



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



EFECTO DE LA ESCALA ESPACIAL Y TEMPORAL EN LA
TASA DE ACLARAMIENTO Y PREFERENCIA ALIMENTICIA
DE TRES ESPECIES DE CLADOCEROS.

PROTOCOLO DE T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(Limnología)

PRESENTA:
Biól. ISRAEL MENDOZA FLORES.

DIRECTOR DE TESIS: *Dr. ERNESTO MANGAS RAMIREZ.*

Comité tutorial: *Dra. Nandini Sarma*
 Dr. S.S.S. Sarma
 Dr. Alfonso Lugo Vázquez
 Dr. Roberto Rico Martínez

Ciudad de México, 2011.



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.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTES.....	5
HIPOTESIS.....	10
OBJETIVOS.....	11
CAPITULO 1 Biobusqueda previa para el planteamiento del protocolo.....	12
MATERIALES Y METODOS.....	12
RESULTADOS Y ANALISIS.....	16
CAPITULO 2 Determinación de la tasa de aclaramiento	18
RESULTADOS Y ANALISIS.....	24
CAPITULO 3 Preferencia alimenticia.....	30
RESULTADOS Y ANALISIS.....	31
CAPITULO 4 Crecimiento Poblacional	33
RESULTADOS Y ANALISIS.....	34
DISCUSIÓN.....	37
CONCLUSIÓN.....	41
REFERENCIAS CONSULTADAS.....	43
ANEXO 1 (Cartel)	

RESUMEN

En los cladóceros, el tamaño del cuerpo está relacionado con la tasa de aclaramiento y con el tamaño de partícula que el cladóceros puede ingerir. Se sabe que, a mayor talla del organismo mayor será la tasa de aclaramiento del fitoplancton. Sin embargo, otros estudios muestran que en sistemas naturales las especies de menor talla tienden a mostrar tasas de aclaramiento similares a las de especies mayores.

En el presente trabajo, se estudió la influencia del tamaño corporal de tres especies de cladóceros sobre la tasa de aclaramiento en diferentes escalas de volumen y tiempo.

Las especies que se emplearon fueron, *Daphnia pulex*, *Simocephalus vetulus* y *Moina macrocopa* en tres volúmenes; 50 mL y 500 mL en condiciones de laboratorio y 50 000 mL en condiciones de mesocosmos. Los lapsos empleados para cada volumen fueron 2, 20 y 200 horas (8.3 días) respectivamente. Como alimento se empleó *Chlorella vulgaris* y un cultivo de algas obtenidas del lago artificial de la facultad de Arquitectura de Ciudad Universitaria en Puebla.

Los resultados indican que existe una correlación directa entre la talla de los cladóceros y la tasa de aclaramiento, lo que revela que a volúmenes pequeños y en tiempo corto la tasa de aclaramiento aumenta de manera proporcional con el aumento en la talla del cladóceros; sin embargo a mayor escala de tiempo y a mayor volumen es la especie de menor talla la que consume la totalidad del alimento ofertado. Las preferencias alimenticias estuvieron determinadas por la densidad de cada género de fitoplancton, indicando que las tres especies son generalistas en cuanto a su alimentación.

INTRODUCCIÓN

Los componentes del zooplancton constituyen una compleja red que típicamente se sostiene directamente del pastoreo o indirectamente de la detritofagia, sobre la producción fitoplanctónica de los sistemas acuáticos (Margalef, 1983). Por otra parte la productividad de los ecosistemas acuáticos depende de la manera en cómo la materia orgánica del fitoplancton, la microflora y el detritus es utilizado por los organismos heterotróficos (Monakov, 2003).

Las comunidades zooplanctónicas dulceacuícolas están constituidas esencialmente por protistas, rotíferos y crustáceos. Los crustáceos planctónicos se dividen en branquiópodos y copépodos. De los distintos ordenes de branquiópodos, los más conocidos y estudiados son los anomópodos, llamados tradicionalmente cladóceros (Conde-Porcuna, et al., 2004).

La mayor parte del alimento planctónico de los Anomopoda y Ctenopoda, son el fitoplancton, detritus y bacterias. Puede incluir también a protozoos y a pequeños rotíferos. El intervalo de tamaño del alimento no excluye una especialización en tipos específicos de alimento. Sin embargo, durante el cambio de las estaciones del año la temperatura varía, lo que genera una constante rotación en la dominancia de formas del fitoplancton: algunas especies mueren y otras aparecen. Esto es acompañado de explosiones microbiales, cambios en la composición del detrito y en la aparición de protozoos (Monakov, 2003).

Los cladóceros son uno de los grupos más abundantes del zooplancton en los sistemas acuáticos continentales, los cuales son responsables de la gran mayoría del consumo por herbivoría detectado en estos ambientes (Haney, 1985), al igual que otros hidrobiontes como las esponjas y los rotíferos, los

cladóceros actúan a manera de filtros biológicos que retiran de la columna de agua una gran cantidad de microalgas y material particulado.

Debido a que las poblaciones del zooplancton se encuentran usualmente limitadas por recursos alimenticios (Lampert, 1985), las variaciones en la abundancia y calidad del alimento tienen efectos significativos sobre la conducta de alimentación de estos consumidores. El crecimiento del zooplancton está fuertemente influenciado por la cantidad y la calidad del alimento (DeMott y Gulati, 1999) estableciéndose que ciertas especies de algas, en particular las verdes, son buen alimento para los cladóceros, ya que promueven mejor su crecimiento y reproducción (De Pauw y Pruder, 1986; Ahlgren et al., 1990). El éxito de las especies en la interacción recurso-competencia, depende de su habilidad para responder a cambios en la calidad del alimento disponible (Haney y Trout, 1985).

Dado que la ingesta de alimento en los cladóceros es descrita como consecuencia de una restricción física debido al tamaño de las partículas (Geller y Müller, 1986; Gophen y Geller, 1984; Brendelberger, 1985), los patrones de competencia entre las especies han sido explicados en función del tamaño de los individuos (Kira, 1991), subestimándose cualquier mecanismo de selectividad de alimento. Las diferencias en habilidad competitiva entre cladóceros surgen como consecuencia de atributos y conductas alimenticias variables (Bern, 1990). A pesar que el tamaño corporal es una variable importante para predecir la habilidad competitiva entre cladóceros (Gliwics, 1990), son también numerosas las evidencias que muestran complejas conductas asociadas al consumo de recursos (Butler, et al., 1989; Bern 1990).

Estos estudios han revelado que las eficiencias de consumo y umbrales de alimentación difieren en función de algunos atributos morfológicos (McNaught. et al., 1980), valor nutricional (Richman y Dodson 1983; Meise, et al., 1985;

Bern 1990), sabor (DeMott, 1986) y niveles de respuesta alimenticia dependiendo de las concentraciones de alimento (Martínez, 2000).

En términos de asimilación de energía o flujos de masa, la ingesta representa la máxima interacción del zooplancton con su medio (Sponer, 1973).

La determinación de la tasa de aclaramiento (clearance rates) puede ser usada en estudios de flujo de energía (Slodobkin y Richman, 1956; Richman 1958), ciclos minerales (Johannes, 1968; Peters y Rigler, 1973), en competencia por recursos (Dodson, 1970; Hall et al., 1976; Lynch, 1977), forrajeros óptimos (Lam y Frost, 1976; Lehman, 1976) y estudios en interacciones predador-presa (Holling, 1959; Wilson, 1973) entre otros.

La tasa de aclaramiento es una medida del flujo de energía hacia el interior del animal, esta tasa es usualmente expresada en mL por individuo en un periodo de tiempo, es una aproximación de lo que extrae un animal de su medio. Por otra parte, los estudios de micro y macrocosmos implican un cambio en la escala y por lo tanto un aumento en la complejidad. Los factores adicionales implícitos en el aumento de escala, pueden interactuar en las respuestas finales (Sánchez y Mangas-Ramírez, 2004; Mangas-Ramírez et al., 2004), por lo que el presente trabajo se enfoca a la determinación del efecto del cambio de escala sobre las tasas de aclaramiento (clearance rates) y preferencia alimenticia para tres especies de cladóceros, con el propósito de conocer si el tamaño de la especie es un factor determinante en la eficiencia del consumo a diferentes escalas.

ANTECEDENTES

La importancia del fitoplancton en la dieta de los cladóceros ha sido documentado por una gran cantidad de estudios. De acuerdo a una síntesis histórica realizada por Monakov (2003), existen estudios (Bogatova, 1966, 1967; Kryuchkova y Sladeczek, 1969; Czezug y Bbiatynnska-Ksok, 1972; Gutelmacher, 1973, 1975; Berman y Richman, 1974; Chisholm et al., 1975; Gophen, 1977; Horton et al. 1979; Janicki y De Costa, 1984; Bleiwas y Strokes, 1985; De Mott, 1986; Milton y Peral, 1988; Infante, 1973), en los que se presentan datos de preferencias de consumo en cuanto al tamaño de partículas para diferentes especies de cladóceros. Por ejemplo, para el caso de *Moina macrocopa*, el tamaño de partícula alimenticia óptima es de 5 a 7 μm . (Prieto et al., 2006) Es importante considerar que todos ellos se realizaron utilizando ejemplares provenientes de sistemas templados.

Cyr y Pace (1992) determinaron a partir de diferentes experimentos que en sistemas naturales, las especies de tamaño pequeño tienden a presentar valores similares en la eficiencia del forrajeo que las especies de mayor tamaño. En algunos de sus experimentos desarrollaron modelos que relacionan la tasa de forrajeo con características de las comunidades zooplanctónicas (el tamaño, composición taxonómica y biomasa), la concentración de alimento y la temperatura del agua. Las tasas de forrajeo se encuentran dentro del intervalo de resultados medidos en otros estudios, aunque se determinaron variaciones entre las comunidades; sorprendentemente, las comunidades dominadas por cladóceros de gran tamaño (*Daphnia* y *Diaphanosoma*) no tienden a tener mayores tasas de forrajeo que las comunidades dominadas por el zooplancton pequeño.

En 1998 Cyr y Curtis realizaron estudios en comunidades de zooplancton para determinar si el tamaño del cuerpo del organismo está relacionado con la tasa de forrajeo y con la selección del tamaño de partículas que puede ingerir cada especie. En este trabajo se compararon dos comunidades de cladóceros

dominadas por especies de talla pequeña y tres comunidades dominadas por cladóceros de talla mayor. Las algas de menor tamaño fueron forrajeadas mas intensivamente, pero las tasa de forrajeo fueron relativamente pobres tomando en cuenta sólo el tamaño del alga. La tasa de forrajeo se incrementa con el aumento del tamaño del alga y del incremento en la talla del zooplancton. En este trabajo también se considero la composición taxonómica de las comunidades naturales y sus efectos en la tasa de forrajeo.

Los índices de forrajeo fueron medidos en ocho comunidades de zooplancton en lagos del meridiano sur de Ontario, Canadá entre los meses de Mayo y Agosto de 1994. Estas comunidades fueron seleccionadas de un amplio conjunto de lagos para maximizar el intervalo de tamaños y estructura taxonómica en la composición de los crustáceos para poder ser comparados.

La tasa de forrajeo in situ fue medida en encierros donde fueron agregadas diferentes concentraciones de forrajeros, un método modificado de Lehman y Sandgren (1985) y Cyr (1998), en cada lago fueron limpiados 21 litros de agua provenientes del epilimnion, filtrados con una red de 62 μm para remover el macro zooplancton, posteriormente fueron aislados en recipientes de polietileno con la misma capacidad. En cada uno de los encierros fueron agregados nutrientes superiores a los encontrados en el ambiente, añadiendo 14 μM de NH_4NO_3 y 1 μM KH_2PO_4 para el crecimiento algal. Las muestras de fitoplancton fueron colectadas en cada uno de los encierros al principio y al final de cada manipulación y fueron preservados con una solución de lugol, el zooplancton fue colectado de cada uno de los encierros y preservados en una solución buffer al 4%.

