



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Universidad Nacional Autónoma de México



UNAM

“CRECIMIENTO POBLACIONAL DE TRES ROTÍFEROS Y
DOS CLADÓCEROS PLANCTÓNICOS EN RELACIÓN
CON EL TIPO DE DIETA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS
(LIMNOLOGÍA)

PRESENTA

BIOL FABIOLA PEÑA AGUADO

DIRECTORA DE TESIS
DRA. NANDINI SARMA

COMITÉ TUTORAL:
DRA. ANGELA SOTELO LÓPEZ
DRA. SONIA ESPINA AGUILERA
DRA. CECILIA VANEGAS PÉREZ
DR. LUIS ZAMBRANO GONZÁLEZ

México, D. F. 2003



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



U.N.A.M. FES
IZTACALA

*No es sólo lo que hagamos, sino lo que dejamos de hacer,
de lo que también tenemos que dar cuenta.*

Molière.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Juana Aguado Villicaña y Javier Peña Guerra

Quienes siempre me han apoyado en todo.

A MIS ABUELITOS

Guadalupe, Vicente, Mauro, Chucha y Ema.

Que me dieron una forma de ser.

A MIS HERMANOS

Patricia, Adriana y Javier; a Beto y Héctor.

Por el apoyo que necesitamos unos de otros.

A MIS SOBRINOS

Arturo, Karen, Ricardo, Lizette, Daniel y Santiago

Que la vida les dé lo mejor y que sepan aprovecharlo con inteligencia y amor.

A MIS TÍOS

Tere, Martha, Hilda, Mago, Rafael, Rosa, Ramón, Pancho, Miguel y todos los que me faltan.

A TODOS LOS QUE DE ALGUNA FORMA CONTRIBUYERON EN LA CONCLUSIÓN DE ÉSTE CAPÍTULO EN MI VIDA Y LA APERTURA DE UNO NUEVO.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme otra oportunidad.

Al CONACYT, por su apoyo durante todos mis estudios de Maestría. Número de becario: **116468**.

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, al Dr. Martín Merino Ibarra, Norma, Gaby, Lupita, Diana y Cande. Por todo su trabajo Gracias.

A la Dra. Nandini Sarma, por su constante apoyo, su dedicación y su firme impulso hacia la investigación.

A los Doctores Sonia Espina Aguilera, Ángela Sotelo López, Cecilia Vanegas Pérez y Luis Zambrano González que sin su ayuda, pacientes revisiones, aporte de sugerencias y correcciones este trabajo no habría finalizado satisfactoriamente.

Al Dr. S. S. S. Sarma, por compartir sus invaluable conocimientos, por sus sugerencias y comentarios.

A TODOS GRACIAS.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	
Dietas	2
Rotíferos	3
Cladóceros	4
Depredadores	5
ANTECEDENTES	6
HIPÓTESIS	8
OBJETIVOS	9
MATERIALES Y MÉTODOS	
CULTIVOS BÁSICOS	
Microalgas	10
Levadura	11
MANTENIMIENTO DE CEPAS	
Rotíferos	11
Cladóceros	12
Dietas	12
DISEÑO EXPERIMENTAL	
CRECIMIENTO POBLACIONAL	
Rotíferos <i>B. calyciflorus</i> y <i>B. rubens</i> .	14
Cladóceros <i>C. dubia</i> y <i>M. macrocopa</i> .	15
Depredador <i>A. sieboldi</i> .	16
RESULTADOS	
CRECIMIENTO POBLACIONAL	
Rotíferos	19
Proporción H/h	19
Cladóceros	22
DENSIDAD MÁXIMA	
Rotíferos	24
Cladóceros	24

DÍA DE DENSIDAD MÁXIMA	
Rotíferos	27
Cladóceros	27
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	
Rotíferos	28
Cladóceros	28
CRECIMIENTO SOMÁTICO	
Longitud	29
Peso	29
CRECIMIENTO POBLACIONAL DE <i>A. sieboldi</i> .	
DENSIDAD MÁXIMA	32
DÍA DE DENSIDAD MÁXIMA	34
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL POR DÍA	34
DISCUSIÓN	
Rotíferos	36
Cladóceros	38
Crecimiento Somático	39
Depredador <i>A. sieboldi</i>	39
CONCLUSIONES	41
LITERATURA CITADA	42
ANEXO I	49
ANEXO II	50
ANEXO III	55

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Especies empleadas en el experimento	18
FIGURA 1. Crecimiento poblacional de <i>B. calyciflorus</i> y <i>B. rubens</i> .	20
FIGURA 2. Proporción H/h de <i>B. calyciflorus</i> y <i>B. rubens</i> .	21
FIGURA 3. Crecimiento poblacional de <i>C. dubia</i> y <i>M. macrocopa</i> .	23
FIGURA 4. Crecimiento de rotíferos y cladóceros. a) densidad máxima, b) día de densidad máxima y c) tasa de crecimiento poblacional por día.	26
FIGURA 5. Relación entre longitud y densidad poblacional.	31
FIGURA 6. Crecimiento poblacional de <i>A. sieboldi</i> .	33
FIGURA 7. Crecimiento de <i>A. sieboldi</i> . a) densidad máxima, b) día de densidad máxima y c) tasa de crecimiento poblacional por día.	35
TABLA 1. Parámetros poblacionales promedio de rotíferos y cladóceros.	25
TABLA 2. Valores de longitud de rotíferos y longitud y peso de cladóceros.	30
TABLA 3. Parámetros poblacionales promedio de <i>A. sieboldi</i> .	34

RESUMEN

Las microalgas constituyen el alimento obligatorio del zooplancton filtrador. El tipo de microalgas que el zooplancton consuma determinará su dinámica poblacional. En el presente estudio, se pretendió conocer como diferentes tipos de dietas (algas y levadura) afectan el crecimiento poblacional, tanto en organismos herbívoros (ingestión directa) como depredadores (ingestión indirecta). Primero, se emplearon cuatro especies de zooplancton herbívoro, dos rotíferos (*Brachionus calyciflorus* y *Brachionus rubens*) y dos cladóceros (*Ceriodaphnia dubia* y *Moina macrocopa*), a los cuales se les cultivó con diferentes alimentos mezclados o sin mezclar constituidos por microalgas *Chlorella vulgaris* (Ch) y *Scenedesmus acutus* (Sc) y por levadura *Saccharomyces cerevisiae* (L). Las mayores densidades poblacionales se alcanzaron con las dietas Ch+Sc+L para *B. calyciflorus* (108.0 ind ml⁻¹), Ch+L para *B. rubens* (130.0 ind ml⁻¹), Ch+Sc en el caso de *C. dubia* (10.1 ind ml⁻¹) y Ch+Sc+L para *M. macrocopa* (14.7 ind ml⁻¹). Las mayores tasas de crecimiento poblacional por día (\bar{r}) para las cuatro especies fueron de 0.44 para *B. calyciflorus* con la dieta Ch+Sc+L, de 0.47 para *B. rubens* con Ch y de 0.34 con Sc para *C. dubia* y para *M. macrocopa* con la dieta Ch de 0.43. A partir de los resultados obtenidos, se seleccionaron los rotíferos *B. calyciflorus* mantenidos con las dietas Ch, Ch+Sc y Ch+Sc+L y *B. rubens* de las dietas Ch, Ch+L y Ch+Sc+L para continuar con su cultivo y usarlos más adelante. Posteriormente, se empleó el rotífero depredador *Asplanchna sieboldi* y se le mantuvo con los rotíferos seleccionados. El depredador tuvo un crecimiento poblacional mayor con las presas *B. calyciflorus* y *B. rubens* cultivadas en ambos casos con la dieta Ch+Sc+L, encontrándose densidades de 0.84 ind ml⁻¹ y 0.88 ind ml⁻¹ respectivamente. El valor máximo de \bar{r} para *A. sieboldi* fue de 0.54 cultivado con *B. calyciflorus* de la dieta Ch+Sc y con *B. rubens* fue de 0.31 de la dieta Ch+Sc+L. Las dietas mezcladas produjeron mayor número de organismos tanto herbívoros como depredadores ya que juntas se suplementaron conformando una dieta completa en nutrientes. *B. calyciflorus* fue la única especie que pudo crecer con levadura como único alimento.

INTRODUCCIÓN

En la acuicultura moderna, el alimento es uno de los principales elementos del costo de la producción y puede llegar a constituir el 50% o más. A pesar de los muchos esfuerzos realizados por reemplazar a las microalgas por dietas procesadas, la acuicultura depende todavía de la producción y utilización de alimento vivo para animales acuáticos (Abalde *et al.*, 1995; Pillay, 1997). Las microalgas son el punto de partida para el inicio del flujo de energía en las cadenas alimenticias acuáticas. Éstas son un componente esencial de la dieta de moluscos (ostras, almejas, mejillones entre otros), larvas de algunos gasterópodos (abulones), larvas de crustáceos (peneidos), algunas especies de peces (tilapia, carpa) y del zooplancton (rotíferos y cladóceros) (Abalde *et al.*, 1995; Maruyama e Hirayama, 1993; Duerr *et al.*, 1998). El zooplancton a su vez, sirve como alimento vivo (presas) para juveniles de peces de agua dulce o marina y para larvas de crustáceos. Los organismos zooplanctónicos comúnmente utilizados son rotíferos, copépodos, cladóceros y artemias (Treece y Allen, 2000; Sarma *et al.*, 1998; 2001a; 2001b).

DIETAS

Los microorganismos utilizados como alimento para zooplancton, deben tener el tamaño adecuado en función de la especie a la que vayan dirigidos. El valor nutrimental de una microalga o levadura dependerá de su composición bioquímica (Ahlgren, 1992; Brown *et al.*, 1996). El grosor y tamaño de la pared celular, también son características importantes ya que suelen estar relacionadas con su digestibilidad y calidad nutritiva. Generalmente, una sola especie de microalga es incapaz de satisfacer todos los requerimientos nutrimentales de la especie a la cual sirven como alimento, debido normalmente a la carencia de compuestos esenciales como aminoácidos o ácidos grasos, por lo cual generalmente se usan mezclas de varias especies (Abalde *et al.*, 1995; Brown *et al.*, 1996; Brown y Jeffrey 1992; Dunstan *et al.*, 1992).

Estudios recientes han demostrado que algas muy nutritivas como *Chlorella* y *Scenedesmus* tienen elevados contenidos de ácidos grasos altamente insaturados. La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es rica en carbohidratos, proteínas y aminoácidos esenciales, pero pobre en algunos ácidos grasos ω 3 fundamentales en la nutrición de las larvas (Epifanio, 1979; Ahlgren *et al.*, 1990 y 1991; Støttrup y Jensen, 1990; Jónasdóttir, 1994; Norsker y Støttrup, 1994; Tamaru *et al.*, 1993; Fernández-Reiriz y Labarta, 1996). Mediante el análisis bromatológico se determina la composición química de las dietas; pero la calidad nutritiva es posible determinarla por medio de la respuesta biológica de los organismos que las consumen. Es decir, la calidad nutritiva de las dietas se puede ver reflejada en el crecimiento poblacional o en la relación Huevos/hembras de los rotíferos; o en el crecimiento somático y poblacional de los cladóceros (Nandini y Rao, 1998). En todos los casos en los que el crecimiento poblacional es mayor (concentración de organismos por mililitro) es posible asumir que la dieta es de mejor calidad para estas especies (Snell *et al.*, 1987; Arévalo *et al.*, 1998; Sarma *et al.*, 1998, 1999 y 2001a).

ROTIFEROS

Los rotíferos son organismos acuáticos de menos de 2 mm de longitud, la mayoría filtradores, su extremo anterior está constituido por un aparato ciliado, cuyo movimiento origina corrientes que atraen su alimento. Entre los rotíferos más cultivados de agua dulce se encuentran los del género *Brachionus*, estos han sido preferidos como primer alimento de larvas de peces debido a su pequeño tamaño apropiado para la boca del pez, a su comportamiento no evasivo evitando de esta manera gastos de energía del depredador, a su baja velocidad de nado por lo cual son presas fáciles para capturar y manipular (Sarma, 1991; Nogrady *et al.*, 1993) y a su elevada tasa de crecimiento poblacional; también son elegidos porque son de fácil mantenimiento en laboratorio y porque es posible modificar su calidad y tamaño dependiendo del alimento con el que se cultiven. Los braquiiónidos se alimentan normalmente de partículas mayores a 20 μ m como microalgas, levaduras y protozoarios. Edmonson (1965), fue de los primeros investigadores en

utilizar la cantidad de huevos producidos por rotíferos planctónicos para predecir el aumento o disminución de la población. Actualmente se sabe que la cantidad y calidad del alimento tiene un efecto directo sobre la producción de huevos y sobre el crecimiento poblacional de los rotíferos (Snell *et al.*, 1987; Sarma, 1991, Sarma *et al.*, 1999).

Varias especies de algas se han usado para cultivar rotíferos de agua dulce pero, para disminuir su cantidad dado lo laborioso y caro de su cultivo, se han empleado alimentos alternativos como la levadura (Klekot y Klimowicz, 1981) introducida en 1967 por Hirata y Mori para cultivar el rotífero marino *B. plicatilis* (Sarma *et al.*, 2001a). Sin embargo, se ha visto que rotíferos alimentados con levadura son inadecuados para mantener el crecimiento de larvas de peces marinos por períodos de tiempo largos (Watanabe, 1983a y 1989). En cambio, rotíferos alimentados con microalgas se consideran nutricionalmente excelentes para el crecimiento y sobrevivencia de larvas de peces (Fernández-Reiriz y Labarta, 1996; Pillay, 1997). Otras dietas no convencionales para cultivar rotíferos, como el agua de desecho del procesamiento de nixtamal para tortilla, se han usado exitosamente (Arévalo *et al.*, 1998).

CLADÓCEROS

Muchas especies de peces cambian su dieta a medida que desarrollan estructuras físicas y sistemas enzimáticos, de rotíferos a cladóceros, copépodos y otros organismos (Contreras, 1990; Arredondo y Juárez, 1996; Pillay, 1997; López, 1998). Los cladóceros son organismos filtradores, tienen cuatro a seis pares de apéndices cefalotorácicos adaptados para la filtración y setas filtradoras que suelen estar dispuestas sobre el apéndice donde forman un peine bien definido (Barnes, 1987). Su talla en adultos oscila entre 0.2 y 18 mm de longitud (Dodson y Frey, 1991). Presentan la ventaja de tener altos coeficientes de reproducción, amplia tolerancia ambiental, de ser fáciles de cultivar y mantener en laboratorio, pueden ser enriquecidos antes de utilizarse como alimento (Treece y Allen, 2000); tienen la capacidad de alimentarse de fitoplancton y residuos orgánicos (Pillay, *op.*

cit.). En la dieta de cladóceros, las microalgas vivas se pueden reemplazar parcial o totalmente por varios tipos de algas preservadas, dietas micro-encapsuladas o dietas a base de levaduras (Brown *et al.*, 1996; Coutteau y Sorgeloos, 1997). Géneros como *Moina* y *Daphnia* son importantes en la acuicultura dado que son presas no evasivas, con pocas espinas y fáciles para capturar por los depredadores (Nandini y Sarma, 2000). Son afectados por la calidad y cantidad de alimento (DeMott y Gulati, 1999), tienen cierta capacidad para regular la ingestión de partículas grandes y seleccionan partículas de alta calidad cuando son abundantes (DeMott, 1993).

