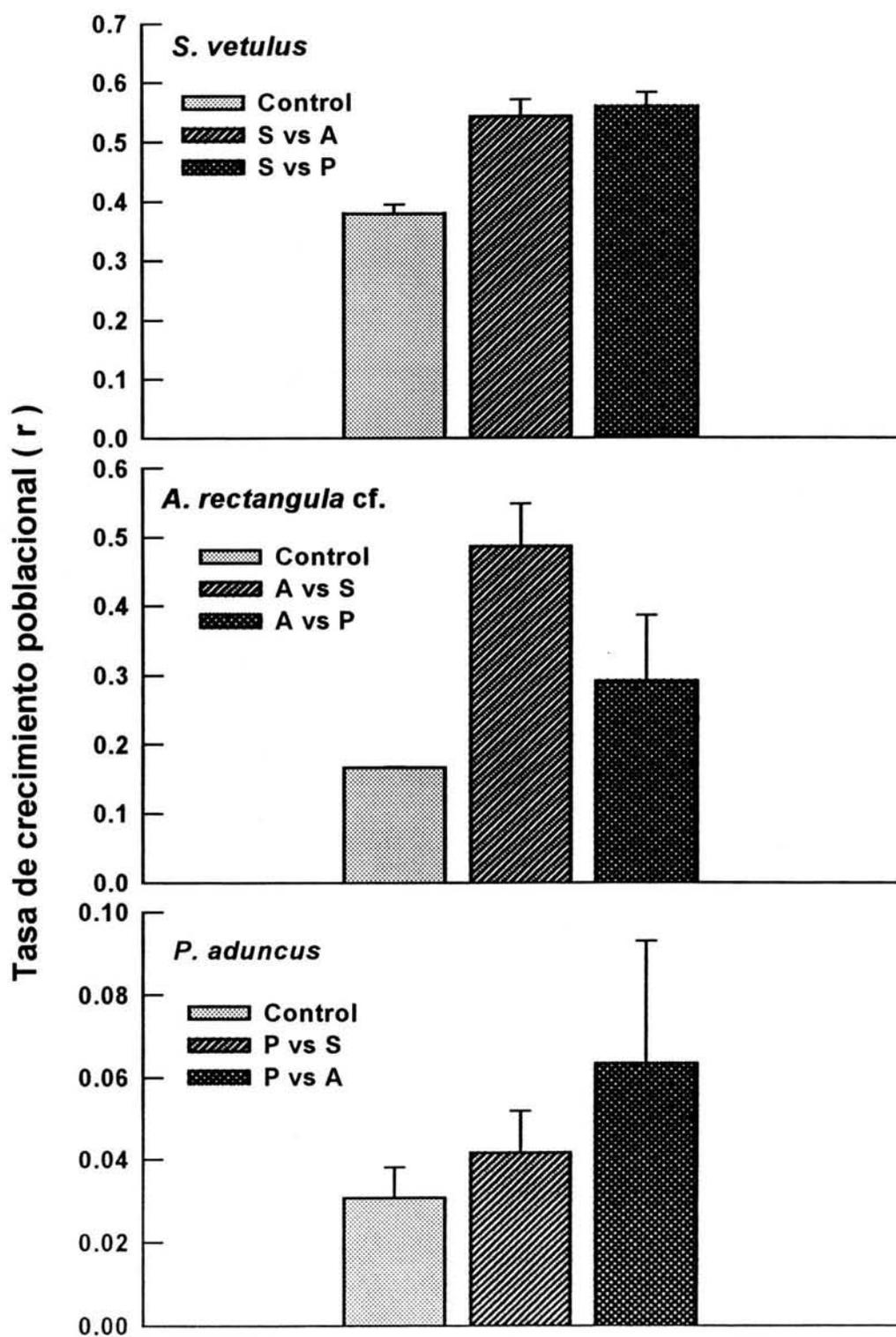


Figura 18. Tasa de crecimiento poblacional de la competencia, *S. vetulus* (S), *A. rectangular* (A), *P. aduncus* (P). Los valores indican el promedio \pm el error estándar de cuatro repeticiones.

Crecimiento poblacional

| <i>Simocephalus vetulus</i> | | | | |
|-----------------------------|----|-------|------|------------|
| Origen de variación | df | SS | MS | F |
| Entre dietas | 1 | 0.039 | 0.04 | 11.82 * |
| Dentro de las dietas | 6 | 0.020 | 0.00 | |
| Total | 7 | 0.059 | | |
| <i>Alona rectangula</i> | | | | |
| Entre dietas | 1 | 0.195 | 0.19 | 22.25 ** |
| Dentro de las dietas | 6 | 0.053 | 0.01 | |
| Total | 7 | 0.247 | | |
| <i>Pleuroxus aduncus</i> | | | | |
| Entre dietas | 1 | 0.003 | 0.00 | 3.97 n. s. |
| Dentro de las dietas | 6 | 0.005 | 0.00 | |
| Total | 7 | 0.008 | | |

Competencia

| <i>Simocephalus vetulus</i> | | | | |
|-----------------------------|----|-------|------|------------|
| Origen de variación | df | SS | MS | F |
| Entre los tratamientos | 2 | 0.079 | 0.04 | 18.00 *** |
| Dentro del tratamiento | 9 | 0.020 | 0.00 | |
| Total | 11 | 0.094 | | |
| <i>Alona rectangula</i> | | | | |
| Entre los tratamientos | 2 | 0.029 | 0.15 | 18.14 *** |
| Dentro del tratamiento | 8 | 0.064 | 0.01 | |
| Total | 10 | 0.356 | | |
| <i>Pleuroxus aduncus</i> | | | | |
| Entre los tratamiento | 2 | 0.002 | 0.00 | 1.02 n. s. |
| Dentro del tratamiento | 8 | 0.007 | 0.00 | |
| Total | 10 | 0.009 | | |

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA), de la tasa de crecimiento poblacional del experimento de Crecimiento poblacional y Competencia. *** p<0.001, **< p 0.01, *< p 0.05 y n. s. no significativo.

DISCUSIÓN

FASE DE CAMPO

Caracterización de los parámetros fisicoquímicos y nutrientes

La **profundidad** que presentó el Lago Huetzalin es la característica de un cuerpo de agua somero al presentar una profundidad máxima de 1.00 m y tener una marcada presencia de macrófitas a lo largo del año (Scheffer, 1998). La profundidad de **visibilidad del disco de Secchi** presentó valores muy heterogéneos. Llegándose a forma un gradiente que empieza en la estación 3 donde se registró la visibilidad mayor y va disminuyendo entre más se aleja uno de la zona, esta situación se presenta debido a que el Lago Huetzalin es un cuerpo de agua artificial que es abastecido por aguas de tratamiento y precisamente la entrada de agua se localizada cerca de la estación 3. Es muy importante tener en cuenta esta situación ya que es la explicación a muchas diferencias en la profundidad de visibilidad del disco de Secchi, el pH, la dureza, el fósforo total y el fósforo total disuelto, entre las estaciones 1 y 2 con la 3. Además se puede ver que la calidad del agua con la que es abastecido el Lago Huetzalin no presenta las características físicas y químicas propias de un agua tratada a nivel terciario. El lago en general siempre presentó un **color** verde-claro o verde-oscuro aparente, que pudo deberse a la alta o baja abundancia del fitoplancton, lo cual lo podemos verificar al observar las concentraciones de clorofila a que se presentaron durante los muestreos. La profundidad de visibilidad y el color aparente en general son característicos de los cuerpos de agua que tienden a la eutrofización por presentar una entrada de luz casi nula, así como una gran cantidad de materia orgánica en suspensión y algas (Scheffer, 1998). La **temperatura** presente en el lago mantuvo un intervalo de 12 – 38 ° C. Estas temperaturas se llegan a encontrar en climas templados subhúmedos (García, 1988), siendo característica de lagos ubicados en latitudes cercanas al ecuador (Lewis, 1996), debido a la precipitación y evaporación (Payne, 1986). El intervalo de temperatura del Lago Huetzalin es el más amplio al compararlo con los intervalos de los cuerpos de agua presentados en la tabla 1 del anexo 1.

