



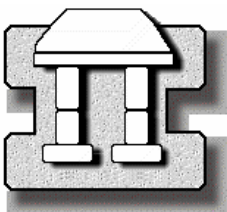
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

Efecto del Estrés Salino sobre la Dinámica Poblacional de: *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus havanaensis*, *Brachionus rubens* y *Brachionus calyciflorus* (Rotifera)

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
ISRAEL DELGADO MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. S. S. S. SARMA



LOS REYES IZTACALA TLALNEPANTLA, EDO DE MEX.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dios Le tiene miedo al hombre, al conocimiento, por eso el hombre no tiene que llegar a conocer, a saber, la ciencia el enemigo de dios.

Federico Nietzsche

¡Esta es mi mañana, despunta *mi* día;! ¡Ven, ahora, Gran Mediodía!

Federico Nietzsche

DEDICATORIA

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de realizar el Bachillerato y Universidad dentro de esta gran casa de estudios, forjada por grandes hombres.

A la FES-I por ser la institución donde desarrolle una parte culminante de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al **DR. S.S.S. Sarma** y la **Dra. Nandini S.** por haberme permitido formar parte de su equipo de trabajo, así como por todos los comentarios y conocimientos vertidos para la realización de este trabajo.

Al **Dr. Sergio Chazaro** y la **Biol. Teresa Ramírez** por su ayuda y pertinentes observaciones durante el desarrollo de este trabajo.

Al **M.en C. Jose Luis Gama Flores** por la ayuda para la realización de este trabajo, además de el apoyo, las atenciones brindadas y valiosas sugerencias.

A mis padres por todo el tiempo gastado en mí desde que era niño, por el gran apoyo incondicional que me han demostrado toda la vida así como por sus consejos y regaños, **GRACIAS**.

A mis hermanos Edgardo y Aaron por su apoyo moral, así como por los buenos momentos que he vivido con ellos y las muchas veces que me ayudaron a salir adelante.

A Rocío por su gran apoyo, por los buenos momentos, por ser una de las personas más importantes para mí.

A mis amigos: Adrián (Stay Heavy), Saúl, Fabiola , Juan Carlos (Charly), Sagrario, Lucrecia, Alma , Daniela, Beto, Anita , Juan, Alejandro vega , Oscar, Alvaro, Elena, Margarita, David, Gabriel Piña, Iris y a todos los que alguna vez compartimos algún momento agradable.

A mis compañeros de laboratorio por hacer agradable y divertida mi estancia dentro de el laboratorio durante la realización de este trabajo.

Este trabajo fue realizado con apoyo del Proyecto CONACYT SEP-41786-Q

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	10
JUSTIFICACIÓN	13
OBJETIVOS	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.....	14
MATERIAL Y MÉTODO	15
Organismos.....	15
Alimento.....	15
Rotíferos.....	15
Crecimiento poblacional de los rotíferos bajo diferentes concentraciones de salinidad por cloruro de sodio.....	16
RESULTADOS	18
A) EFECTO AGUDO	18
Concentración letal media (CL ₅₀).....	18
B) EFECTO CRÓNICO	18
<i>Anuraeopsis fissa</i>	18
Crecimiento poblacional.....	18
Día de abundancia máxima.....	18
Tasa de crecimiento poblacional.....	19
<i>Brachionus havanaensis</i>	20
Crecimiento poblacional.....	20
Día de abundancia máxima.....	21
Tasa de crecimiento poblacional.....	21
<i>Brachionus rubens</i>	22
Crecimiento poblacional.....	22
Día de abundancia máxima.....	22
Tasa de crecimiento poblacional.....	23
<i>Brachionus calyciflorus</i>	24
Crecimiento poblacional.....	24
Día de abundancia máxima.....	25
Tasa de crecimiento poblacional.....	25
DISCUSIÓN	35
CONCLUSIÓN	39
BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	45

RESUMEN

La cantidad de agua dulce en la tierra es muy pequeña y esta es ocupada por el hombre de alguna u otra forma, para pescar, para deportes acuáticos, navegación, etc. El agua de desperdicio de las industrias y uso doméstico, altera los sistemas acuáticos cuando esta es descargada en ellos, afectando negativamente a la biodiversidad de los cuerpos de agua, ya que ejerce un estrés en los organismos acuáticos.

El zooplancton es característico de las aguas dulces y este está conformado principalmente por: Rotíferos y Crustáceos; los rotíferos son un importante componente de los ecosistemas de agua dulce. Los rotíferos son altamente reconocidos como bioindicadores en pruebas de calidad de agua y algunas de las características biológicas por las cuales estos son relevantes para ser bioindicadores son: su gran sensibilidad, el tiempo corto de crecimiento, una amplia distribución además presentan una alta diversidad, su relativamente fácil cultivo y mantenimiento en el laboratorio.

La mayoría de trabajos de los rotíferos están enfocados sobre taxonomía, distribución, alimentación y crecimiento poblacional. La importancia de estos trabajos es el encontrar especies dulceacuícolas que tengan cierta tolerancia a diferentes salinidades, ya que estas pueden ser utilizadas dentro de la acuicultura para soportar cultivos de especies marinas.

En el presente trabajo se estimó el impacto de la salinidad (cloruro de sodio) sobre la dinámica poblacional de *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus havanaensis*, *Brachionus rubens*, *Brachionus calyciflorus* (Rotífera), se utilizó la microalga unicelular verde *Chlorella vulgaris* como alimento, en el caso de los rotíferos estos fueron alimentados *ad libitum* con la microalga unicelular *Chlorella vulgaris*. El diseño experimental considero cinco concentraciones de salinidad para cuantificar el crecimiento de las especies se utilizó el modelo matemático de crecimiento exponencial $r = (\ln N_t - \ln N_0) / t$. Para cuantificar el crecimiento de las especies se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) de un solo factor. Se observó que para *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus havanaensis*, y *Brachionus calyciflorus* las concentraciones de 0.375 y 0.750 fue muy similar el crecimiento, pero al irse incrementando la concentración de sal en el caso de 1.5 gr/l, los organismos declinaban en su crecimiento y a concentraciones más altas como en el caso de 3.0 gr/l la población se mantenía hasta diez días y su crecimiento era nulo.

Al ir incrementando la concentración de cloruro de sodio fue más notable un efecto negativo sobre el crecimiento poblacional de las especies trabajadas debido a la poca tolerancia hacia el cloruro de sodio de las especies, además de que todas las especies trabajadas tienen poca tolerancia a salinidades mayores de 3.0 g/l por eso se encuentran restringidas a medios dulceacuícolas.

Se concluyó que: el cloruro de sodio (NaCl) tiene un efecto negativo sobre la dinámica poblacional de las especies de rotíferos de agua dulce, aunque algunas especies son más resistentes que otras, al ir incrementando la concentración de cloruro de sodio fue más notable un efecto negativo sobre el crecimiento poblacional de las especies trabajadas debido a la poca tolerancia hacia el cloruro de sodio de las especies, la especie más sensible al cloruro de sodio fue *Anuraeopsis fissa*, las especies menos sensibles al cloruro de sodio fueron, *Brachionus rubens*, *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus havanaensis*, respectivamente, todas las especies trabajadas tienen poca tolerancia a salinidades mayores de 3.0 g/l por eso se encuentran restringidas a medios dulceacuícolas y que la concentración salina más adecuada para obtener crecimiento poblacional de las especies dulceacuícolas trabajadas oscila entre 0.375 y 1.5 g/l de cloruro de sodio.