Los resultados muestran diferencias cualitativas en la selectividad del pastoreo de las diferentes especies de cladóceros, determinando que el genero *Bosmina* presenta elevadas tasas de forrajeo sobre grupos algales menores a 35 micrómetros mientras que especies de mayor talla (*Daphnia* y *Holopedium*) forrajean del 14 al 17 por ciento de la clorofila en algas menores a 35

micrómetros, por lo que esto contradice la idea general que propone que la composición taxonómica del zooplancton de una comunidad determina la selectividad de los diferentes tipos de partículas y la tasa de forrajeo.

Brooks y Dodson (1965), Gliwicz (1990), con sus trabajos realizados determinaron que los cladóceros de gran tamaño presentan una mayor eficiencia en el forrajeo que las especies pequeñas.

En otros estudios, Martínez y Montecinos (2000), estudiaron en cladóceros la sobreposición en el uso de los recursos tróficos. En condiciones de microcosmos, se mantuvieron experimentos pareados de dinámica poblacional de los cladóceros *Moina micrura* y *Ceriodaphnia dubia*, especializados en los recursos *Chlorella* sp. y *Oocystis* sp, respectivamente, y de la especie generalista *Daphnia ambigua*. Mientras que los especialistas no dieron evidencias de competencia entre ellos, la presencia de cada uno produjo un significativo decrecimiento de la densidad del generalista *D. ambigua*, ocasionando en algunos casos su desaparición. A pesar de que las dinámicas poblacionales de cada especialista fueron afectadas cualitativamente por la presencia del generalista, no hubo efecto de esta especie sobre las densidades, resultando una interacción asimétrica entre cada especialista con el generalista. Estos resultados demuestran que la conducta alimenticia y la sobreposición en el uso de los recursos serían condiciones determinantes en la composición de especies de cladóceros en los sistemas acuáticos.

Martínez (2000), estudió la conducta alimenticia de *Daphnia ambigua*, *Moina micrura* y *Ceriodaphnia dubia*, frente a un gradiente de concentración de alimento, esto debido a que los cladóceros son el grupo de microfiltradores más abundantes del zooplancton limnético (en la mayoría de los casos) y cuyas poblaciones se encuentran usualmente limitadas por alimento; en teoría la respuesta de los individuos frente a un gradiente de concentración de recursos tiene implicaciones significativas en los patrones poblacionales y comunitarios. Se comparó la conducta alimenticia de *M. micrura*, *C. dubia* y *D. ambigua*

frente a las microalgas *Chlorella* sp. y *Oocystis* sp. mediante los siguientes parámetros: tasa de ingesta, concentración limitante incipiente y eficiencia en el consumo, los cuales fueron obtenidos a través de un modelo de respuesta funcional. Los resultados mostraron que *D. ambigua* presentó las mayores tasas de ingesta y concentración limitante incipiente sobre ambos recursos. Sin embargo, esta especie presentó una menor eficiencia en el consumo, mientras que *D. ambigua* no presentó diferencias en la eficiencia en el consumo sobre *Chlorella* sp. y *Oocystis* sp., *M. micrura* presentó una mayor eficiencia en el consumo de *Chlorella* sp. y *C. dubia* sobre *Oocystis* sp. Estos resultados revelan diferencias interespecíficas significativas en la respuesta alimenticia del grupo Cladocera, el cual presentó un comportamiento complejo frente a la variación en la disponibilidad de recursos alimenticios.

Kenneth, Gilbert y Starkweather (2007), determinaron la tasa de aclaramiento in situ de pequeñas especies de rotíferos en un lago templado severamente eutrofizado, utilizando tres tipos de células radioactivas marcadoras, las cuales fueron, una bacteria (*Aerobacter*), una levadura (*Rhodotorula*) y el alga (*Chlamydomonas*). Las tasas de aclaramiento estuvieron debajo de los 10 μ l/anim/h pero variaron significativamente entre las especies. *Keratella cochlearis*, *Kellicottia bostoniensis*, y *Conochilus dossuarius* consumieron los tres tipos de células marcadoras, pero las tasas de aclaramiento variaron considerablemente con los diferentes tipos de células trazadoras. *Polyarthra dolichoptera* y *P. euryptera* ingirieron sólo las células del alga. *K. cochlearis* y las especies de *Polyarthra* se diferenciaron notablemente en el tamaño de célula marcadora, indicando diversificación en la utilización de los recursos alimenticios.

Devette (2009), Estudió la dinámica trófica de una población de rotíferos en un micro ecosistema. *Habrotrocha thienemanni* es un habitante de agujero de árbol típico, comúnmente alcanzando poblaciones densas. La tasa de filtración *H.thienemanni* fue estimada usando micro esferas fluorescentes de un tamaño cerca de la comunidad natural bacteriana (0.5 μ m en el diámetro) en dos

temperaturas (15 y 20°C). Estas micro esferas de alimento artificial habían sido cubiertas de la proteína BSA. Las tasas medias de filtración de este rotífero varían entre 1.65 y 3.79 $\mu\text{l ind}^{-1} \text{h}^{-1}$ bajo diferentes temperaturas. La respuesta de las partículas cubiertas por la proteína fueron considerablemente más altas, que sobre las partículas no cubiertas (la $t = 2.85$; $P = 0.005$). La respuesta de partícula también fue correlacionada al tamaño de cuerpo del animal (la $r = 0.44$; $P = 0.004$).

HIPÓTESIS

Dentro de los estudios teóricos del tema realizados en su mayoría con especies de sistemas templados, se ha determinado que los cladóceros de gran tamaño presentan una mayor tasa de aclaramiento que las especies pequeñas (Brooks y Dodson, 1965, Gliwicz, 1990), si embargo, en estudios realizados en diversos sistemas naturales (Cyr y Pace, 1992; Cyr, 1996; Cyr y Curtis, 1998), las especies de pequeño tamaño tienden a presentar valores similares en la tasa de aclaramiento que las especies de mayor tamaño, por lo que:

El cambio de escala en el volumen y tiempo, modifica la relación existente entre de el tamaño de los cladóceros y la tasa de aclaramiento.

OBJETIVO GENERAL

Determinar si el cambio de escala en tiempo y espacio es un factor determinante que afecte la tasa de aclaramiento (clearance rates), y las preferencias alimenticias de tres especies de cladóceros (*Daphnia pulex*, *Moina macrocopa*, *Simocephalus vetulus*).

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.- Evaluar la tasa de aclaramiento, en las tres especies de cladóceros.
- 2.- Identificar si el tamaño de las diferentes especies de cladóceros es un factor determinante en las tasas de aclaramiento bajo condiciones de mesocosmos.
- 3.- Conocer de las tres especies de cladóceros, cual es la que presenta la mayor tasa de crecimiento poblacional en condiciones de mesocosmos.
- 4.-. Determinar si existe preferencia alimenticia de algún género de fitoplancton por parte de cada una de las especies de cladóceros.

CAPITULO 1

Biobusqueda previa para el planteamiento del protocolo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron bioensayos con seis especies de cladóceros obtenidos del cepario del laboratorio de limnología de la escuela de Biología de la BUAP. Las especies seleccionadas fueron: *Daphnia magna* (3 mm), *Daphnia pulex* (2.5mm), *Moina macrocopa* (1 mm), *Simocephalus vetulus* (1.6mm), *Ceriodaphnia dubia* (0.57mm) y *Ceriodaphnia reticulata* (0.5mm). La selección de estas especies se realizó de acuerdo a la diferencia de tamaños en longitud que presenta cada una. Este experimento se realizó con la finalidad de seleccionar a tres especies que mostraran una diferencia significativa entre sus tasa de aclaramiento. El experimento se realizó en frascos de plástico con tapa de rosca de 50 mL de capacidad. Se utilizaron recipientes con tapa de rosca los cuales se aseguraron por medio de abrazaderas metálicas a una línea de rotación permanente que giraba los recipientes en una vuelta completa cada 20 segundos, esto se realizó con la finalidad de evitar la sedimentación de las partículas.

La cantidad de organismos utilizados para cada especie se estableció después de una serie de pruebas en las cuales se fueron colocando diferente número de organismos hasta determinar la densidad de individuos óptima para evidenciar la tasa de aclaramiento para cada especie. El número de individuos que se estableció por recipiente fueron: para *Daphnia magna* 5 individuos, *Daphnia pulex* 5 individuos, *Moina macrocopa* 12 individuos, *Simocephalus vetulus* 8 individuos, *Ceriodaphnia dubia* 24 individuos y *Ceriodaphnia reticulata* 24 individuos, por triplicado en periodos de tiempo de 30-45 minutos y 2, 4 y 6 horas, utilizando *Chlorella vulgaris* Beijerinck, 1890, como alimento, con una densidad de 0.1×10^6 células por mL, ya que se tiene la ventaja que esta microalga presenta un crecimiento poblacional rápido, además de que su tamaño es accesible para los cladóceros. Se determinó la densidad de fitoplancton por medio de conteo directo en cámara de Neubauer.



Daphnia pulex



Daphnia magna



Moina macrocopa



Simocephalus vetulus



Ceriodaphnia dubia



Ceriodaphnia reticulata

Figura 1. Especies de cladóceros utilizadas en la biobúsqueda para determinar a las especies a utilizar de manera definitiva en los bioensayos.

El cultivo de *C. vulgaris* se realizó inoculando el alga en recipientes de plástico transparente de dos litros de capacidad con medio Bold (Borowitzka & Borowitzka, 1988), la aireación y la iluminación fluorescente difusa fueron continuas. Como fuente de carbono se adicionó un gramo de bicarbonato de sodio por recipiente cada 48 horas. Después de aproximadamente 10 días se refrigeraron las botellas para sedimentar el alga. Posteriormente se procedió a decantar el medio Bold debido a que los nutrientes que lo forman no sirven para apoyar el crecimiento de los cladóceros, por lo cual se sustituye con medio EPA.



Figura 2. Cultivo de *Chlorella vulgaris* Beijerinck, 1890 dentro de la cámara de cultivo del laboratorio de Limnología de la escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Puebla.

Para obtener la tasa de aclaramiento se utiliza la siguiente formula (Lurling y Van Donk, 1997):

$$CR = \{(\ln V_0 - \ln V_t) * t^{-1}\} (V_v * n^{-1})$$

Donde :

CR = tasa de aclaramiento (clearance rate , mL individuo⁻¹ h⁻¹).

V₀ = volumen inicial del alga.

V_t = volumen del alga al termino del experimento.

V_v = volumen utilizado en mL.

t = tiempo de pastoreo.

n = numero de animales.

Al termino de estos bioensayos se concluyó que las especies con una diferencia significativa en sus tasas de aclaramiento fueron *D. magna*, *D. pulex*, *S. vetulus* y *M. macrocopa* .

Las especies de mayor tamaño mostraron tasas de consumo evaluables a partir de la primera hora mientras que las especies pequeñas (*C. dubia* y *C. reticulata*) revelaron tasas de aclaramiento hasta las seis horas debido a que el consumo del fitoplancton ocurrió en menor proporción. Por esta razón determinamos que el tiempo recomendable para evaluar las tasas de aclaramiento en todas las especies fue al menos de seis horas, sin embargo para las especies de mayor talla (*D. magna*, *D. pulex*, *S. vetulus* y *M. macrocopa*) pueden ser evaluadas con claridad a los dos horas de forrajeo a una densidad de alimento de 0.1×10^6 cél mL⁻¹.

Resultados

Los resultados de la determinación de la tasa de aclaramiento de acuerdo al tamaño del herbívoro indican que el tamaño de los cladóceros influye en un aumento en la tasa de aclaramiento (figura 5) de acuerdo con lo propuesto por diversos autores (Brooks y Dodson, 1965, Gliwicz, 1990). En el presente estudio encontramos una correlación directa entre la talla de los cladóceros y tasa de aclaramiento con una correlación de 0.98. En todas las figuras que muestran los resultados la barra muestra el promedio y la línea muestra el error estándar (figura 6).