El **oxígeno disuelto** tuvo un intervalo de 1.6 a 12.0 mg l⁻¹ durante el año. En el mes de abril se presentó la concentración de oxígeno más baja (1.6 mg l⁻¹) coincidiendo con la temperatura más alta (38 ° C), esta relación indirecta se da porque al elevarse la temperatura de un líquido, como en éste caso el agua, es más difícil que los gases se puedan disolver (Wetzel, 1981). En los meses de enero (2003), febrero, marzo y diciembre, hubo bajas temperaturas por lo tanto el lago presento altos niveles de oxígeno (Margalef, 1983). También la variabilidad del oxígeno disuelto a través del año se puede deber a la presencia de algas y macrófitas, que producen oxígeno durante el día y que a su vez éste es utilizado en la reacción de oxidación de la materia orgánica, que en la zona litoral suele ser muy abundante (Lampert y Sommer, 1997). El oxígeno disuelto presenta un intervalo muy amplio en el lago como respuesta a la temperatura y a la respiración de las plantas y algas. De acuerdo a Arrignon (1979), SEDUE (1986) y USEPA (1986), el rango de valores de **pH** permisibles para la protección de la vida acuática son de 6.5-9 y según Lind (1979) las aguas naturales caen en el intervalo de 4-9 y más frecuentemente en el rango de 6-8. Los valores presentes en el Lago Huetzalin a través del año están por arriba de 7 y debajo de 10.52. Los niveles de pH altos corresponden a un agua de tipo básico y se pueden ver alterados por la fotosíntesis que prevalece en las áreas no turbulentas de la zona litoral (Wetzel, 1981). Los niveles de **dureza** varían mucho de acuerdo a la estación y época del año con un intervalo de 44 a 324.05. En general la mayoría de los datos están por arriba de 100 mg de CaCO₃/l⁻¹, lo que nos indica según el criterio de Arredondo (1986) que se trata de un agua moderadamente dura. Por lo que corresponde a la **conductividad (K₂₅)**, el agua de éste lago es de tipo dulce dura, tomando en cuenta la clasificación de la Canadian Forestry Service (1969, en: Arredondo, 1986), lo que nos indica que presenta los iones en la proporción característica de este tipo de aguas (Margalef, 1983). El crecimiento y dinámica de las poblaciones de macrófitas, algas, rotíferos y cladóceros dependen en cierta forma de la conductividad, ya que cada uno de los iones que están en el agua llegan a necesitarse en el metabolismo y dependiendo de las concentraciones en las que se encuentren en el medio pueden llegar a beneficiar o afectar a los organismos (Wetzel, 1981).

La disponibilidad de los nutrimentos en el medio es sumamente importante para los organismos como el fitoplancton que son consumidores directos de éstos, en el caso del **fósforo total** las cantidades encontradas en el Lago Huetzalin fueron muy elevadas

(intervalo de 0.25 a 3.56), y de acuerdo a la clasificación de Vollenweider (1968) se le considera un lago eutrófico (Vollenweider, 1968 en: Wetzel, 1981). El **fósforo disuelto total**, también presentó concentraciones elevadas, particularmente en la estación 3. Las concentraciones de fósforo presentes en el Lago Huetzalin son en algunos meses similares a las encontradas en los lagos de Chapultepec (Alcocer, 1988). En particular el Lago Mayor presenta la concentración de fósforo más alta para estos cuerpos de agua (Anexo 1: Tabla 1), pero no es más alta que las encontradas de este estudio. En el caso de los datos de Beaver (1999), la concentración más alta que reporta de los Humedales en Ohio, USA (Anexo 1: Tabla 1), no es mayor a las más altas del Lago Huetzalin, a pesar de que su intervalo considera concentraciones muy altas. En el estudio realizado por Nandini (1999) (Anexo 1: Tabla 1), el intervalo presentó elevadas concentraciones de fósforo, ya que se trataba de un cuerpo de agua urbano con descargas de agua provenientes del uso domestico de la ciudad de Delhi en la India. Las altas concentraciones de fósforo en lagos como los de Chapultepec, el de Delhi y el Huetzalin se puede deber a que son llenados con aguas provenientes del uso domestico e industrial y que a pesar de que llegan a ser tratadas a nivel terciario, aun conservan cantidades elevadas de nutrimentos. Además esto se puede comprobar porque las concentraciones de fósforo total más altas se tuvieron en la estación 3 que es donde se encuentra la entrada de agua. En el caso del **carbón** tuvo una concentración alta, ya que había varios factores como la presencia de las macrófitas que aportan una gran cantidad de materia orgánica al medio de la cual se desprenden grandes cantidades de nutrimentos como el carbón (Scheffer, 1998), además este elemento jamás será limitante en estos sistemas porque todos los organismos están constituidos básicamente de él (Wetzel, 1981). Las concentraciones de **nitratos** (N-NO_3^-) a través del año fueron altas, siendo esto característicos de lagos que tienden hacia la hipereutrofización (Vollenweider, 1968 en: Wetzel, 1981). En la tabla 1 del anexo 1, se puede ver claramente que el Lago Mayor de Chapultepec (Alcocer, 1988), presenta una concentración promedio de N-NO_3^- alta. El intervalo de valores reportados por Nandini (1999) de un cuerpo de agua urbano son incluso mayores a los encontrados en este estudio. A pesar de que en los tres cuerpos de agua el nitrato es elevado existen diferencias notables que se pueden deber al manejo tan particular que se tiene de cada uno de los lagos pero también a que la mayoría de los cuerpos de agua presentados en esta tabla 1 presentan problemas de contaminación.

Los **nitritos** (N-NO_2^-) presentaron cantidades a través del año muy elevadas, ya que los nitritos son la molécula del grupo del nitrógeno que presenta una mayor solubilidad (Lampert y Sommer, 1997). Pero aun así las concentraciones fueron menores a la de los nitratos, ya que el N_2 en forma de N-NO_2^- es el más usado por los organismos para su metabolismo (Wetzel, 1981). Las concentraciones de nitritos encontradas son características de sistemas hipereutróficos (Vollenweider, 1968 en: Wetzel, 1981). Las drásticas fluctuaciones de N-NO_2^- en el lago se pudieron deber a que en los meses con altas temperaturas la captación de N_2 atmosférico es desfavorable (Wetzel, 1981). Las altas concentraciones de N-NO_3^- y de N-NO_2^- también se pudieron deber a las actividades agrícolas de esta zona, que incluyen la utilización de fertilizantes los cuales llegan la cuenca del lago a través de las precipitaciones pluviales (Margalef, 1983).

Las concentraciones de **clorofila a** que se midieron en cada una de las estaciones tienen muchas fluctuaciones a lo largo del año. Las concentraciones generalmente altas del Lago Huetzalin sobrepasan las expectativas al compararse los datos con las concentraciones establecidas en lagos templados (Wetzel, 1981; Margalef, 1983), pero es obvio que las características físicoquímicas e incluso el origen de los lagos influyen en el desarrollo y comportamiento de lagos de latitudes diferentes (Lewis, 1996). En la tabla 1 del anexo 1 se pueden ver varios datos de diferentes cuerpos de agua como en los Humedales de Ohio, USA (Beaver, 1999) y en el cuerpo de agua urbano de Delhi en la India (Nandini, 1999) que presentan datos de clorofila altos, incluso más altos que los reportados para lagos templados. Pero estos valores no son tan altos como los observados para los Lagos de Chapultepec en México (Alcocer, 1988), que tuvieron altos niveles de clorofila y al igual que el Lago Huetzalin son niveles que en los lagos templados no se presentan. Además, debemos de tener en cuenta que el Lago Huetzalin presentó cantidades altas de oxígeno disuelto y nutrimentos lo cual favorecía la fotosíntesis y por lo tanto el desarrollo del fitoplancton, dándonos como resultado altas concentraciones de clorofila (biomasa).

A pesar de que no queda muy claro el hecho de que en el Lago Huetzalin allí una gran cantidad de nutrimentos, esto tal vez se puede deber a que el agua tratada que entra no está totalmente exenta de ellos, a la presencia de vegetación litoral y a la influencia directa de actividades humanas como la agricultura.

Composición de la comunidad de Rotíferos y Cladóceros

En la zona litoral del lago Huetzalin se encontraron 40 especies de rotíferos y 7 especies de cladóceros, dándonos un total de 47 especies. Teniendo que el 70% de ellas presentan hábitos litorales. El porcentaje restante lo componen especie planctónicas que por cuestiones de corrientes, disponibilidad de alimento o protección contra peces depredadores se encuentran en esta zona (Scheffer, 1998). En el listado de rotíferos que obtuvo Serranía (1996) de las colectas que realizó en varios cuerpos de agua del Estado de México se encuentra, que el 69 % de ellas son especies de hábitos litorales, el 9 % de especies se llegan a encontrar igualmente en la zona litoral que pelágica, el 10 % son especies que están en el litoral y el bentos, el 4 % son estrictamente bentónicos y el 7 % son pelágicos. Confirmándose con el trabajo de Serranía 1996 que la diversidad de especies es mayor en la zona litoral por la presencia de las macrófitas, que proporcionan una gran cantidad de alimento y de microhabitats (Scheffer, 1998). Las siete especies de cladóceros encontradas en el Lago Huetzalin son de hábitos litorales, que llegaron a presentar altas abundancias.