DEPREDADORES

Cultivos exitosos de peces zooplanctívoros generalmente dependen de cantidades adecuadas de presas vivas como primer y exclusivo alimento (Opuszynski *et al.*, 1984; Ludwig, 1993), la disminución en la cantidad y calidad de las presas puede ocasionar la disminución en la sobrevivencia y el crecimiento de los peces y otros depredadores (Geiger, 1983; Watanabe *et al.*, 1983b; Brett y Müller-Navarra, 1997; Treece y Allen, *op. cit.*). Larvas de peces, moluscos, gasterópodos y crustáceos no son los únicos depredadores del zooplancton en el medio natural. Una gran variedad de invertebrados depredadores como insectos, otros géneros de rotíferos tales como *Asplanchna*, *Asplanchnopus*, *Dicranophorus*, *Ploesoma*, *Proales*, *Cupelopagis* y *Encentrum*, y cladóceros como *Polyphemus* y *Bythotrephes*; (Dodson y Frey, *op. cit.*), ejercen una gran presión sobre la abundancia del zooplancton herbívoro (Stemberger y Gilbert, 1987). La mayoría de los miembros del género *Asplanchna* son depredadores de una gran variedad de presas entre los que se encuentran ciliados, otros rotíferos, cladóceros y copépodos entre otros (Williamson, 1983; Armdt, 1993; Sarma, 1993). Los miembros de este género son indicadores muy sensibles de la calidad de la dieta. Por lo anteriormente expuesto, es importante resaltar la necesidad de conocer como diferentes dietas pueden afectar el crecimiento de organismos zooplanctónicos herbívoros y a su vez como el alimento de éstos afecta de manera indirecta, el crecimiento de sus depredadores invertebrados.

ANTECEDENTES

Extensa información existe sobre los efectos del tamaño del alga y su morfología respecto a las tasas de alimentación del zooplancton, pero no solo los rasgos morfológicos, sino también la composición bioquímica de las algas puede afectar el crecimiento del zooplancton. Hirata y Mori (1967) introdujeron el uso de levadura para pan para cultivar rotíferos marinos *B. plicatilis*, con la finalidad de disminuir los costos de producción, así como de reducir el trabajo que implica el cultivo de microalgas.

Repka (1997a) comparó el crecimiento y reproducción de nueve clones de *Daphnia galeata* cultivadas con dietas mezcladas de *Scenedesmus obliquus* y *Oscillatoria limnetica*. Encontró que *Oscillatoria*, ocasionó una baja tasa de crecimiento y retrasó la reproducción de *Daphnia* con respecto a las que se alimentaron de *Scenedesmus*. En otro experimento Repka (1997b) alimentó a 11 clones de *Daphnia cucullata* con dietas mezcladas de *Cryptomonas pyrenoidifera* y *S. obliquus* y *C. pyrenoidifera* y *O. limnetica*. Todos los clones alcanzaron tasas de crecimiento poblacional positivas. Sin embargo, en las dietas dominadas por *Oscillatoria* las tasas de crecimiento fueron significativamente menores que las dominadas por *Scenedesmus*.

Con la finalidad de probar alimentos alternativos para zooplancton, Arévalo *et al.* (1998) estudiaron la dinámica poblacional de *B. calyciflorus* alimentado con *Chlorella*, con agua de desecho del procesamiento del nixtamal para tortilla (nejayote) y con una mezcla de ambas. Encontraron que la combinación de alga y nejayote produjo la mayor abundancia de rotíferos y por otra parte que el nejayote no puede ser usado directamente sino que se requiere hacer diluciones para que sea posible el desarrollo de los organismos.

En 1987, Snell y colaboradores estudiaron la proporción Huevos/hembra (H/h) de rotíferos *B. plicatilis* respecto a diversas condiciones ambientales y determinaron que esta proporción es un indicador poblacional de estrés; cuando el crecimiento poblacional se halla en la fase de aclimatación, la proporción H/h es alta y cuando la población entra a la fase de crecimiento estacionaria, la proporción de huevos disminuye gradualmente hasta llegar a un valor mínimo que si es sobrepasado la población empieza a declinar.

El crecimiento poblacional y somático de cladóceros y rotíferos con relación al tipo de dieta (*Chlorella* y *Microcystis*) fue estudiado por Nandini y Rao (1998), y encontraron que para los cladóceros *Ceriodaphnia comuta* y *Moina macrocopa*; el tipo de alimento tuvo un efecto significativo sobre su crecimiento somático siendo mayor el efecto con *Chlorella*; *Moina* resultó ser muy susceptible a las toxinas de *Microcystis* mientras que en el caso de los rotíferos *B. calyciflorus* y *H. mira*, no se incrementó la población cuando se alimentaron con *Microcystis*.

Sarma *et al.*, (2001a) estudiaron el efecto de tres tipos de alimentos (*Chlorella vulgaris*, *Saccharomyces cerevisiae* y la mezcla) a diferentes densidades sobre el crecimiento poblacional de *B. calyciflorus* y *B. patulus* y encontraron que *Chlorella* fue un alimento superior a *Saccharomyces* para estos rotíferos. Sin embargo, con la mezcla del alga y levadura a una densidad baja ambas especies alcanzaron un crecimiento poblacional mayor comparado con el obtenido con alga únicamente y determinaron que *B. calyciflorus* y *B. patulus* fueron capaces de crecer bien con la mezcla de alga y levadura a una densidad de 1×10^6 células ml^{-1} .

Işık *et al.*, (1999) encontraron que al cultivar por separado rotíferos *B. calyciflorus* con las microalgas *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus abundans* y *Monoraphidium minutum*; *B. calyciflorus* creció de manera similar con todas ellas a pesar de tener grandes diferencias en sus contenidos de ácidos grasos.

La calidad nutritiva de *B. calyciflorus* como presa cultivada con dos dietas fue probada usando como depredador a *Asplanchna sieboldi* (Sarma *et al.*, 1998) y se encontró que *Asplanchna* creció mejor con rotíferos que se alimentaron con agua de nejayote diluida que los que se alimentaron sólo con alga o con alga y nejayote. También determinaron que los rotíferos que se alimentaron sólo con agua de nejayote fueron de menor talla que los que se alimentaron con algas.

En otro experimento Sarma *et al.* (2001b) analizaron el crecimiento poblacional de *A. sieboldi* alimentada con dos presas (rotíferos) de diferente especie que a su vez habían sido cultivados con una dieta de *Chlorella vulgaris* o de *S. cerevisiae* o una mezcla de ambas. Encontraron que *Asplanchna* creció mucho mejor con *B. calyciflorus* y con *B. patulus* que habían sido cultivados con la mezcla de alga y levadura que con las dietas puras. Por otra parte, encontraron que cuando se incrementó la densidad de ambas presas se incrementó también la tasa de crecimiento poblacional del depredador, siendo mayor con *B. patulus* que con *B. calyciflorus*.

La mayoría de estos estudios han sido llevados a cabo con rotíferos y cladóceros herbívoros; con relación a los rotíferos depredadores es escasa la información existente sobre el efecto que tiene la calidad nutrimental del zooplancton presa en el crecimiento poblacional de estos depredadores.

HIPÓTESIS

El crecimiento poblacional de organismos zooplanctónicos herbívoros como rotíferos y cladóceros estará determinado por la calidad nutritiva del alimento que consuman; a su vez el crecimiento poblacional de los organismos zooplanctónicos depredadores será afectado por la dieta de sus presas.

OBJETIVO GENERAL

Conocer el efecto de diferentes dietas solas o combinadas, constituidas por las microalgas *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus* y por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, sobre el crecimiento poblacional de los rotíferos *Brachionus calyciflorus* Pallas y *Brachionus rubens* (Ehrenberg) y de los cladóceros *Ceriodaphnia dubia* (Richard) y *Moina macrocopa* Goulden. Así mismo, conocer el efecto de las diferentes dietas, a través de los rotíferos empleados como presas, sobre el crecimiento poblacional del depredador *Asplanchna sieboldi* (Leydig).

OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer el crecimiento poblacional de los rotíferos *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus rubens* y de los cladóceros *Ceriodaphnia dubia* y *Moina macrocopa* en relación al tipo de alimento, algas, levadura y mezclas.
- Determinar las dietas más adecuadas para rotíferos, con base en las densidades máximas y la relación Huevos/hembras; y para cladóceros, con base en las densidades máximas y la relación entre longitud y peso.
- Determinar el crecimiento poblacional de *Asplanchna sieboldi* en relación con el tipo de alimento de las presas seleccionadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se utilizaron cepas de *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus rubens*, *Asplanchna sieboldi*, *Ceriodaphnia dubia* y *Moina macrocopa* aislados de cuerpos de agua locales y mantenidos por cinco años en el laboratorio de Zoología Acuática perteneciente a la Unidad de Morfofisiología y Función de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM.

CULTIVOS BÁSICOS

MICROALGAS

La cepa de *Chlorella vulgaris* fue donada por el CICESE, Ensenada, Baja California y tiene el registro CL-V-3. La cepa de *Scenedesmus acutus* fue obtenida de la Universidad de Texas, con número de registro 72. Para su cultivo se empleó el medio Bold basal enriquecido con bicarbonato de sodio (Apéndice I; Borowitzka y Borowitzka, 1988; Sarma, 1996). El cultivo se hizo en botellas de plástico con capacidad de dos litros y se mantuvieron a una temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ con aireación constante y luz difusa continua. Las botellas se inocularon con las microalgas a concentraciones entre 0.5 y 1×10^6 células ml^{-1} con la finalidad de garantizar la obtención final de una gran cantidad de células de calidad óptima (Larios-Jurado, 1999). Los cultivos se cosecharon en la fase exponencial de crecimiento (aproximadamente 25×10^6 células ml^{-1}) alcanzada entre 7 y 10 días. Una vez que los cultivos llegaron a esta fase se retiraron las botellas de la fuente de luz y la aireación y se refrigeraron por cuatro días hasta lograr la sedimentación total de las células. Una vez sedimentadas las células, se retiró casi la totalidad del líquido con la finalidad de eliminar toxinas y posibles microorganismos ajenos al cultivo y obtener de esta manera una solución concentrada a partir de la cual se prepararon las dietas.

Una vez efectuada la cosecha, el alga concentrada se mantuvo en el refrigerador ($3\pm 1^{\circ}\text{C}$). En el presente trabajo las células algales se utilizaron en la primera semana después de su cosecha con el fin de evitar posibles alteraciones de los resultados debido al envejecimiento de las células (Pavón, 2000).

LEVADURA

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* se obtuvo como levadura seca comercial para pan de la marca Blue Ribbon. La levadura seca se mantuvo en refrigeración durante el experimento. En un recipiente con medio EPA se agregó la levadura y se agitó vigorosamente para homogeneizar y formar una solución base (concentrada) a la que diariamente se le determinó su concentración para su posterior dilución (Anexo I; Anónimo, 1985).

MANTENIMIENTO DE LAS CEPAS

ROTÍFEROS

El rotífero *Brachionus calyciflorus* (longitud \pm error estándar = $185\pm 12\ \mu\text{m}$) fue aislado del lago de Chapultepec, México y cultivado en las condiciones que a continuación se mencionan. *Brachionus rubens* (longitud \pm error estándar = $117\pm 4.2\ \mu\text{m}$) fue aislado de un cuerpo de agua del Estado de México y cultivado de igual forma.

Las especies se mantuvieron por separado, en frascos de 1L con medio de cultivo EPA con *Chlorella* y *Scenedesmus*, a una concentración de 1×10^6 y 0.57×10^6 células ml^{-1} respectivamente, con la finalidad de que los organismos conocieran previamente el alimento. Las características fisicoquímicas del medio fueron: temperatura $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, pH entre 7.5 y 8, luz difusa, fotoperiodo de 14:10 L:O y oxígeno disuelto entre 7.5 y 8.0 mg L^{-1} . Dos veces a la semana se realizaron recambios del medio, retirando el sedimento que contenía organismos muertos, desechos y microorganismos que podrían ser fuente de contaminación.

El rotífero depredador *Asplanchna sieboldi* (longitud±error estándar = 1233±40 µm) fue aislado del Centro Acuícola Tezontepec de Aldama, Hidalgo y cultivado con individuos de *B. calyciflorus* y *B. rubens* como alimento, a densidades de uno o dos ind ml⁻¹ para evitar inducir la reproducción sexual la cual se presenta a mayores densidades de presas (Sarma *et al.*, 1998).

Los rotíferos *B. calyciflorus* y *B. rubens* se filtraron con una malla de 50 µm y *Asplanchna sieboldi* con una malla de 130 µm. Posteriormente se trasladaron a medio fresco de acuerdo con Sarma (1991) con *Chlorella* para *B. calyciflorus* y *B. rubens* y con rotíferos para *A. sieboldi*.

CLADÓCEROS

Los cladóceros *Ceriodaphnia dubia* y *Moina macrocopa* (longitud±error estándar = 951±57 µm y 1286±49 µm respectivamente) en cada recambio (dos veces por semana), se filtraron con una malla de 130 µm y se trasladaron a medio fresco (Sarma, 1991) con *Chlorella* y *Scenedesmus*. Ambas especies fueron aisladas del embalse Manuel A. Camacho, Puebla.

DIETAS

El peso seco de las algas y levadura de una densidad conocida, fue determinado pesando varias repeticiones de un mililitro cada una en charolas de aluminio de peso conocido. Las soluciones fueron secadas a 60°C por 24±2h y nuevamente pesadas en una electrobalanza (±0.001 mg CAHN C-33).

Con base en experimentos previos, se decidió usar dietas equivalentes al peso seco de *Chlorella vulgaris* a una concentración de 1x10⁶ células ml⁻¹ (14 mg L⁻¹) (Fernández-Reiriz y Labarta, 1996). El peso seco de cada célula de *C. vulgaris*, *S. acutus* y *S. cerevisiae* fue de 0.0142, 0.025 y 0.032 ng respectivamente. Con base en lo anterior se determinaron las concentraciones 1x10⁶ células ml⁻¹ de *C. vulgaris*, 0.57x10⁶ células ml⁻¹ de *S. acutus* y 0.44x10⁶ células ml⁻¹ de *S. cerevisiae* que se utilizaron durante todo el experimento.

Las soluciones fueron mezcladas en las siguientes proporciones:

1) Levadura <i>S. cerevisiae</i>	(100%)	(L)	1
2) Alga <i>Chlorella vulgaris</i>	(100%)	(Ch)	1
3) Alga <i>Scenedesmus acutus</i>	(100%)	(Sc)	1
4) <i>Chlorella</i> + <i>Scenedesmus</i>	(50-50%)	(Ch+Sc)	1:1
5) <i>Chlorella</i> +Levadura	(50-50%)	(Ch+L)	1:1
6) <i>Scenedesmus</i> +Levadura	(50-50%)	(Sc+L)	1:1
7) <i>Chlorella</i> + <i>Scenedesmus</i> +Levadura	(33-33-33%)	(Ch+Sc+L)	1:1:1

Las concentraciones de las microalgas y levadura, se prepararon por dilución con la cantidad correspondiente de medio EPA, después de haber determinado la densidad de células ml^{-1} del concentrado de cada especie con un hematocitómetro (Cámara de Neubauer) y bajo microscopio óptico (Castellanos-Páez *et al.*, 1999). Se empleó la siguiente fórmula:

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \qquad V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1}$$

Donde:

C_1 : Solución concentrada (células ml^{-1})

V_1 : Volumen necesario para preparar la solución a la concentración 2 (ml)

C_2 : Concentración a la cual se desea preparar la dieta (células ml^{-1})

V_2 : Volumen final de la solución que se desea preparar (ml)

DISEÑO EXPERIMENTAL

CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LOS ROTÍFEROS

Brachionus calyciflorus Y *Brachionus rubens*.

Tanto para *B. calyciflorus* como para *B. rubens*, los tratamientos se efectuaron en recipientes de plástico de 200 ml, con 25 ml de medio EPA, 25 rotíferos de diferentes edades elegidos al azar provenientes de una población en crecimiento exponencial y la dieta correspondiente y se mantuvieron a una temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. Cada día se contaron tanto las hembras como los huevos; posteriormente se transfirieron a un nuevo recipiente conteniendo tanto el medio como la dieta. Para cada especie y dieta se hicieron cuatro repeticiones (dos especies x siete dietas x cuatro repeticiones).