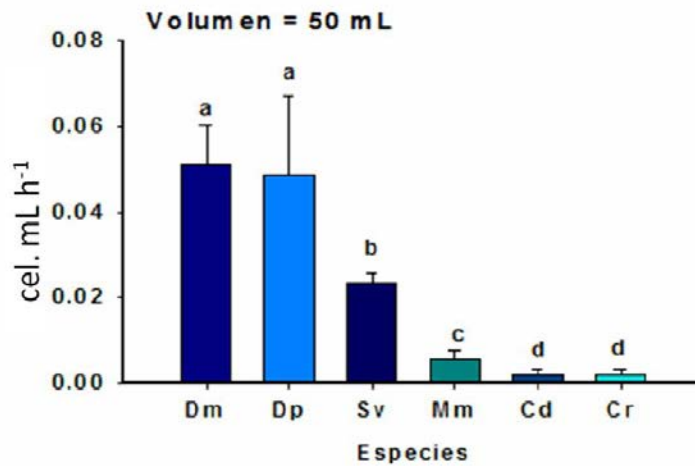


Figura 3. Determinación de la tasa de aclaramiento en las diferentes especies de cladóceros donde Dm = *Daphnia magna*, Dp = *Daphnia pulex*, Sv = *Simocephalus vetulus*, Mm = *Moina macrocopa*, Cd = *Ceriodaphnia dubia* y Cr = *Ceriodaphnia reticulata*, utilizando como alimento a *Chlorella vulgaris* en un volumen de 50 mL. Diferentes letras indican diferencia significativa (Turkey, $p < 0.05$).

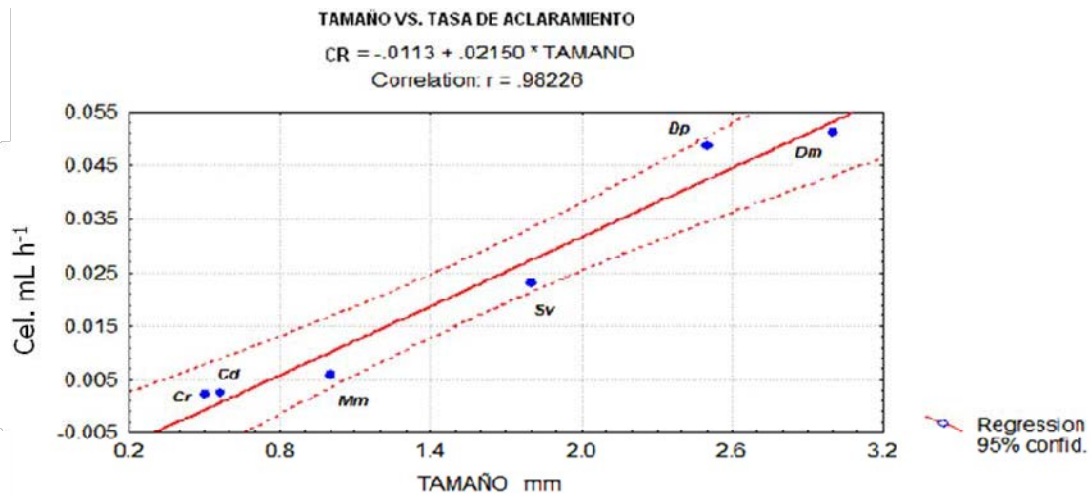


Figura 4. Regresión lineal entre la tasa de aclaramiento y el tamaño en longitud de las diferentes especies de cladóceros donde Dm = *Daphnia magna*, Dp = *Daphnia pulex*, Sv = *Simocephalus vetulus*, Mm = *Moina macrocopa*, Cd = *Ceriodaphnia dubia* y Cr = *Ceriodaphnia reticulata* con una correlación de 0.98

Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Brooks y Dodson (1965) y Gliwicz (1990) quienes afirman que las especies de cladóceros de mayor tamaño tienen una mayor eficiencia en el forrajeo que las especies de pequeño tamaño. De acuerdo con estos resultados se decidió trabajar para el resto de los experimentos con las tres especies que tuvieran una marcada diferencia con sus tasas de aclaramiento; estas fueron *Daphnia pulex*, *Simocephalus vetulus* y *Moina macrocopa*. Se descartaron la especies mas pequeñas (*Ceriodaphnia reticulata* y *Ceriodaphnia dubia*) debido a que se requieren de grandes densidades de individuos y bajas concentraciones de alimento para detectar la tasa de forrajeo. La especie de mayor talla (*Daphnia magna*) se descarto debido a que se trata de una especie exótica; solo se incluyo en la regresión lineal como una especie de referencia debido a su gran tamaño.

PROTOCOLO DEL TRABAJO

CAPITULO 2

Determinación de la tasa de aclaramiento a diferentes escalas.

Las especies de cladóceros seleccionadas para la investigación después de la biobúsqueda fueron: *Daphnia pulex* (2.5 mm), *Moina macrocopa* (1mm) y *Simocephalus vetulus* (1.8 mm). Las cepas pertenecen al cepario del Laboratorio de Limnología de la Escuela de Biología en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Estas especies se obtuvieron en el embalse Manuel Ávila Camacho localizado a 5 kilómetros al sur de la ciudad de Puebla. Tiene una capacidad de almacenamiento de $405 \times 10^6 \text{ m}^3$. Se ubica a los $18^\circ 53'$ y los $18^\circ 57'$ Latitud Norte y $98^\circ 06'$ con $98^\circ 15'$ Longitud Oeste a una altitud de 2100 msnm. La cuenca pertenece al eje neovolcánico transversal, a la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac, las aguas que se escurren hacia el embalse Manuel Ávila Camacho por la parte norte son de los ríos Atoyac con un flujo continuo y las del Alséséca que presenta un flujo intermitente. (INEGI 1987^a).

Los organismos, al inicio del experimento se colocaron en medio EPA, el cual se prepara diluyendo 1.92 g de bicarbonato de sodio, 1.2 g de sulfato de calcio, 1.2 g de sulfato de magnesio y 0.08g de cloruro de potasio por cada 19 litros de agua destilada, (USEPA, 1985).

Obtención de la tasa de aclaramiento.

A continuación se procedió a determinar la tasa de aclaramiento de acuerdo a la técnica descrita anteriormente (Lurling y Van Donk, 1997). Para este experimento, se utilizó para las dos escalas menores (volúmenes de 50 mL y

500 mL), fitoplancton cultivado a partir de muestras silvestres siguiendo la misma técnica descrita anteriormente para *Chlorella vulgaris* (Borowitzka & Borowitzka, 1988). Para la escala mayor (mesocosmos de 50 000 mL), no se enriqueció previamente el medio, permitiendo la alimentación sobre el fitoplancton disponible en el sistema, la cual fue contabilizada cada 12 h. Las especies se determinaron utilizando las claves taxonómicas de diversos autores (Ortega, 1972; Patryck, 1975; Prescott, 1984; Weber, 1971 y Boney, 1983).

Los experimentos se realizaron en tres volúmenes y tiempos diferentes de acuerdo a lo descrito en la tabla 1. Los volúmenes de 50 mL y 500 mL se realizaron en laboratorio utilizando frascos de 50 mL con tapa de rosca y contenedores de plástico de 1 L; El estudio de 50 L se realizó in situ y usando bolsas plásticas de polietileno transparente con una capacidad de 50 000 mL soportadas por un marco de madera y unicel para dar la flotabilidad. Todo ello para cada especie, por triplicado y repartidas de forma aleatoria en el interior del lago.

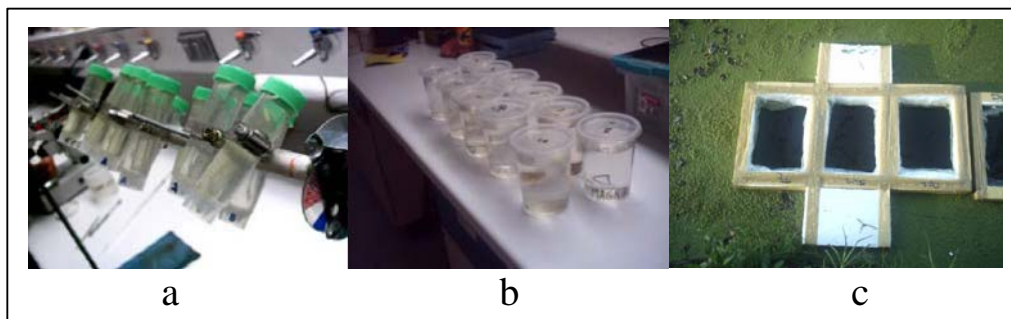


Figura 5. Recipientes utilizados en el experimento de laboratorio 50 mL (a); frascos de 500 mL (b); bolsas de polietileno de 50 L experimento in situ (c).

Los tratamientos determinados en volumen y en periodos de tiempo para todas las escalas utilizadas en el presente estudio se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Tiempo del tratamiento para cada especie de cladóceros, se muestra el volumen y la cantidad de individuos utilizados.

Volumen	Tiempo del tratamiento	D. pulex	S. vetulus	M. macrocopa
50 mL	2 hrs.	5 organismos	8 organismos	12 organismos
500 mL	20 hrs.	50	80	120
50 000 mL	200 hrs.	500	800	1200

Los resultados obtenidos en las diferentes escalas se analizaron utilizando un análisis de varianza para determinar si existieron diferencias significativas. Se utilizó una prueba de Tukey para determinar cual es el tratamiento diferente. El análisis se efectuó a $p = 0.05$ utilizando el software STATISTICA versión 5 (1995).

Conteo de fitoplancton.

El conteo del fitoplancton se realizó al inicio y al final de cada experimento en los diferentes lotes experimentales, (excepto en el mesocosmos el cual se contabilizo cada 12 h hasta el final del tiempo establecido). Se utilizó el método de microtransecto descrito por Lackey (1938), sistematizado por Edmonson y descrito por Vollenweider (1974) el cual fue modificado utilizando la técnica del tamaño de muestra mínima mediante el siguiente procedimiento:

TECNICA ORIGINAL:

El microtransecto es el área que se puede observar a través del microscopio cuando este recorre el cubreobjetos de un lado a otro. Si una cantidad de agua medida se ha puesto por debajo del cubreobjetos, el transecto representa una cantidad de agua conocida y el número de organismos por mL de agua puede ser calculado.

La muestra utilizada debe de ser pequeña, para ser puesta por debajo del cubreobjetos el cual tiene un tamaño de 22 mm, el volumen utilizado debe de ser el de una gota obtenida de un gotero medico con abertura de diámetro ordinario (o una pipeta Pasteur). La gota debe ser de forma y tamaño uniforme. Es importante que la gota caiga de una pipeta o gotero de forma vertical y que la gota tenga tiempo de formarse detalladamente. Una pipeta volumétrica estándar es indispensable para este propósito por tener una abertura estrecha. En el método original de Lackey, el volumen total de la muestra fue medida por número de gotas.

La medición del ancho y alto del campo de estudio se realiza con un micrómetro. Cada transecto representa una fracción definitiva del área bajo el cubreobjetos, por lo tanto un volumen definitivo de la muestra. La forma de hacer el conteo es agitando la muestra para distribuir a los organismos uniformemente y repartiendo escrupulosamente una gota en el portaobjetos. Cuidadosamente se coloca encima un cubreobjetos de 22 mm y se examina. El sitio donde debe depositarse la muestra es en el centro del portaobjetos. La distribución de los organismos es afectada por la manera en que el cubreobjetos es colocado, por lo cual hay que practicar varias veces para tener una idea de la distribución de los organismos.

El transecto se examina a la mitad del cubreobjetos, contando el número de células que se observan. Esta parte de la operación debe efectuarse rápidamente ya que la muestra se evapora rápidamente y eso crea espacios de aire bajo el cubreobjetos. Se registra el número de células contadas y se repite el procedimiento contando otro transecto bien separado del primero.

Se cuenta otra gota de la misma manera. Si el resultado es muy diferente del primer conteo, es necesario contar una tercera gota.

Este método esta sujeto a considerar variaciones de la muestra, por eso es necesario el conteo preciso de las muestras.

***MODIFICACION DE LA TECNICA:**

Es importante saber cuantas gotas son representativas para encontrar a la mayoría de los géneros de la ficoflora de la muestra. Para tal efecto se utilizó el siguiente método:

Se procedió a tarar una pipeta Pasteur a un volumen de 1 mL, utilizando una micropipeta de 1 mL; se colocó este volumen en un tubo Ependorf de 2 mL, se aspiró con la pipeta Pasteur utilizando un bulbo de goma y se marcó el nivel de 1 mL de agua en el cristal de la pipeta Pasteur; posteriormente se contó el número de gotas de la pipeta Pasteur que corresponden a 1mL.