A pesar de que hubo especies de rotíferos que no fueron muy abundantes, éstas se encontraron presentes todo el año. Entre ellas encontramos a *Keratella cochlearis*, *Mytilina bisulcata* y *Lepadella patella* que en el estudio realizado por Serranía (1996), también encontraron estas especies en condiciones ambientales parecidas a las registradas en el Lago Huetzalin (Fig. 2,3 y 4). Las especies *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus havanaensis*, *Brachionus quadridentatus*, *Lecane bulla*, *Lecane closterocerca*, *Lepadella ovalis*, *Polyarthra vulgaris* y *Testudinella patina* no solo estuvieron presentes a lo largo del año, sino que las abundancias que presentaron fueron muy altas. Particularmente *Brachionus havanaensis* con cerca de 6000 individuos por litro y *Lecane bulla* con aproximadamente 1000 individuos por gramo de planta. Con estos resultados no solo se ve cualitativamente la influencia de las especies de rotíferos en el medio sino también de manera cuantitativa (Lampert y Sommer, 1997). El listado de especies de rotíferos presentado en las Tablas 1 y 2 representan un 16 % del total de especies reportadas para el país, este porcentaje refleja la alta diversidad que se encuentra en el lago (Sarma, 1999).

Las especies de cladóceros encontradas en todos los meses de muestreo e incluso más abundantes fueron *Alona rectangula* y *Pleuroxus aduncus* (Tabla 1 y 2). Si comparamos el número de especies de rotíferos y cladóceros encontrados podemos ver que hubo una total

dominancia de rotíferos, pero los cladóceros presentaron densidades muy altas en varias épocas del año. Las interacciones de ambos grupos en el medio juegan un papel muy importante ya que cuando se llegaron a presentar en el año las abundancias más altas de cladóceros los rotíferos disminuyen considerablemente, esto se puede deber a la preferencia por el alimento que surge entre las especies de los dos grupos (Lampert y Sommer, 1997).

En relación a las diversidades encontradas en el Lago Huetzalin para las muestras tomadas de las raíces de la macrófitas, en casi todos los meses la diversidad es mayor de 3 bits, y en las muestras tomadas del agua que estaba entre las macrófitas en la mayor parte del año está ligeramente debajo de 3 bits, afirmándose la importancia que tienen las macrófitas para estos grupos de organismos (Paterson, 1993; Lampert y Sommer, 1997; Scheffer, 1998; Tremel, 2000). Aunque definitivamente en las muestras tomadas directamente del agua las especies son más abundantes (Wetzel, 1981; Margalef, 1983). Y a pesar de que las técnicas de muestreo fueron diferentes, ambas representan la composición de especies de cladóceros y rotíferos que podemos encontrar en la zona litoral.

La similitud entre las estaciones 1 y 2 es muy clara en el índice de Morisita. Esto se debe a que estas estaciones están más cercanas entre sí, a pesar de que la estación 2 esta más expuesta a las actividades humanas como la construcción de chinampas y el transporte en trajinera. Ambas estaciones tienen muy poco parecido con la estación 3 en cuanto a las especies y las abundancias encontradas, debido a que las características fisicoquímicas son muy diferentes. Ya que los vertederos que abastecen de agua tratada al lago están muy cercanos y es difícil para muchas especies de rotíferos y cladóceros vivir bajo condiciones de estrés, como son las altas concentraciones de nutrientes y las bajas densidades de fitoplancton (Wetzel, 1981), por eso las especies que veían favorecido su crecimiento son aquellas que se alimentaban de la materia orgánica de las macrófitas, un ejemplo de ello es la especie *Platyias quadricornis* (Enríquez *et al.*, 2003).

En el análisis estadístico aplicado a los resultados de los parámetros fisicoquímicos, nutrientes y las diversidades obtenidas del Lago Huetzalin, se encontró que ningún factor abiótico es determinista en las diversidades encontradas en las muestras que se tomaron de las raíces de las macrófitas. Esto se debe a que la gama de nichos que encuentran los organismos aquí es muy amplia como por ejemplo: las diferentes preferencias de alimento

como el detritus, las algas y el perifiton, las plantas y algas son un aporte extra de oxígeno disuelto al agua, además los nutrientes están disponibles ya sea disueltos o en partículas (Wetzel, 1981). Los nichos que crean las macrófitas son muy complejos pero con diversas ventajas para la supervivencia del zooplancton, y tal vez lo que determina la composición de la comunidad del zooplancton en la zona litoral, sean factores bióticos como la depredación (Scheffer, 1998). En el caso de las muestras tomadas directamente del agua que estaba entre las macrófitas, sí se presentó que algunos factores abióticos como la transparencia, el pH, el fósforo total, el fósforo disuelto total y la clorofila fueran determinantes en la diversidad de rotíferos y cladóceros a través del año. El fósforo y el nitrógeno son muy importantes para el crecimiento del fitoplancton, y el consumo del fitoplancton por rotíferos y cladóceros se reflejó en la transparencia. Todos estos datos en conjunto forman parte de la sucesión estacional que se fue presentando en el cuerpo de agua, ya que la disposición de alimento en el medio determinó la presencia, densidad y diversidad de especies de rotíferos y cladóceros (Lampert y Sommer, 1997).

Lo que se esperaba en relación a la influencia de los parámetros fisicoquímicos sobre la distribución, densidad y diversidad de rotíferos y cladóceros se cumplió parcialmente, ya que los datos obtenidos de las muestras tomadas directamente de la raíces de las macrófitas no presentaron una relación directa con los cambios en los parámetros ambientales. Sin embargo, en los datos obtenidos de las muestras tomadas directamente del agua la relación fue positiva con algunos parámetros abióticos.

FASE DE LABORATORIO

Crecimiento Poblacional

Debido a las dinámicas poblacionales que presentan los rotíferos y los cladóceros que habitan la zona litoral y que aun no conocemos se trato de ver con los experimentos de crecimiento poblacional, tabla de vida y competencia, un poco mas de las interacciones que presentan estos organismos con su medio. Particularmente los cladóceros *Simocephalus vetulus*, *Pleuroxus aduncus* y *Alona cf. rectangula*.

Se observó el desarrollo de estas tres especies de cladóceros en las dietas con *Scenedesmus acutus* y el detritus. Llegando a presentar marcadas diferencias en cuanto a la preferencia por el alimento, teniendo en cuenta que el contenido de carbón era el mismo. Es muy importante saber que el alimento debe presentar una calidad favorable en cuanto a nutrimentos (Gulati, 1997), además de saber también que el alga y el detritus con los que fueron alimentados son recursos que en su medio natural se encuentran (Gulati, 2001). Tanto *Simocephalus vetulus* como *Alona* cf. *rectangula* presentaron una preferencia por la dieta de *Scenedesmus acutus* al tener unas tasas de crecimiento poblacional (r) de 0.31 y 0.47 respectivamente y en *Pleuroxus aduncus* la mejor r se obtuvo en el detritus con 0.16, al comparar estos datos con los que obtuvo Muro y colaboradores (2001), con la especie *Alona rectangula* al alimentarla con dos diferentes concentraciones de *Chlorella vulgaris* las tasas de crecimiento están entre 0.12 a 0.15 tenemos entonces que esta especie creció mejor en *Scenedesmus acutus*, Enríquez y colaboradores (2003) le dieron a *Alona rectangula* cuatro diferentes tipos de dietas que fueron *Chlorella vulgaris*, *Chlorella vulgaris* muerta, *Saccharomyces cerevisiae* y detritus las tasas de crecimiento fueron 0.20, 0.18, 0.17 y 0.12 respectivamente, lo que nos reafirma su preferencia por *Scenedesmus acutus*. Si el detritus se preparara con productos semejantes a los que se encuentran en los cuerpos de agua funcionaria mejor esta dieta para su crecimiento. El consumo favorable de *Simocephalus vetulus* por la dieta con alga se puede deber a que en el Lago Huetzalin el alga *Scenedesmus acutus* presentó altas densidades, pero en el detritus no obtuvo un crecimiento favorable a pesar de que estaba elaborado con la misma alga y bacterias. La preferencia de *Pleuroxus aduncus* por el detritus es por las bacterias que son de menor tamaño al del alga, que en su medio natural suele formar colonias de hasta 4 o más células. La calidad nutrimental de los alimentos es muy importante ya que de eso depende un buen desarrollo del organismo y por consiguiente una alta tasa de crecimiento (Ahlgren, 1992).