Los conteos se hicieron bajo microscopio estereoscópico (NIKON) considerando sólo las hembras vivas y no machos los cuales se encontraron de manera ocasional y se desecharon, ya que no contribuyen al crecimiento poblacional (reproducción partenogénica) (Pennak, 1989). Durante los primeros días se realizó el conteo total de la población y posteriormente sólo se contó el número de rotíferos en 3 alícuotas de 1.0, 0.5 o 0.2 ml, según la densidad poblacional; en todos los casos los organismos se regresaron a su población original. El conteo diario se realizó hasta que la población comenzó a disminuir en la mayoría de las repeticiones, aproximadamente 21 días.

Una vez alcanzada la fase de crecimiento exponencial, se fijaron 15 individuos de cada tratamiento con formol al 4%. Posteriormente se midieron la longitud y el ancho (sin considerar las espinas) con un micrómetro ocular calibrado.

Con base en los datos registrados en el conteo diario se determinó para cada especie la proporción de huevos, expresada como número de Huevos/hembras (Edmonson, 1965).

Para seleccionar las dietas se consideraron a aquellas con las que se logró una mayor densidad poblacional (ind ml^{-1}). Una vez seleccionadas tres dietas, se continuó con su cultivo para su posterior utilización (dos especies-presa x tres dietas x cuatro repeticiones).

CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LOS CLADÓCEROS *Ceriodaphnia dubia* Y *Moina macrocopa*.

Para cada especie los tratamientos se efectuaron en recipientes de plástico de 200 ml, con 50 ml de medio EPA, 20 cladóceros de diferentes edades provenientes de una población en crecimiento exponencial, las diferentes dietas establecidas y se mantuvieron a una temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

Cada día se contaron los organismos bajo microscopio estereoscópico y en seguida se transfirieron a otro recipiente conteniendo tanto el medio como la dieta. Para cada especie y dieta se hicieron cuatro repeticiones (dos especies x siete dietas x cuatro repeticiones). El conteo diario se efectuó hasta que la población comenzó a disminuir en la mayoría de las repeticiones, en aproximadamente 30 días para *C. dubia* y 16 para *M. macrocopa*.

Una vez alcanzada la fase de crecimiento exponencial se seleccionaron 15 individuos de cada tratamiento y se fijaron con formol al 4%, posteriormente se midieron a lo largo y ancho con un micrómetro ocular calibrado. Cada organismo se transfirió a un recipiente de aluminio de peso conocido y se deshidrataron a 60°C durante 24 horas, finalmente se volvieron a pesar con una electrobalanza (± 0.001 mg CAHN C-33) (Downing y Rigler, 1984; Edmonson, 1971).

CRECIMIENTO POBLACIONAL DEL ROTÍFERO DEPREDADOR

Asplanchna sieboldi.

Para esta parte del experimento se eligieron los rotíferos que alcanzaron las mayores densidades poblacionales promedio sin importar el tiempo que requirieron para ello. Los rotíferos seleccionados fueron *B. calyciflorus* de las dietas Ch, Ch+Sc y Ch+Sc+L y *B. rubens* de las dietas Ch, Ch+L y Ch+Sc+L.

Los experimentos de depredación se llevaron a cabo en recipientes de plástico de 100 ml, con 2 rotíferos *Asplanchna*, 25 ml de medio EPA y 100 rotíferos presa cultivados previamente con la dieta seleccionada a una temperatura de 25±2°C. Cada 24 h se contaron todos los rotíferos *Asplanchna* vivos (hembras todas ya que nunca se observaron machos) y se transfirieron a un recipiente con medio nuevo y la dieta respectiva hasta que la población comenzó a disminuir en todas las repeticiones (dos especies-presa x tres dietas x tres repeticiones) en alrededor de 15 días.

Para estimar el crecimiento poblacional en todos los casos, se elaboraron curvas de crecimiento poblacional y se calculó la tasa intrínseca de crecimiento poblacional por día (r), empleando la ecuación de crecimiento exponencial (Krebs, 1985):

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

Donde:

N_0 = Densidad inicial (ind ml⁻¹)

N_t = Densidad al tiempo t (ind ml⁻¹)

t = Tiempo (días)

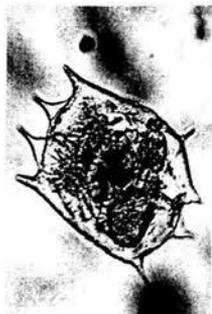
Para el cálculo de esta tasa, de cada dieta y de cada repetición se seleccionaron tres puntos de la curva durante la fase de crecimiento exponencial; se calculó el valor de \underline{r} y al final los valores resultantes se promediaron para que el resultado fuera representativo (Dumont y Sarma, 1995).

En cada dieta se determinó la densidad máxima considerando el valor máximo (ind ml^{-1}) de las curvas individuales de crecimiento de cada repetición independientemente del día en que este valor se observó. El día de densidad máxima se determinó de igual forma y al final también se promedió.

Cabe señalar que, como los valores de densidad máxima y día de densidad máxima se calculan a partir de los valores individuales de cada repetición y promediados al final, éstos no coinciden con los valores que se observan en las curvas de crecimiento poblacional, en los cuales las densidades máximas se promediaron con valores que no fueron máximos en otra curva.

Para determinar si las diferencias entre los tratamientos eran significativas ($\alpha=0.05$), se utilizó el análisis de varianza de una vía (Sokal y Rohlf, 1995). Las diferencias resultantes (Diferencias Verdaderamente Significativas ó DVS) se analizaron con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Sokal y Rohlf, 1995, Daniel, 1996). Se empleó los programas de cómputo Statistica (Ver. 5.0) y Sigma Plot (Jandel, Ver. 5.0, 1999) para la preparación de gráficas.

Especies empleadas en el experimento



B. calyciflorus
(185±12 μm)



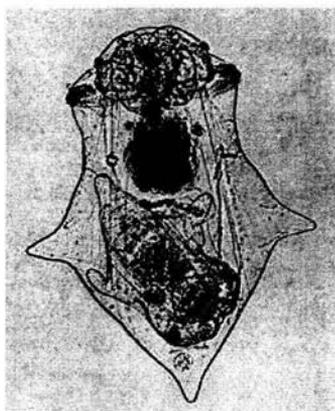
B. rubens
(117±4.2 μm)



C. dubia
(951±57 μm)



M. macrocopa
(1286±49 μm)



Depredador
A. sieboldi
(1233±40 μm)

RESULTADOS

CRECIMIENTO POBLACIONAL

ROTÍFEROS

Los rotíferos *B. calyciflorus* (Fig. 1), iniciaron su crecimiento entre el segundo y tercer día, con la mayoría de las dietas. Sin embargo, con levadura la población inició su crecimiento después del sexto día. Después de 10 días, los organismos alcanzaron una densidad máxima la cual estuvo aumentando y disminuyendo por varios días. A partir de los patrones de crecimiento es posible observar que *B. calyciflorus* fue capaz de utilizar las siete dietas que se le proporcionaron y que alcanzó densidades considerables con todas al final del experimento. Los organismos tardaron casi el doble de tiempo con las dietas mezcladas Ch+L, Sc+L y Ch+Sc+L que con las dietas solas para llegar a los máximos crecimientos, los cuales se lograron con Ch+Sc y Ch+Sc+L (96.7 y 97 ind ml⁻¹ respectivamente).

B. rubens (Fig. 1), no creció adecuadamente cuando se le alimentó con L, con Sc y con Sc+L, incluso el crecimiento poblacional fue menor con Sc que con L y Sc+L. Con estas dietas el crecimiento máximo se alcanzó entre los 9 y 16 días. Los rotíferos crecieron rápidamente con Ch, alcanzando el máximo (19.2 ind ml⁻¹) en 15 días. Para las demás dietas se observa que con Ch+Sc, Ch+L y Ch+Sc+L el crecimiento poblacional fue mayor y se alcanzaron los valores máximos en aproximadamente 18 días (70.5, 130.0 y 81.6 ind ml⁻¹ respectivamente).

PROPORCIÓN H/h

La proporción entre huevos/Hembras (H/h), para las dos especies de rotíferos, presentó una relación inversa con la densidad (Fig. 2). Para el rotífero *B. calyciflorus* no se notaron grandes diferencias entre las dietas ya que las curvas de crecimiento poblacional tuvieron comportamientos similares, con tendencias y

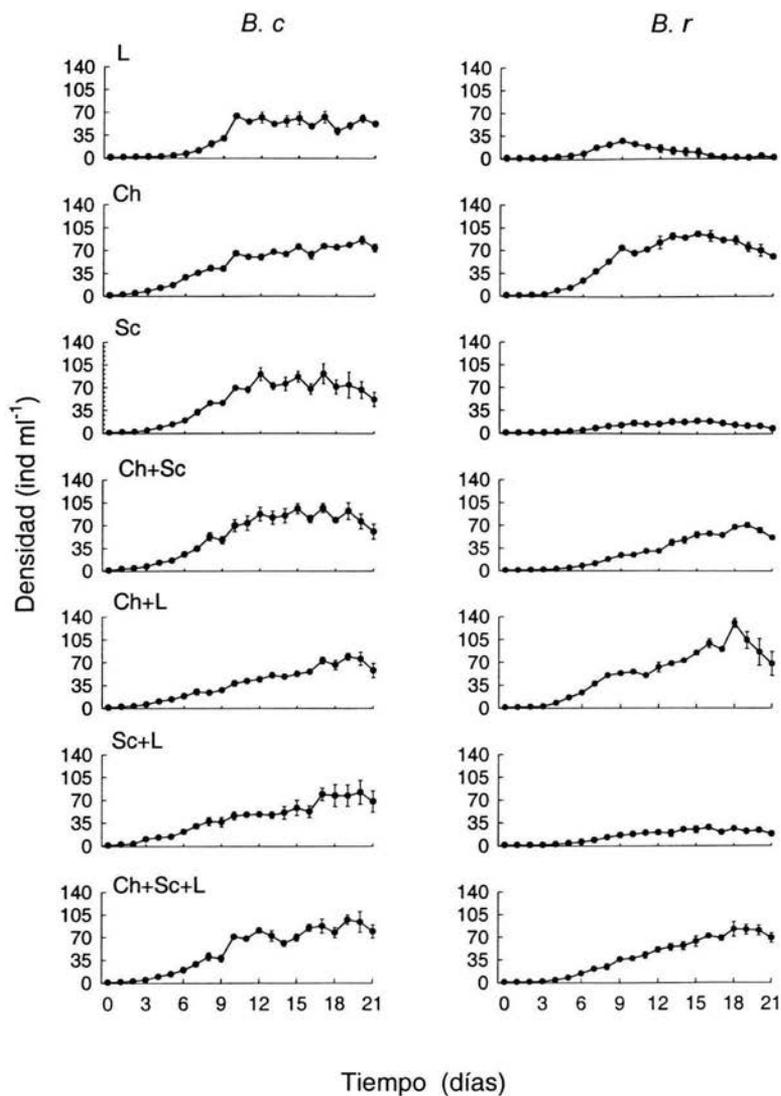


Fig. 1. Crecimiento poblacional de los rotíferos *Brachionus calyciflorus* (*B. c*) y *Brachionus rubens* (*B. r*) cultivados con diferentes dietas.

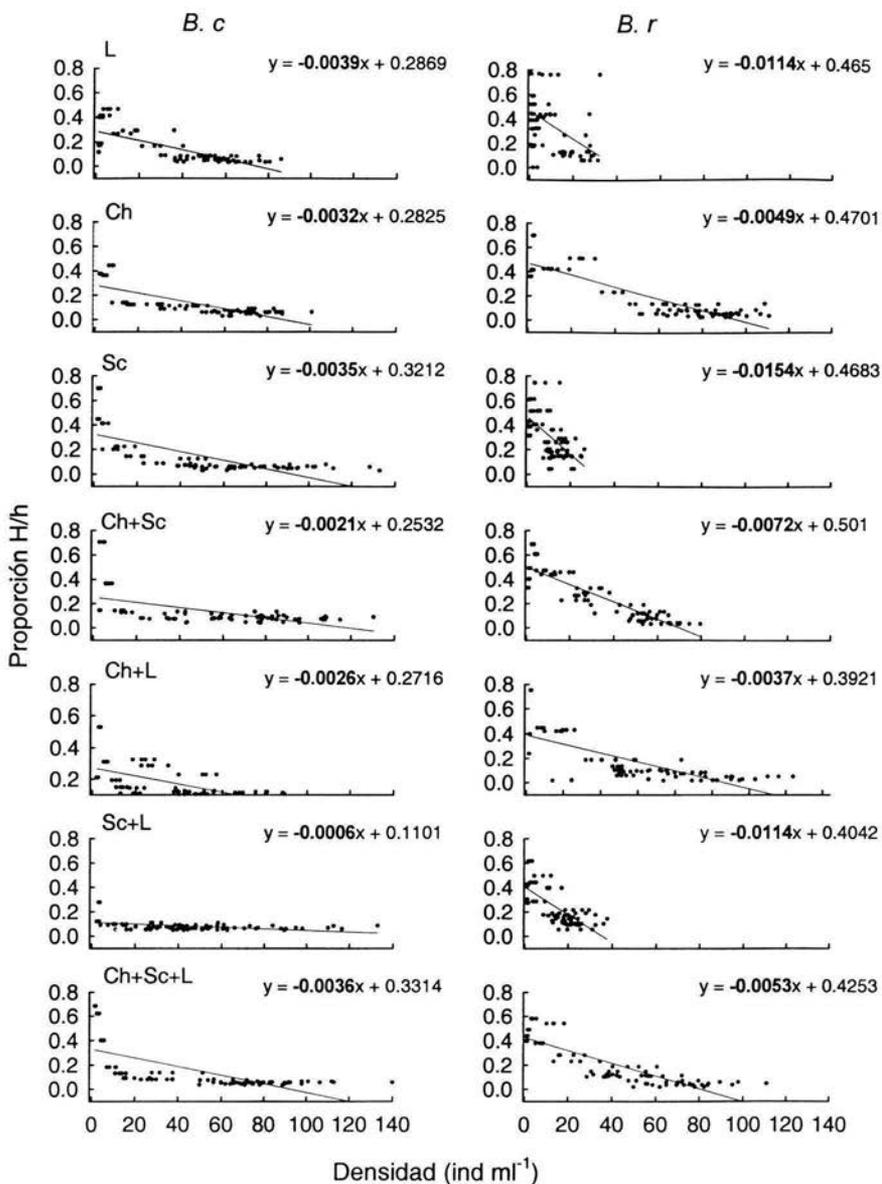


Fig. 2. Proporción encontrada entre la cantidad de huevos y el número de hembras de los rotíferos *B. calyciflorus* (*B. c*) y *B. rubens* (*B. r*) cultivados con las diferentes dietas.

pendientes negativas que denotaron una producción casi constante de huevos con todas las dietas a lo largo de todo el periodo de estudio.

En cambio, el crecimiento poblacional de *B. rubens* fue mínimo con las dietas L, Sc y Sc+L. Dichas dietas también afectaron la proporción de huevos. En consecuencia, las poblaciones descendieron rápidamente. El valor de esta proporción fue de cero en las densidades poblacionales bajas (<40 ind ml⁻¹) a diferencia de las otras dietas que produjeron densidades poblacionales mayores a 100 ind ml⁻¹ donde la disminución fue menos marcada y la población fue capaz de mantenerse por más tiempo.

CLADÓCEROS

En *C. dubia* (Fig. 3), se observó que los mayores crecimientos se obtuvieron después de 20 días y continuaron aumentando hasta el final del experimento, es decir 9 días después. Durante este periodo, la densidad aumentó en un 16%, 33% y 43% con las dietas Ch, Ch+Sc y Ch+Sc+L, con 7.1, 9.8 y 7.2 ind ml⁻¹ respectivamente. Aunque, con las dietas Sc, Ch+L y Sc+L se observó el crecimiento máximo también en 20 días aproximadamente, éste fue comparativamente menor (2.3, 3.9 y 2.8 ind ml⁻¹ respectivamente) a las dietas anteriores. Se observó que la población de *C. dubia* no creció cuando se alimentó con levadura.