La muestra de fitoplancton previamente fijada con Lugol-ácido acético glacial, y guardada en frascos con tapa de 50 mL se colocó en un vortex para homogeneizarla y se tomó una porción de la muestra con la pipeta Pasteur. Se revisó en el microscopio óptico con el método de microtransectos contabilizando el número de géneros de fitoplancton presente; posteriormente se revisó otra muestra, y así sucesivamente hasta un total de 30 muestras. Finalmente se graficaron colocando en el eje Y el número de géneros de fitoplancton y en el eje X el numero de muestras revisadas; el momento en que la recta tendió a encontrar su asíntota, (cuando alcanza su forma horizontal) se consideró como el tamaño de muestra mínima, es decir el numero de gotas mínimas necesario para encontrar a la mayor cantidad de géneros de fitoplancton de la columna de agua (figura 1).

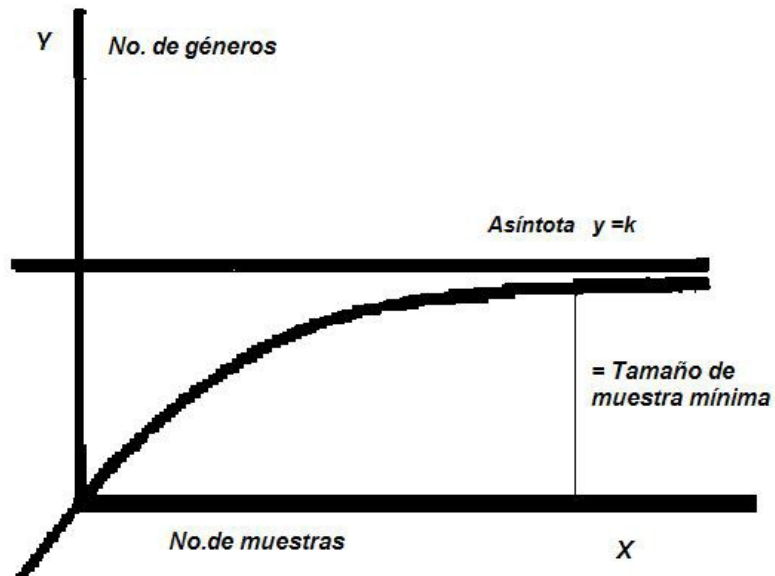


Figura 6. Gráfica que muestra la toma de decisión para el tamaño de muestra mínima.

Si el Número de gotas de un mL es igual a 20 y el número de gotas del tamaño de muestra mínima es de 10, entonces solo se hizo una regla de tres para expresar los resultados en densidad de géneros de fitoplancton por mL.

Ajuste para el conteo de fitoplancton

Para los conteos de fitoplancton, se consideró el incremento poblacional de los lotes testigos para cada experimento incluyendo el porcentaje de crecimiento del fitoplancton para ajustar la tasa de aclaramiento.

RESULTADOS:

Debido a que no se observaron diferencias significativas en las densidades inicial y final de algas en los lotes utilizados como testigos, no se procedió a ajustar los resultados obtenidos en cada una de las especies de cladóceros. Los resultados de las tasas de aclaramiento (CR) para las tres especies de cladóceros estudiadas en los volúmenes de 50 mL, 500 mL y 50 000 mL se muestran en las tablas 2 y 3 respectivamente.

Tabla 2. Tasas de aclaramiento determinadas para cada una de las especies de cladóceros a diferentes volúmenes (***) = ANOVA $p < 0.005$).

Tasa de aclaramiento (CR = mL individuo ⁻¹ h ⁻¹)	<i>Daphnia pulex</i>	<i>Simocephalus vetulus</i>	<i>Moina macrocopa</i>	
50 ml	2.5 ± 0.8	0.62 ± 0.17	0.02 ± 0.001	***
500 ml	1.05 ± 0.32	1 ± 0.39	0.33 ± 0.049	***
50 000 mL	0.24 ± 0.001	0.13 ± 0.007	0.56 ± 0	***

En volúmenes de 50 y 500 mL los cladóceros colocados previamente en inanición reflejaron que las especies de tallas grandes presentan tasas de aclaramiento mayores que las especies de pequeño tamaño. Esto es entendible en el sentido que una especie de mayor talla necesitará una mayor cantidad de alimento para saciarse. Sin embargo, al incrementar la escala en tiempo y espacio entran en juego factores como el tipo de metabolismo. *Moina macrocopa* es una especie de estrategia expelente de acuerdo a Romanovsky (1984), es decir, con una inversión del metabolismo dedicada principalmente a la reproducción y con gran gasto energético dedicado a la movilidad en la columna de agua. Por otra parte *Daphnia pulex* es una especie de tipo violenta, es decir de ciclo de vida largo (mayor a 60 días) y cuyo gasto energético está enfocado al crecimiento corporal más que a la reproducción, siendo su actividad móvil menor que en las especies expelentes. Por esta razón es muy probable que a escalas de periodo de tiempo largo *Daphnia pulex* sacie su apetito y

requiera alimentarse de menor cantidad de algas que *Moina macrocopa* por lo que la tasa de aclaramiento es menor en *Daphnia pulex*. Estos resultados concuerdan con los reportados por Cyr y Pace (1992), Cyr (1996) y Cyr y Curtis (1998) quienes afirman que las especies pequeñas tienden a presentar valores similares en la eficiencia del forrajeo que las especies de mayor tamaño, por lo que seguramente el cambio de escala en el volumen y tiempo permite que otros factores influyan en la eficiencia de las tasas de aclaramiento.

En las figuras 7, 8 y 9 se observa el consumo de cada una de las especies de cladóceros sobre los géneros de algas. El lote testigo muestra las densidades de alga presentes al tiempo cero, el resto de las graficas muestra la cantidad que fue consumida por cada especie de cladóceros.

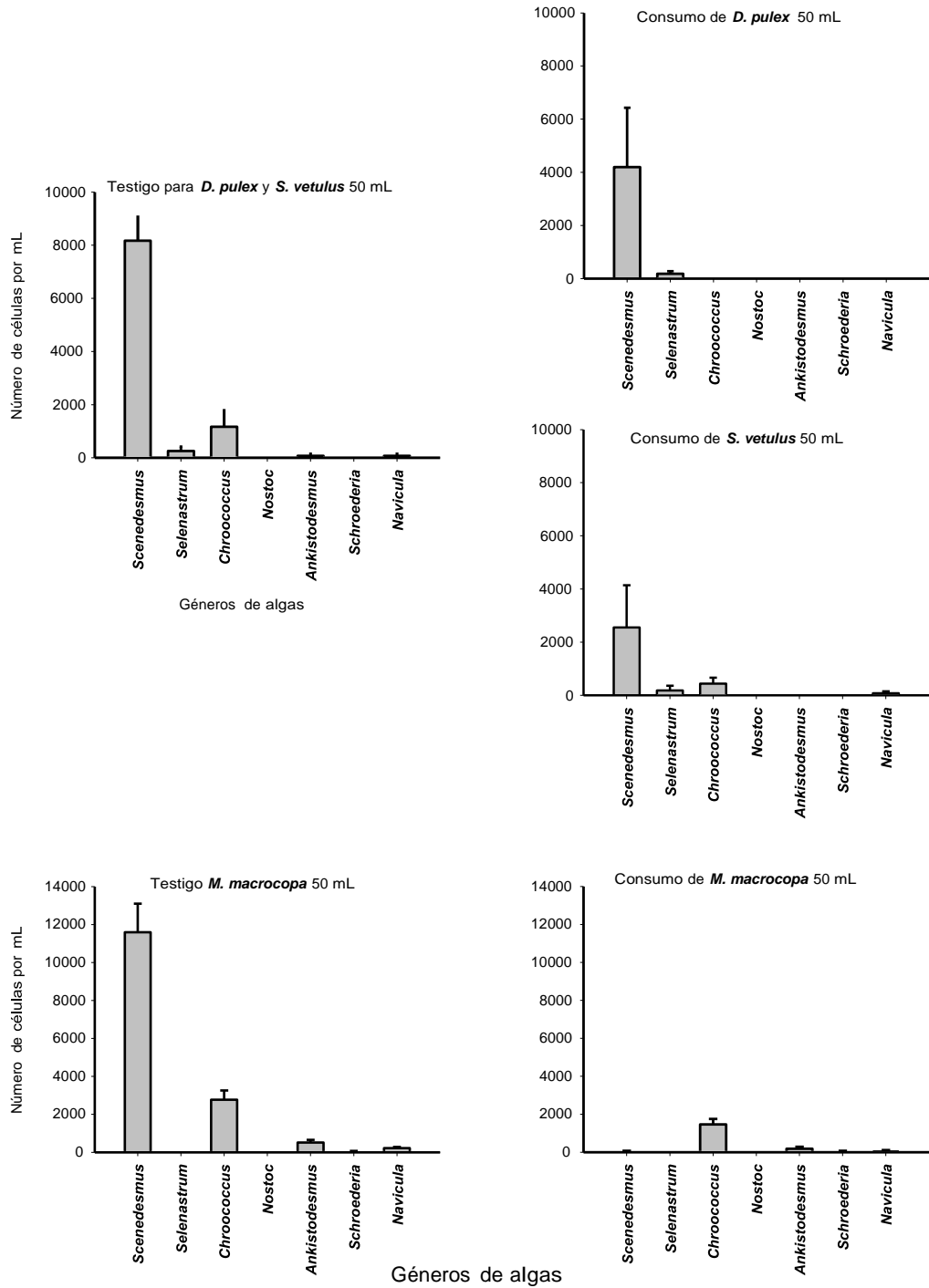


Figura 7. Consumo de los géneros de algas ofertadas como alimento para las diferentes especies de cladóceros en un volumen de 50 mL. En el lote testigo se muestra lo ofertado y en el resto se muestra lo consumido.

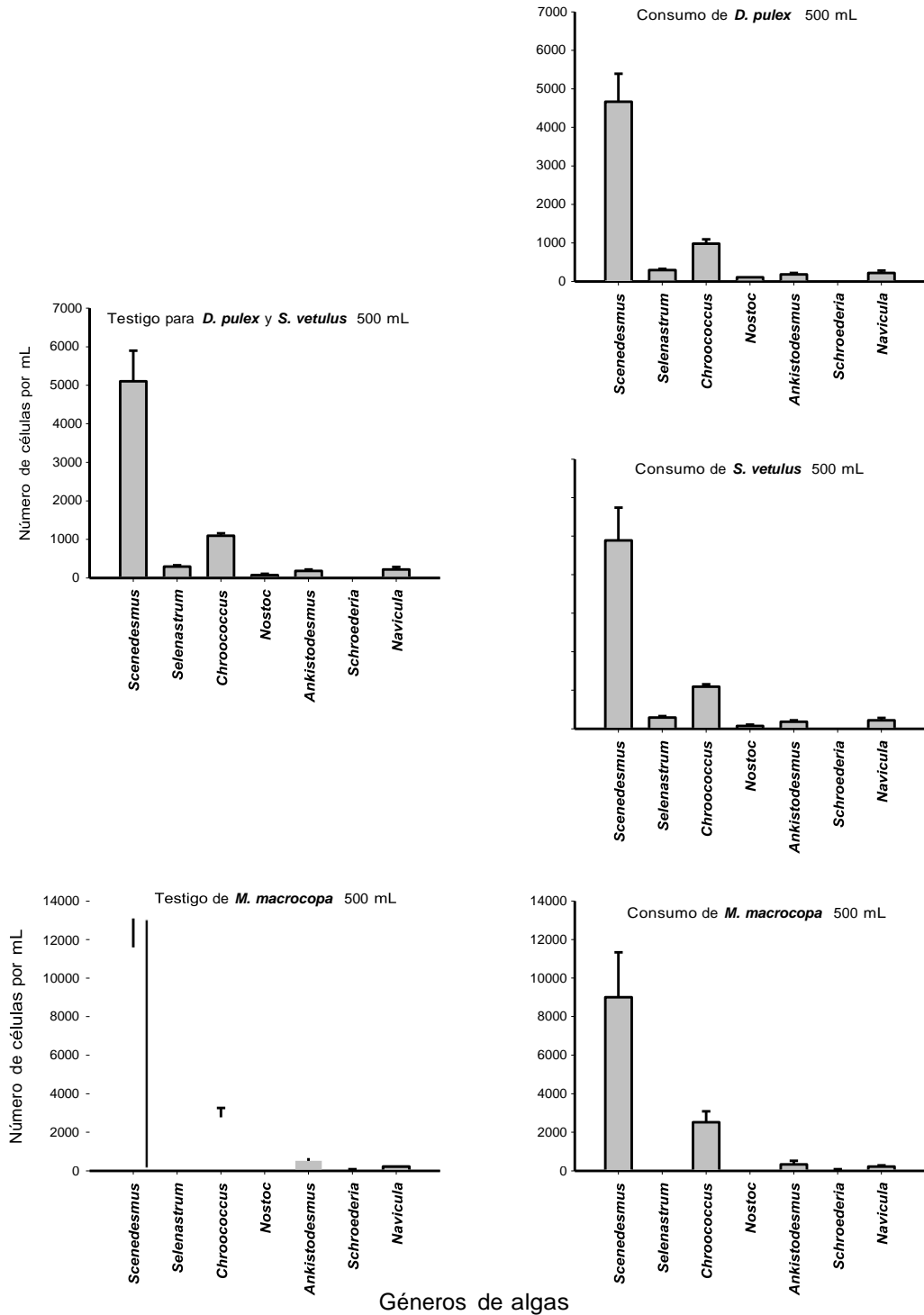


Figura 8. Consumo de los géneros de algas ofertadas como alimento para las diferentes especies de cladóceros en un volumen de 500 mL. En el lote testigo se muestra lo ofertado y en el resto se muestra lo consumido.