Tabla de vida

Los datos demográficos que se obtuvieron a través de los experimentos de tabla de vida para *Simocephalus vetulus*, *Pleuroxus aduncus* y *Alona rectangula* fueron muy diferentes entre sí. Esto se debe a que el tamaño de su cuerpo varía mucho al igual que sus

requerimientos nutrimentales, por lo tanto las estrategias de vida para cada especie son distintas. El parámetro de supervivencia medido para las tres especies de cladóceros presentaron una diferencia significativa entre ellos, *Simocephalus vetulus* presentó su mejor supervivencia en el detritus con casi 80 días, si comparamos estos datos con los obtenidos por Nandini y Sarma en el 2000 que le dieron a esta misma especie de cladócero el alga *Chlorella vulgaris* como alimento se ve que su mayor supervivencia llegó a los 60 días en la concentración baja del alga, siendo así el detritus un medio mas favorable para su crecimiento. Si se comparan las supervivencias de especies pelágicas como *Ceriodaphnia cornuta* y *Moina macrocopa* (Nandini y Sarma 2000) con las de *Simocephalus vetulus* y *Alona rectangula* se tiene que son menores las de las especies pelágicas, además su fecundidad también es menor aunque tienen mas periodos reproductivos. *Pleuroxus aduncus* en este estudio presentó una supervivencia y fecundidad bajas en ambas dietas y si comparamos los datos con los obtenidos por Nandini y Sarma (2000), vemos claramente que lo que le afecto fue el tipo de alimentación ya que ellos obtuvieron una supervivencia de más de 40 días en la concentración más baja de *Chlorella vulgaris*, está alga es de menor tamaño que *Scenedesmus acutus* y *Pleuroxus aduncus* es un cladócero de pequeña talla por lo que es mas fácil para él ingerir partículas u organismos pequeños. El promedio de vida, la esperanza de vida al nacer, la tasa de reproducción bruta y neta, así como el tiempo generacional fueron muy diferentes para las tres especies, sobresaliendo que los valores más altos siempre los presentó *Simocephalus vetulus* seguido de *Alona rectangula* las diferencias tal vez se puedan deber al tamaño de la especies pero también a la alimentación como en el caso de *Pleuroxus aduncus*. Las tasas de incremento poblacional de *Simocephalus vetulus* y *Alona rectangula* en la tabla de vida son mejores a las reportadas por Muro y colaboradores (2001) con las especies *Alona rectangula* y *Macrothrix triserialis* a las cuales les dieron como alimento el alga *Chlorella vulgaris* a diferentes concentraciones presentando r menores a 0.15. Nandini y Sarma (2000) le dieron a *Ceriodaphnia dubia* diferentes concentraciones del alga *Chlorella vulgaris* obteniendo que entre mayor era la concentración del alga las probabilidades tener una tasa de incremento poblacional favorable era menor, ya que al ser una especie pelágica no esta acostumbrada a medios llenos de materia orgánica en descomposición. Los cladóceros bentónicos y litorales generalmente tienen tasas más bajas de incremento poblacional (Robertson, 1990;

Lürling y Van, 1997; Nandini *et al.*, 1998) que las especies pelágicas como las especies del género *Moina* que llegan a tener valores de 0.60-0.080 por día (Hanazo, 1991; Nandini y Rao, 1998), pero las especies litorales como *Simocephalus vetulus* llegan a ser mas longevas. En el caso de Familia Chydoridae a la que pertenecen *Alona rectangular* y *Pleuroxus aduncus*, de acuerdo a lo que encontraron Allan y Goulden (1980), tienen bajas tasas de reproducción e incluso a veces llegan a ser negativas debido principalmente a su baja fertilidad, aun pueden sobrevivir con pocos recursos.

Competencia

De acuerdo a Gause (1934) y a Hutchinson (1961), en el principio de exclusión competitiva una especie va a desplazar o eliminar a otra especie diferente si están compitiendo por los mismos recursos en condiciones ambientales controladas. Cabe aclarar que en condiciones naturales como las que se presentan en un cuerpo de agua como el Lago Huetzalin este proceso es difícil de ver. El principio de exclusión competitiva dice que solo una especie puede ocupar un nicho, llevándonos así a la coexistencia de especies (Lampert y Sommer, 1997). La comprensión de estos conceptos nos amplía el entendimiento de lo que se presentó en los experimentos que se elaboraron en este estudio con las especies de cladóceros litorales *Simocephalus vetulus*, *Pleuroxus aduncus* y *Alona rectangular*, y que fueron alimentadas con el alga *Scenedesmus acutus*. En las combinaciones de *Simocephalus vetulus* con *Alona rectangular* y *Simocephalus vetulus* con *Pleuroxus aduncus*, no se presentó la exclusión competitiva debido a que *Pleuroxus aduncus* y *Alona rectangular* presentan una supervivencia corta de no más de 30 días, sus fecundidades no son altas pero los periodos de reproducción son más frecuentes. *Simocephalus vetulus* es una especie grande de aproximadamente de 2 mm de longitud que por su tamaño podría excluir a *Pleuroxus aduncus* y *Alona rectangular* pero no se da así, ya que sus curvas de crecimiento no se ven afectadas porque *Simocephalus vetulus* tiene una supervivencia de casi 60 días y una fecundidad alta a pesar de que sus periodos reproductivos son pocos. *Alona rectangular* creció mucho mejor en presencia de *Simocephalus vetulus* que en el control, esto no suele pasar en especies pelágicas como *Daphnia* y *Bosmina* (DeMott y Kerfoot, 1982) donde la primera que es de mayor talla llega a bajar considerablemente la densidad poblacional de

Bosmina, este comportamiento que se presenta en laboratorio se puede explicar porque cada especie tiene un umbral límite de alimentación, en donde un individuo puede optar por satisfacer sus demandas reproductivas asegurando su descendencia, o bien satisfacer sus necesidades metabólicas asegurando su crecimiento (Lampert, 1997). Esto es contrario a lo que habían observado Brooks y Dodson en 1965, donde plantean que en condiciones de competencia las especies de mayor tamaño son más eficientes llegando a eliminar a la especies pequeñas, sin embargo en la combinación de *Alona rectangula* con *Pleuroxus aduncus*, se podría decir que se confirma la hipótesis de Brooks y Dodson (1965), pero hay que tomar en cuenta que *Pleuroxus aduncus* tenía un estrés muy severo por la presencia de *Alona rectangula*, y además el alimento al que fue expuesta no fue en el que mejor creció. La competencia mecánica estuvo restringida tal vez porque la diferencia entre los tamaños de las especies no sobrepasó las 500 μm (Gilbert, 1990b). En las combinaciones *Simocephalus vetulus* con *Alona rectangula* y *Pleuroxus aduncus* con *Simocephalus vetulus* las tres especies resultaron beneficiadas, ya que obtuvieron mejores curvas de crecimiento poblacional en presencia de otra especie que en sus grupos control. Una razón es que las especies grandes generaban alimento con sus excretas y mudas para las especies pequeñas. Otra razón es que a pesar de estar ocupando el mismo recipiente, en realidad dentro del recipiente cada una de las especies tenía su propio espacio como en el experimento realizado por Gause (Gause, 1934 en: Begon *et al.*, 1995), donde vio que dos especies diferentes de *Paramecium* que estaban en el mismo tubo no sufrían una disminución que las llevara a la extinción, es decir coexistían, ya que estaban separadas en el espacio. El mismo suceso se presentó en el trabajo de Connell (1961) con *Chthamalus* y *Balanus* en donde tenían a las dos especies bajo observación creyendo que tal vez competían, pero ninguna de ellas excluía a la otra, por lo tanto coexistían al estar separados por espacio. Y como ya se había planteado desde el principio, que la competencia entre los cladóceros litorales no se puede ver claramente porque en esta zona la presencia de macrófitas amplía los nichos que puede tener una especie y por lo tanto se presente la coexistencia (Lampert y Sommer, 1997), o una relativa alteración en la diferencia de las densidades (Gilbert b, 1990).

Aun así es muy importante depurar los experimentos en laboratorio para llegar a ver en realidad los efectos que las interacciones como la competencia y la depredación puedan

llegar a tener en la comunidad zooplanctónica (particularmente rotíferos y cladóceros), de un cuerpo de agua en especial la zona litoral, donde hasta la fecha casi no hay estudios publicados incluso de cultivos, variables demográficas y estudios de campo.

RELACIÓN ENTRE EL CAMPO Y EL LABORATORIO

Los resultados obtenidos en los experimentos de crecimiento poblacional y tabla de vida nos confirman que las tres especies de cladóceros tienen diferencias en cuanto a su desarrollo a pesar de que tanto la dieta elaborada con *Scenedesmus acutus* y el detritus se prepararon con la misma concentración de carbón, es decir la misma calidad nutrimental. La diferencia tal vez se deba a que en el caso de *Pleuroxus aduncus* no puede ingerir el alga por su gran tamaño y las partículas de detritus son más variables en ese sentido. En el caso de *Simocephalus vetulus* y *Alona rectangula* -al ser cladóceros de tallas más grandes que *Pleuroxus aduncus*- pueden alimentarse sin problemas con el alga, aun cuando ésta forme colonias de unas cuantas células.

Los dos tipos de alimentación usados en los experimentos estuvieron presentes durante todo el año de muestreo en la zona litoral del lago, lo que nos podría indicar que las tres especies estuvieron también presentes durante todo el año; pero en los datos que se obtuvieron en el campo no se observó esta tendencia, al menos no en la especie *Simocephalus vetulus* que presentó mayor abundancia en los meses con temperaturas bajas. En el caso de *Alona rectangula* y *Pleuroxus aduncus*, a pesar de que se presentaron todo el año, sus abundancias fueron diferentes; en la primera especie mencionada las mayores densidades fueron en los meses con mayores temperaturas, mientras que *Pleuroxus aduncus* fue abundante en los meses con bajas temperaturas. En el laboratorio se trataron de reproducir las condiciones bióticas y abióticas para ver si sólo la alimentación afecta a su crecimiento, pero los datos de campo muestran que el alimento no es el único factor que influye en su abundancia y distribución a lo largo del año.