INTRODUCCIÓN

La cantidad de agua dulce en la tierra es muy pequeña en comparación con las aguas oceánicas (ver tabla 1), pero su periodo cíclico es más rápido. Los eventos glaciales, volcánicos y tectónicos han agregado agua a muchos lagos ya existentes; el agua existente en los lagos y lagunas es solo una minúscula parte del agua total de la tierra, una gran parte de agua dulce en la tierra la encontramos como nieve a grandes altitudes y en los polos (Bronmark & Hansson, 1998), esta constituye entre el 50% y 95% del peso de cualquier sistema vivo funcionando, está compuesta por dos átomos de hidrogeno y una de oxigeno, posee una carga neutra y tiene igual número de protones y electrones (Curtis, 1993).

Cuerpo de agua	Porcentaje total
Océanos	97.61
Glaciares, Hielo polar	2.08
Aguas subterráneas	0.29
Lagos de agua dulce	0.009
Lagos de agua salada	0.008
Humedad del suelo	0.005
Ríos	0.00009
Vapor de agua en la atmósfera	0.0009

Tabla 1. Muestra los porcentajes agua en la tierra, por cada cuerpo de agua*

- Tomado de: Wetzel, 1983.

El agua dulce sobre la tierra es ocupada por el hombre de alguna u otra forma, para tomar, para irrigación, para producir energía, en la pesca o la navegación, esta ha sido utilizada por los humanos desde tiempos muy remotos, en la actualidad esta se utiliza para la agricultura, el desarrollo industrial, en limpieza, así como en el uso doméstico; dentro de la agricultura grandes cantidades de agua son utilizadas, la mayoría de esta, es utilizada para el desarrollo de cultivos y después se integra a la atmósfera mediante el proceso de transpiración de los cultivos. Además podemos observar su uso dentro de la acuicultura, ya que esta requiere una gran cantidad y calidad de agua para el cultivo de peces. En la agricultura la mayoría de cultivos usan fertilizantes, los cuales son lavados con la lluvia o la irrigación y estos afectan el estatus de nutrientes y salinidad dentro de los cuerpos de agua; en el medio, los contaminantes

actúan de tres diferentes maneras; sedimentándose en el sustrato, siendo gravemente tóxicos y matando a los organismos directamente o reduciendo el contenido de oxígeno disponible (Maitland, 1990).

El estrés químico afecta negativamente a la biodiversidad de los sistemas acuáticos, especialmente en áreas en las cuales la intensa actividad agrícola esta presente. Algunas áreas agrícolas cuentan además con una alta cantidad de aguas superficiales, estos ecosistemas pueden ser contaminados debido al rocío de los cultivos con pesticidas, por medio de avionetas; los pesticidas son químicos con un modo específico de acción que interfieren directamente con poblaciones susceptibles a ese mecanismo de acción del químico (Brock, 1998). Ciertos insecticidas inhiben las poblaciones de copépodos y favorecen indirectamente a los rotíferos, este efecto es muy parecido, al producido por un simple aumento de la fertilidad del agua (Margalef, 1983). Algunos tóxicos pueden alterar la velocidad de nado del predador o de la presa y puede disminuir la eficiencia de captura del predador (Preston & Snell, 2001).

La salinidad en los cuerpos de agua del mundo es variable, la misma depende de las influencias iónicas del drenaje, con la atmósfera, el océano, la actividad humana y el equilibrio e intercambio con el sedimento del cuerpo de agua; los tres factores que controlan la salinidad de un cuerpo de agua son: las rocas que predominan en el medio, la precipitación atmosférica y el proceso de evaporación-precipitación (Brönmark & Hansson, 1998). El mar es la mayor fuente atmosférica de sodio, cloruros, magnesio y sulfatos, el agua de mar la cual se evapora, forma partículas de sal que son capaces de actuar como núcleos en las nubes, o la lluvia; el viento también contribuye a la salinización de los cuerpos de agua dulce, las sales transportadas por el viento se depositan en estos y estas aguas a su vez pueden ser arrastradas por corrientes y depositadas en otros lagos (Wetzel, 1983).

La composición química de las aguas bajas en sales, dominadas por sodio y cloruro, es influenciada por sales disueltas provenientes de la precipitación atmosférica (estas son derivadas del océano); además de las escorrentías de las cuencas formadas

por rocas ígneas, la percolación de aguas subterráneas las cuales después pueden aflorar a la superficie; los principales procesos por los cuales se controla el nivel de la salinidad en los cuerpos de agua dulce son: la precipitación atmosférica, el movimiento del agua de las cuencas hacia los ríos, el tipo de roca dominante en la región y la evaporación; en la mayoría de lagos salinos, la temperatura también contribuye a la salinización ya que esta intemperiza las rocas (Wetzel, 1983).

Las principales causas de la salinización antropogénica son las descargas de aguas salinas de desperdicio lo que causa la salinidad de muchos cuerpos dulceacuícolas así como pantanos y ríos (Williams, 2001).

Las aguas salinas podemos clasificarlas en diferentes tipos: a) aguas salobres, las cuales incluyen lagunas hipersalinas con una conexión periódica al mar y una biota marina eurihalina; b) aguas relicto las cuales alguna vez estuvieron conectadas al mar, pero ahora están aisladas de él y tienen una biota que es mezcla de orígenes marinos y de agua dulce; c) salinas y salobres: las cuales comprenden aguas dominadas por cloruros las cuales incluyen charcas de evaporación, trabajos solares salinos como el Great Salt Lake; d) aguas salobres terrestres donde la composición primaria es de sulfatos y/o carbonatos y e) aguas minerales y aguas termales de orígenes subterráneos (Herbst, 2001). Las concentraciones de sales en las aguas marinas van de 35 g a 39 g de sales por Kg de agua y predomina el cloruro de sodio en el caso de las aguas dulces estas contienen 1 g de sales por Kg de agua y predomina el bicarbonato cálcico (Wetzel, 1983). En nuestro país, cuatro de los ocho lagos más grandes son salinos y es frecuente encontrar ríos, manantiales o pozos con aguas salinas, pero a pesar de tener estas condiciones encontramos formas de vida como rotíferos y peces como el charal (Morales, 2003).