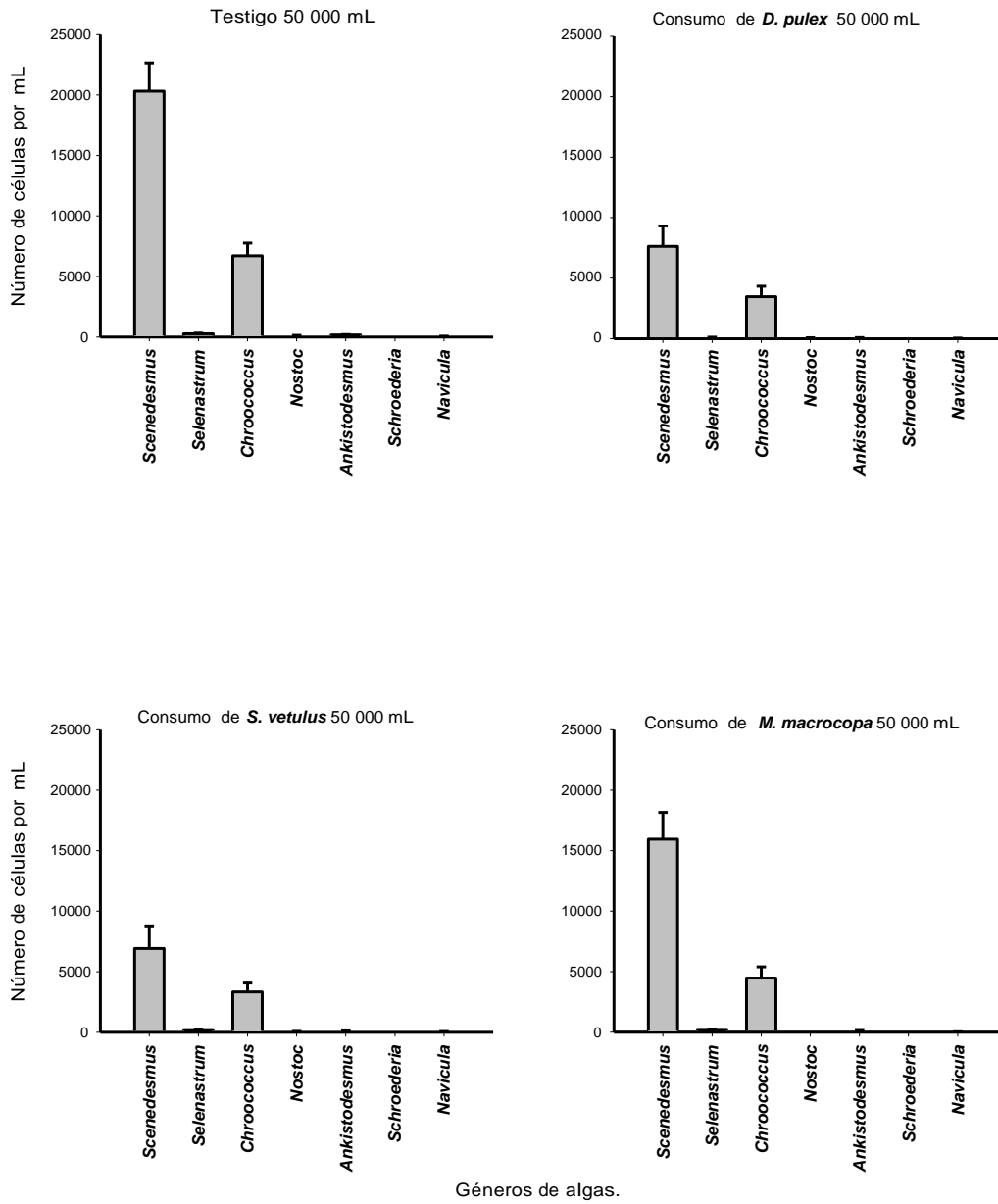


Figura 9. Consumo de los géneros de algas ofertadas como alimento para las diferentes especies de cladóceros en un volumen de 50 000 mL. En el lote testigo se muestra lo ofertado y en el resto se muestra lo consumido.

Tabla 3. Porcentaje del consumo en los diferentes tratamientos *** ANOVA
 $p < 0.005$.

Volumen	Tiempo del tratamiento	<i>Daphnia pulex</i>	<i>Simocephalus vetulus</i>	<i>Moina macrocopa</i>
50 mL	2 horas	44.9 % ***	33.3 %	11.3 %
500 mL	20 horas	92 %	96.8 % ***	79.9 %
50 000 mL	200 horas	40.9 %	38.3 %	75.1 % ***

En la tabla 3 Podemos observar que conforme se incrementa la escala espacial y temporal, los porcentajes en el consumo por parte de las diferentes poblaciones de cladóceros presentan un cambio significativo. En volumen de 50 mL la especie de mayor talla *D. pulex* es la que muestra los valores mas altos de consumo, sin embargo, al incrementar la escala espacial y temporal las especies de menor talla tienden a superar en el consumo a las especies grandes, por lo que *M. macrocopa* (que es la especie de menor talla) tiene el mayor porcentaje de consumo en condiciones de escalas mayores (mesocosmos).

CAPITULO 3

Preferencia alimenticia.

MATERIAL Y METODOS:

Para poder determinar la preferencia alimenticia de géneros de fitoplancton por parte de las diferentes especies de cladóceros en cada una de las escalas espacio-temporales descritas anteriormente (50, 500 y 50 000 mL), se utilizó el índice alfa de Manly (α) (Krebs, 1999). Con este índice se puede medir la preferencia de alimento por parte del zooplancton.

$$\alpha_i = \frac{r_i/n_i}{\sum_{j=1}^m (r_j/n_j)}$$

Donde:

α_i = alfa de Manly para el género tipo i,

r_i, r_j = proporción del género tipo i o j consumido (i y $j = 1, 2, 3, \dots, m$).

n_i, n_j = proporción del género tipo i y j en el ambiente.

m = número de géneros de fitoplancton posibles.

En caso de que:

$\alpha_i = 1/m$. La alimentación es no selectiva.

$\alpha_i > 1/m$. El género i es preferido en la dieta.

$\alpha_i < 1/m$. El género i es evitado en la dieta.

El método fue el mismo descrito anteriormente, y se utilizan las especies de fitoplancton presentes, antes y después de los tiempos de exposición para determinar la preferencia de las especies de zooplancton sobre el alimento; la descripción metodológica se encuentra en los apartados anteriores.

Resultados

Con este índice se determinó la preferencia alimenticia de *Daphnia pulex*, *Simocephalus vetulus* y *Moina macrocopa* sobre los géneros de algas disponibles en los tratamientos como fuente alimenticia. En las tablas 5, 6 y 7 se aprecian los valores obtenidos para cada género fitoplanctónico en los tres volúmenes utilizados.

Tabla 4. Preferencias alimenticias de *D. pulex*, *S. vetulus* y *M. macrocopa* en 50 mL. El $\alpha = 1/m$ indica que la alimentación no es selectiva, $\alpha > 1/m$ indica que la especie es preferida en la dieta $\alpha < 1/m$ indica que la especie es evitada en la dieta. $1/m = 0.25$.

50 mL	Dp	Sv	Mm
Scenedesmus	0.41 > 1/m	0.22 < 1/m	0 < 1/m
Selenastrum	0.57 > 1/m	0.50 > 1/m	0 < 1/m
Chroococcus	0 < 1/m	0.26 > 1/m	0.6 > 1/m
Ankistrodesmus	0 < 1/m	0 < 1/m	0.42 > 1/m

En los resultados podemos observar que en 50 mL la preferencia alimenticia de *D. pulex* es sobre los géneros de algas *Scenedesmus* y *Selenastrum*, consumiendo las especies algales que se encontraban en mayor abundancia en el medio (fig. 7), para *S. vetulus* la preferencia alimenticia fue *Selenastrum* y *Chroococcus*, consumiendo proporcionalmente menor cantidad de *Scenedesmus*; en el caso de *M. macrocopa* se observó que consumió preferentemente *Chroococcus* y *Ankistrodesmus* y evito a *Scenedesmus* a pesar de ser el género de mayor abundancia en el medio (fig. 7), se piensa que esta conducta se debe a que en periodos cortos de tiempo esta especie consume los géneros algales de menor talla y los que no forman estructuras coloniales, por serles mas accesibles.

Tabla 5. Preferencias alimenticias de *D. pulex*, *S. vetulus* y *M. macrocopa* en 500 mL. El $\alpha = 1/m$ indica que la alimentación no es selectiva, $\alpha > 1/m$ indica que la especie es preferida en la dieta $\alpha < 1/m$ indica que la especie es evitada en la dieta. $1/m = 0.25$.

500 mL	Dp	Sv	Mm
Scenedesmus	$0.23 \leq 1/m$	$0.23 < 1/m$	$0.30 > 1/m$
Selenastrum	$0.26 \geq 1/m$	$0.25 = 1/m$	$0 < 1/m$
Chroococcus	$0.23 \leq 1/m$	$0.25 = 1/m$	$0.30 > 1/m$
Ankistrodesmus	$0.26 \geq 1/m$	$0.25 = 1/m$	$0.25 = 1/m$

Tabla 6. Preferencias alimenticias de *D. pulex*, *S. vetulus* y *M. macrocopa* en 50 000 mL. El $\alpha = 1/m$ indica que la alimentación no es selectiva, $\alpha > 1/m$ indica que la especie es preferida en la dieta $\alpha < 1/m$ indica que la especie es evitada en la dieta. $1/m = 0.25$

50 000 mL	Dp	Sv	Mm
Scenedesmus	$0.58 > 1/m$	$0.19 < 1/m$	$0.29 > 1/m$
Selenastrum	$0.20 < 1/m$	$0.28 > 1/m$	$0.20 < 1/m$
Chroococcus	$0.32 > 1/m$	$0.28 > 1/m$	$0.25 = 1/m$
Ankistrodesmus	$0.23 < 1/m$	$0.22 < 1/m$	$0.24 < 1/m$

Los resultados obtenidos en 500 mL y en 50 000 mL (mesocosmos) nos muestran que las tres especies de cladóceros prácticamente no tienen ninguna preferencia alimenticia ya que consumen todo lo que se encuentra en el ambiente (fig. 8 y 9, tablas 6 y 7) Lo que nos indica que todas ellas, independientemente del tamaño, en periodos mayores de tiempo, pueden optar por consumir indistintamente diferentes tamaños de algas por lo que pueden comportarse como especies generalistas.