La población de *M. macrocopa* (Fig. 3), tampoco creció con la dieta L. Por otra parte, con Ch alcanzó el mayor crecimiento en 8 días (8.3 ind ml⁻¹) y después de este punto la población descendió gradualmente. Con las demás dietas, el crecimiento fue más lento pero constante tardando entre 6 y 15 días para alcanzar los valores máximos; el mayor crecimiento se observó con la dieta Ch+Sc+L con 13.7 ind ml⁻¹.

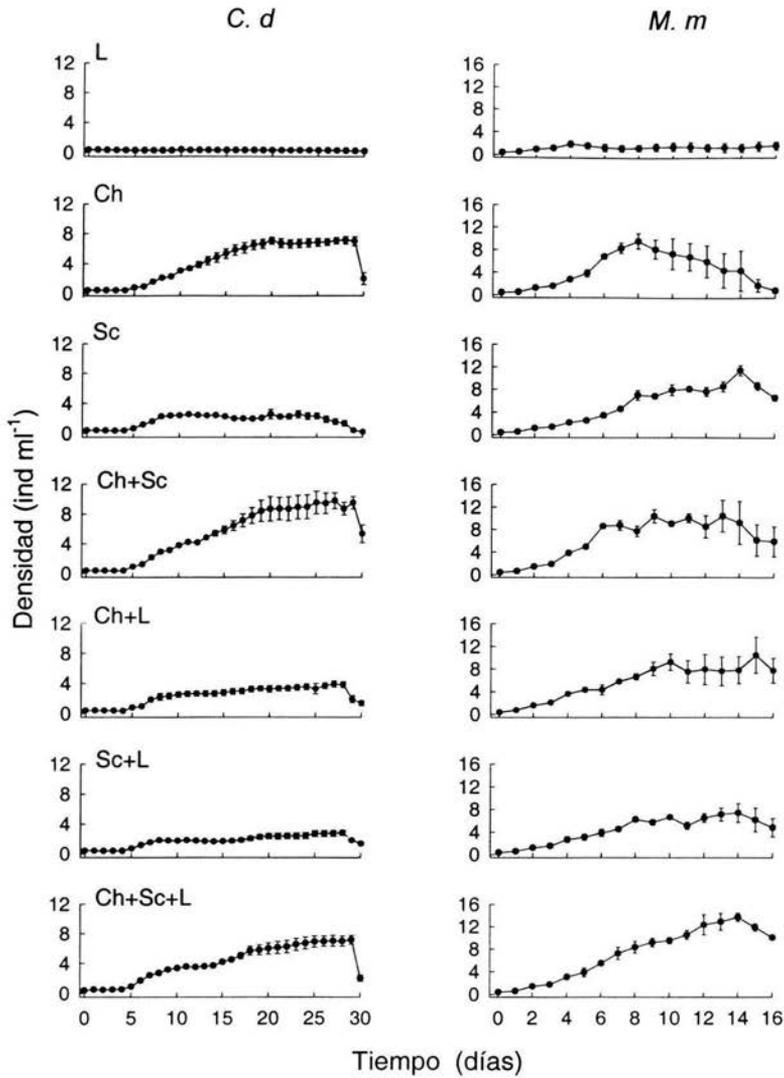


Fig. 3. Crecimiento poblacional de los cladóceros *Ceriodaphnia dubia* (*C. d*) y *Moina macrocopa* (*M. m*) cultivados con diferentes dietas.

DENSIDAD MÁXIMA

ROTÍFEROS

Las densidades promedio máximas de *B. calyciflorus* (Tabla 1; Fig. 4a) se encontraron con las dietas mezcladas Ch+Sc+L con 108 ± 21.7 ind ml^{-1} y Ch+Sc con 106.2 ± 10.8 ind ml^{-1} y la menor densidad con L con 74.1 ± 5.4 ind ml^{-1} . Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las dietas ($p > 0.05$; Anexo II). Por otra parte, los rotíferos *B. rubens* alcanzaron la densidad máxima de 130.0 ± 7.2 ind ml^{-1} con la dieta Ch+L, mientras que con la dieta Sc sólo se produjeron 22.0 ± 2.3 ind ml^{-1} . A diferencia de *B. calyciflorus*, las densidades máximas alcanzadas por *B. rubens* fueron significativamente diferentes entre las dietas ($p < 0.001$; Anexo II). La prueba de Tukey (Sokal y Rohlf, 1995) permitió la formación de cuatro grupos diferentes de dietas, ($p > 0.05$, Anexo II); uno estaba constituido por las dietas L, Sc y Sc+L, otro por Ch, y Ch+Sc+L, el tercero formado por las dietas Ch+Sc y Ch+Sc+L y otro más únicamente con la dieta Ch+L.

CLADÓCEROS

En *C. dubia* (Tabla 1; Fig. 4a) se obtuvo la mayor densidad poblacional promedio (10.1 ± 1.3 ind ml^{-1}) con Ch+Sc y la dieta con la que se obtuvo la menor fue con L (0.5 ± 0.0 ind ml^{-1}). Se encontraron diferencias significativas entre las dietas ($p < 0.001$; Anexo II) y la formación de tres grupos constituidos por L, Sc y Sc+L uno, otro por Ch, Ch+Sc y Ch+Sc+L y uno más formado por las dietas Sc, Ch+L y Sc+L ($p < 0.05$; Anexo II). En *M. macrocopa*, las densidades promedio se encontraron entre 14.7 ± 0.6 y 2.0 ± 0.6 ind ml^{-1} , se observó la mayor densidad en la población mantenida con Ch+Sc+L y la menor en la cultivada con L. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.001$; Anexo II) entre las dietas y la formación de tres grupos, uno integrado únicamente por la dieta L y otro por todas las demás menos Sc+L y el último constituido por todas las dietas menos L y Ch+Sc+L ($p < 0.05$; Anexo II).

Tabla 1. Parámetros poblacionales promedio de los rotíferos y cladóceros alimentados con las diferentes dietas. D máx.: densidad máxima (ind ml⁻¹); Día D máx.: día de densidad máxima; r: tasa intrínseca de crecimiento poblacional por día. Entre paréntesis: error estándar de cuatro repeticiones. Valores subrayados: máximos y mínimos.

Especie	Dieta	D máx.	Día D máx.	r
<i>B. calyciflorus</i>	L	<u>74.1 (5.4)</u>	<u>14.7 (1.6)</u>	0.40 (0.02)
	Ch	89.4 (3.9)	<u>19.5 (0.5)</u>	0.43 (0.01)
	Sc	100.0 (12.5)	15.7 (1.5)	0.40 (0.01)
	Ch+Sc	106.2 (10.8)	16.5 (1.0)	0.35 (0.01)
	Ch+L	83.5 (7.4)	18.7 (0.6)	0.25 (0.03)
	Sc+L	93.5 (15.4)	19.0 (0.7)	<u>0.25 (0.02)</u>
	Ch+Sc+L	<u>108.0 (21.7)</u>	16.7 (3.6)	<u>0.44 (0.02)</u>
<i>B. rubens</i>	L	27.5 (1.68)	<u>10.0 (0.7)</u>	0.32 (0.00)
	Ch	103.2 (4.0)	14.5 (0.9)	<u>0.47 (0.02)</u>
	Sc	<u>22.0 (2.3)</u>	12.2 (1.4)	0.28 (0.01)
	Ch+Sc	72.2 (3.2)	<u>19.0 (0.4)</u>	0.26 (0.02)
	Ch+L	<u>130.0 (7.2)</u>	18.0 (0.0)	0.36 (0.01)
	Sc+L	28.5 (3.1)	16.2 (1.3)	<u>0.25 (0.002)</u>
	Ch+Sc+L	89.5 (8.0)	17.7 (0.6)	0.29 (0.006)
<i>C. dubia</i>	L	<u>0.5 (0.0)</u>	<u>6.7 (3.8)</u>	<u>0.01 (0.01)</u>
	Ch	7.3 (0.5)	25.5 (2.5)	0.24 (0.00)
	Sc	3.2 (0.4)	16.2 (3.0)	<u>0.34 (0.04)</u>
	Ch+Sc	<u>10.1 (1.3)</u>	26.7 (0.8)	0.29 (0.04)
	Ch+L	3.9 (0.4)	26.5 (0.8)	0.28 (0.02)
	Sc+L	2.8 (0.3)	27.2 (0.7)	0.21 (0.03)
	Ch+Sc+L	7.2 (0.6)	<u>27.7 (0.7)</u>	0.13 (0.01)
<i>M. macrocopa</i>	L	<u>2.0 (0.6)</u>	<u>5.2 (2.0)</u>	<u>0.16 (0.02)</u>
	Ch	9.3 (1.1)	9.0 (0.9)	<u>0.43 (0.01)</u>
	Sc	11.4 (0.9)	<u>14.0 (0.0)</u>	0.30 (0.03)
	Ch+Sc	14.1 (1.3)	11.7 (1.1)	0.36 (0.01)
	Ch+L	11.7 (2.0)	13.7 (1.2)	0.28 (0.03)
	Sc+L	8.3 (0.9)	12.7 (1.1)	0.34 (0.00)
	Ch+Sc+L	<u>14.7 (0.6)</u>	13.0 (0.4)	0.29 (0.01)

L: Levadura, *Saccharomyces cerevisiae*, Ch: *Chlorella vulgaris*, Sc: *Scenedesmus acutus*.

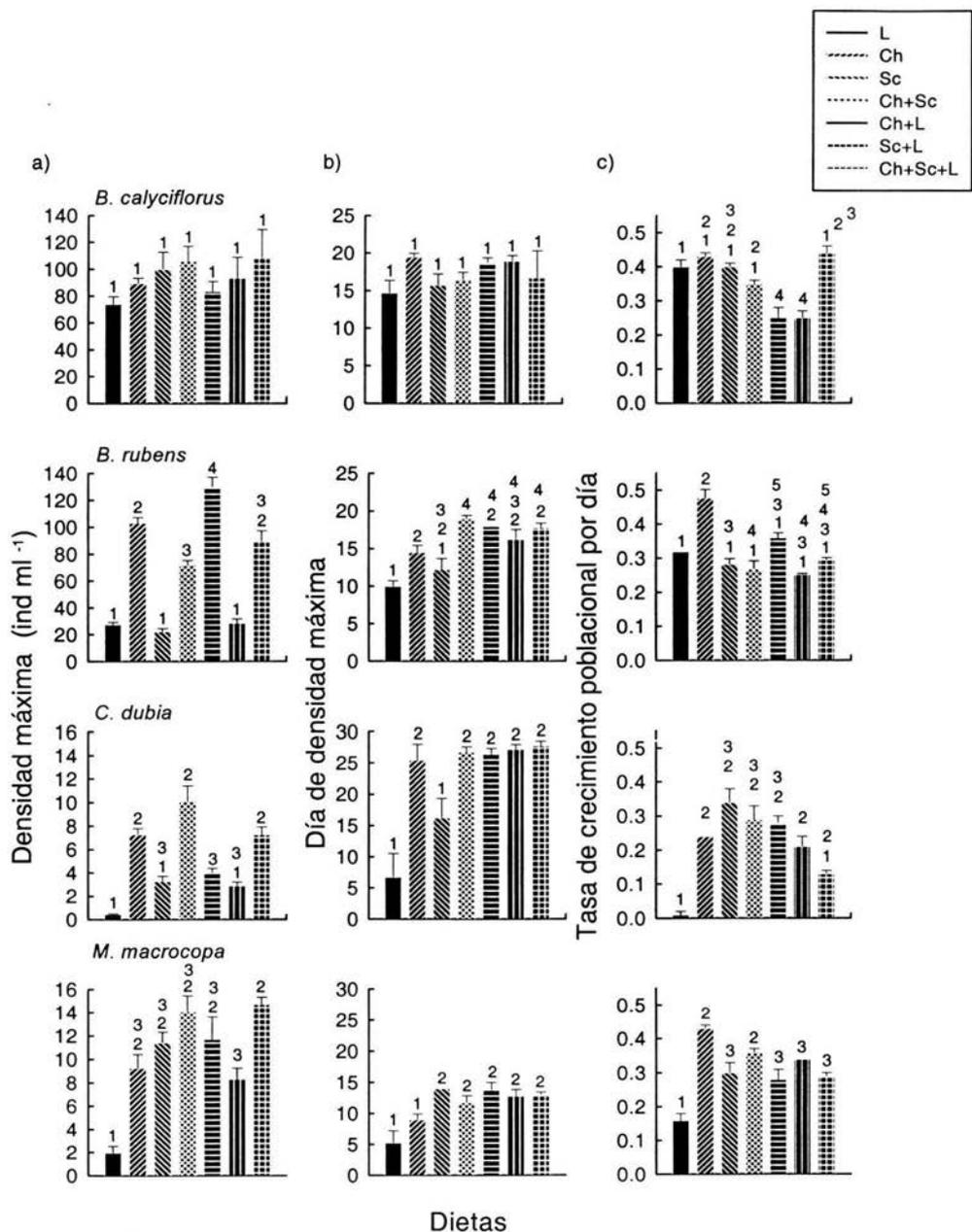


Fig. 4. Crecimiento poblacional de los rotíferos y cladóceros cultivados con las diferentes dietas. a) densidad máxima; b) día de densidad máxima y c) tasa de crecimiento poblacional por día. Los números indican la formación de grupos de acuerdo a la prueba de Tukey.

DÍA DE DENSIDAD MÁXIMA

ROTÍFEROS

El tiempo que tardaron los rotíferos *B. calyciflorus* en llegar a la densidad máxima (Tabla 1; Fig. 4b), fue mayor con las dietas Ch, Ch+L, Sc+L y Ch+Sc+L (entre 16.7 y 19.5 días). Con la dieta que requirieron menos tiempo para llegar a la máxima densidad fue L con 14.7 ± 1.6 días. Las diferencias de tiempo entre las dietas no fueron significativas ($p < 0.05$; Anexo II). En el caso de *B. rubens* alimentado con Ch+L, tardó 18 días en alcanzar la densidad máxima y únicamente 10.0 ± 0.7 días con la dieta L. Las diferencias encontradas, para el día de densidad máxima entre las dietas fueron significativas ($p > 0.001$ y $p < 0.05$; Anexo II). Se observaron cuatro grupos de dietas, el primero constituido por las dietas L y Sc, el segundo por las dietas Ch, Sc Ch+L, Sc+L y Ch+Sc+L, el tercero lo formó únicamente la dieta Ch+Sc, y el último por Ch+Sc, Ch+L, Sc+L y Ch+Sc+L.

CLADÓCEROS

C. dubia mantenida con la dieta L, tardó 6.7 ± 3.8 días en alcanzar la densidad máxima, en tanto que con Ch+Sc+L se tardó 27.7 ± 0.7 días (Tabla 1; Fig. 4b). Las diferencias de los días entre las dietas fueron significativas ($p < 0.001$; Anexo II). Se encontró la formación de dos grupos de dietas, por L y Sc el primero y el segundo por Ch, Ch+Sc, Ch+L, Sc+L y Ch+Sc+L ($p < 0.05$; Anexo II). Las densidades máximas de *M. macrocopa* (Tabla 1; Fig. 4b) se obtuvieron entre 5.2 ± 2.0 y 14.0 ± 0.0 días siendo L la dieta con la cual estos cladóceros tardaron menos días y Sc con la que requirieron más; las diferencias entre las dietas fueron significativas ($p < 0.001$; Anexo II). Por otra parte, se encontraron dos grandes grupos de dietas que se traslaparon, el primero lo integraron L y Ch y el segundo Ch, Sc, Ch+Sc, Ch+L, Sc+L y Ch+Sc+L ($p < 0.05$; Anexo II).