Existe un impacto de la salinidad sobre los organismos de aguas dulces, debido al hecho de que las distintas especies, tienen diferentes grados de resistencia hacia las diversas sales, las cuales pueden actuar a diferentes temperaturas; un pequeño levantamiento en el nivel de salinidad puede ser altamente significativo en las aguas dulces ya que la halotolerancia de la biota de agua dulce es mas baja que la de los lagos salados (Williams, 2001). El estrés que ejerce la contaminación en los organismos

acuáticos, (en caso particular en el zooplancton) afecta la dinámica poblacional de las especies, mientras que los altos niveles de contaminantes nos pueden mostrar cambios reconocibles y medibles a nivel de organismo. Estos pueden presentar una reducción en la fertilidad de la hembra, un lapso más largo de tiempo para la primera reproducción que es causada por el estrés de los agentes contaminadores, esto toma importancia ya que afecta a nivel demográfico (Rao & Sarma, 1990a). Por otro lado las charcas temporales con concentraciones salinas de baja a moderada intensidad representan un amplio hábitat que comprende especies con rápido desarrollo, migración, estadios inactivos, limitada habilidad osmorregulatoria, una capacidad de regulación iónica no específica y poca habilidad competitiva (Herbst, 2001).

Las altas concentraciones de salinidad ejercen un estrés en cualquier organismo viviente, ya que este tiene que hacer frente a las concentraciones salinas y con la vida resistente a concentraciones iónicas altas; los lagos salados pueden ser considerados ambientes extremos, ya que mientras más alta es la salinidad mas extremas se vuelven las condiciones de vida (Oren, 2001).

El zooplancton esta conformado principalmente por tres grandes grupos: rotíferos y dos subclases de crustáceos: cladóceros y copépodos (Wetzel, 1983). Los rotíferos son principalmente habitantes característicos de las aguas dulces, algunos de ellos planctónicos, parecen tener una distribución mundial pero varían ampliamente en su tolerancia y requerimientos ecológicos (Hutchinson, 1967). Los rotíferos son los invertebrados más importantes en el plancton, estos exhiben un amplio rango de variaciones adaptativas y morfológicas, en la mayoría el cuerpo es elongado y las regiones de la cabeza, el tronco y el pie son claramente distinguibles, la cutícula es generalmente delgada y flexible; en la parte anterior se encuentra la corona la cual se encuentra ciliada, en algunas especies la periferia de la corona también se encuentra ciliada, esta ciliatura sirve para la locomoción y el movimiento de partículas de comida hacia la boca, el sistema digestivo comprende un complejo mastax, el cual esta formado por trofis los cuales están esclerotizados, y son los responsables de moler el alimento (Wetzel, 1983). Esta estructura tiene significado taxonómico y ecológico (Margalef, 1983). Algunos de ellos son planctónicos, ó también los hay sésiles, por otro

lado podemos encontrar densidades de ellos de 200 –300 l⁻¹ y estos ocasionalmente alcanzan 1000 l⁻¹ (Wetzel, 1983). La parte posterior del cuerpo termina en un pie o cola postanal, más o menos móvil, frecuentemente acabado en pinza con dedos, a veces con espolones preapicales y que aloja comúnmente, glándulas que producen una secreción adhesiva, tienen un cuerpo formado por un número de células fijo, y relativamente pequeño, en algunas especies se presentan espinas o prolongaciones de desarrollo alométrico; el periodo de vida de los rotíferos del plancton son de un par de semanas más ó menos, y la ciclomorfosis inducida por los cambios de temperatura es clara (Margalef, 1983). Los protonefridios de los rotíferos participan en la osmorregulación y la regulación iónica, el fluido excretado es hipoosmótico respecto al fluido del pseudocele y el ritmo de descarga de la vejiga esta determinado por el contenido del medio; una tasa alta de descarga de la vejiga sugiere que hay entrada de fluido por la boca durante la alimentación (Barnes, 1998).

En años recientes se han hecho investigaciones las cuales señalan la importancia de los rotíferos para cultivar larvas de peces ya que estos en estados primarios de vida se alimentan de ellos, a su vez que la calidad nutricional y la densidad de rotíferos es uno de los factores importantes en la alimentación de estas larvas, a la vez que también sirven como alimento para crustáceos (Elías & Sarma, 1998). El género *Brachionus* se ha usado para cultivar larvas de peces y crustáceos en la acuicultura (Arevalo *et al.*, 1998a). Además desempeñan un papel importante en la cadena trófica acuática ya que estos pertenecen al zooplancton, además de que estos han sido utilizados como indicadores de aguas contaminadas; son altamente reconocidos como bioindicadores en pruebas de calidad de agua, en pruebas de toxicidad son muy útiles, ya que se colocan en recipientes con un tóxico a una concentración determinada previamente y se establece una dosis en la cual mueren la mitad de la población, de ahí se conoce que tan tóxica puede ser esta sustancia, además de ser utilizados en bioensayos para pruebas de toxicidad subletal. Algunas de sus características biológicas por las cuales estos son relevantes para la ecotoxicología son: su gran sensibilidad, el tiempo corto de crecimiento poblacional, la uniformidad genética (ya que estos presentan partenogénesis), una amplia distribución, presentan una alta diversidad, cuerpo transparente, son indicadores sensibles en cambios ambientales y

presentan altos rangos de crecimiento poblacional en poco tiempo de generación (Sarma, 1991).

Las especies del género *Brachionus* están representadas en los diferentes cuerpos de agua mundiales. Ellos constituyen un grupo de organismos que son muy importantes en los ecosistemas acuáticos, pero también juegan un papel notable en la investigación para explotar los recursos acuáticos vivientes. Las principales investigaciones de este género están basadas acerca de su distribución y sistemática, dinámica poblacional, fisiología, energética, reproducción sexual, inducción de huevos de resistencia, composición bioquímica, ultraestructura, histología e histoquímica, pero los estudios sobre dinámica poblacional están relacionados a la producción en masa de rotíferos como presas de larvas de peces en la industria de la acuicultura (Nogrady *et al.*, 1993). Además de que los estudios en ecotoxicología incluyen la dinámica poblacional y en general la influencia de los factores abióticos. Otros estudios más importantes sobre el género *Brachionus* son los de morfometría, la forma y talla del cuerpo inducida por los factores ambientales o como expresión del genotipo, estudios en la bioquímica de los rotíferos y la calidad nutricional como comida, además de estudios de polimorfismos y especiación; el principal objetivo de los estudios en *Brachionus* ha sido para examinar las mejores condiciones para la dinámica poblacional (Yúfera, 2001).

Los primeros estudios en laboratorio sobre poblaciones mostraron que diferentes especies de *Brachionus* pueden alcanzar altas densidades poblacionales y rangos de crecimiento, bajo condiciones apropiadas. Los estudios ecológicos de rotíferos comúnmente consideran los efectos directos de los tóxicos antropogénicos sobre la sobrevivencia, crecimiento y reproducción de organismos; sin embargo, los tóxicos pueden tener efectos indirectos en las comunidades acuáticas al alterar las interacciones entre las especies como predación y competencia. Las pruebas de tolerancia crónica y aguda son métodos estándar para evaluar la toxicidad de los compuestos antropogénicos sobre los organismos acuáticos y estimar el efecto ambiental de la concentración de estos tóxicos (Nogrady *et al.*, 1993).