CAPITULO 4

Crecimiento poblacional

Dentro de cada uno de los contenedores, en el experimento de 50 000 mL y 200 horas de forrajeo, se homogeneizó el medio utilizando un recipiente de dos litros y medio para mezclar el agua del recipiente. Posteriormente se realizó un filtrado de cinco litros (10 % del volumen total de cada contenedor) y contabilizó el número total de cladóceros con ayuda de un microscopio estereoscópico marca Lider. Con estos datos se estableció la abundancia máxima y se determinó la tasa de crecimiento poblacional para cada especie de cladóceros a partir de la siguiente fórmula

$$r = (\ln N_t - \ln N_0) / t$$

Donde:

r = tasa de incremento poblacional (d^{-1})

N_0 = densidad de población inicial

N_t = densidad de población después del tiempo t .

t = tiempo en días (Krebs, 1985).

Resultados

Se determinaron las tasas de crecimiento poblacional de las especies de cladóceros en un periodo de 200 horas (8.3 días). Se encontró que *M. macrocopa*, presentó la tasa de crecimiento más alta (0.27 ± 0.02) seguida de *S. vetulus* (0.174 ± 0.03) finalmente *D. pulex* presentó la menor tasa de incremento poblacional (0.13 ± 0.012). La diferencia fue estadísticamente significativa (tabla 7). La proporción de Adultos juveniles se muestran en la tabla.

Tabla 7. Tasas de crecimiento poblacional con su error estándar.

Especie	Tasa de crecimiento poblacional	Error estándar	Proporción porcentual Adulto/Juvenil
<i>Daphnia pulex</i>	0.13	0.012	64/36
<i>Simocephalus vetulus</i>	0.174	0.03	72/28
<i>Moina macrocopa</i>	0.27	0.02	34/66

En la figura 10 se puede observar la representación esquemática de estos valores. La abundancia máxima en los experimentos realizados en el lago se observa en la figura 11, en donde *M. macrocopa* alcanzó una densidad promedio de $15,216 \pm 2,745$ individuos, densidad mayor a la alcanzada por las otras especies. La diferencia fue estadísticamente significativa.

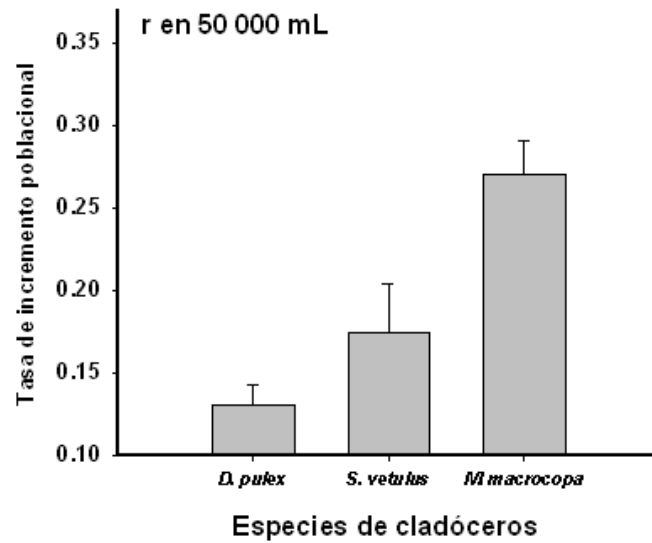


Figura 10. Tasa de incremento poblacional para *Daphnia pulex*, *Simocephalus vetulus* y *Moina macrocopa* en un volumen de 50 000 mL.

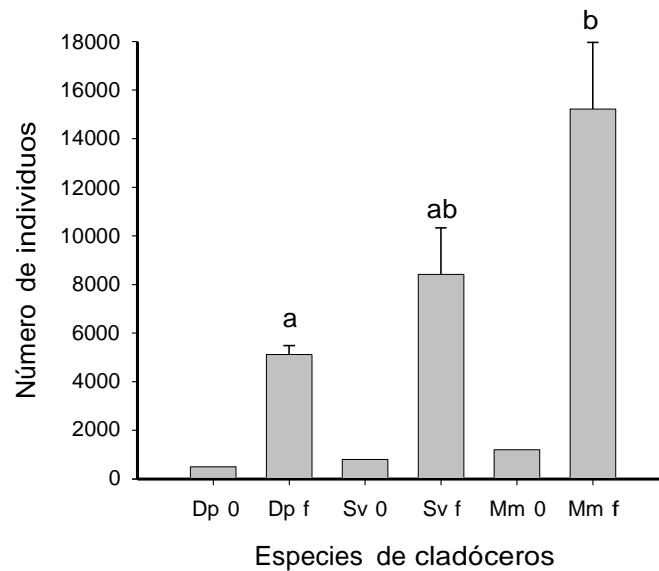


Figura 11. Abundancia máxima con error estándar obtenida en *D. pulex*, *S. vetulus* y *M. macrocopa*, del tiempo cero al tiempo final en un volumen de 50 000 mL. Encontrándose una diferencia significativa entre *D. pulex* (a) y *M. macrocopa* (b).

Los resultados de cada experimento indican que a baja escala (50 mL, 2 horas) el tamaño del cladóceros se relaciona de manera directamente proporcional con la tasa de aclaramiento, como ya lo han demostrado Brook y Dodson (1965) y Gliwicz (1990). Sin embargo, el aumento en la escala de tiempo y espacio permite que entren en juego otro tipo de factores como el aumento en la densidad demográfica determinada por la tasa de crecimiento poblacional como indican los datos aquí registrados. *Moina macrocopa*, la especie más pequeña presentó la mayor tasa de crecimiento poblacional de tal modo que este parámetro demográfico le confiere un atributo para aumentar su tasa de aclaramiento en valores mayores al de especies de gran tamaño como *Daphnia* y *Simocephalus*. Esto se ve corroborado por los diversos estudios en campo realizados Cyr y Pace (1992), Cyr y Curtis (1998).

DISCUSIÓN

En la biobúsqueda, donde se trabajaron seis especies de cladóceros para elegir a tres de ellas para los siguientes experimentos, los resultados de las seis especies muestran una directa correlación entre la talla del cladóceros y sus tasas de aclaramiento, lo que indica que el tamaño influye en la eficiencia para retirar las partículas de fitoplancton de la columna de agua. Esto es entendible en el sentido que una especie de mayor talla necesitará una mayor cantidad de alimento para saciarse. Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Brooks y Dodson (1965) y Gliwicz (1990) quienes afirman que las especies de cladóceros de mayor tamaño tienen una mayor eficiencia en el forrajeo que las especies de pequeño tamaño.

Sin embargo, Martínez (1999), cuestiona que los cladóceros sean vistos como un grupo de micro filtradores pasivos en los que el principal mecanismo de selección de alimento sea la restricción del tamaño de partícula que puedan ingerir y, por lo tanto, que la eficiencia en la tasa de forrajeo sea determinada por la correlación entre el tamaño de partícula ingerida y el tamaño del cladóceros. Existen evidencias que indican que los cladóceros presentan una activa conducta de alimentación, lo cual tendría significativas implicaciones en las relaciones del consumidor y el recurso. Esos resultados revelan la utilización de diferentes estrategias de forrajeo entre especies de cladóceros y que atributos diferentes al tamaño intervendrían en la tasa de filtración y en la conducta alimenticia de los cladóceros.

No obstante, y aunque en el presente estudio se muestra que si existe una correlación directa entre la talla del cladóceros y la tasa de aclaramiento en condiciones de laboratorio, los resultados obtenidos en mesocosmos suponen resultados similares al trabajo de Martínez (1999), debido a que la escala en el tiempo y volumen de los experimentos fueron mayores. Esto permitió desarrollar cualidades y atributos específicos de cada una de las especie de

cladóceros, influyendo de forma directa en su tasa de aclaramiento y en la selección del alimento disponible.

Es importante señalar que los tiempos de forrajeo utilizados en los experimentos de laboratorio (50 y 500 ml) pudieran haber sido demasiado largos (120 minutos), según los parámetros utilizados por Miquelis et al. (1998) y Gulati (2010) quienes utilizaron periodos de tiempo no mayores a 10 minutos. Esto debido al riesgo de medir repetidamente las partículas de fitoplancton no digeridas y excretadas por los cladóceros. Sin embargo, teniendo en cuenta este riesgo, las tasas de aclaramiento fueron confiables para proseguir con la investigación, debido a que los lapsos de forrajeo fueron similares a los reportados en otros trabajos, con periodos de tiempo mayores a 10 minutos. Tal es el caso de Díaz, et al. (2006) quienes utilizaron 120 minutos para sus experimentos. Así mismo, Diéguez y Gilbert (2010) y Remmel et al. (2011) con un periodo de forrajeo de 24 horas y Van Donk, et al. (1997) que utilizaron periodos de tiempo de 2 a 3 días con *Daphnia pulex* y *D. magna*.

Los resultados en laboratorio muestran que en volúmenes de 50 y 500 mL las especies de tallas grandes presentan tasas de aclaramiento mayores que las especies de pequeño tamaño. Tal es el caso de *Daphnia* que ha sido señalada en forma recurrente como un taxa con un amplio y variado consumo de partículas alimentarias (Bogdan y McNaught 1975, Lampert y Muck 1985, DeMott 1985, 1986, 1988, Butler et al. (1989), Brendelberger 1991, Martínez 1999). No obstante, al incrementar la escala en tiempo y espacio, las cualidades intrínsecas de cada especie adquieren un valor relevante sobre las tasas de aclaramiento. Este concepto de acuerdo a Martínez y Mortecinos (2000), predice una mayor eficiencia de consumo por estrategias especializados que por aquellos que son generalistas en el consumo del alimento, cuando los recursos ofrecidos son variados.

En cuanto a las posibles cualidades intrínsecas de cada especie, *Moina macrocopa* es una especie de estrategia expelente, dedicada principalmente a la reproducción de acuerdo a Romanovsky (1984) y con gran gasto energético

dedicado a la movilidad en la columna de agua. *Daphnia pulex* es una especie con ciclo de vida largo y cuyo gasto energético está enfocado al crecimiento corporal más que a la reproducción, siendo su actividad móvil menor que en las especies expelentes. Por esta razón es muy probable que a escalas de periodo de tiempo largo *Daphnia pulex* sacie su apetito y requiera alimentarse de menor cantidad de algas que *Moina macrocopa*, por lo que la tasa de aclaramiento es menor en *Daphnia pulex*.

Cyr y Pace (1992), Cyr (1996) y Cyr y Curtis (1998) afirman que las especies pequeñas tienden a presentar valores similares en la eficiencia del forrajeo que las especies de mayor tamaño en condiciones de mesocosmos. Estos resultados concuerdan con los reportados por Davis y Gobler (2004) en sus estudios realizados con *Daphnia hyalina* y *Simocephalus vetulus* donde la tasa de aclaramiento fue superior en condiciones de mesocosmos por parte de *S. vetulus* por ser una especie expelente.

En nuestro estudio podemos observar que en los experimentos a volúmenes de 50 mL la preferencia alimenticia de *D. pulex* fue sobre las especies de fitoplancton con mayor abundancia (*Scenedesmus* y *Selenastrum*) por lo que se piensa es una especie que no tiene preferencia sobre ninguna especie y que la tallas de las especies de fitoplancton no influyen en la selectividad del alimento, coincidiendo con los estudios realizados por Chen, Gulati, Li y Liu (2011).

Para *S. vetulus* la preferencia alimenticia fue *Selenastrum* y *Chroococcus*, consumiendo proporcionalmente menor cantidad de *Scenedesmus*; en el caso de *M. macrocopa* se observó que consumió preferentemente *Chroococcus* y *Ankistrodesmus* y evito a *Scenedesmus* a pesar de ser el género de mayor abundancia en el medio, se piensa que esta conducta se debe a que en periodos cortos de tiempo esta especie consume los géneros algales de menor talla y los que no forman estructuras coloniales, por serle más accesibles. Se puede observar en la tabla 8 los tamaños del fitoplancton ofertado como alimento, en los que el género de menor talla fueron *Chroococcus*, y

Ankistrodesmus mientras que Scenedesmus es ligeramente mayor, además de que la cualidad de Scenedesmus de llegar a formar colonias lo vuelve menos vulnerable para el forrajeo.

Tabla 8. Tallas en micras de los géneros de fitoplancton utilizados en los experimentos.