Respecto a los datos obtenidos en el experimento de competencia, se pudo observar que esta no se presentó. Únicamente en de la combinación de *Alona rectangula* y *Pleuroxus aduncus* la primera especie mencionada desplazó a la segunda, aunque hay que tener en cuenta que *Pleuroxus aduncus* no creció favorablemente en la dieta con alga; lo anterior tal

vez se debió a que la morfología de sus estructuras de alimentación está más adaptada para el ramoneo. Los datos de campo no apoyaron los resultados de laboratorio pues en el primer caso las dos especies siempre estuvieron presentes.

Para el caso de *Simocephalus vetulus* y *Alona rectangula*, ambas especies crecieron mejor juntas que en su grupo control, aunque su escala de crecimiento fue diferente. En los resultados del campo *Simocephalus vetulus* no presentó abundancias tan altas como las de *Alona rectangula*. Ésta última se alimentó adecuadamente con el detrito y ambas especies crecieron adecuadamente con la dieta *Scenedesmus acutus*. Por último, la combinación de *Simocephalus vetulus* y *Pleuroxus aduncus* resultó ser de coexistencia ya que ambas crecieron favorablemente e incluso las mudas de *Simocephalus vetulus* sirvieron de alimento para *Pleuroxus aduncus*. En los datos del campo se puede ver que *Simocephalus vetulus* tuvo una menor abundancia a pesar de que el alga *Scenedesmus acutus* estuvo presente todo el año y que *Pleuroxus aduncus* fue abundante, sobretodo en las muestras que se tomaron de las raíces de las macrófitas.

La comparación de los resultados de campo y de laboratorio no es sencilla pues existen numerosas variables importantes en el campo que no son consideradas en los experimentos de laboratorio. Sin embargo, trabajos como el presente colaboran al inicio de una mejor comprensión del funcionamiento de los sistemas acuáticos.

CONCLUSIONES

- El lago Huetzalin presentó características fisicoquímicas muy heterogéneas que se pueden deber a que es un sistema urbano, artificial y que es abastecido por aguas domésticas e industriales tratadas.
- Por la profundidad que presenta se considera un cuerpo de agua somero subtropical con pH básico y una dureza moderada.
- Existieron diferencias en la profundidad, temperatura y concentración de oxígeno durante el ciclo anual que marcaron la temporada de lluvias y de secas.
- Los nutrientes en general se mantuvieron muy altos por lo tanto las concentraciones de clorofila a también lo fueron. Teniéndose un sistema muy productivo para el desarrollo de rotíferos y cladóceros filtradores.
- Las concentraciones de carbón fueron también muy altas en el año, ya que las macrófitas aportan gran cantidad de materia orgánica al medio favoreciendo el crecimiento de especies litorales.
- Se determinaron 47 especies en total, de las cuales 40 son especies de rotíferos y 7 son especies de cladóceros. El 70 % de las especies registradas tienen hábitos litorales.
- La diversidad de Shannon y Weiner calculada de las muestras tomadas de las raíces de las macrófitas es mayor a las que se tomaron directamente del agua, pero ambos tipos de muestras fueron tomadas de la zona litoral, dándonos una visión completa de la estructura de la comunidad.

- Debido a la heterogeneidad de los parámetros fisicoquímicos medidos en el lago se ve claramente una gran similitud entre las estaciones 1 y 2 pero una gran diferencia de ambas con la estación 3.
- La heterogeneidad de los parámetros fisicoquímicos influyó en las abundancias de las especies en cada una de las estaciones.
- Los experimentos de crecimiento poblacional, dejaron ver que *Simocephalus vetulus* y *Alona rectangular* crece mejor en el alga *Scenedesmus acutus*, mientras que *Pleuroxus aduncus* creció mejor el detritus.
- En la tabla de vida se observó que *Simocephalus vetulus* presentó un ciclo de vida muy largo con una descendencia muy alta. *Alona rectangular* tuvo una longevidad moderada y poca descendencia. *Pleuroxus aduncus* presentó un crecimiento, supervivencia y fecundidad muy bajas.
- Las combinaciones *Simocephalus vetulus* con *Alona rectangular* y *Simocephalus vetulus* con *Pleuroxus aduncus*, en el experimento de competencia tendieron a la coexistencia, tal vez porque había nichos definidos.
- El caso de *Alona rectangular* con *Pleuroxus aduncus* debe de analizarse más a fondo, ya que al estar en un medio que no favorecía su crecimiento, interfiere en poder dar un dictamen lógico y preciso.

LITERATURA CITADA

- Ahlgren G. 1992. Fatty acid content and chemical composition of freshwater microalgae. Journal Phycology. 28: 37-50.
- Ahlstrom E. H. 1932. Plankton Rotatoria from Mexico. Trans. Am. Microscop. Soc. 51: 242-251.
- Ahlstrom E. H. 1940. A revision of the Roterian Genera *Brachionus* and *Platyias* with descriptions of one new species and two new varieties. Bulletin of the American Museum History. 77: 143-184.
- Alcocer J. D. 1988. Caracterización hidrobiológica de los Lagos de Chapultepec, México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 88 pp.
- Alcocer D. J., A. M. Chávez & E. B. Escobar. 1993. La limnología en México (Historia y perspectiva futura de las investigaciones Limnológicas). Ciencia. 44:441-453.
- Allan J. D. 1976. Life history patterns in zooplankton. American Naturalist. 110: 165-180.
- Allan J. D. & C. E. Goulden. 1980. Some aspects of reproductive variation among freshwater zooplankton. En: Kerfoot W. C. (Ed.). Ecology and evolution of zooplankton communities. University Press of New England. Hanover. New Hampshire. 388-410 pp.
- Anónimo. 1985. Methods for measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms. U.S. Environmental Protection Agency. Rusia. EPA/600/485/013. 216 pp.
- APHA American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 1989. Standard Methods for the Examination of Wastewater. New York.
- Arredondo F. J. L. 1986. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad del agua, en estanques de piscicultura extensiva. SEPES. Dir. De Fomento Acuícola. Dpto. de asistencia Técnica. México. 182 pp.
- Arrignon. 1979. Ecología y Piscicultura de aguas dulces. Ed. Mundi-Prensa. España. 365 pp.
- Barnabé G. 1991a. Acuicultura. Vol 1. Ediciones Omega. Barcelona. 1099 pp.
- Barnabé G. 1991b. Acuicultura. Vol 2. Ediciones Omega. Barcelona. 478 pp
- Beaver R. J., L., M. A. Miller & K. J. Acton. 1999. Midsummer zooplankton assemblages in four types of wetlands in the Upper Midwest, USA. Hydrobiologia. 380: 209-220.
- Bec A., C. Desvillettes, A. Véra, D. Fontvieille & G. Bourdier. 2003. Nutritional value of different food sources for the benthic Daphnidae *Simocephalus vetulus*: role of fatty acids. Archived Hydrobiolgy 156: 145-163.
- Begon M., J. L. Harper & C. R. Townsend. 1995. Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega S. A. Barcelona. 886 pp.

- Borowitzka M. A. & L. J. Borowitzka. 1998. Micro-alga biotechnology. Cambridge. University Press: London. 480 pp.
- Brooks J. L. & S. I. Dodson. 1965. Predation, body size and composition of plankton. Science. 150:28-35.
- Chávez A. M.: 1986. Contribución al conocimiento de la estructura y composición de las comunidades de Valle de Bravo, Edo. Mex. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. 98pp.
- Ciros P. J. 1994. Biodiversidad de Cladóceros (Crustácea: Branchiopoda), del Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES-Iztacala. UNAM. 78 pp.
- Ciros P. J., B. M. Silva & G. M. Elías. 1996. A new species of *Macrothrix* (Anomopoda: Macrothricidae) from Central Mexico. Hydrobiologia. 319: 159-166.
- Ciros P. J. & G. M. Elías. Nuevos registros de cladóceros (Crustacea: Anomopoda) en México. Revista de Biología Tropical. 44: 297-304.
- Ciros P. J. & G. M. Elías. 1997. *Macrothrix smirnovi*, a new species (Crustacea: Anomopoda: Macrothricidae) from Mexico, a member of the *M. triserialis*-group. Proceedings of the Biological Society of Washington. 110: 115-127.
- Connell J. H. 1961. The influence of interspecific competition and others factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. Ecology. 42: 710-723.
- DeMott W. R. 1982. Feeding selectivities and relative ingestion rates of *Daphnia* and *Bosmina*. Limnology. 21: 125-134.
- Dodson S. I. & D. G. Frey. 1991. Cladocera and other branchiopoda in ecology and classification of North American Freshwater invertebrates. Edited Academy Press, Inc. San Diego. 786 pp.
- Dodson S. I. & B. M. Silva. 1996. Crustacean zooplankton species richness and associations in reservoirs and ponds of Aguascalientes State, Mexico. Hydrobiologia. 325: 163-172.
- Dole O. M. J., D. M. P. Galassi, P. Marmonier & C. M. Des Chatelliers. 2000. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. Freshwater Biology. 44: 63-91.
- Duggan C. I. 2001. The ecology of periphytic rotifers. Hydrobiologia. 446/447: 139-148.
- Duggan C. I., D. J. Green, K. Thompson & J. R. Shiel. 1998. Rotifers in relation to littoral ecotone structure in Lake Rotomanuka, North Island, New Zealand. Hydrobiologia. 387/388: 179-197.
- Dvorak J. & H. E. P. Best. 1982. Macro-invertebrate communities associated with the macrophytes of Lake Vechten: structural and functional relationships. Hydrobiologia. 95:115-126.
- Elías G. M. 1982. Contribución al conocimiento de los cladóceros del estado de México, con algunas notas ecológicas. Tesis de Licenciatura. FES-Iztacala. UNAM. 88 pp.