Existe información disponible sobre la capacidad de tolerar altas concentraciones de salinidad en tres especies: *Brachionus dimidiatus*, *Brachionus plicatilis* (especie marina) y *Brachionus rotundiformis*, se sabe de algunas especies que pueden regular la sal de su pseudoceloma dado es el caso de *Asplanchna* en la cual sus protonefridios evitan la pérdida del líquido cuando se encuentra en concentraciones altas de salinidad, esta actividad produce un gasto de energía muy alto y repercute en la disminución de tasa de nado (Peredo, 2002).

La especie dulceacuícola *Anuraeopsis fissa* (Fig 1A)(longitud promedio±error estándar $70 \pm 5 \mu\text{m}$) es de amplia distribución, y puede presentarse en grandes cantidades dentro de cuerpos de agua naturales, aunque siendo de talla pequeña puede afectar la abundancia del fitoplancton más pequeño (Dumont *et al.*, 1995).

Brachionus havanaensis (Fig 1B)($105.6 \pm 3.9 \mu\text{m}$), esta especie la podemos encontrar en diferentes partes tropicales y subtropicales del continente Americano, es de las especies más comunes de braquióridos en cuerpos de agua dulce, tiene espinas anteriores y posteriores, son herbívoros, transparentes, por lo que se pueden observar los órganos internos en ella (Pavón-Meza, 2003).

Brachionus rubens (Fig 1C)($117 \pm 4.2 \mu\text{m}$), es un rotífero dulceacuícola, su alimentación puede incluir fitoplancton, con *Chlorella vulgaris*, puede tener diferentes tipos de reproducción dependiendo de factores externos o factores internos (Nandini, 1995).

El rotífero *Brachionus calyciflorus* (Fig.1D)(longitud promedio±error estándar $185 \pm 12 \mu\text{m}$) ha sido usado extensamente como indicador de contaminación y como organismo de bioensayos, además de que ha sido utilizado para alimento de larvas de peces, esta especie ha sido recientemente incluida como organismo estándar por la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales en los Estados Unidos, este organismo está ampliamente distribuido en muchos cuerpos de agua dulce de México (Arevalo *et al.*, 1998b)

El uso de *Chlorella vulgaris* como comida para rotíferos comenzó desde 1982, aunque tiene una deficiencia de vitamina B₁₂. En la actualidad grandes cantidades de ella son utilizadas para la producción de rotíferos; las características del alga son: de forma esférica, los cloroplastos en forma de copa, la propagación es por autoesporas, y sus pigmentos predominantes son la clorofila *a*, clorofila *b* y carotenos (Maruyama *et al.*, 1997). Poco es conocido acerca de la sensibilidad de *Chlorella vulgaris* hacia los tóxicos, las algas ocupan una importante posición como productores primarios en los ecosistemas acuáticos y ellas son la base de las cadenas tróficas acuáticas. La acción tóxica de sustancias en las algas, no es solo importante para los organismos vivos, sino también para otras cadenas tróficas que se entrelazan con ellas (Ferrando *et al.*, 1996).

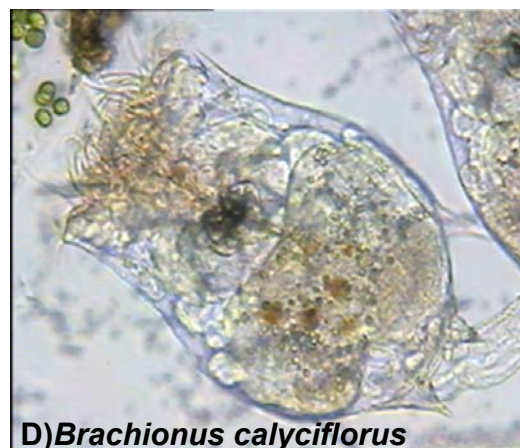
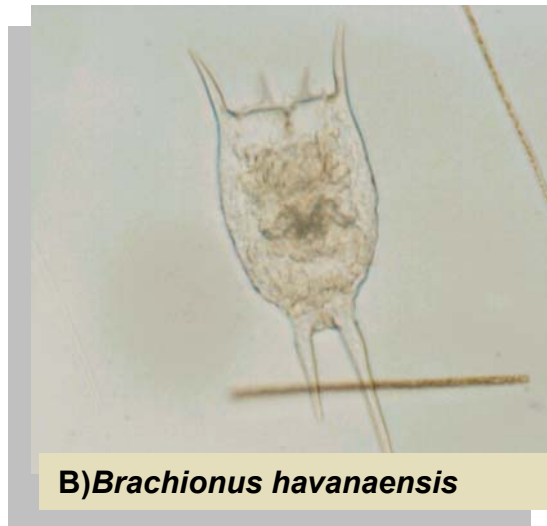


Fig. 1. Especies de rotíferos utilizadas para el presente trabajo: A) *Anuraeopsis fissa*, B) *Brachionus havanaensis*, C) *Brachionus rubens* y D) *Brachionus calyciflorus*.

ANTECEDENTES

Arevalo *et al.* 1998a realizó un experimento donde los rotíferos fueron utilizados para pruebas de toxicidad de agua de la industria de la tortilla (nejayote) como medio para el crecimiento poblacional para la especie *Brachionus calyciflorus* donde los rotíferos no tuvieron crecimiento dentro del agua de desecho (nejayote), pero en una combinación de agua de desecho con alga (*Chlorella vulgaris*) se obtuvo una gran abundancia de rotíferos. Bosque, *et al.* (2001) investigó acerca del efecto de diferentes niveles de comida (75,000 y 150,000 cel ml⁻¹), tres concentraciones de cloruro de sodio (25%, 30% y 35%) y de temperaturas diferentes (20°C y 25°C) sobre la especie *Synchaeta littoralis*, la cual es marina, donde se estudiaron los parámetros demográficos de la especie a través del método de tabla de vida, donde las diferentes concentraciones de cloruro de sodio junto con las diferentes temperaturas tuvieron un efecto negativo sobre *Synchaeta littoralis*.

Asi mismo, Sarma *et al.* (2002) estudiaron el impacto de diferentes niveles de salinidad en las interacciones competitivas de *B. rotundiformis* y *H. jenkiniae* (Rotifera), aunque estos son rotíferos de agua salobres que se han adaptado a aguas dulces. Peredo *et al.*(2003) investigó acerca del efecto combinado de diferentes concentraciones de alga (*Chlorella vulgaris*) y una sal (cloruro de sodio), sobre las especies *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus patulus*, donde *Brachionus calyciflorus* fue el más resistente a una prueba de toxicidad aguda de 24 horas y el papel de protección del alga para reducir el estrés de la sal fue más evidente en *Brachionus calyciflorus* que en *Brachionus patulus*.

Rao & Sarma, (1990b) realizaron diferentes estudios sobre la dinámica poblacional de los rotíferos como el efecto combinado de alimento (*Chlorella vulgaris* a densidades de 1, 2, y 4 x10⁶ cels ml⁻¹) y diferentes temperaturas (25°C y 35°C) sobre poblaciones partenogenéticas de *Brachionus patulus* donde el rango de incremento de la población fue negativo a 15°C a los diferentes niveles de comida y su magnitud fue dependiente del nivel de alimento a 25° C y 35 °C, el cual dio como resultado que había una interacción significativa. Fernández *et al.* (1999) investigaron el efecto de metilparation (5, 10, 20 y 30 mg/l) sobre el crecimiento poblacional del rotífero *Brachionus*

calyciflorus bajo diferentes concentraciones de alga (0.75 , 1.5 , 3.0 y 6.0×10^6 cels ml^{-1}) *Chlorella vulgaris* encontrando que la máxima densidad poblacional de *Brachionus calyciflorus* fue influenciada por el alimento y el tóxico, además de su interacción, a parte ser notorio que al incrementarse el tóxico disminuía la densidad poblacional de rotíferos y el alga redujo el efecto del metil-paration.