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

ROTÍFEROS

La tasa de crecimiento poblacional por día (\bar{r}) para *B. calyciflorus* (Tabla 1; Fig. 4c), resultó con diferencias significativas entre las dietas ($p < 0.001$; Anexo II), hallándose el valor más bajo con $0.25 \pm 0.02 \text{ día}^{-1}$ para Sc+L y el más alto con $0.44 \pm 0.02 \text{ día}^{-1}$ con la dieta Ch+Sc+L. Se observó un patrón general en cuanto a la formación de grupos con tasas similares; se formó un grupo con las dietas L, Ch, Sc, Ch+Sc y Ch+Sc+L y otro con Ch, Sc, Ch+Sc y Ch+Sc+L, uno más con Sc y Ch+Sc+L y el cuarto con las dietas Ch+L y Sc+L ($p < 0.05$; Anexo II). El valor de esta tasa para *B. rubens* se encontró entre $0.25 \pm 0.002 \text{ día}^{-1}$ con la dieta Sc+L y $0.47 \pm 0.02 \text{ día}^{-1}$ con Ch (Tabla 1; Fig. 4c). Las diferencias estadísticas entre las dietas fueron significativas ($p < 0.001$; Anexo II) y se formaron cuatro grupos L, Sc, Ch+Sc, Ch+L, Sc+L y Ch+Sc+L, otro se conformó únicamente por la dieta Ch, un grupo más estuvo constituido por las dietas Sc, Ch+L, Sc+L y Ch+Sc+L y un grupo final integrado por las dietas Ch+Sc, Sc+L y Ch+Sc+L ($p < 0.05$; Anexo II).

CLADÓCEROS

C. dubia (Tabla 1; Fig. 4c) presentó diferencias significativas en las tasas de crecimiento entre las dietas ($p < 0.001$; Anexo II), registrando la mínima \bar{r} con la dieta L con $0.01 \pm 0.02 \text{ día}^{-1}$ y la mayor para Sc con un valor de $0.34 \pm 0.04 \text{ día}^{-1}$. De hecho L formó un solo grupo, Ch junto con las demás dietas, excepto L formaron otro grupo y Sc, Ch+Sc y Ch+L el tercero ($p < 0.05$; Anexo II). En lo que respecta a la tasa de crecimiento poblacional por día para *M. macrocopa* (Fig. 4c), se encontró una variación desde $0.16 \pm 0.02 \text{ día}^{-1}$ con L hasta $0.43 \pm 0.01 \text{ día}^{-1}$ con Ch, las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.001$; Tabla 1) y se encontró un patrón similar respecto a la formación de grupos, ya que L formó un grupo, Ch y Ch+Sc otro y Sc, Ch+L, Sc+L y Ch+Sc+L el tercero ($p < 0.05$; Anexo II).

CRECIMIENTO SOMÁTICO

LONGITUD

Los valores de longitud de rotíferos y cladóceros (Tabla 2) fueron significativamente diferentes. Aunque *B. calyciflorus* creció de manera similar con todas las dietas (129.6-151.2 μm), la diferencia entre las tallas fue significativa ($p < 0.05$). *B. rubens* creció de manera significativamente diferente en longitud entre las dietas. Se observó que de estos organismos, los que se cultivaron con Ch+L fueron los más pequeños y a su vez los de mayor densidad, formando un grupo unitario y prácticamente todas las otras dietas formaron otro grupo de organismos con tallas similares ($p < 0.01$; Anexo II).

En los cladóceros *C. dubia* se observó que el crecimiento en longitud fue significativamente diferente influido por la dieta ($p < 0.01$; Anexo II). Se encontró la formación de dos grupos, uno integrado únicamente por los organismos mantenidos con la dieta Sc y el otro por todos los demás ($p < 0.05$; Anexo II). Con respecto a *M. macrocopa* se encontraron diferencias significativas entre las dietas Ch y Ch+Sc+L ($p < 0.05$; Anexo II) en cuanto a las tallas.

No se encontró ninguna relación importante respecto al ancho de los rotíferos y cladóceros por lo que no se incluyeron estos resultados.

PESO

En cuanto al peso de los cladóceros (Tabla 2), las diferencias fueron significativas para *C. dubia* y muy significativas para *M. macrocopa* ($p < 0.05$ y $p < 0.001$ respectivamente; Anexo II). Se observó que se formaron dos grupos diferentes entre sí uno formado por las dietas Ch+L, Sc+L y Ch+Sc+L y el otro por L, Ch, Sc y Ch+Sc para *C. dubia*. Para *M. macrocopa* los grupos fueron también, diferentes: uno formado por los organismos más pesados alimentados con Ch y Ch+Sc y el otro con las demás dietas.

Por otra parte, en los casos de *B. rubens* y *M. macrocopa* se encontró una relación inversa entre la densidad y el tamaño de los organismos (Fig. 5), siendo más grandes los organismos cuando la densidad poblacional fue baja y los organismos más pequeños cuando las densidades fueron muy altas.

Tabla 2: Valores de longitud (μm) de rotíferos y longitud (μm) y peso (μg) de cladóceros. *B. c*: *B. calyciflorus*, *B. r*: *B. rubens*, *C. d*: *C. dubia* y *M. m*: *M. macrocopa*. Entre paréntesis: error estándar de 10 repeticiones. Valores subrayados: máximos y mínimos.

Especie Dieta	<i>B. c</i>	<i>B. r</i>	<i>C. d</i>		<i>M. m</i>	
	Longitud	Longitud	Longitud	Peso	Longitud	Peso
L	132.0 (5.4)	115.2 (4.8)	<u>842.2 (26.9)</u>	16.2 (1.8)	981.0 (20.0)	16.9 (2.1)
Ch	146.2 (6.8)	109.1 (3.8)	768.0 (22.0)	<u>24.8 (6.0)</u>	<u>996.0 (24.3)</u>	<u>59.0 (1.2)</u>
Sc	144.0 (6.2)	<u>115.3 (9.2)</u>	<u>686.0 (12.0)</u>	20.8 (3.1)	960.0 (26.7)	27.6 (4.2)
Ch+Sc	<u>151.2 (5.1)</u>	103.2 (3.7)	737.0 (19.3)	18.1 (1.3)	936.0 (25.0)	57.8 (1.2)
Ch+L	151.2 (3.7)	<u>81.6 (4.0)</u>	764.0 (18.4)	<u>10.6 (1.5)</u>	940.0 (26.2)	25.5 (2.7)
Sc+L	<u>129.6 (6.4)</u>	110.4 (4.0)	729.0 (11.8)	14.6 (1.3)	964.0 (27.5)	<u>14.2 (2.5)</u>
Ch+Sc+L	134.4 (6.4)	103.2 (3.7)	742.1 (17.3)	15.5 (2.2)	<u>864.0 (34.7)</u>	20.2 (2.3)

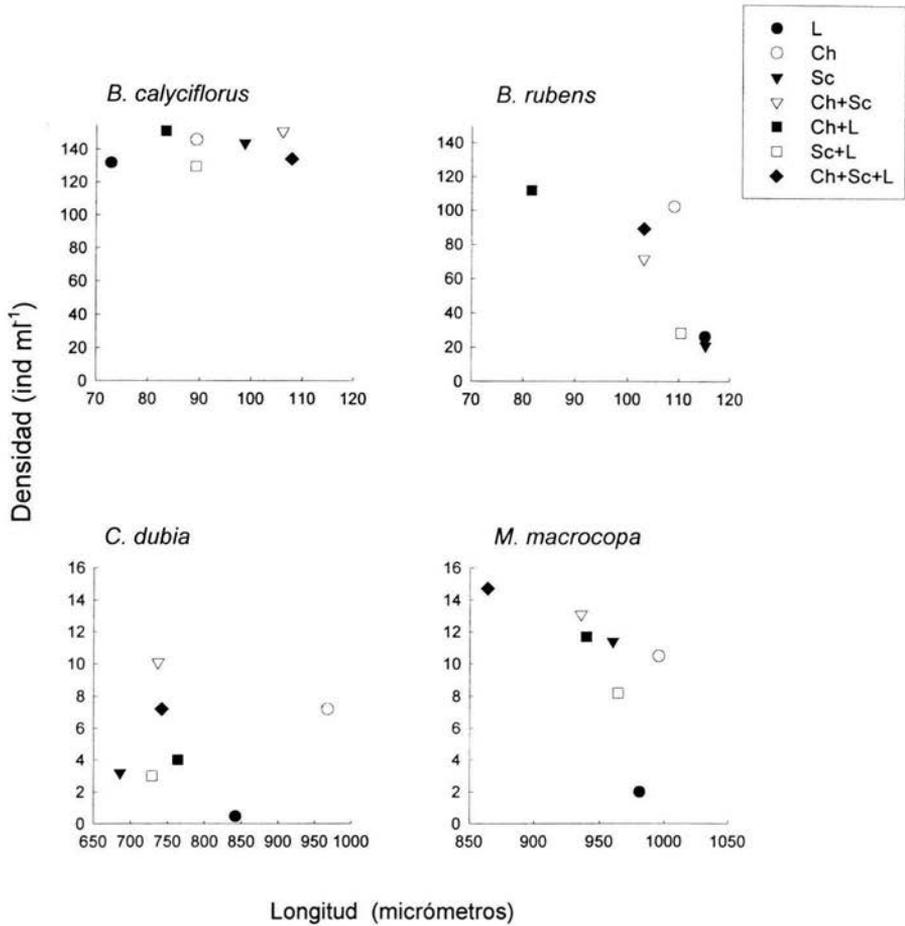


Fig. 5: Relación entre longitud y densidad encontrada para las cuatro especies con las dietas establecidas. Cada punto representa la longitud promedio de 10 individuos adultos tomados de cada dieta al azar al final del estudio. Nótese las diferentes escalas.

CRECIMIENTO POBLACIONAL DEL DEPRIDADADOR

De acuerdo con las curvas de crecimiento poblacional de *A. sieboldi* (Fig. 6), el mayor crecimiento se logró cuando se alimentaron tanto con *B. calyciflorus* como con *B. rubens* cultivados con la dieta Ch+Sc+L (19.2 y 20.5 ind 25 ml⁻¹ respectivamente). Con los rotíferos *B. calyciflorus*, el crecimiento de los depredadores inició entre el segundo y tercer día, sin importar la dieta de la presa, las densidades máximas se alcanzaron entre los días 5 y 7. Con la presa *B. rubens*, el crecimiento de los depredadores se inició desde el primer día también sin importar la dieta de la presa y las densidades máximas se lograron entre el día 7 y el 10. Con esta presa mantenida con las dietas Ch+L y Ch+Sc+L se observó mucha variabilidad en la densidad máxima de los depredadores, indicando que al llegar a este punto la competencia intraespecífica se hizo muy fuerte y entonces la población comenzó a aumentar y disminuir.

DENSIDAD MÁXIMA

Las densidades promedio máximas logradas fueron, con *B. calyciflorus*, 21.0 ± 0.6 ind 25ml⁻¹ (0.84 ind ml⁻¹) y con *B. rubens* 22.0 ± 0.5 ind 25ml⁻¹ (0.88 ind ml⁻¹) (Tabla 3; Fig. 7a). Se encontraron diferencias significativas en el crecimiento de *A. sieboldi* mantenido con *B. calyciflorus* ($p < 0.05$; Anexo III) y muy significativas cuando se le cultivó con *B. rubens* ($p < 0.001$; Anexo III). Dos grupos diferentes traslapados, se encontraron respecto a las densidades máximas; uno se formó con *B. calyciflorus* cultivado con las dietas Ch y Ch+Sc y el otro con Ch+Sc y Ch+Sc+L; con *B. rubens* los grupos fueron independientes formados por Ch y Ch+L y el otro integrado únicamente por Ch+Sc+L ($p < 0.05$; Anexo II). Las densidades máximas se alcanzaron en un periodo de 6.75 días con *B. calyciflorus* como presa y 9 días con *B. rubens* (Tabla 3; Fig. 7b).

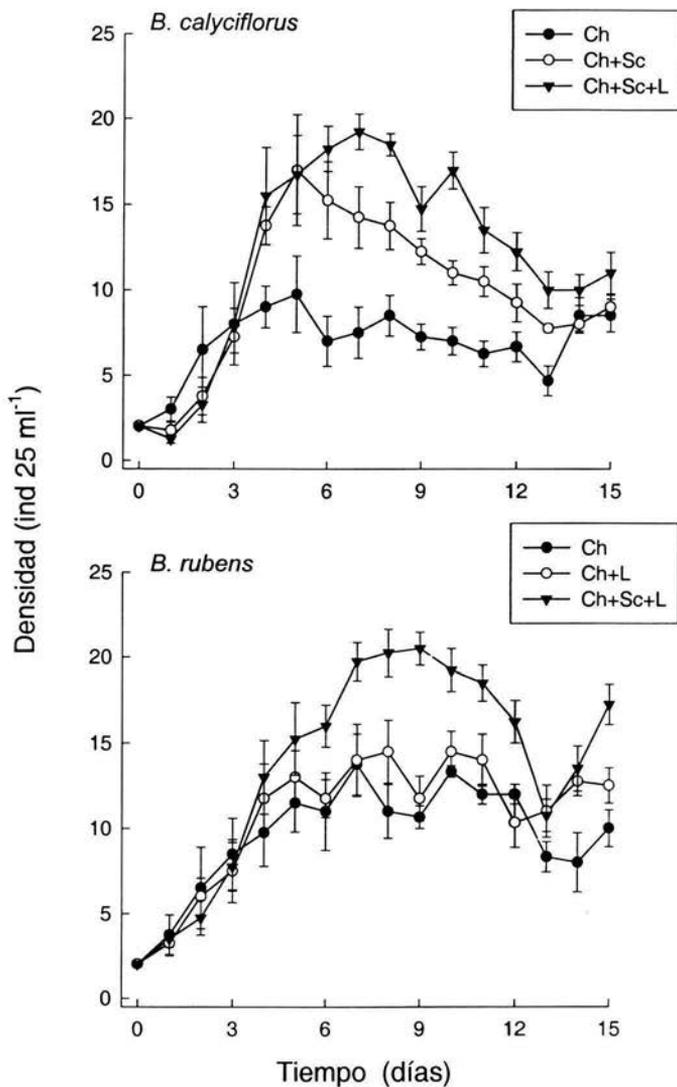


Fig. 6. Crecimiento poblacional de *Asplanchna sieboldi* cultivado con los rotíferos presa *B. calyciflorus* y *B. rubens* mantenidos con las dietas seleccionadas.

DÍA DE DENSIDAD MÁXIMA

El menor tiempo empleado por *A. sieboldi* para llegar a la densidad máxima fue de 4.5 días con la dieta *B. calyciflorus* con Ch y 8.25 días con *B. rubens* con Ch. Las diferencias en el día de densidad máxima no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$; Anexo III), para ninguna de las presas de las diferentes dietas.

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL POR DÍA

En cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento para *A. sieboldi* (Fig. 7c) cultivado con *B. calyciflorus* no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$; Anexo III), en tanto que para *A. sieboldi* cultivado con *B. rubens* las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$; Anexo III) entre las tres dietas. El valor máximo de r de *A. sieboldi* fue 0.54 cultivado con *B. calyciflorus* mantenido con la dieta Ch+Sc y con *B. rubens* de 0.31 con la dieta Ch+Sc+L. Con *B. calyciflorus* como presa no se observó la formación de grupos significativamente diferentes ($p > 0.05$; Anexo III) a diferencia de *B. rubens* donde se formaron dos grupos: uno formado por Ch y Ch+L y el otro formado por Ch+L y Ch+Sc+L ($p < 0.05$; Anexo III).

Tabla 3: Parámetros poblacionales de los rotíferos depredadores *A. sieboldi* cultivados con las diferentes dietas. D máx.: densidad máxima (ind 25 ml⁻¹); Día D máx.: día de densidad máxima; r : tasa intrínseca de crecimiento poblacional por día. Entre paréntesis: error estándar de cuatro repeticiones. Valores subrayados: máximos y mínimos.