- Eliás G. M., P. J. Ciro, A. M. Gutiérrez & M. A. Cervantes. 1997. A checklist of the litoral cladocerans from Mexico, with descriptions of five taxa recently recorded from the Neovolcanic Province. Hydrobiologia. 360: 63-73.
- Eliás G. M., N. N. Smirnov, M. E. Suárez & F. N. Dimas. 2001. New and little known cladocerans (Crustacea: Anomopoda) from southeastern Mexico. Hydrobiologia. 442: 41-54.
- Eliás G. M. & M. E. Suárez. 2003. Estado actual del conocimiento de los cladóceros de México. En: Barreiro G. M. T., Meave C. M. E., Signoret P. M & Figueroa T. M. G. (Eds.). Planctología Mexicana. 300 pp.
- Enriquez G. C., Nandini S., Sarma S.S.S. 2003. Food type effects on the population growth patterns of littoral rotifers and cladocerans. Acta hydrochim. Hydrobiol. 31:120-133.
- Eyto E. & K. Irvine. 2001. The response of three chydorid species to temperature, pH, and food. Hydrobiologia. 459: 165-172.
- Fernández A. M. A. 2001. Crecimiento de crías de peces utilizando alimento vivo. Memorias del 5º encuentro Nacional de acuariofilia y acuicultura de ornato. Asociación Mexicana de Acuariofilia y Pequeñas Especies A. C. 58 pp.
- Flores B. J. 1997. Estudio sobre los Rotíferos como indicadores de la calidad del agua. Tesis de Licenciatura. FES-Iztacala. UNAM. 99 pp.
- Flores B. J. 2003. Estudio preliminar sobre la fauna de rotíferos de Xochimilco (México). En: O. E. Stephan (Ed.). El agua en la cuenca de México: Sus problemas históricos y perspectivas de solución. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco. 163-171 pp.
- Frey D. G. 1982. Cladocera. En: Aquatic biota of México, Central America and the West Indies. Hulbert S. H. & Villalobos F. A. (Eds.). Aquatic Biota SDSU Foundation. San Diego State Univ. San Diego. California. 529 pp.
- Gannon J. E. & R. S. Stemberger. 1978. Zooplankton (especially Crustaceans and Rotifers) as indicator of water quality. Trans. Amer. Micros. Soc. 97:16-75.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Ed. SIGSA. México. 4ª ed. 217pp.
- Gause G. J. 1934. The struggle for existence. Williams & Wilkins. Baltimore. 55 pp.
- Gilbert J. J. 1998 a. Susceptibilities of ten rotifer species to interference from *Daphnia pulex*. Ecology. 69: 1826-1838.
- Gilbert J. J. 1998 b. Suppression of rotifer populations by *Daphnia*: A review of the evidence, the mechanisms and the effects on zooplankton community. Limnology and Oceanography. 33: 1286-1303.
- Granados R. J. G. & C. Álvarez-Del Ángel. 2003. Rotíferos de embalses: subcuenca del Río Cuautla, Morelos, México. Scientiae Naturae. 6:33-44.

- Gulati R. D., M. Bronkhorst & D. E. Van. 2001. Feeding in *Daphnia galeata* on *Oscillatoria limnetica* and on detritus derived from it. Journal of Plankton Research. 23: 705-718.
- Hanazato T. 1991. Interrelations between *Microcystis* and cladocera in the highly eutrophic Lake Kamsumigaura, Japan. Int. Rev. ges Hydrobiol. 76: 21-36.
- Hanford T. L. & Edwin B. M. 1952. The algae Illinois. The University of Chicago press. Chicago. E. U. A. 407 pp
- Hann B. J. & L. Zrum. 1997. Littoral microcrustaceans (Cladocera, Copepoda) in a prairie coastal wetland: seasonal abundance and community structure. Hydrobiologia. 357: 37-52.
- Hoffman C. V. & Sámano A. B. 1938a. Los criaderos invernales de *Anopheles pseudopunctipennis* en el estado de Oaxaca. Anales del Instituto de Biología. 9: 181-192.
- Hoffman C. V. & Sámano A. B. 1938b. Notas acerca de los criaderos invernales de *Anopheles albimanus* Wide, en los pantanos de Veracruz. Anales del Instituto de Biología. 9: 192-208.
- Hutchinson E. 1961. The paradox of the plankton. The American Naturalist. XCV: 137-145.
- Hutchinson, G. E. 1967. A traitise of Limnology Vol II: Introduction to lake biology and limnoplankton. Wiley & Sons. New York. 1115 pp.
- INEGI. 2001. Cuaderno Estadístico Delegacional Xochimilco, Distrito Federal. Gobierno del Distrito Federal. México D. F. 158 pp.
- Juday C. 1915. Limnological studies on some lakes in Central America. Trans. Wisconsin Acad. Sci. Arts Lett. 18: 243-263.
- Karabin A., K. J. Eismontm & R. Korpatowska. 1997. Eutrophication processes in a shallow, macrophyte-dominated lake- factors influencing zooplankton structure and density in Lake Luknajno (Poland). Hydrobiologia. 342/343: 401-409.
- Krebs C. J. 1989. Ecological Methodology. University British Columbia. 654 pp.
- Krebs J. K. 1985. Ecología: Estudio de la Distribución y la abundancia. Harla. México. 753 pp.
- Korovochinsky N. & N. Smirnov. 1998. Introduction to the "cladocera" (Ctenopoda, Anomopoda, Onychopoda and Hapopoda). Intitute of Animal Evolutionary Morphology and Ecology of Russian Academy of Sciences. Lieninsky, Moscow, Russia. 143 pp.
- Koste W. 1978. Rotatoria: Die Rädertiere Mitteleuroporas. Gebrüder Borntraeger. Berlin. 672 pp.
- Lampert W. 1977. Studies on caron balance of *Daphnia pulex* as related to enviromental conditions I. Methodological problems of the use of ¹⁴C for the measurement of carbon assimilation. Archived of the Hydrobiologi Supplement. 48: 287-309.

- Lampert W. & U. Sommer. 1997. Limnoecology: The ecology of lakes and streams. Oxford University Press. New York. 382 pp.
- Larios J. P. S. 1999. Crecimiento poblacional de los rotíferos *Brachionus calyciflorus* Pallas, *B. patulus* (Müller) y *Asplanchna* (Leydig) en relación a diferentes alimentos bajo condiciones de laboratorio. UNAM. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala.
- Lewis M. W. 1996. Tropical lakes: how latitude makes a difference. En: Schiemer F. & Boland K. T. (Eds.). Perspectivas in Tropical Limnology. SPB Academic Publishing bv. 43-64 pp.
- Lind O. T. 1979. Handbook of common methods in limnology. 2a. de. The C. V. Mosby Co. 199 pp.
- López B. J. & L. Zambrano. 2002. Characterization of small shallow ponds with color video imagery in Central Mexico. Hydrobiologia. 467:177-185.
- Lubzens E., A. Tandler & G. Minkoft. 1989. Rotifers as food in aquaculture. Hydrobiologia. 186/187:387-400.
- Lüring M. & D. E. Van. 1997. Life history consequences for *Daphnia pulex* feeding on nutrient-limited phytoplankton. Freshwater Biology 38: 693-709.
- Lynch M. 1978. Complex interactions between natural co – exploiters - *Daphnia* and *Ceriodaphnia*. Ecology. 59: 552-564.
- Margalef R. 1983. Limnología. Omega. España. 1010 pp.
- Martínez A. A. & Járegui. 2001. On the environmental role of urban lakes in Mexico City. Urban Ecosystems. 4: 145-166.
- Martínez T. B. B. 1993. Contribucion al estudio de Cladóceros y Copépodos del Lago Nabor Carrillo, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES-Iztacala. UNAM. 72 pp.
- Muro C. G. & S. Nandini. 2001. Comparative life table demography and population growth of *Alona rectangularis* and *Macrothrix triserialis* (Cladocera: Crustacea) in relation to algal (*Chlorella vulgaris*) food density. Journal of Freshwater Ecology. 17:1-11
- Nandini S. 1999. Variations in physical and chemical parameters and plankton community structure in a series of sewage-stabilization ponds. Revista de Biología Tropical. 47: 149-156.
- Nandini S. 2000. Responses of rotifers and cladocerans to *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae): A demographic study. Aquatic Ecology. 34: 227-242.
- Nandini S., C. G. Muro & S. S. S. Sarma. 2002. Competition between littoral cladocerans *Macrothrix triserialis* and *Alona rectangularis* (Cladocera) in relation to algal food level and inoculation density. Acta Hydrochim. Hydrobiol. 30: 1-8.