Por otra parte Arevalo *et al*; (1998b) realizaron trabajos sobre la dinámica poblacional de *Brachionus calyciflorus* donde el rotífero fue sujeto a diferentes temperaturas 25°C y 30°C y diferentes concentraciones de alga (*Chlorella vulgaris* a 1.0×10^6 , 2.0×10^6 y 4.0×10^6 cels ml^{-1}) y encontraron que el máximo crecimiento de la población estuvo entre el día 6 a 30°C y el día 13 a 25°C dando como resultado un impacto significativo en la máxima densidad poblacional por parte de la temperatura y la comida. Cervetto (1999) en una investigación sobre el calanoideo *Acartia tonsa*, sobre el cual probó el grado de tolerancia de este al cambio en diferentes concentraciones salinas a las que fue expuesto durante un año y demostró que esta especie muestra grandes mortalidades si el cambio instantáneo de medio es de un 10-15% de salinidad, la máxima salinidad a la que puede soportar es de 72‰ y la mínima de 1‰ y su óptima adaptación fue encontrada entre 15%-22‰ de salinidad. Devreker (2004) experimentó con poblaciones de *Eurytemora affinis* donde se probó los efectos combinados de diferentes temperaturas (10 y 15°C) y la fluctuación de la salinidad (ocho concentraciones salinas de 0‰ a 35‰) sobre los rangos de mortalidad y el desarrollo de el primer estado nauplio con una dieta sin alimento, donde observo que la temperatura y la salinidad óptima al desarrollo fueron de 15°C y 15‰ respectivamente, las concentraciones salinas más extremas tuvieron un efecto negativo sobre la sobrevivencia y que independientemente de la concentración salina a la temperatura de 10°C hasta 15°C alcanzaron un desarrollo mas rápido.

Mangas *et al*; (2002) probaron el efecto del cloruro de amonio en exposiciones agudas y crónicas y diferentes niveles de alga (0.5×10^6 y 1.5×10^6 cels ml^{-1} de *Chlorella vulgaris*) sobre *Ceriodaphnia dubia* y *Moina macrocopa*, pero a pesar del nivel de alimento *Ceriodaphnia dubia* fue más sensible que *Moina macrocopa* hacia el cloruro de amonio las concentraciones letales medias (CL_{50} -24 h) para *C. dubia* fue de 112 mg l^{-1}

que es mucho menor de la mitad de *M. macrocopa* con 232 mg l⁻¹, un incremento en la concentración de amonio (10 a 40 mg l⁻¹) para *C. dubia* y de 20 a 120 mg l⁻¹ para *M. macrocopa* indicó un decremento en la densidad poblacional y los valores de *r* se volvieron negativos bajo 40 y 120 mg l⁻¹ de amonio para *C. dubia* y *M. macrocopa*, respectivamente. Por otra parte Sarma (2001) estudió las influencias de seis concentraciones (0.0= control, 100, 200, 300, 400 y 500 mg l⁻¹) de ácido 2,4-Diclorofenoxiacético y dos niveles de alga *Chlorella vulgaris* (0.5 y 1.5 x10⁶ cels ml⁻¹) sobre el crecimiento poblacional de *Brachionus patulus*, el crecimiento del rotífero a pesar del herbicida fue dependiente de la concentración del alga, a cualquier concentración de alga el herbicida tuvo una influencia negativa sobre el crecimiento poblacional, los resultados de la tasa de crecimiento poblacional se volvieron negativos a bajos y altos niveles de alimento a mas de 300 mg l⁻¹ de 2,4-D y la máxima abundancia poblacional fue de 294±9 ind ml⁻¹ a 503±21 ind ml⁻¹ en un baja y alta concentración de alga respectivamente.

JUSTIFICACIÓN

La mayoría de trabajos utilizando rotíferos esta enfocado sobre taxonomía, distribución, ecotoxicología, alimentación y la reproducción de las especies de agua dulce por el incremento en la salinidad de cuerpos de agua, en diferentes países incluyendo México. La salinidad es una variable importante lo cual tiene suma importancia dentro de la estructura en las comunidades de los rotíferos. La ausencia de estudios sobre el efecto de la salinidad sobre la tolerancia de especies de agua dulce es por varias razones: a) la salinidad no fue tomada como un factor importante en cuerpos de aguas temporales, b) las dificultades de identificación de las especies de rotíferos que tienen capacidad de tolerar cierto nivel de tolerancia (ejemplo: *Brachionus plicatilis*, *Brachionus rotundiformis*), c) el mayor énfasis con especies marinas. La importancia de este trabajo es el encontrar especies dulceacuícolas que tengan cierta tolerancia a diferentes concentraciones salinas, ya que estas pueden ser utilizadas dentro de la acuicultura para soportar cultivos de especies marinas o eurihialinas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estimar el impacto de la salinidad (cloruro de sodio) sobre la dinámica poblacional de las especies de rotíferos seleccionadas.

Objetivos Específicos

- Establecer la concentración letal media a cloruro de sodio (CL₅₀ - 24 h) de *Anuraeopsis fissa*.
- Estudiar el crecimiento poblacional poblacional de *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus havanaensis*, *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus rubens* bajo diferentes concentraciones de salinidad (cloruro de sodio).
- Comparar la abundancia máxima de estas especies sujetas a diferentes tratamientos.
- Establecer la tasa de crecimiento poblacional de las especies señaladas bajo diferentes concentraciones de salinidad (cloruro de sodio).

MATERIAL Y MÉTODO

Organismos:

Alimento:

Se utilizó la microalga unicelular verde *Chlorella vulgaris* (2003CI-V3-CICESE, Ensenada, Baja California, México) esta ha sido mantenida en laboratorio por mas de cinco años en un medio nutriente Bold-Basal (ver anexo 1) (Borowitzka & Borowitzka, 1988). Esta fue cultivada a altas densidades en recipientes transparentes con una capacidad máxima de 2000 ml, a $25 \pm 2^\circ$ C, con aireación e iluminación constante, se adicionaron 1 g de NaHCO_3 como fuente de carbón, cada dos días y se repuso el nivel de agua evaporada hasta su cosecha (a los 7 días). El alga en su fase de crecimiento exponencial se cosechó, se dejó sedimentar y se eliminó el sobrenadante. La densidad requerida fue estimada a través de una cámara de Neubauer.