TALLAS DE FITOPLANCTON		
Especies de fitoplancton	Rango de tallas de células en μ	Autor y año
<i>Ankistrodesmus</i>	2.1-5	Prieto, 2006
<i>Chroococcus</i>	1.5-17	Prescott, 1982
<i>Selenastrum</i>	16 -42	Prescott, 1982
<i>Schroderia</i>	45-63	Prescott, 1982
<i>Scenedesmus</i>	2.5 -15	Prescott, 1982
<i>Navicula</i>	20 -40	Weber, 1971
<i>Nostoc</i>	4.0-7.0	Rippka and Herdman, 1992

En mesocosmos (500 mL y en 50 000 mL) los resultados nos muestran que las tres especies de cladóceros prácticamente no tienen ninguna preferencia alimenticia ya que consumen todo lo que se encuentra en el ambiente, pueden optar por consumir indistintamente diferentes tamaños de algas por lo que pueden comportarse como especies generalistas. Esto puede deberse a que el tamaño de partícula que pueden ingerir los cladóceros abarca el abanico de tamaños de las algas ofertadas.

Los géneros de fitoplancton más numerosos son Scenedesmus y Chroococcum los cuales presentan intervalos de tamaño de 2.5 a 15 y 1.5 a 17 μ m

respectivamente. Dado que el tamaño de partícula que puede ingerir *D. pulex* de acuerdo a Meise et al, (1985) es de 2.5 a 40 micras, es capaz de alimentarse perfectamente de estas especies. Para el caso de *M. macrocopa* y *S. vetulus*, no se encontró reporte sobre el intervalo de tamaños de partícula que puedan filtrar, sin embargo, se encontró que *Ceriodaphnia* sp, el cual es un género mucho más pequeño que nuestras especies, es capaz de filtrar partículas de 3 a 21 μm de tamaño. De igual forma, tomando en consideración esto, es probable que *S. vetulus* y *M. macrocopa* puedan filtrar partículas de mayor talla, similares a los tamaños máximos que *D. pulex* puede filtrar. Esto explica porque las tres especies se comportan como generalistas ya que son capaces de filtrar a todos los grupos de algas ofertados como alimento; este comportamiento alimenticio nos hace suponer que estas especies pueden coexistir en forma natural sin presentar comportamiento de competencia por alimento, como es el caso mostrado en el embalse Manuel Ávila Camacho, Estado de Puebla, donde coexisten estas tres especies, las cuales no muestran exclusión espacial por competencia (Mangas-Ramírez y Gutiérrez, 2004).

CONCLUSIONES

1. En el presente estudio encontramos una correlación directa entre la talla de las diferentes especies de cladóceros y la tasa de aclaramiento con una correlación de 0.98 lo que nos indica que en volúmenes pequeños (microcosmos de 50 mL) en tiempo corto, la tasa de aclaramiento aumenta de manera directamente proporcional con el tamaño del cladóceros.
2. En volumen de 50 000 mL (mesocosmos) *M. macrocopa* consumió casi la totalidad de las densidades de alimento ofertadas, mientras que las especies de mayor talla mostraron un menor consumo por lo que al aumentar la escala espacio temporal, algunas características propias de la especie como la tasa de crecimiento poblacional afectan la relación entre tasa de aclaramiento y talla del cuerpo.
3. En condiciones de mesocosmo *M. macrocopa* fue la especie de mayor crecimiento poblacional, debido a sus cualidades reproductivas intrínsecas de la especie.
4. No se demostró ningún tipo de preferencia alimenticia en las especies de cladóceros utilizados en este estudio, lo que nos hace concluir que todas las especies son generalistas.

REFERENCIAS CONSULTADAS

Ahlgreen, G. et al. 1990. Lipid composition and food quality of some freshwater phytoplankton for cladoceran zooplankters. *Journal of plankton research* , 12: 809-818.

Alcocer, D.J. 1998. Contaminación de aguas continentales. 93-106 pp. En: *Destrucción del Hábitat*. Toledo, G y Pérez, L. (eds). PUMA y Coordinación de Vinculación. México.

Anderson, G., Berggen, H., Cronberg, G., Gelin, G. 1978. Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and chemistry of eutrophic lakes. *Hydrobiology.*, 59: 9-15

Annadotter , H., Cronberg, G., Strobeck, S. 1999. Multiple techniques for lake restoration. *Hydrobiology.* 395/396: 77-86

Arruda, J.A., Marzolf, G.R. 1983. The interactions among dissolved organic matter , bacteria, suspended sediments and zooplankton. 139-143. En : *Proceedings of the Third Annual Conference Lake and Reservoir Management*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington .

Bern, L. 1990. Size-related discrimination of nutritive and inert particules by freshwater zooplankton. *Journal of Plankton Research* 12: 1059-1067.

Bern, L. 1990. Postcapture particle size selection by *Daphnia cucullata* . *Limnology and Oceanography.* 35: 923-926.

Brendof, J., Putz, K. 1987. Control of eutrophication of lakes and reservoirs by means of pre-dams. *Water Research.*, 21: 829-838.

Brendelberger, H., 1991. Filter mesh size of cladocerans predicts retention efficiency for bacteria. *The American society of Limnology and Oceanography* 36(5): 884-894.

Brooks J.L. y Dodson I. 1965. Predation, body size and composition of plankton: The effect of marine planktivore on lake plankton illustrates theory of size, competition, and predation. *Science*, 150: 28-35.

Borowitzka, MA., Borowitzka, L.J., 1988. *Micro-Algal biotechnology*. Cambridge University press New York.

Chen, F., Gulati, R., Li, Z. y Liu, Z. (2011) A comparison of the size distribution of the filamentous green alga *Ulothrix* in *Daphnia* guts and lake water from lake Taihu, China. *Journal of Plankton research*.

Conde-Porcuna, J.M., Ramos-Rodriguez, E., Morales-Baquero, R. 2004 El zooplancton como integrante en la estructura trófica de los sistemas acuáticos lénticos. *Ecosistemas* 2004/2 (URL: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp>)

Cooke, G.D. 1980. Covering bottom sediments as a lake restoration technique. *Water Resour . Bull.*, 16: 921-926

Cooke, G.D. 1980b. Lake level drawdown as a macrophyte control technique. *Water Resour . Bull.*, 16: 317-322.

Cottinham, K.L., Knight, S.E. 1995. Effects of *Daphnia* on the response of mesotrophic lakes to experimental enrichment. *Water Science Technology*. 32/4 157-163.

Cyr, H y Curtis, J.M. 1998. Zooplankton community size structure and taxonomic composition affects size-selective grazing in natural communities. *Oecologia* 118: 306-315.

Cyr, H. y Pace M.L. 1992. Grazing by zooplankton and its relationship to community structure. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences.*, 49: 1455-1465.

Cyr, H. 1998. Cladoceran- and copepod- dominated zooplankton communities graze at similar rates in low- productivity lakes. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences.* 55: 414-422.

Davis,T., Glober, C. 2004. Grazing by mesozooplankton and microzooplankton on toxic and non-toxic strains of *Microcystis* in the transquaking river, a tributary of Chesapeake Bay. *Hidrobiologia.* Vol 161. No 2 199-224.

Dawes, C. 1986. *Botanica Marina.* Editorial Limusa. 673.

Declerck, S., Podoor, N., Geenens,V.,Conde-Porcuna, J.M. y DeMeeester,L. 2003. Intra-specific density dependence in the dynamics of zooplankton under hypertrophic conditions. *Canadian Journal of fisheries and Aquatic sciences.* 60:919-928.

DeMaeseneer, J., Gille,L., Meheus,J. 1998. The influence of bioregulation on water quality of the prefiltered atagnat water reservoir Eekhoven. *Water Science Technology.* 37/2 277-283.

DeMott, W. R. and R. D. Gulati . 1999. Phosphorus limitation in *Daphnia*: Evidence from a long term study of three hypereutrophic Dutch lakes. *Limnology and Oceanography.* , 44: 1557-1564.

Devette, M. 2009. Clearance rates of the bdelloid rotifer, *Habrotrocha thienemanni*, a tree-hole inhabitant. *Aquatic Ecology*, 43:85-89.

Díaz, A.H., Ramírez, A., Godínez, D., Gallo, C. 2006. Efecto del tamaño de las microalgas sobre la tasa de ingestión en larvas de *Artemia franciscana*. *Zotecnía tropical* Vol. 24 No.2

Diéguez, M.C., Gilbert, J.J. , 2010. *Daphnia* –rotifer interactions in Patagonian Communities. *Hidrobiología* Vol. 266 No.1 189-195.

Dodson, S.I , 1970. Complementary feeding niches sustained by size selective predation. *Limnology and Oceanography*. 15, 131-137.

Dodson, S.I ., Arbott,S.E. y Cottingham, K.L. 2000. The relationship in lake communities between primary productivity and species richness. *Ecology* 81: 2662-2679.

Dunst, R. C. 1974. Survey of a lake rehabilitation techniques and experiences. Dep. Of Natural Resources, technical Bull # 75, pag 180

Geller, M. y Müller, H. 1981. The filtration apparatus of cladocera. Filter mesh-sizes and their implications on food selective. *Oceanography* 49: 316 - 321.

Gliwicz, Z. M. 1990. Food thresholds and body size in cladocerans. *Nature* 343: 638-640.

Gliwicz, Z. M ., 1999. Why do cladocerans fail to control algal blooms? *Hydrobiología*, 200/201 : 83-97.

Gophen, M., Geller, W., 1984. Filter mesh size and food particle uptake by *Daphnia*. *Oecologia* 64/3: 408-412.

Hall, D.J., Threlkeld, S.T., Burns, C.W y Crowley, P.H. . 1976. Zooplankton community structure and the size efficiency hypothesis. *Ann. Rev. Syst. Ecol.*, 7, 177-200.

Haney, JF. Y Trout, M.A.. 1985. Size selective grazing by zooplankton in lake Titicaca. *Limnology* 21: 147 -160.

Hutchinson, B.P. 1967. A treatise on limnology. Vol. II . Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. John Wiley & Sons, New York, U.S.

Johannes, R. E. 1968. Nutrient regeneration in lakes and oceans, *Adv. Microbiol. Sea.*, 1. 203-213.

Kagami, M., Yoshida, T. Gurung, T.B., Urabe, J. (2002) Direct and indirect effects of zooplankton on algal composition in in situ grazing experiments. *Oecologia* 133: 356-363.

Kenneth, G. B., Gilbert, J.J., Starkweather, P.L., 2007. In situ clearance rates of planktonic rotifers. *Hydrobiologia* 73-77.

Kira, K., 1997. A practical approach to feature selection. Morgan kaufmann publishers Inc. San Francisco. CA. USA.

Klinge, M., Grimm, M. P. and Hoesper, S.H. 1995. Eutrophication and ecological rehabilitation of Dutch lake: presentation of a new conceptual framework. *Water Science Technology*. 31/8 207-218

Krebs, C. J., 1985. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance, Harper y Row, New York, 800.

Krebs, C. J., 1999. Ecological methodology (Second Edition). Addison Wesley Longman, Inc. EE.UU. 620 .

Lampert, W. 1985. Food limitation and the structure of zooplankton communities. Archiv für Hydrobiologie Beiheft. der Limnologie 21. E. Sch ¨schweizerbart Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. VII + 497 .

Lam, R.K y Frost B.W. 1976. Model of copepod filtering responses to changes in size and concentration of food. Limnology and Oceanography., 21, 490-500.

Lasse, J. 1994. Water quality, phosphorus input reduction, analytical methods and lake internal/self-purification measures: A case study of lake Froylandsvatn, Norway. Marine Pollution Bulletin. 29/6 435-438.

Lehman, J.T . 1976. The filter feeder as an optimal forager and the predicted slopes of feeding curves. Limnology and Oceanography., 21, 501- 516.

L¸rling,M., Van Donk, E. 1997. Life history consequences for *Daphnia pulex* feeding on nutrient-limited phytoplankton. Freshwater Biology., 38, 693-709.

Lynch M. 1977. Fitness and optimal body size in zooplankton populations. Ecology, 58, 763-774.

Lynch,M., Shapiro, J. 1981. Predation, enrichment and phytoplankton community structure. Limnology and Oceanography., 26: 86-102.