- Nandini S. & T. R. Rao. 1998. Somatic and population growth in selected cladoceran and rotifer species offered the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* as food. Aquatic Ecology. 31: 283-298.
- Nandini S. & S. S. S. Sarma. 2000. Life table demography of four cladoceran species in relation to algal food (*Chlorella Vulgaris*) density. Hydrobiologia. 435: 177-126.
- Nandini S., S. S. S. Sarma & T. R. Rao. 1998. Effect of co-existence on the population growth of rotifers and cladocerans. Russ. J. Aquatic Ecology. 7: 1-10.
- Negrea S., N. Botnariuc y H. J. Dumont. 1999. Phylogeny, evolution and classification of the Branchiopoda (Crustacea). Hydrobiologia. 412: 191-212.
- Nogrady T., L. R. Wallace & W. T. Snell. 1993. Rotifera: Biology, Ecology and Systematics. SPB Academic Publishing. Holanda. 137 pp.
- Orgutt J. D. & Pierce F. F. 1985. Food level effects on the competitive interactions of two co-occurring cladoceran zooplankton: *Diphanosoma brachyurum* and *Daphnia ambigua*. Arch. Hydrobiol. Belh. Ergebn. Limnol. 21: 465-473.
- Osorio T. R. F. 1942. Rotíferos planctónicos de México I, II, y III. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. 3: 23-79.
- Paterson M. 1993. The distribution of microcrustacea in the littoral zone a freshwater lake. Hydrobiologia. 263: 173-183.
- Pejler B. & B. Berzins. 1989. On choice of substrate and habitat in brachionid rotifers. Hydrobiologia. 186/187:137-144.
- Pennak R. W. 1989. Fresh Water invetebrates of the United States. Protozoa to mollusca. John Wiley and Sons. New York. 628 pp.
- Pianka E. R. 1988. Evolutionary ecology. Haper and Row Pub. 468 pp.
- Quade H. W. 1968. Cladoceran faunas associated with aquatic macrophytes in some lakes in northwestern Miennesota. Ecology. 50: 170-179.
- Ramírez G. P., S. Nandini, S. S. S. Sarma, V. E. Robles, I. Cuesta & M. D. Hurtado. 2002. Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir Valle de Bravo (México). Hydrobiologia. 467: 99-108.
- Reynols C.S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University. Gran Bretaña. 384 pp.
- Rico M. R., B. M. Silva, O. A. Azabache & C. G. Domínguez. 2003. An update list of rotifers from lake Chapala, Mexico. Scientiae Naturae. 6: 23-32.
- Rioja E. 1940a. Notas acerca de los crustáceos del Lago de Pátzcuaro. Anales del Instituto de Biología. 11: 469-475.

- Rioja E. 1940b. Observaciones acerca del plancton del Lago de Pátzcuaro. Anales del Instituto de Biología. 11: 417-425.
- Rioja E. 1942. Estudios hidrobiológicos VIII. Observaciones acerca del plancton de la Laguna de San Felipe Xochiltepec (Puebla) I. Anales del Instituto de Biología. 13: 519-526.
- Robertson A. L. 1990. Population dynamics of Chydoridae and Macrothricidae (Cladocera: Crustacea) from River Thames, U. K. Freshwater Biology. 24: 375-389.
- Rodríguez R. 1988. Variación estacional del género Daphnia (Cladocera, Daphniidae) en el embalse de Danxho, Edo. Mex. Tesis de Licenciatura. FES- Iztacala. UNAM. 70 pp.
- Ruppert E. E. y R. D. Barnes, 1996. Zoología de los invertebrados. McGraw-Hill. Interamericana. México. 854 pp.
- Sarma S. S. S. 1991. Rotifers and aquaculture. Environment and Ecology. 2: 414-428.
- Sarma S. S. S. 1999. Checklist of rotifers (Rotifera) from México. Environment and Ecology. 17: 978-983.
- Sarma S. S. S. 2001. El papel del zooplancton en a producción de peces de ornato y comestibles. Memorias del 5º encuentro Nacional de acuariofilia y acuicultura de ornato. Asociación Mexicana de Acuariofilia y Pequeñas Especies A. C. 58 pp.
- Sarma S. S. S. & G. M. Elías. 1996. Rotifers from high altitude crater-lakes at Nevado de Toluca Volcano, México. Hidrobiológica. 6: 33-38.
- Sarma S. S. S. & G. M. Elías. 1998. Rotifer diversity in central Mexican pond. Hydrobiologia. 387/388: 47-54.
- Sarma S. S. S. & G. M. Elías. 1999. A survey on the rotifer (Rotifera) fauna of the Yucatán Peninsula (Mexico). Revista de Biología Tropical. 47: 187-196.
- Sarma S. S. S. & G. M. Elías. 1999. Rotifers (Rotifera) from four natural water bodies of Central Mexico. Limnologica. 29: 475-483.
- Sarma S. S. S, N. Iyer & H. J. Dumont. 1996. Competitive interactions between herbivorous rotifers: importance of food concentration and initial population density. Hydrobiologia. 331: 1-7.
- Scheffer M. 1998. Ecology of Shallow lakes. Chapman & Hall. Great Britain. 357 pp.
- Schmitz R. J. 1996. Introduction to Water Pollution Biology. Gulf Publishing Company. Houston Texas. 319 pp.
- Scourfield D. J. & J. P. Harding. 1941. A key to the British species of freshwater Cladocera with notes on their ecology. Freshwater Biology Association. 59: 643-666.
- SEDUE. 1986. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas. Serie: Normatividad Ecológica No 4.

- Serranía S. C. R. 1996. Diversidad de Rotíferos Monogonontos en algunos sistemas acuáticos del Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES- Iztacala. UNAM. 74 pp.
- Serranía S. C. R. & S. S. S. Sarma. 2003. Some taxonomical aspects of rotifera from Central Mexico. Scientiae Natural. 7:46-54.
- Siewertsen K. 1979. Een biochemisch planktononderzoek in het plasje 'Vechten' (in Duch). Intern Rep. Limnol. Inst. Alemania. 29 pp.
- Sigma Plot. 2001. Exact graphs for exact science. SPSS. Version 7.
- Sládeček V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. Hydrobiologia. 100:169-201
- Sokal R. R. y F. J. Rohlf. 1979. Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones. Madrid. 832 pp.
- Statistica. 1998. Product-moment the Pearson. Version 5.1.
- Steedman H. F. 1976. Narcotizing agents and methods. En: H. F. Steeman (Ed.). Zooplankton Fixation and Preservation. Monogr. Oceanogr. Methodol. No. 4 United Nations Educational, Scientific & Cultural Org., Paris.
- Tremel B., E. S. Frey, D. N. Yan & M. K. Somers. 2000. Habitat specificity of littoral Chydoridae (Crustacea, Branchiopoda, Anomopoda) in Plastic Lake, Ontario, Canadá. Hydrobiologia. 432: 195-205.
- Uéno M. 1939. Zooplankton of Lago de Pátzcuaro, Mexico. Annot. Zool. Japon. 18: 105-114.
- USEPA. 1986. U. S. Environmental protection Agency. Office of Water Regulation and standards quality criteria for water. Washington, D. C.
- Vilaclara G. & P. V. Sládeček. 1989. Mexican rotifers as indicators of water quality with description of *Collotheca riverai*, n. sp. Archiv Hydrobiologia. 113: 252-263.
- Wetzel R. G. 1981. Limnología. Omega. Madrid. 379 pp.
- Wehr D. J., A. D. Holen, M. M. MacDonal & P. S. Lonergan. 1998. Effects of different organic carbon sources on a freshwater plankton community, Canada. Journal Fish Aquatic. 55: 2150-2160.
- Wilson C.B. 1936. Copepods from the cenotes and caves of Yucatan, Peninsula, with notes on cladocerans. En: Pearse A. S., Creaser E. P. & Hall F. G. (eds.). The cenotes of Yucatan, a zoological and Hydrographic survey. Carnegi Int. Washington. Publ. 457.304 pp.
- Williams B. J. 1982. Temporal and spatial patterns of abundance of the Chydoridae (cladocera) in Lake Itasca, Minnesota. Ecology. 63: 345-353.