Especie presa	Dieta	D máx.	Día D máx.	r
<i>B. calyciflorus</i>	Ch	<u>12.2(1.5)</u>	<u>4.5 (1.0)</u>	<u>0.29 (0.06)</u>
	Ch+Sc	18.0 (2.6)	6.2 (0.9)	<u>0.54 (0.13)</u>
	Ch+Sc+L	<u>21.0 (0.6)</u>	<u>6.7 (1.4)</u>	0.49 (0.05)
<i>B. rubens</i>	Ch	<u>15.0 (0.9)</u>	<u>8.2 (1.0)</u>	<u>0.23 (0.02)</u>
	Ch+L	16.2 (1.0)	<u>9.0 (1.2)</u>	0.24 (0.01)
	Ch+Sc+L	<u>22.0 (0.5)</u>	8.7 (0.8)	<u>0.31 (0.02)</u>

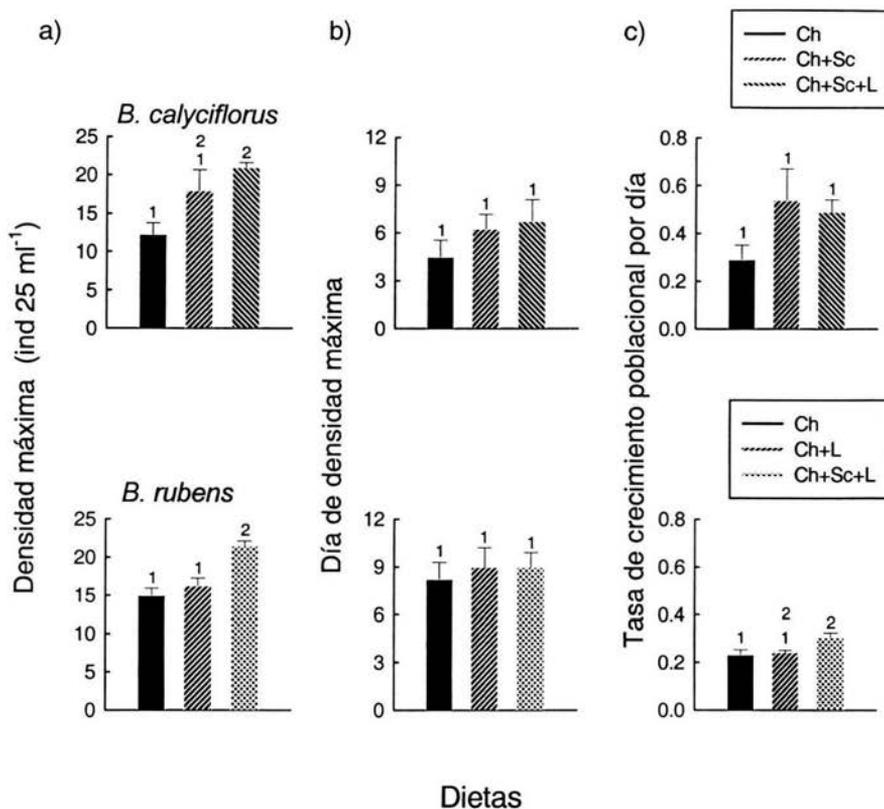


Fig. 7. Parámetros poblacionales de los rotíferos depredadores *A. sieboldi* cultivados con presas *B. calyciflorus* y *B. rubens* mantenidos con las dietas seleccionadas. a) densidad máxima, b) día de densidad máxima y c) tasa de crecimiento poblacional por día. Los números indican la formación de grupos de acuerdo a la prueba de Tukey.

DISCUSIÓN

La composición química de la mayoría de las algas de cultivo incluyendo a *Chlorella vulgaris* está bien documentada para una variedad de condiciones y medios de cultivo (Khul y Lorenzen, 1964). Actualmente se sabe que las grandes diferencias entre microalgas y levaduras son principalmente el contenido de ácidos grasos, así como lo digerible de sus células (Frolov *et al.*, 1991; Tamaru *et al.*, 1993).

ROTÍFEROS

Las curvas de crecimiento poblacional de *B. calyciflorus* fueron muy similares con las siete dietas, además de que fue la única especie de zooplancton herbívoro capaz de aprovechar la levadura como único alimento. Lo cual de acuerdo con Frolov *et al.* (1991) y Tamaru *et al.* (1993), es indicativo de que los rotíferos participaron activamente en la reorganización de los ácidos grasos procedentes de las dietas de acuerdo a sus propios requerimientos metabólicos; o también que fueron capaces de producir sus propios lípidos y ácidos grasos a partir de las dietas deficientes en esos compuestos. (İşik *et al.*, 1999). Lo anterior, se pudo apreciar en la proporción H/h donde, en todos los casos, se presentó una producción constante de huevos lo largo de todo el estudio, asumiendo siempre relaciones inversas de la misma duración con todas las dietas.

En lo concerniente a las densidades máximas promedio, los valores observados con *B. calyciflorus* fueron superiores a los reportados por Sarma *et al.* (2001a) quienes obtuvieron una densidad máxima de $77 \pm 12 \text{ ind ml}^{-1}$ usando Ch como alimento. Al emplear la levadura como único alimento encontraron una densidad máxima de $62 \pm 19 \text{ ind ml}^{-1}$ y con la mezcla de alga y levadura consiguieron una densidad de únicamente $54 \pm 9 \text{ ind ml}^{-1}$, en comparación con Ch: 89.4 ± 3.9 , L: 74.1 ± 5.4 y Ch+L: $83.5 \pm 7.4 \text{ ind ml}^{-1}$.

En cuanto al crecimiento poblacional de *B. rubens*, se encontró que fue afectado por las dietas ya que únicamente pudieron crecer con las dietas que contenían la

microalga *Chlorella*, por lo que es posible determinar que esta alga resultó ser una buena fuente de nutrimentos para esta especie y que además al ser suplementada con la otra alga y la levadura, las dietas adquirieron las características óptimas para estos rotíferos (Lubzens *et al.*, 1989; Brown y Jefrey 1992; Dunstan *et al.*, 1992). En *B. rubens*, las diferencias nutrimentales entre las dietas resultaron ser evidentes, con las dietas L, Sc y Sc+L pobres en ácidos grasos y la levadura con una pared celular gruesa (Coutteau y Sorgeloos, 1997 y Rothhaupt, 1995); dado que la proporción H/h disminuyó cuando aún la densidad poblacional era baja y la disponibilidad de alimento no era una limitante (Rao y Sarma, 1986), teniendo de este modo relaciones de muy corta duración que concluyeron en poblaciones reducidas. Por otra parte, se encontró que los rotíferos que crecieron con dietas mezcladas tardaban, en general, más tiempo en llegar a una densidad máxima; debido tal vez, a que los organismos requirieron mayor tiempo para aprender a manejar alimentos diferentes y a que las densidades alcanzadas, que fueron significativamente mayores a las logradas con las demás dietas, requirieron de más tiempo. En el presente estudio, *B. rubens* tuvo una mayor densidad con la dieta Ch+L, aunque no existe información de referencia con esta especie es posible inferir que la densidad lograda ($130.0 \pm 7.2 \text{ ind ml}^{-1}$) es alta.

El día de densidad máxima presentó diferencias significativas entre las dietas para *B. rubens* y no para *B. calyciflorus*. La razón de lo anterior es debida a que *B. calyciflorus* pudo aprovechar de igual manera las diferentes dietas y por lo tanto tuvo un desarrollo poblacional similar; en cambio *B. rubens* fue incapaz de utilizar las dietas con L y Sc y por lo tanto el crecimiento que presentó pudo deberse únicamente a la energía que había acumulado con el alimento que recibieron antes de iniciar el experimento, por lo que el crecimiento fue rápido pero muy pobre.

Este hecho influyó fuertemente en el valor de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional por día r , ya que algunas dietas generalmente las que llegaron rápido a su densidad máxima, lograron un valor alto de r pero una densidad muy baja; en comparación con las dietas que produjeron mayor cantidad de individuos pero que

tardaron más tiempo en alcanzar dicha cantidad y por lo tanto una valor de \underline{r} muy bajo. El valor mas alto de \underline{r} para *B. calyciflorus* fue de 0.44 ± 0.02 con la dieta Ch+Sc+L, el cual fue inferior a 0.635 ± 0.037 día⁻¹ reportado por Sarma *et al.* (1999). Para *B. rubens* se ha reportado una \underline{r} de 0.79 pero con una densidad de *Chlorella* de 3×10^6 células ml⁻¹ (Iyer y Rao, 1993); en el presente estudio encontramos una tasa de 0.48 ± 0.02 día⁻¹ con *Chlorella* a una densidad de 1×10^6 células ml⁻¹, resultando en un valor relativamente alto para esta especie.

CLADÓCEROS

En el caso de los cladóceros, se observó que sus crecimientos fueron mayores con las dietas con Ch sola y mezclada, la excepción fue el elevado crecimiento de *M. macrocopa* con Sc, alimento reportado como óptimo para estos organismos (Repka, 1997a). En *C. dubia* se observaron periodos muy largos de estancamiento del crecimiento poblacional alrededor de la densidad máxima, excepto cuando se le proporcionó la dieta L, la cual no favoreció la reproducción de los organismos. La razón del estancamiento en los crecimientos poblacionales pudo deberse a que los organismos requirieron un mayor tiempo para alcanzar la edad de primera reproducción, por lo que el crecimiento poblacional se retrasó.

Como en el caso de los rotíferos; las densidades alcanzadas en el presente estudio fueron mayores que las referidas por Alva-Martínez (2001), quien encontró que *C. dubia* no creció con el alga *Chlorella* a una densidad mayor a 0.75×10^6 células ml⁻¹ con la cual logró una densidad máxima de 7 ind ml⁻¹; con Ch a una densidad de 1.5×10^6 células ml⁻¹ obtuvo alrededor de 4.7 ind ml⁻¹ de *M. macrocopa*. En comparación a nuestros resultados con Ch a una densidad de 1×10^6 células ml⁻¹, se lograron las densidades de 7.3 ± 0.5 ind ml⁻¹ con *C. dubia* y 9.3 ± 1.1 ind ml⁻¹ con *M. macrocopa*. Entre los cladóceros, el género *Moina* exhibe una de las más altas tasas de crecimiento poblacional. En el presente estudio las tasas logradas por *M. macrocopa* variaron entre 0.16 y 0.43 día⁻¹ y para *C. dubia* los valores se encontraron entre 0.01 y 0.34 día⁻¹, valores similares a los reportados por investigadores como Repka (1997a) y Nandini y Rao (1998).

CRECIMIENTO SOMÁTICO

En *B. rubens* y *M. macrocopa*, se encontró una relación inversa entre la longitud y la densidad máxima, a mayor densidad poblacional se obtuvo menor tamaño de los individuos. No se encontró esta relación en *B. calyciflorus* ni en *C. dubia*. Para *M. macrocopa* la dieta Ch favoreció la talla y peso de los organismos. La mezcla de Ch+Sc también promovió el crecimiento en peso y en longitud. Este es un dato interesante ya que las larvas de peces que recién han absorbido su saco vitelino requieren grandes cantidades de rotíferos y de un tamaño muy pequeño dado el tamaño de su boca (Snell *et al.*, 1987; Lubzens *et al.*, 1989). Por otra parte, aunque la levadura produjo organismos muy grandes en talla fueron muy ligeros, lo que señala a organismos mal nutridos.

DEPREDADOR *A. sieboldi*

IZT.

Las curvas de crecimiento poblacional de *Asplanchna sieboldi*, se caracterizaron por una corta fase de adaptación, una fase de crecimiento exponencial y una de retardación; características del zooplancton oportunista (estrategia r) (Downing y Rigler, 1984; Rothhaupt, 1988; Rothhaupt y Lampert, 1992; Rico-Martínez y Dodson, 1992). Se ha establecido que la calidad nutritiva de rotíferos braquiiónidos presa es en gran medida determinada por el tipo de alimento con el que se les mantenga (Watanabe, 1989) y esto es válido también para el siguiente nivel trófico (Rodríguez *et al.*, 1994). Tradicionalmente, larvas de peces son usadas para valorar el estado nutrimental de rotíferos presa (Fukusho, 1989), sin embargo, depredadores invertebrados como *Asplanchna* pueden también ser usados como una herramienta muy sensible para probar desde la respuesta numérica, la cual cambia en relación con el tamaño de la presa (*B. calyciflorus* longitud = $185 \pm 12 \mu\text{m}$ y *B. rubens* longitud = $117 \pm 4.2 \mu\text{m}$), con su densidad, su movimiento, cantidad de toxinas y calidad nutrimental (Snell y Jansen, 1995; Iyer y Rao, 1996).

En el presente estudio se observó que, aunque *B. calyciflorus* pudo crecer con las siete dietas establecidas; el crecimiento poblacional del rotífero depredador *A. sieboldi* fue mayor cuando esta presa había sido cultivada con la dieta compuesta



por las dos microalgas y la levadura, lo cual indicó que una dieta suplementada de esta forma resultó ser apropiada para esta especie de rotífero. En el caso de *B. rubens*, que creció mejor con la dieta formada por Ch+L; el depredador alimentado con esta presa, nuevamente creció mejor con los rotíferos alimentados con la dieta compuesta por las dos algas y la levadura.

Lo anterior es un reflejo de cómo las diferentes dietas del zooplancton herbívoro afectaron de manera diferente al siguiente nivel trófico. En este caso el depredador requirió de un alimento de mejor calidad nutritiva para poder crecer adecuadamente, como lo mencionan Sarma *et al.* (2001b), quienes determinaron que el crecimiento poblacional del depredador fue mayor cuando se le cultivó con presas mantenidas con dietas mezcladas. La mayor densidad reportada para *A. sieboldi* mantenido con las presas procedentes de dichas dietas fue de 0.8 ind ml⁻¹; en el presente estudio la mayor densidad del depredador fue similar (0.84 ind ml⁻¹ y 0.88 ind ml⁻¹).

En cuanto a la tasa de crecimiento poblacional por día, ocurrió algo similar a lo que se presentó con el zooplancton herbívoro, las dietas que requirieron mas tiempo en llegar a la densidad máxima presentaron un valor bajo de r pero una densidad mayor; en cambio las dietas que rápidamente alcanzaron una densidad máxima tuvieron una tasa de crecimiento alta pero una cantidad de individuos menor. Probablemente por tal razón, la tasa intrínseca de crecimiento poblacional no resultó ser un buen indicador para escoger las mejores dietas o las dietas con las que se obtuvieron las máximas densidades. La tasa de crecimiento poblacional para *Asplanchna* se encontró dentro de los intervalos reportados (Dumont y Sarma, 1995).

CONCLUSIONES

La calidad nutritiva de las dietas empleadas tuvo un impacto real en los crecimientos poblacionales de los organismos cultivados. En general el alga *Chlorella vulgaris* sola dio buenos resultados, *Scenedesmus acutus* y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* resultaron de menor calidad cuando fueron el único alimento. Por su parte, las dietas mezcladas fueron mejores para todos los organismos cultivados, excepto *B. calyciflorus* que pudo crecer con todas las dietas.

Con relación a las dietas empleadas, se encontraron tres relaciones inversas en los siguientes parámetros: Entre la proporción de huevos y la cantidad de hembras en los rotíferos. Entre la densidad poblacional y la talla de *B. rubens* y *M. macrocopa*. Finalmente, entre el valor de \bar{r} y las densidades poblacionales.

El crecimiento poblacional del depredador *A. sieboldi* fue mayor al alimentarse de presas que habían consumido una dieta variada (Ch+Sc+L) y por lo tanto completa en nutrimentos. Lo anterior confirma que, la dieta de la presa afecta el crecimiento del depredador.

En la producción intensiva de alimento vivo para especies importantes en la acuicultura, los valores de densidad máxima, día de densidad máxima y tasa de crecimiento poblacional por día son importantes ya que determinan, dependiendo de las dietas a utilizar para su mantenimiento, qué tan rápido se puede cosechar una especie y en qué cantidad y por otra parte saber cuál es la capacidad de una especie en particular para aumentar su población bajo condiciones de cultivo.