Mangas, E. 2003. Efecto del amonio en los parámetros demográficos de *Ceriodaphnia dubia*, *Moina macrocopa* y *Daphnia pulex*, bajo diferentes concentraciones de microalgas mediante pruebas de toxicidad. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F.

Marín V, ME. Huntley y B. Frost., 1987. Measuring feeding rates of pelagic herbivores: analysis of experimental . *Marine Biology* 93: 49 – 58.

Martínez, G.,2000. Conducta alimentaria de *Daphnia ambigua*, *Moina micrura* y *Ceriodaphnia dubia* (Cladocera) frente a un gradiente de concentración de alimento. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73(1): 47-54

Martínez, G y Montesino. 2000. Competencia en Cladocera: implicaciones de la sobreposición en el uso de los recursos tróficos. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73(4): 787-795

Margalef, R. 1983. *Limnología*, ed. Omega, Barcelona.

McNaught, D.C., Griesmer, D. y Kennedy, M. 1980. Resource characteristics modifying selective grazing by copepods. En : Kerfoot WC (ed) *Evolution and ecology of zooplankton communities*: 292 – 298. University Press of New England, Hanover, New Hampshire.

Meise, CJ. WR Munns Jr, y NG. Hairstón Jr. 1985. An analysis of the feeding behavior of *Daphnia pulex*. *Limnology and Oceanography*. 30: 862-870.

Miguelis, A., Rougier, C., Pourriot, R. 1998. Impact of turbulence and turbidity on the grazing rate of the rotifer *Brachionus calyciflorus* (Pallas) . *Hidrobiologia*. Vol. 380. No.1-3. 203-209.

Ming-Chao., 2002. Modeling the effects of Stiation on the Feeding Rate or a Colonial Suspension Feeder, *Acanthogorgia vegae* in a Circulating System under Lab Conditions. *Zoological Studies* 41(4),355-365.

Monakov, A.B. 2003. Feeding of freshwater Invertebrates. Editoria Kenobi. 370.

Ortega, M.M. 1972. Bibliografía algológica de México. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM*, No.43, vol 1. 63-76.

Patryck, R. 1975. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Printed in the United States of America, The academic of Natural Sciences of Phyladelphia. No. 13 , vol 2.

Peter, R.H y Rigler, F.H , 1973. Phosphorus release by *Daphnia*. *Limnology and Oceanography.*, 18. 821-839.

Peterson, S.A. 1981. Sediment removal as a lake restoration technique. *Corvallis Env. Res.* 600/3-81-103. 55.

Prescott, G.W. 1984. *Algae of the western great lakes area.* 3a. ed. The Picture Key Natureseries. U.S.A.

Prieto, M. DE LA CRUZ, L y MORALES, M. 2006. Cultivo Experimental del cladocero *Moina* sp Alimentado con *Ankistrodesmus* sp , *Sccharomyces* . *Rev. MVZ Cordova* 11 (1): 705-714.

Rejas, D. S. Decerck, J. Auwerkerken, P. Tak, L. De Meester. 2005. Plankton dynamics in a tropical floodplain lake: fish, nutrients, and the relative importance of bottom-up and top-down control. *Freshwater Biology*, 50. 52-69

Rommel E.J., Kohmescher N., Larson J.H., and Hambright K.D. 2011. An experimental analysis of harmful algae-zooplankton interactions and the ultimate defense. *Limnology and Oceanography*. 56(2) 461-470 .

Richman, S. y Dodson S.I. 1983. The effect of food quality on the feeding and respiration by *Daphnia* and *Diatomus*. *Limnology and Oceanography* 28: 948-956.

Slobodkin, L.B. y Richman, S. 1956. The effect of the removal of fixed percentages of the newborn on size and variability in populations of *Daphnia pulicaria* (Forbes). *Limnology and Oceanography*., 1, 209-237.

Sommer, U. 1989. Plankton ecology : Succession in Plankton Communities. Springer-Verlag, Berlin, Alemania.

Sterner, R.W. y Hessen, D.O. 1994. Algal nutrient limitation and nutrition of aquatic herbivores. *Annual Review of Ecology And Systematic*. 25: 1-29.

Straskraba,M. 1996. Ecotechnological methods for managing non-point sources pollution in the watersheds, lakes and reservoirs. *Water Science Technology*. 33/ 4_5 73-80.

Treviño, A. y Cázares, R. 1999. Contaminación del agua. 135-155 pp. En : *Uso sustentable del agua en México*. Cházaro, L. S (eds) México Desconocido. México.

USEPA, 1985. Methods of measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms. Us Environment Protection Agency. EPA/600/4-85/013.

Van Donk, E., Lurling, M., Hessen, D.O., Lokhorst, G.M. 1997. Altered cell wall morphology in nutrient-deficient phytoplankton and its impact on grazers. *Limnology and oceanography*, vol. 42, No.2, 357-364 .

Vanni, M. J. 1983. Biological control of nuisance alga by *Daphnia pulex* experimental study. 151-156 lake and Reservoir Manangement.

Vollenweider, R.A. 1974. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook, No.12 . Blackwell scientific publications, Oxford London.230 .

Weber, L. C. 1971. A guide to the common diatoms at the water pollution surveillance system station; U.S. environmental protection agency national environmental research center analytical quality control laboratory Cincinnati Ohio 45268. 101.

Wetzel, R.G. 1981. *Limnologia*. Editorial omega. Barcelona.

Wetzel, R.G. and G.E Likens. 1991. *Limnological Analyses* second edition. Springer-Verlag. New York. 39.

Wilson, D.S, 1973. Food selection among copepods, *Ecology*. 5, 909-914.



DETERMINACIÓN DE LA TASA DE FORRAJEJO DE DIFERENTES ESPECIES DE CLADÓCEROS: SU USO POTENCIAL EN EL CONTROL DE FLORECIMIENTOS ALGALES DE SISTEMAS LÉNTICOS



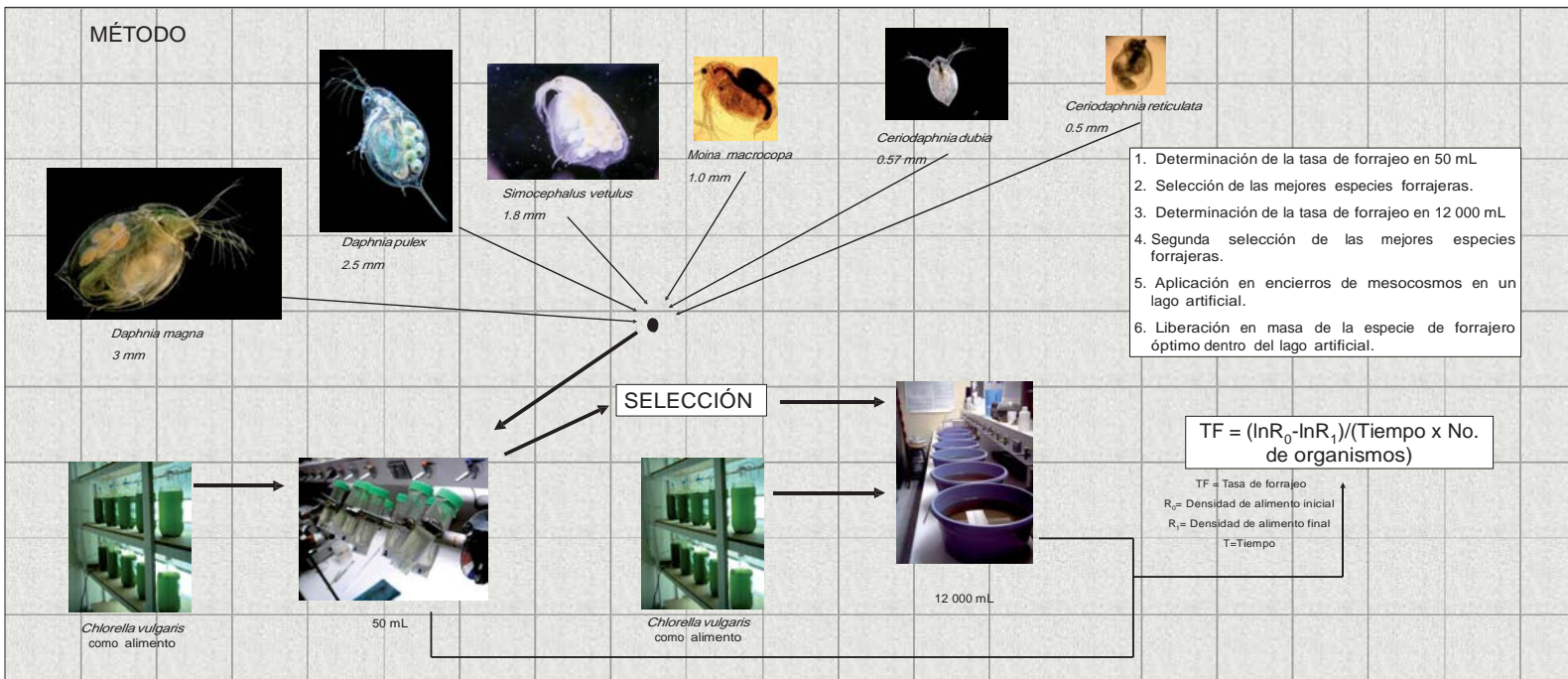
Mendoza-Flores Israel¹ y Mangas-Ramírez Ernesto²

¹Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México musashi_imf@yahoo.com.mx.

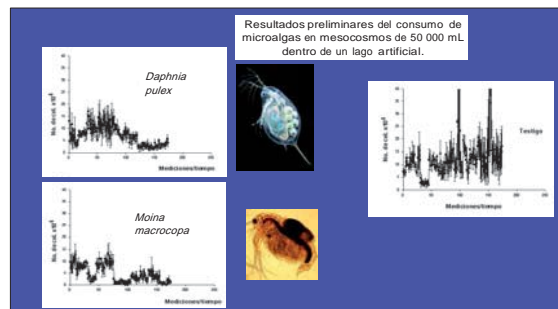
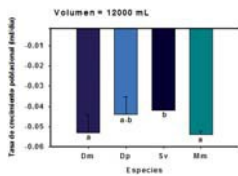
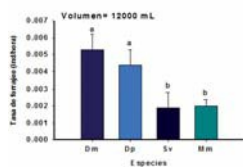
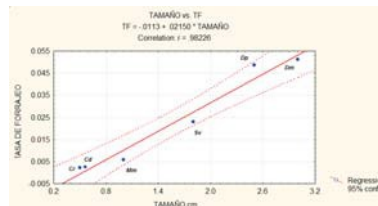
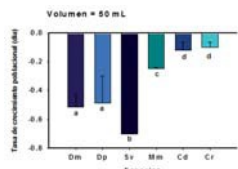
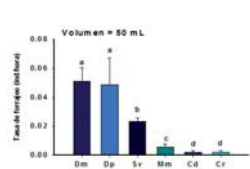
²Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. emangasmx@yahoo.com.mx

U.N.A.M.

La restauración de sistemas acuáticos es uno de los principales objetivos en el manejo del agua. En este contexto la biomaniopulación es considerada como una herramienta importante a seguir en la reducción de esta problemática. Dentro de las aplicaciones de esta se encuentra el control del excedente de fitoplancton en los sistemas con eutrofización antropogénica que puede causar el agotamiento de los niveles de oxígeno en el sistema y la predominancia de especies tóxicas. Esta biomasa de productores primarios puede ser controlada con forrajeros eficientes; Se sabe que algunas especies de cladóceros pueden utilizarse para controlar las densidades algales, por lo que es importante conocer cuales especies son óptimas para su uso en sistemas acuáticos mexicanos.



RESULTADOS



CONSIDERACIONES FINALES:

Individualmente en un volumen de 50 mL, la tasa de forrajeo tiene una relación directamente proporcional con el largo del cuerpo en las diferentes especies de cladóceros.

El incremento en el volumen y el aumento en el tiempo de evaluación, permiten que especies más pequeñas (con mayor tasa reproductiva y con mayor diversidad de hábitos de conducta alimenticia), incrementar su eficiencia en el forrajeo de manera que este es equiparable a especies de mayor talla.



XIII Congreso de la Asociación Española de Limnología
2-7 Julio 2006
Facultad de Biología