ANEXO 1

| LAGO | Rotíferos | Cladóceros | T (°C) | O ₂ D (mg/l) | pH | Clorofila _a (mg/m ³) | P-Total (mg/l) | N-NO ₃ (mg/l) | Referencia |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------|----------|---------------------------------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Humedales, Ohio, USA. | <i>P. vulgaris</i> , <i>Lecane</i> sp. | <i>S. mucronata</i> , <i>Ceriodaphnia</i> sp. | 22.4-26.2 | 4.2-7.2 | 6.9-7.3 | 10 - 45 | 1.3 - 2 | ----- | Beaver J. R., <i>et al.</i> , 1999. |
| Aguas de Tratamiento Delhi, India. | <i>B. calyciflorus</i> , <i>B. rubens</i> , <i>L unguitata</i> . | <i>C. cornuta</i> , <i>M. micrura</i> , <i>D. carinata</i> . | 15-37 | 2 -10 | 7.4 -8.5 | 0-160 | 1.9 - 4.5 | 5 - 30 | Nandini S., 1999. |
| Lago Viejo Chapultepec, México. | ----- | ----- | 15.48 | 18.50 | 8.76 | 501.80 | 1.57 | 1.30 | Alcocer D. J., 1988 |
| Lago Mayor Chapultepec, México. | ----- | ----- | 18 | 9.80 | 9.20 | 336.00 | 2.78 | 15.85 | Alcocer D. J., 1988 |
| Lago Menor Chapultepec, México. | ----- | ----- | 16.07 | 8.50 | 9.97 | 328.67 | 1.44 | 0.440 | Alcocer D. J., 1988 |

Tabla 1. Características físicas, químicas y nutrimentales de varios cuerpos de agua abastecidos con aguas residuales y lagos naturales.

ANEXO 2

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

CLOROFILA *a*

(Método de acetona)

Se toman 50 ml de muestra de cada estación manteniéndose en hielo a 4° C y protegidos de la luz. En el laboratorio se filtra la muestra con fibra de vidrio Whatman GF/(24mØ) de 4.5 cm, las muestras con pH de 7 se pueden conservar en bolsas herméticas y congelación hasta por tres semanas, las muestras ácidas deben procesarse enseguida.

Se coloca la muestra en un mortero de tejidos, cubriéndola con 2 a 3 ml de solución acuosa de acetona al 90 % y se macera, ya disuelto se pasa a un tubo de centrífuga con tapa de rosca lavándose el mortero con unos pocos mililitros de acetona acuosa al 90 % y añadiéndosele el lavado a la pasta se ajusta el volumen total a un nivel constante de 5 a 10 ml con acetona al 90 % (debe emplearse el disolvente justo y evitarse la disolución excesiva de los pigmentos), posteriormente se mantienen las muestras por dos horas a 4° C en la oscuridad, transcurrido este tiempo se centrifuga a 500 rpm durante 20 minutos, se decanta el extracto y se pasan 3 ml a una cubeta de 1 cm, se lee a las densidades ópticas de 750 y 664 nm, finalmente se acidifican las muestras con 0.1 ml HCl a 0.1 N y se lee a 665 nm inmediatamente. Réstese el valor obtenido a 750 nm de las lecturas antes hechas (664 nm) y después de acidificar (665 nm).

$$\text{Clorofila } a \text{ mg/m}^3 = 26.7 (664b - 665a) \times V_1 / V_2 \times L$$

Donde:

V_1 = Volumen de extracto l:

V_2 = volumen de muestra m^3

L = recorrido de luz o ancho de la cubeta cm y

664 y 665 = densidades ópticas del extracto de acetona 90% antes y después de la acidificación, respectivamente.

El valor de 26.7 es la corrección de absorbancia y es igual a $A \times K$

Donde:

A = coeficiente de absorbancia para clorofila *a* a 664 nm = 1 l

K = relación que expresa la corrección para acidificación

APHA, 1989

OXIGENO DISUELTO

(Método iodométrico con azida)

Se toman 300 ml de muestra en frascos ámbar con tapón desmerilado evitándo el contacto con el aire sin agitarla y protegiéndola de la insolación directa; se le agrega 1 ml de $MnSO_4$ y 1 ml de solución álcali-yoduro-azida (se formara un precipitado), se agita vigorosamente durante 30 segundos hasta su homogenización, posteriormente se dejan sedimentar y se le añade 1 ml de H_2SO_4 concentrado finalmente se tapa y agita hasta la desaparición total del precipitado. En el laboratorio se colocan 100 ml de la muestra en un matraz de 250 ml y se titulara con tiosulfato de Sodio 0.025N hasta coloración paja pálido. Se agregar 1 ml de almidón y agitara para continuar la titulación hasta tornar a incoloro.

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

A = ml de tiosulfato gastados en la titulación.

F = Factor constante

$$\text{Factor constante} = 0.025 \times 8 \times 1000 / 99.33 = 2.01$$

Normalidad del tiosulfato de sodio = 0.025

Constantes = 8 y 1000

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

Muestra original colectada = 300 ml

Reactivos agregados = 2 ml

Alícuota para la titulación = 100 ml

APHA, 1989

DUREZA

(Método EDTA)

Se toma 100 ml de muestra en frascos de vidrio (si se va a almacenar las muestras se le añade 1 ml de ácido nítrico y se refrigera).

Se coloca en un matraz Erlenmeyer 50 ml de muestra o una alícuota (con 25 ml de muestra llevarla a 50 ml con agua destilada), de tal manera que se gaste menos de 15 ml de EDTA en la titulación, se le añade 1 ó 2 ml de la solución amortiguadora (tampón) para obtener un pH de 10-10.1, se agregan 0.1 ml de Negro de Eriocromo T (tres gotas) y se titula con solución EDTA, el vire es de rojizo a azul las últimas gotas se añaden en un intervalo de 3 a 5 segundos.

mg / l de Dureza como CaCO = ml EDTA x F x 1000 / ml de muestra

F = Factor de corrección que se obtiene al valorar la solución de EDTA

F = mg de CaCO / ml de EDTA

APHA, 1989

FÓSFORO

(Método de cloruro estagnoso y digestión con persulfato)

DIGESTIÓN DE PERSULFATO

Se toman 100 ml de muestra en frascos de vidrio. En el laboratorio se colocó 50 ml de muestra o una alícuota llevada a ese volumen en un matraz y se le agrega 1 gota de fenoltaleína, en caso de la aparición o desarrollo de un color rojo se neutraliza agregando gota a gota solución H_2SO_4 al 30% hasta que desaparezca el color rojo. Se le añade 1 ml extra de la solución ácida (H_2SO_4) e inmediatamente después 0.4 g de persulfato de amonio llevándose a ebullición durante 30-40 minutos o hasta un volumen final de 10 ml, se deja enfriar la muestra se afora 30 ml con agua destilada, se le agregara 1 gota de fenoltaleína y si vuelve a desarrollar una tonalidad rosa se neutralizara a rosa pálido con NaOH. Se lleva el volumen del ensayo a 100 ml con agua destilada si forma un precipitado durante este paso no se filtra solo se agita en los pasos posteriores se disolverá. Junto con las muestras se lleva unos estándares de valores conocidos para elaborar la curva.

CLORURO ESTAGNOSO

Colocar en un matraz Erlenmeyer 100 ml o una alícuota de la muestra se le adiciona 1 gota de fenoltaleína, si la solución se torna rosa eliminar el color hasta incoloro añadiéndole gota a gota solución de ácido concentrado, en caso de que se requiera más de 5 gotas de ácido para virar a incoloro se debe seleccionar un menor volumen de la muestra y diluirlo a 100 ml con agua destilada tras la primera decoloración. Se le agregaran 4 ml de la solución de molibdato de amonio y 0.5 ml de la solución de cloruro estagnoso y se mezclara de 10-12 minutos, finalmente se lee la absorbancia a 690 nm usando un testigo de agua destilada el cual deberá seguir los mismos pasos que la muestra. Se extrapolara-interpolara el valor observado en la curva de calibración para obtener la concentración por 100 ml en base a la curva de estándares conocidos que se realizaron junto con las muestras.

$mg \text{ de } P-PO_4 / l = mg \text{ de } P-PO_4 \text{ de curva } \times 1000 / ml \text{ de muestra.}$

APHA, 1989

MATERIA ORGANICA (CARBÓN)

(Método de COD)

Se toman 30 ml de muestra y se llevan en frascos de vidrio al laboratorio para evaluar el contenido de Carbón.

Se elabora una curva con 30 ml de Acido oxalico y se va diluyendo hasta tener una curva de 6 concentraciones.

Tanto la curva como las muestras problemas y un blanco de agua destilada se tratan de la siguiente manera: se les agrega 20 ml de H_2SO_4 (cuidadosamente se desliza por las paredes del matraz), se le agrega 100 mg de Ag_2SO_4 y se ponen por 2 horas a $140^\circ C$ o $121^\circ C$ por 3 horas en un autoclave.

Después de que se enfríen las muestras se calibra el espectrofotómetro con el blanco y se miden las muestras a una longitud de 587 nm.

Con los valores obtenidos se grafica la curva de calibración y se determina la concentración de COD.

Teniéndose en cuenta que 1 mg de COD es equivalente a 0.364 mg de Carbón total se realiza la conversión de los datos obtenidos de las muestras.

Siewertsen, 1979.