LITERATURA CITADA

- Abalde, J., Cid, A., Fidalgo, J. P., Torres, E. y Herrero, C. 1995. Microalgas: Cultivo y aplicaciones. Lab. De microbiología, Dpto. de Biología celular y molecular. Fac. de Ciencias. Univ. De La Coruña, España. 210pp.
- Ahlgren, G., Lundstest, L., Brett, M.T. and Forsberg, C. 1990. Lipid composition and food quality of some freshwater phytoplankton for cladoceran zooplankters. *J. Plankton Res.* 12: 809-818.
- Ahlgren, G., Inga-Britt, G. and Boberg, M. 1992. Fatty acid content and chemical composition of freshwater microalgae. *J. Phycol.* 28: 37-50.
- Alva-Martínez, A.F., Sarma, S.S.S. and Nandini, S. 2001. Comparative population dynamics of three species of cladocera in relation to different levels of *Chlorella vulgaris* and *Microcystis aeruginosa*. *Crustaceana.* 74(8): 749-764.
- Anónimo. 1985. Methods of measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms. US. Environment Protection Agency EPA/600/4-85/0 13.
- Arévalo, S.R.A., Sarma, S.S.S and Nandini, S. 1998. Population dynamics of *Brachionus calyciflorus* (Rotifera: Brachionidae) in waste water from food-processing industry in Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 43(6): 595-600.
- Armdt, H. 1993. Rotifers as predators on components on the microbial web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates)—a review. *Hydrobiologia.* 255/256: 231-246.
- Arredondo, F.J.L. y Juárez, J.R.P. 1996. Ciprinicultura. Manual para el cultivo de carpas. Secretaría de Pesca. Dirección General de Acuicultura. México.
- Barnes, R.D. 1987. Zoología de los invertebrados: Nueva Editorial Interamericana. México. Pág. 714-719.
- Borowitzka, M.A. and Borowitzka, L.J. 1988. Micro-algal biotechnology. Cambridge University. London. 477pp.
- Brett, M.T. and Müller-Navarra D.C. 1997. The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic food web processes. *Freshwater Biology.* 38: 483-499.
- Brown, M.R. and Jeffrey, S.W. 1992. Biochemical composition of microalgae from the green algal classes Chlorophyceae and Prasinophyceae. 1. Amino acids, sugars and pigments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 161: 91-113.

- Brown, M.R., Barret, S.M., Volkman, J.K., Nearhos, S.P., Nell, J.A. and Allan, G.L. 1996. Biochemical composition of new yeast's and bacteria evaluated as food for bivalve aquaculture. *Aquaculture* 143: 341-360.
- Castellanos-Páez, M.E., Garza-Mouriño, G. y Marañón-Herrera, S. 1999. Aislamiento, caracterización, biología y cultivo del rotífero *B. plicatilis* (O.F. Müller). UAM-Xochimilco. México.
- Contreras, R.G. 1990. Evaluación de algunos atributos poblacionales de *Cyprinus carpio* en "La Goleta", Estado de México. Tesis de Licenciatura UNAM-ENEP Iztacala.
- Coutteau, P. and Sorgeloos, P. 1997. Manipulation of dietary lipids, fatty acids and vitamins in zooplankton cultures. *Freshwater Biology* 38: 501-512.
- Daniel, W.W. 1996. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. LIMUSA. México. 878pp.
- DeMott, W. 1993. Hunger-Dependent diet selection in suspension-feeding zooplankton. In: Hughes, R. N. (Ed.) Diet selection. An Interdisciplinary approach to foraging behavior. 1993 Blackwell Scientific Publications. London. 102-123.
- DeMott, W.R. and Gulati, R.D. 1999. Phosphorus limitation in *Daphnia*: Evidence from a long-term study of three hypereutrophic Dutch lakes. *Limnol. Oceanogr.* 44: 1557-1564.
- Dodson, S.I.T. and Frey, D.G. 1991. Cladocera and other Branchiopoda. In: Thorp, J. H. and Covich, A. P. 1991. Ecology and Classification of North American Freshwater invertebrates. Acad. Press. San Diego, Ca. 187-248 and 723-786.
- Downing, J.A. and Rigler, F.H. 1984. A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. Blackwell Scientific Publications. London, England. 501 pp.
- Duerr, E.O., Molnar, A. and Sato, V. 1998. Cultured microalgae as aquaculture feeds. *J. Mar. Biotechnol.* 7: 65-70.
- Dumont, H.J. and Sarma, S.S.S. 1995. Demography and population growth of *Asplanchna girodi* (Rotifera) as a function of prey (*Anuraeopsis fissa*) density. *Hydrobiologia.* 306: 97-107.

- Dunstan, G.A., Volkman, J.K., Jeffrey, S.W. and Barrett, M. 1992. Biochemical composition of microalgae from the green algal classes Chlorophyceae and Prasinophyceae. 2. Lipid classes and fatty acids. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 161: 115-134.
- Edmonson, W.T. 1965. Reproductive rate of planktonic rotifers as related to food and temperature in nature. *Ecol. Monogr.* 35: 61-111.
- Edmonson, W.T. 1971. A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 358pp.
- Epifanio, C.F. 1979. Comparison of yeast and algal diets for bivalve molluscs. *Aquaculture.* 16: 187-192.
- Fernández-Reiriz, M.J. and Labarta, U. 1996. Lipid classes and fatty acid composition of rotifers (*Brachionus plicatilis*) fed two algal diets. *Hydrobiologia* 330: 73-79.
- Frolov, A.V., Paňkov, S.L., Geradze, K.N., Pankova, S.A. and Spectorova, L.V. 1991. Influence of the biochemical composition of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture.* 97: 181-202.
- Fukusho, K. 1989. Biology and mass production of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. 2. *Int. J. Aq. Fish. Tech.* 1: 292-299.
- Geiger, J.G. 1983. A review of pond zooplankton production and fertilization for the culture of larval and fingerling striped bass. *Aquaculture* 35: 353-369.
- Hirata, H. and Mori, Y. 1967. Cultivation of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed on a mixed diet of marine *Chlorella* and baker's yeast. *S. Gyogyo.* 5: 36-40.
- Işik, O., Sarihan, E., Kuşvuran, E., Ö. Gül and Erbatur, O. 1999. Comparison of the fatty acid composition of the freshwater fish larvae *Tilapia zilli*, the rotifer *Brachionus calyciflorus* and the microalgae *Scenedesmus abundans*, *Monoraphidium minimum* and *Chlorella vulgaris* in the algae-rotifer-fish larvae food chains. *Aquaculture.* 174: 299-311.
- Iyer, N. and Rao, T.R. 1993. Effect of the epizoic rotifer *Brachionus rubens* on the population growth of three cladoceran species. *Hydrobiologia.* 255/256: 325-332.

- Iyer, N. and Rao, T.R. 1996. Responses of the predatory rotifer *Asplanchna intermedia* to prey species differing in vulnerability: laboratory and field studies. *Freshwater Biology*. 36: 521-533.
- Jónasdóttir, S.H. 1994. Effects of food quality on the reproductive success of *Acartia tonsa* and *Acartia hudsonica*-laboratory observations. *Mar. Biol.* 121: 67-81.
- Klekot, L and Klimowicz, H. 1981. Rotifer communities of ponds supplied with wastewater. *Holarctic Ecol.* 4: 208-214.
- Krebs, C.J. 1985. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance: 1-800. Harper and Row, New York.
- Kuhl, A. and Lorenzen, H. 1964. Handling and culturing of *Chlorella*. In: D. M. Prescott (ed.). Methods in cell physiology. Vol. 1. Acad. Press. New York. 159-187.
- Larios-Jurado, P.S. 1999. Crecimiento poblacional de los rotíferos *B. calyciflorus* Pallas, *B. patulus* Müller y *Asplanchna* Leydig, en relación a diferentes alimentos bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. UNAM-ENEP Iztacala. México.
- López, C.Y. 1998. Crecimiento de la carpa herbívora (*Ctenopharingodon idella* Val.) cultivada en dos estanques rurales de Soyaniquilpan, Estado de México. Tesis de Licenciatura UNAM-ENEP Iztacala. México.
- Lubzens, E., Tandler, A. and Minkoff, G. 1989. Rotifers as food on aquaculture. *Hydrobiologia*. 186/187: 387-400.
- Ludwig, G.M. 1993. Effects of trichlorfon, fenthion and diflubenzuron on the zooplankton community and on production of reciprocal-cross hybrid striped bass fry in culture ponds. *Aquaculture*. 110: 301-319.
- Maruyama, I. and Hirayama, K. 1993. The culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* with *Chlorella vulgaris* containing vitamin B₁₂ in its cells. *J. World Aquacult. Soc.* 24(2): 194-198.
- Nandini, S. and Rao. T.R. 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., Sarma, S.S.S. and Rao, T.R. 1998. Effect of co-existence on the population growth of rotifers and cladocerans. *Russ. J. Aquat. Ecol.* 8: 1-10.
- Nandini, S. and Sarma, S.S.S. 2000. Zooplankton preference of two species of fresh water ornamental fish larvae. *J. Appl. Ichtiol.* 16: Short Communication.
- Nogrady, T., Green, J., Koste, W. and Pejler, B. 1993. Rotifera. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Vol. 1: Biology, Ecology and systematics. SPB Academic Publishing. The Netherlands.
- Norsker, N.H. and Støttrup, J.G. 1994. The importance of dietary HUFAs for fecundity and HUFA content in the harpacticoid, *Tisbe holothuriae* Humes. *Aquaculture*. 125: 155-166.
- Opuszinski, K., Shireman, J.V., Aldridge, R.J. and Rottman, R.W. 1984. Environmental manipulation to stimulate rotifers in fish rearing ponds. *Aquaculture* 42: 343-348.
- Pavón, M.L. 2000. Efecto de *Chlorella vulgaris* viva y muerta sobre el crecimiento poblacional de *B. calyciflorus* Pallas y *B. patulus* Müller (Rotifera: Brachionidae) en laboratorio. Tesis de Maestría. UNAM-ICMyL. México.
- Pennak, R.W. 1989. Freshwater invertebrates in the United States. The Ronald Press Co. New York. 168-187.
- Pillay, T.V.R. 1997. Acuicultura, principios y prácticas. LIMUSA. México. 699 pp.
- Rao, T.R. and Sarma, S.S.S. 1986. Demographic parameters of *Brachionus patulus* Müller (Rotifera) exposed to sublethal DDT concentrations at low and high food levels. *Hydrobiologia*. 139: 193-200.
- Repka, S. 1997a. Effects of food type on the life history of *Daphnia* clones from lakes differing in trophic state. I. *Daphnia galeata* feeding on *Scenedesmus* and *Oscillatoria*. *Freshwater Biology* 38: 675-683.
- Repka, S. 1997b. Effects of food type on the life history of *Daphnia* clones from lakes differing in trophic state. II. *Daphnia cucullata* feeding on mixed diets. *Freshwater Biology* 38: 685-692.
- Rico-Martínez, R. and Dodson, S.I. 1992. Culture of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. *Aquaculture*. 105: 191-199.

- Rodríguez, C., Pérez, J.A., Lorenzo, A., Izquierdo, M.S. and Cejas, J.R. 1994.n-3 HUFA requirement of larval gilthead seabream *Sparus aurata* when using high levels of eicosapentaenoic acid. *Comp. Biochem. Physiol. A Comparative Physiology*. 107:693-698.
- Rothhaupt, K.O. 1988. Mechanistic resource competition theory applied to laboratory experiments with zooplankton. *Nature*. 333: 660-662.
- Rothhaupt, K.O. 1995. Algal nutrient limitation affects rotifer growth rate but not ingestion rate. *Limnol. Oceanogr.* 40: 1201-1208.
- Rothhaupt, K.O. and Lampert, W. 1992. Growth rate dependent feeding rates in *Daphnia pulicaria* and *Brachionus rubens*: adaptations to intermediate time-scale variations in food abundance. *J. Plankton Res.* 14: 735-751.
- Sarma, S.S.S. 1991. Rotifers and Aquaculture. *Environment & Ecology* 9 (2): 414-428.
- Sarma, S.S.S. 1993. Feeding responses of *Asplanchna brightwelli* (Rotifera): laboratory and field studies. *Hydrobiologia*. 255/256: 275-282.
- Sarma, S.S.S., Nandini, S. and Stevenson, R.A.A. 1998. Nutritional quality of prey (*Brachionus calyciflorus*) affects the population growth of predatory rotifers (*Asplanchna sieboldi*) (Rotifera). *Hidrobiológica* 8 (1): 73-80.
- Sarma, S.S.S., Fernandez, A. M. A. and Nandini, S. 1999. Competition between *Brachionus calyciflorus* Pallas and *Brachionus patulus* (Müller) (Rotifera) in relation to algal food concentration and initial population density. *Aquatic Ecology* 33: 339-345.
- Sarma, S.S.S., Larios, J.P.S. and Nandini, S. 2001a. Effect of three food types on the population growth of *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus patulus* (Rotifera: Brachionidae). *Rev. Biol. Trop.* 49(1): 75-82.
- Sarma, S.S.S., Larios, J.P.S. and Nandini, S. 2001b. Population growth of *Asplanchna sieboldi* fed two *Brachionus* spp. (Rotifera) raised on green alga and baker's yeast. *Hydrobiologia*. 00: 1-7.
- Snell, T.W., Childress, M.J. and Boyer, E.M. 1987. Assessing the status of rotifer mass cultures. *J. World Aquacult. Soc.* 18(4): 270-277.

- Snell, T.W. and Janssen, C.R. 1995. Rotifers in ecotoxicology: a review. *Hydrobiologia*. 313/314: 231-247.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. 1995. Biometry. Second edition. W. H. Freeman & Company. San Francisco. 589 pp.
- Stemberger, R.S. and Gilbert, J.J. 1987. Defense of planktonic rotifers against predators. In: Kerfoot W. C. and A. Sih (eds.). Predation: direct and indirect effects on aquatic communities. The Univ. Press of New England, Hanover. N. H. USA: 227-239.
- Støttrup, J.G. and Jensen, J. 1990. Influence of algal diet on feeding and egg-production of the calanoid copepod *Acartia tonsa* DANA. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 141: 87-105.
- Tamaru, C.S., Murashige, R., Cheng-Sheng, L., Ako, H. and Sato, V. 1993. Rotifers fed various diets of baker's yeast and/or *Nannochloropsis oculata* and their effect on the growth and survival of striped mullet (*Mugil cephalus*) and milkfish (*Chanos chanos*) larvae. *Aquaculture*. 110: 361-372.
- Treece, G.D. and Allen, D.D. 2000. Culture of small zooplankters for the feeding of larval fish. Southern Regional Aquaculture Center No. 701.
- Watanabe, T.C. 1989. Nutrition and growth: In: Shepard, C. J. and N. R. Bromage. (Eds.), Intensive fish farming. Blackwell Science Publ. London. 154-197.
- Watanabe, T.C., Kitajima and Fujita, S. 1983a. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. *Aquaculture*. 34: 115-143.
- Watanabe, T.C., Tamiya, T., Oka, A., Hirata, C., Kitajima, C. and Fujita, S, 1983b. Improvement of dietary value of live foods for fish larvae by feeding them on ω 3 highly unsaturated fatty acids and fat-soluble vitamins. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 50: 1015-1022.
- Williamson, C.E. 1983. Invertebrate predation on planktonic rotifers. *Hydrobiologia* 104: 385-396.

ANEXO I**IZT.****MEDIO DE CULTIVO PARA MICROALGAS BOLD BASAL**

(Borowitzka y Borowitzka, 1988)



1.- Nitrato de sodio (NaNO_3)	250 g/l
2.- Sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	75 g/l
3.- Fosfato de potasio dibásico ($\text{K}_2 \text{HPO}_4$)	75 g/l
4.- Fosfato de potasio monobásico (KHPO_4)	75 g/l
5.- Cloruro de sodio (NaCl)	25 g/l
6.- EDTA	50 g + 31 g KOH /l
7.- Sulfato de hierro ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	4.98 g +1 ml H_2SO_4
8.- Ácido bórico (H_3BO_3)	11.42 g/l
9.- Elementos traza:	
* Cloruro de magnesio ($\text{MgCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	1.44 g/l
* Trióxido de molibdeno (MoO_3)	0.71 g/l
* Sulfato de cobre (CuSO_4)	1.75 g/l
* Nitrato de cobalto ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$)	0.49 g/l
* Sulfato de zinc (ZnSO_4)	8.82 g/l

Para cada litro de agua destilada, se agregan dos mililitros de cada solución.