Rotíferos:

Las especies de rotíferos seleccionadas fueron *Anuraeopsis fissa* (aislada del lago de Chapultepec, D.F.), *Brachionus havanaensis* (aislada del canal del lago de Xochimilco), *Brachionus rubens* (aislada del Lago Aragón en el Estado de México) y *Brachionus calyciflorus* (aislada del lago de Chapultepec, D. F.). Todos los individuos provenientes de cultivos poblacionales partenogenéticos han sido mantenidos en laboratorio de Zoología acuática de la Facultad de Estudios Profesionales Iztacala por más de un año. Los cultivos dentro del laboratorio se llevaron acabo dentro de recipientes transparentes con una capacidad de 2000 ml en un medio EPA (ver anexo 1) (Anon.1985) y fueron alimentados *ad libitum* con la microalga *Chlorella vulgaris* como único alimento.

Para realizar el experimento bajo estrés agudo por cloruro de sodio, se tomaron las concentraciones letales (CL_{50}) disponibles en literatura (Anexo 3), sin embargo para *Anuraeopsis fissa*, no había datos disponibles de CL_{50} en la literatura por eso se realizó en el presente estudio.

Para este ensayo, las condiciones experimentales fueron las siguientes:

- Envases de plástico transparentes con una capacidad máxima de 50 ml.
- Se añadieron 25 ml con una concentración nominal de salinidad (se utilizaron cinco niveles de concentración de cloruro de sodio 0.0, 1.0, 2.0, 3.5, y 4.0 g/l) y alga.
- A cada recipiente se añadió una densidad de alga de 0.25×10^6 cels ml^{-1} .
- Se colocaron 25 individuos de diferentes edades (preferentemente neonatos) de *Anuraeopsis fissa*.
- No hubo aireación en los envases de prueba.
- Se usaron tres réplicas por cada concentración nominal.
- Después de una exposición de 24 hrs, se contaron los organismos vivos y muertos.
- Se obtuvo la tolerancia media (CL_{50}) mediante el método Probit (Finney, 1971).

Crecimiento poblacional de los rotíferos bajo diferentes concentraciones de salinidad por cloruro de sodio:

Para cada especie el diseño experimental consideró cinco concentraciones de salinidad, mismas que se derivaron a partir de los resultados de la concentración letal media (CL_{50}); las concentraciones finales fueron: control= (0.0 g/l) 0.375 g/l, 0.750 g/l, 1.5 g/l y 3.0 g/l, las cuales se realizaron mediante diluciones a partir de una solución stock salina de 3.0 g/l y solo una concentración alimenticia de 0.25×10^6 ml^{-1} de la microalga verde *Chlorella vulgaris*, con tres réplicas por tratamiento (5 niveles de salinidad x 1 alimenticio x 3 réplicas = 15 recipientes). Durante la preparación de las soluciones se tomó en cuenta la dilución serial del alga con el medio de la solución salina y viceversa. En cada recipiente transparente, con una capacidad máxima de 50 ml, se inocularon 25 rotíferos de diferentes edades en un volumen de 25 ml de medio con las condiciones experimentales señaladas para cada tratamiento y para cada especie, se mantuvieron a temperatura ambiental ($25 \pm 2^\circ \text{C}$) y a una luminosidad diaria de 12 hrs. (con lámparas fluorescentes) y 12 hrs de oscuridad. Diariamente se estimó (el conteo se realizó con la ayuda de un microscopio estereoscópico y una micropipeta Pasteur de 1000 μl de capacidad) la densidad de la población de cada tratamiento

utilizando tres alícuotas de 1 ml cada una ó conteo total dependiendo la población de cada recipiente y cada día se introdujeron a un medio nuevo con la salinidad seleccionada y alimento. Esto se registro hasta que las poblaciones experimentales desaparecieron o declinaron su crecimiento de manera evidente.

Para comparar las abundancias máximas de las cuatro especies estudiadas se graficaron los datos y presentaron los porcentajes comparativos (Fig. 7).

Para cuantificar la tasa de crecimiento poblacional(r) de las especies se utilizó la siguiente ecuación (Krebs, 1985):

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

Donde:

N_t = es el número de individuos de una población al tiempo t .

N_0 = es el número inicial de individuos al comienzo del experimento o día 0.

t = es la duración del experimento en días.

Para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos se utilizo el análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor y la prueba de Fisher (Sokal & Rohlf, 2000) . Ambos tratamientos del programa de computo Sigma STAT (1997).

RESULTADOS

A) Efecto agudo

Concentración letal media (CL₅₀)

El resultado de la concentración letal media (CL₅₀) de *Anuraeopsis fissa* hacia el cloruro de sodio es presentado en la tabla 2.

Tabla 2.

Taxa	Concentración de alimento	Horas de bioensayo	CL ₅₀ ±ES de NaCl	Referencia
<i>A. fissa</i>	0.25x10 ⁶ cels ml ⁻¹	24 hrs	2.06±0.01	presente trabajo

Se presentan los resultados para cada una de las especies basándose en las tendencias de crecimiento:

B) Efecto crónico

Anuraeopsis fissa

Crecimiento Poblacional

Hay un efecto recíprocamente proporcional a la concentración de cloruro de sodio en el medio. A mayor concentración menor crecimiento poblacional ya que el cloruro de sodio ejerció un efecto variable en el crecimiento poblacional de *A. fissa*; a niveles salinos mínimos (0.375g/l), el crecimiento del rotífero fue estimulado por encima de la población del control en tanto que en las otras concentraciones de cloruro de sodio (0.750, 1.5 y 3.0 g/l) inhibió el mismo llegando incluso a anularlo como tal es el caso de la concentración de 3.0 g/l (Fig. 2).

Día de Abundancia Máxima

En el caso del día de abundancia máxima se observa que el control tanto como las concentraciones 0.375 g/l y 0.750 g/l llegan a alcanzar su abundancia máxima el día 21, pero con una abundancia máxima diferente, siendo notable que para la concentración de 1.5 g/l se reduce hasta el día 17.00±2.08 (promedio±error estándar) y para la concentración de 3.0 g/l no se observa día de abundancia máxima puesto que

no hubo crecimiento, ya que los individuos murieron dentro de los primeros tres días del experimento(Fig 7a) (Tabla 8).

Abundancia Máxima

Dependiendo de la concentración de sal *Anuraeopsis fissa* logró densidades de un 29% y 1% mas respecto del control (343 ind ml⁻¹) en las concentraciones de 0.375 y 0.750 g/l, pero descendió desde un 40% hasta un 100% en las concentraciones de 1.5 y 3.0 g/l correspondientemente; en general con el aumento de la concentración de sal se observa un decremento de la abundancia máxima (Fig. 6A).

Tasa de Crecimiento poblacional

En el caso de la tasa de crecimiento poblacional r obtenida en el control fue de 0.378, sin embargo esta aumentó un 5% en la concentración de 0.375 g/l, pero esta bajo un 2% y 25% a las concentraciones de 0.750 g/l y 1.5 g/l respectivamente; pero cuando la concentración de sal fue de 3.0 g/l no hubo crecimiento poblacional por eso no se derivó la tasa decrecimiento poblacional r (Tabla 7).