MEDIO DE CULTIVO PARA ZOOPLANCTON EPA

(Anónimo, 1985)

1.- Bicarbonato de sodio (NaHCO_3)	96 mg/l
2.- Sulfato de calcio (CaSO_4)	60 mg/l
3.- Sulfato de magnesio (MgSO_4)	60 mg/l
4.- Cloruro de potasio (KCl)	4 mg/l

Todo lo anterior se disuelve en un litro de agua destilada.

ANEXO II

Tabla I. Análisis de Varianza para densidad máxima de *B. calyciflorus*, *B. rubens*, *C. dubia* y *M. macrocopa* con relación a las 7 dietas (** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$ y ns = no significativo).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F
<i>B. calyciflorus</i>				
Entre grupos	6	3618.938	603.16	1.45 ns
Dentro de grupos	21	8724.313	415.44	
Total	27	12343.250		
<i>B. rubens</i>				
Entre grupos	6	43586.609	7264.43	79.83 ***
Dentro de grupos	21	1911.063	91.00	
Total	27	45497.672		
<i>C. dubia</i>				
Entre grupos	6	263.476	43.91	27.77 ***
Dentro de grupos	21	33.202	1.58	
Total	27	296.678		
<i>M. macrocopa</i>				
Entre grupos	6	426.867	71.14	12.00 ***
Dentro de grupos	21	124.546	5.93	
Total	27	551.414		

Tabla II. Prueba de Tukey (Sokal y Rohlf, 1995) para encontrar las diferencias entre medias (valor absoluto) de densidad máxima para *B. calyciflorus*, *B. rubens*, *C. dubia* y *M. macrocopa* respecto a las 7 dietas. (1 = L, 2 = Ch, 3 = Sc, 4 = Ch+Sc, 5 = Ch+L, 6 = Sc+L, 7 = Ch+Sc+L). En negritas: DVS.

<i>B. calyciflorus.</i>								<i>B. rubens.</i>							
1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	
1	---							1	---						
2	0.93	---						2	0.00	---					
3	0.56	0.98	---					3	0.98	0.00	---				
4	0.32	0.89	0.99	---				4	0.00	0.00	0.00	---			
5	0.99	0.99	0.90	0.69	---			5	0.00	0.01	0.00	0.00	---		
6	0.82	0.99	0.99	0.97	0.99	---		6	0.99	0.00	0.96	0.00	0.00	---	
7	0.26	0.85	0.99	0.99	0.62	0.94	---	7	0.00	0.42	0.00	0.18	0.00	0.00	---
<i>C. dubia.</i>								<i>M. macrocopa.</i>							
1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	
1	---							1	---						
2	0.00	---						2	0.00	---					
3	0.06	0.00	---					3	0.00	0.87	---				
4	0.00	0.05	0.00	---				4	0.00	0.26	0.91	---			
5	0.01	0.02	0.97	0.00	---			5	0.00	0.79	0.99	0.96	---		
6	0.16	0.00	0.99	0.00	0.83	---		6	0.02	0.99	0.50	0.08	0.40	---	
7	0.00	1.00	0.00	0.05	0.02	0.00	---	7	0.00	0.06	0.49	0.98	0.59	0.01	---

Tabla III. Análisis de Varianza para día de densidad máxima de *B. calyciflorus*, *B. rubens*, *C. dubia* y *M. macrocopa* con relación a las 7 dietas (***) = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$ y ns = no significativo).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F
<i>B. calyciflorus</i>				
Entre grupos	6	77.429	12.90	2.16 ns
Dentro de grupos	21	125.250	5.96	
Total	27	202.679		
<i>B. rubens</i>				
Entre grupos	6	263.429	43.90	13.31 ***
Dentro de grupos	21	69.250	3.30	
Total	27	332.679		
<i>C. dubia</i>				
Entre grupos	6	1428.857	238.14	12.41 ***
Dentro de grupos	21	403.000	19.19	
Total	27	1831.857		
<i>M. macrocopa</i>				
Entre grupos	6	235.714	39.29	6.11 ***
Dentro de grupos	21	135.000	6.43	
Total	27	370.714		

Tabla IV. Prueba de Tukey (Sokal y Rohlf, 1995) para encontrar las diferencias entre medias (valor absoluto) del día de densidad máxima para *B. calyciflorus*, *B. rubens*, *C. dubia* y *M. macrocopa* respecto a las 7 dietas. (1 = L, 2 = Ch, 3 = Sc, 4 = Ch+Sc, 5 = Ch+L, 6 = Sc+L, 7 = Ch+Sc+L). En negritas: DVS.

<i>B. calyciflorus.</i>								<i>B. rubens.</i>							
1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	
1	---							1	---						
2	0.13	---						2	0.02	---					
3	0.99	0.35	---					3	0.59	0.59	---				
4	0.94	0.60	0.99	---				4	0.00	0.02	0.00	---			
5	0.28	0.99	0.60	0.84	---			5	0.00	0.14	0.00	0.98	---		
6	0.22	0.99	0.51	0.77	0.99	---		6	0.00	0.81	0.06	0.36	0.81	---	
7	0.68	0.90	0.94	0.99	0.98	0.97	---	7	0.00	0.19	0.00	0.95	0.99	0.89	---
<i>C. dubia.</i>								<i>M. macrocopa.</i>							
1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	
1	---							1	---						
2	0.00	---						2	0.39	---					
3	0.85	0.23	---					3	0.00	0.12	---				
4	0.00	0.95	0.04	---				4	0.04	0.86	0.72	---			
5	0.00	0.97	0.04	0.99	---			5	0.00	0.16	0.99	0.79	---		
6	0.00	0.97	0.04	0.99	1.00	---		6	0.01	0.55	0.95	0.99	0.97	---	
7	0.00	0.84	0.02	0.99	0.99	0.99	---	7	0.00	0.32	0.99	0.95	0.99	0.99	---

Tabla V. Análisis de Varianza para tasa de incremento poblacional por día de *B. calyciflorus*, *B. rubens*, *C. dubia* y *M. macrocopa* con relación a las 7 dietas (***) = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$ y ns = no significativo).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F
<i>B. calyciflorus</i>				
Entre grupos	6	0.161	0.03	18.87 ***
Dentro de grupos	21	0.030	0.00142	
Total	27	0.190		
<i>B. rubens</i>				
Entre grupos	6	0.133	0.02	23.06 ***
Dentro de grupos	17	0.016	0.00096	
Total	23	0.149		
<i>C. dubia</i>				
Entre grupos	6	0.303	0.05	16.57 ***
Dentro de grupos	21	0.058	0.003	
Total	27	0.361		
<i>M. macrocopa</i>				
Entre grupos	6	0.166	0.03	11.92 ***
Dentro de grupos	21	0.049	0.0023	
Total	27	0.215		

Tabla VI. Prueba de Tukey (Sokal y Rohlf, 1995) para encontrar las diferencias entre medias (valor absoluto) del valor de la tasa de incremento poblacional por día (r) para *B. calyciflorus*, *B. rubens*, *C. dubia* y *M. macrocopa* respecto a las 7 dietas. (1 = L, 2 = Ch, 3 = Sc, 4 = Ch+Sc, 5 = Ch+L, 6 = Sc+L, 7 = Ch+Sc+L). En negritas: DVS.

<i>B. calyciflorus.</i>								<i>B. rubens.</i>							
1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	
1	---							1	---						
2	0.85	---						2	0.00	---					
3	0.99	0.91	---					3	0.80	0.00	---				
4	0.51	0.06	0.43	---				4	0.57	0.00	0.99	---			
5	0.00	0.00	0.00	0.02	---			5	0.73	0.00	0.03	0.02	---		
6	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	---		6	0.26	0.00	0.84	0.99	0.00	---	
7	0.79	0.99	0.85	0.04	0.00	0.00	---	7	0.96	0.00	0.99	0.91	0.09	0.54	---
<i>C. dubia.</i>								<i>M. macrocopa.</i>							
1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	
1	---							1	---						
2	0.00	---						2	0.00	---					
3	0.00	0.12	---					3	0.00	0.04	---				
4	0.00	0.84	0.73	---				4	0.00	0.51	0.75	---			
5	0.00	0.91	0.62	0.99	---			5	0.02	0.00	0.95	0.22	---		
6	0.00	0.99	0.04	0.53	0.65	---		6	0.01	0.00	0.98	0.33	0.99	---	
7	0.05	0.16	0.00	0.01	0.01	0.39	---	7	0.00	0.01	0.99	0.45	0.99	0.99	---

Tabla VII. Análisis de Varianza para la longitud de *B. calyciflorus*, *B. rubens*, *C. dubia* y *M. macrocopa* con relación a las 7 dietas (***) = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$ y ns = no significativo).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F
<i>B. calyciflorus</i>				
Entre grupos	6	4920.625	820.10	2.40 *
Dentro de grupos	63	21484.875	341.03	
Total	69	26405.500		
<i>B. rubens</i>				
Entre grupos	6	8101.10	1350.18	5.22 ***
Dentro de grupos	64	16528.60	258.26	
Total	70	24629.70		
<i>C. dubia</i>				
Entre grupos	6	110219.89	18369.98	4.74 ***
Dentro de grupos	66	255469.09	3870.74	
Total	72	365688.98		
<i>M. macrocopa</i>				
Entre grupos	6	130846.08	21807.68	2.46 *
Dentro de grupos	77	610094.54	8841.94	
Total	83	740940.62		

Tabla VIII. Prueba de Tukey (Sokal y Rohlf, 1995) para encontrar las diferencias entre medias para la longitud (valor absoluto) *B. calyciflorus*, *B. rubens*, *C. dubia* y *M. macrocopa* con relación a las 7 dietas. En negritas: DVS.

<i>B. calyciflorus.</i>								<i>B. rubens.</i>							
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7
1	---							1	---						
2	0.58	---						2	0.97	---					
3	0.77	0.99	---					3	1.00	0.97	---				
4	0.25	0.99	0.97	---				4	0.63	0.97	0.62	---			
5	0.25	0.99	0.97	1.00	---			5	0.00	0.00	0.00	0.05	---		
6	0.99	0.39	0.59	0.14	0.14	---		6	0.99	0.99	0.99	0.95	0.00	---	
7	0.99	0.77	0.90	0.41	0.41	0.99	---	7	0.63	0.97	0.62	1.00	0.05	0.95	---
<i>C. dubia.</i>								<i>M. macrocopa.</i>							
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7
1	---							1	---						
2	0.13	---						2	0.99	---					
3	0.00	0.12	---					3	0.99	0.98	---				
4	0.02	0.99	0.35	---				4	0.91	0.68	0.98	---			
5	0.05	0.99	0.31	0.99	---			5	0.94	0.76	0.99	0.99	---		
6	0.00	0.95	0.60	0.99	0.99	---		6	1.00	0.99	0.99	0.92	0.95	---	
7	0.03	0.99	0.23	0.99	1.00	0.99	---	7	0.10	0.02	0.17	0.50	0.46	0.09	---

Tabla IX. Análisis de Varianza para el peso de *C. dubia* y *M. macrocopa* con relación a las 7 dietas (***) = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$ y ns = no significativo).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F
<i>C. dubia</i>				
Entre grupos	6	652.455	108.74	2.37 *
Dentro de grupos	66	3028.799	45.89	
Total	72	3681.254		
<i>M. macrocopa</i>				
Entre grupos	6	22921.477	3820.25	85.72 ***
Dentro de grupos	69	3074.914	44.56	
Total	75	25996.391		

Tabla X. Prueba de Tukey (Sokal y Rohlf, 1995) para encontrar las diferencias entre medias para el peso (valor absoluto) de *C. dubia* y *M. macrocopa* con relación a las 7 dietas. En negritas: DVS.

<i>C. dubia.</i>								<i>M. macrocopa.</i>							
1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	
1	---							1	---						
2	0.99	---						2	0.00	---					
3	0.84	0.99	---					3	0.89	0.00	---				
4	0.99	0.99	0.95	---				4	0.00	0.99	0.00	---			
5	0.66	0.21	0.04	0.29	---			5	0.58	0.00	0.99	0.00	---		
6	0.94	0.55	0.16	0.68	0.99	---		6	0.97	0.00	0.33	0.00	0.09	---	
7	0.99	0.85	0.40	0.93	0.87	0.99	---	7	1.00	0.00	0.86	0.00	0.49	0.96	

ANEXO III

Tabla XI. Análisis de Varianza para la densidad máxima de *A. sieboldi* mantenido con los rotíferos *B. calyciflorus* cultivado con las dietas Ch, Ch+Sc y Ch+Sc+L y *B. rubens* cultivado con Ch, Ch+L y Ch+Sc+L (** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$ y ns = no significativo).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F
<i>B. calyciflorus</i>				
Entre grupos	2	158.16	79.08	6.20 *
Dentro de grupos	9	114.75	12.75	
Total	11	272.91		
<i>B. rubens</i>				
Entre grupos	2	103.167	51.58	18.21 ***
Dentro de grupos	9	25.500	2.83	
Total	11	128.667		

Tabla XII. Prueba de Tukey para encontrar las diferencias entre medias (valor absoluto) de densidad máxima del depredador *A. sieboldi*. En negritas: DVS.

<i>A. sieboldi</i> con <i>B. calyciflorus</i>.			<i>A. sieboldi</i> con <i>B. rubens</i>.			
	1	2	3	1	2	3
1	---			1	---	
2	0.11	---		2	0.56	---
3	0.02	0.48	---	3	0.00	0.00

Tabla XIII. Análisis de Varianza para día de densidad máxima de *A. sieboldi* mantenido con los rotíferos *B. calyciflorus* cultivado con las dietas Ch, Ch+Sc y Ch+Sc+L y *B. rubens* cultivado con Ch, Ch+L y Ch+Sc+L (** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$ y ns = no significativo).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F
<i>B. calyciflorus</i>				
Entre grupos	2	11.16	5.58	1.08 ns
Dentro de grupos	9	46.50	5.16	
Total	11	57.66		
<i>B. rubens</i>				
Entre grupos	2	1.167	0.58	0.13 ns
Dentro de grupos	9	39.500	4.39	
Total	11	40.667		

Tabla IV. Prueba de Tukey para encontrar las diferencias entre medias (valor absoluto) de día de densidad máxima del depredador *A. sieboldi*. En negritas: DVS.

<i>A. sieboldi</i> con <i>B. calyciflorus</i> .				<i>A. sieboldi</i> con <i>B. rubens</i> .			
	1	2	3		1	2	3
1	---			1	---		
2	0.54	---		2	0.87	---	
3	0.38	0.94	---	3	0.93	0.98	---

Tabla XV. Análisis de Varianza para tasa de incremento poblacional por día de *A. sieboldi* mantenido con los rotíferos *B. calyciflorus* cultivado con las dietas Ch, Ch+Sc y Ch+Sc+L y *B. rubens* cultivado con Ch, Ch+L y Ch+Sc+L (** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$ y ns = no significativo).

Fuente de variación	gl	SC	CM	F
<i>B. calyciflorus</i>				
Entre grupos	2	0.106	0.05	2.29 ns
Dentro de grupos	6	0.139	0.02	
Total	8	0.245		
<i>B. rubens</i>				
Entre grupos	2	0.009	0.004	5.93 *
Dentro de grupos	6	0.004	0.0008	
Total	8	0.013		

Tabla XVI. Prueba de Tukey para encontrar las diferencias entre medias (valor absoluto) de tasa de incremento poblacional por día (\bar{x}) del depredador *A. sieboldi*. En negritas: DVS.

<i>A. sieboldi</i> con <i>B. calyciflorus</i> .				<i>A. sieboldi</i> con <i>B. rubens</i> .			
	1	2	3		1	2	3
1	---			1	---		
2	0.18	---		2	0.90	---	
3	0.30	0.92	---	3	0.04	0.07	---