El análisis de varianza indicó que hubo una influencia muy significativa del cloruro de sodio sobre el día de abundancia máxima, tasa de crecimiento poblacional r y abundancia máxima de *Anuraeopsis fissa* ($p < 0.001$; ANOVA, Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza de un factor de las variables de crecimiento poblacional de *Anuraeopsis fissa* (día de abundancia máxima, abundancia máxima y tasa de crecimiento poblacional r) bajo diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl).

Variación	GL	SC	PC	F
Día de Abundancia Máxima				
Concentración de sal	4	996.00	249.00	95.77***
Error	10	26.00	2.60	
Abundancia máxima				
Concentración de sal	4	355887.625	889.91	19.73***
Error	10	45087.250	4508.73	
Tasa de crecimiento poblacional				
Concentración de sal	4	0.337	0.08	159.96***
Error	10	0.005	0.00	

Los niveles de significancia son: *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$, ns = $p > 0.05$ no significativo.

Brachionus havanaensis

Crecimiento Poblacional

En las curvas de crecimiento poblacional se observa que tanto en el control como en las concentraciones 0.375 g/l y 0.750g/l el crecimiento fue muy similar, pero cada una con abundancia máxima diferente. En ellas se observa la fase de iniciación, la fase de estabilización y una fase constante, pero al irse incrementando la concentración de cloruro de sodio hasta 1.5 g/l hay un descenso notable en el crecimiento poblacional de los organismos, hasta llegar a una fase de estabilización de la población, siendo destacable que en la concentración de 3.0 g/l no hay crecimiento alguno de los organismos, ya que los organismos murieron durante los primeros tres días del experimento (Fig. 3).

Día de Abundancia Máxima

En el caso del día de abundancia máxima se observó que para el caso del control lo alcanzó el día 12.00, pero para las concentraciones de 0.375 y 0.750 g/l se anticipa respecto del control con el día 10.33, pero cada concentración con su abundancia máxima diferente, el día 11.00 ± 0.5 para la concentración de 1.5 g/l, pero para la concentración de 3.0 g/l no hubo día de abundancia máxima, ya que no hubo crecimiento; en general según se aumentó la concentración de cloruro de sodio se anticipó el día de abundancia máxima (Fig 7b)(Tabla 8).

Abundancia Máxima

Para esta especie la abundancia máxima creció un 3% más respecto del control (133 ind/ml^{-1}) para la concentración de 0.375 g/l, no obstante esta descendió un 15%, 53% y hasta en un 100% para las concentraciones de 0.750, 1.5 y 3.0 g/l respectivamente, pero en general con el aumento de la concentración salina se observa un decremento de la abundancia máxima (Fig. 6B).

Tasa de Crecimiento Poblacional

En el caso de la tasa de crecimiento poblacional r varió de 0.407 ± 0.055 (control) llegando esta a aumentar un 10% y un 9% en las concentraciones de 0.375 y 0.750 g/l respectivamente, pero esta descendió un 14% para la concentración de 1.5 g/l siendo notable que para la concentración de 3.0 g/l no se obtuvo crecimiento poblacional (Tabla 7).

El análisis de varianza indicó que hubo una influencia muy significativa del cloruro de sodio sobre el día de abundancia máxima, tasa de crecimiento poblacional r y abundancia máxima de *Brachionus havanaensis* ($p < 0.001$; ANOVA, Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza de un factor de las variables de crecimiento poblacional de *Brachionus havanaensis* (día de abundancia máxima, abundancia máxima y tasa de crecimiento poblacional r) bajo diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl).

Variación	GL	SC	PC	F
Día de Abundancia Máxima				
Concentración de sal	4	274.400	68.60	38.11***
Error	10	18.00	1.80	
Abundancia máxima				
Concentración de sal	4	40843.867	10210.97	138.23***
Error	10	738.672	73.87	
Tasa de crecimiento poblacional				
Concentración de sal	4	0.432	0.11	40.40***
Error	10	0.027	0.00	

Los niveles de significancia son: *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$, ns = $p > 0.05$ no significativo.

Brachionus rubens

Crecimiento Poblacional

En las curvas de crecimiento poblacional para esta especie se muestra que en las concentraciones de 0.375, 0.750 y 1.5 g/l tienen un crecimiento de tipo similar, pero con abundancias máximas diferentes, el control presentó un crecimiento menor en ind ml^{-1} que las demás concentraciones, siendo destacable que al irse incrementando la concentración de cloruro de sodio hasta 3.0 g/l hay un descenso notable en el crecimiento poblacional de los organismos, donde se observan los primeros siete días la fase de iniciación y llega a alcanzar la fase de estabilización (Fig.4).

Día de Abundancia Máxima

Para el día de abundancia máxima se observó que las concentraciones de 0.0, 0.375, 0.750 y 1.5 g/l se encontró entre los días 10 y 11, pero es notable que según se

aumentó la concentración de cloruro de sodio, el día de abundancia máxima de esta especie se reduce hasta el día 17.6 para la concentración de 3.0 g/l (Fig. 7c)(Tabla 8).

Abundancia Máxima

Para el caso de abundancia máxima esta creció en un 1%, 15% y 10% en las concentraciones de 0.375, 0.750 y 1.5 g/l respecto del control (145 ind ml⁻¹), pero descendió en un 13% en la concentración de 3.0 g/l lo cual es notable y según se aumentó la concentración de cloruro de sodio se observa un decremento de la abundancia máxima (Fig. 6C).

Tasa de Crecimiento poblacional

Sobre la tasa de crecimiento poblacional r , hay una disminución respecto del control (0.502±0.003), según se incrementa la concentración de cloruro de sodio descendiendo un 1%, 2%, 24% y 43% para las concentraciones de 0.375, 0.750, 1.5 y 3.0 g/l respectivamente (Tabla 8).

El análisis de varianza indicó que hubo una influencia muy significativa ($p < 0.001$; ANOVA, Tabla 5) del cloruro de sodio sobre el día de abundancia máxima, tasa de crecimiento poblacional r , pero la abundancia máxima de *Brachionus rubens* fue significativa ($p < 0.01$; ANOVA, Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de varianza de un factor de las variables de crecimiento poblacional de *Brachionus rubens* (día de abundancia máxima, abundancia máxima y tasa de crecimiento poblacional r), bajo diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl).

Variación	GL	SC	PC	F
Día de Abundancia Máxima				
Concentración de sal	4	112.400	28.10	70.25***
Error	10	4.000	0.40	
Abundancia máxima				
Concentración de sal	4	6548.688	1637.17	5.80**
Error	10	2820.656	282.07	
Tasa de crecimiento poblacional				
Concentración de sal	4	0.107	0.03	219.26***
Error	10	0.001	0.00	

Los niveles de significancia son: *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$, ns = $p > 0.05$ no significativo.

Brachionus calyciflorus

Crecimiento Poblacional

En las curvas de crecimiento poblacional se muestra que tanto en el control como en las concentraciones 0.375 g/l y 0.750g/l, el crecimiento fue muy similar en donde se observan los primeros tres días la fase de iniciación, siguiendo con una fase exponencial, pero se observa una fase de desaceleración al llegar el día cinco donde hay un descenso en el crecimiento poblacional de los organismos, pero con abundancias máximas diferentes, siendo notable que al incrementarse la concentración de cloruro de sodio hasta 1.5 g/l la fase de exponencial se alcanza a los dos días con una desaceleración notable hasta el día veintiuno, nunca se estabilizó la población dentro de los 21 días de el experimento; en la concentración de 3.0 g/l no hay crecimiento, siendo esto que los organismos murieron durante los primeros tres días del experimento (Fig. 5).

Día de Abundancia Máxima

En el caso del día de abundancia máxima se observa que la máxima densidad poblacional se alcanzó a los 5.8 días, en el caso del control que es muy similar a la concentración de 0.750 g/l con el día 5.0, pero para la concentración de 0.375 g/l se aplazó hasta el día 6.5, según se aumentó la concentración cloruro de sodio se anticipó el día de abundancia máxima, tal es el caso de la concentraciones de 1.5 y 3.0 g/l con el día 3.8 y 2.0 respectivamente (Fig. d) (Tabla 8).

Abundancia Máxima

Para esta especie dependiendo de la concentración de cloruro de sodio *Brachionus calyciflorus* se alcanzó una densidad de 2 ind ml⁻¹ en el control, pero descendió en un 16%, 12%, 38% y hasta en 75% en las concentraciones de 0.375, 0.750, 1.5 y 3.0 g/l respectivamente; en general, la abundancia máxima fue inversamente proporcional a la concentración de cloruro de sodio en el medio (Fig. 6D).

Tasa de Crecimiento poblacional

Para el caso de esta especie la tasa disminuyó en relación del control (0.194±0.028) un 21%, 20% y un 11% para las concentraciones de 0.375, 0.750 y 1.5 g/l correspondientemente; sin embargo para la concentración de cloruro de sodio de 3.0 g/l no hubo crecimiento poblacional y en general la tasa de crecimiento poblacional decreció con el incremento de la concentración de cloruro de sodio en el medio (Tabla 7).

El análisis de varianza indicó que hubo una influencia muy significativa ($p < 0.001$; ANOVA, Tabla 6) del cloruro de sodio sobre la abundancia máxima y la tasa de crecimiento poblacional r y para el día de abundancia máxima de *Brachionus calyciflorus* fue significativa ($p < 0.01$; ANOVA Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de varianza de un factor de las variables de crecimiento poblacional de *Brachionus calyciflorus* (día de abundancia máxima, abundancia máxima y tasa de crecimiento poblacional r), bajo diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl).

Variación	GL	SC	PC	F
Día de Abundancia Máxima				
Concentración de sal	4	89.533	22.38	2.33**
Error	25	240.33	9.61	
Abundancia máxima				
Concentración de sal	4	14.574	3.64	6.81***
Error	25	13.375	0.53	
Tasa de crecimiento poblacional				
Concentración de sal	4	1.711	0.43	10.29***
Error	25	10.079	0.04	

Los niveles de significancia son: *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$, ns = $p > 0.05$ no significativo.

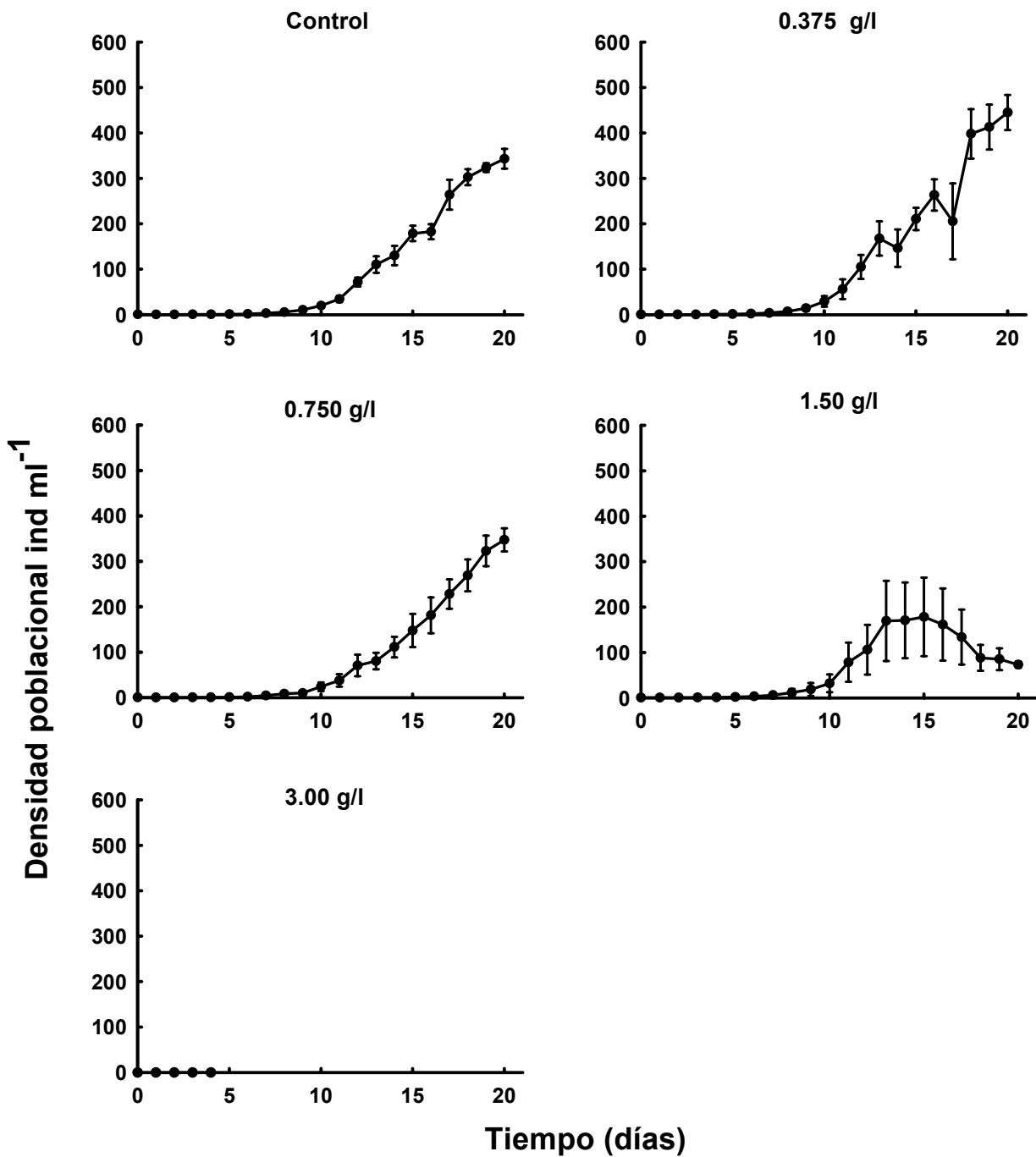
Anuraeopsis fissa

Fig. 2. Curvas de crecimiento poblacional de *Anuraeopsis fissa* en relación a diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) y baja densidad de *Chlorella vulgaris* (0.25×10^6 cels ml⁻¹), los valores presentan el promedio \pm error estándar basado en tres réplicas para cada tratamiento.

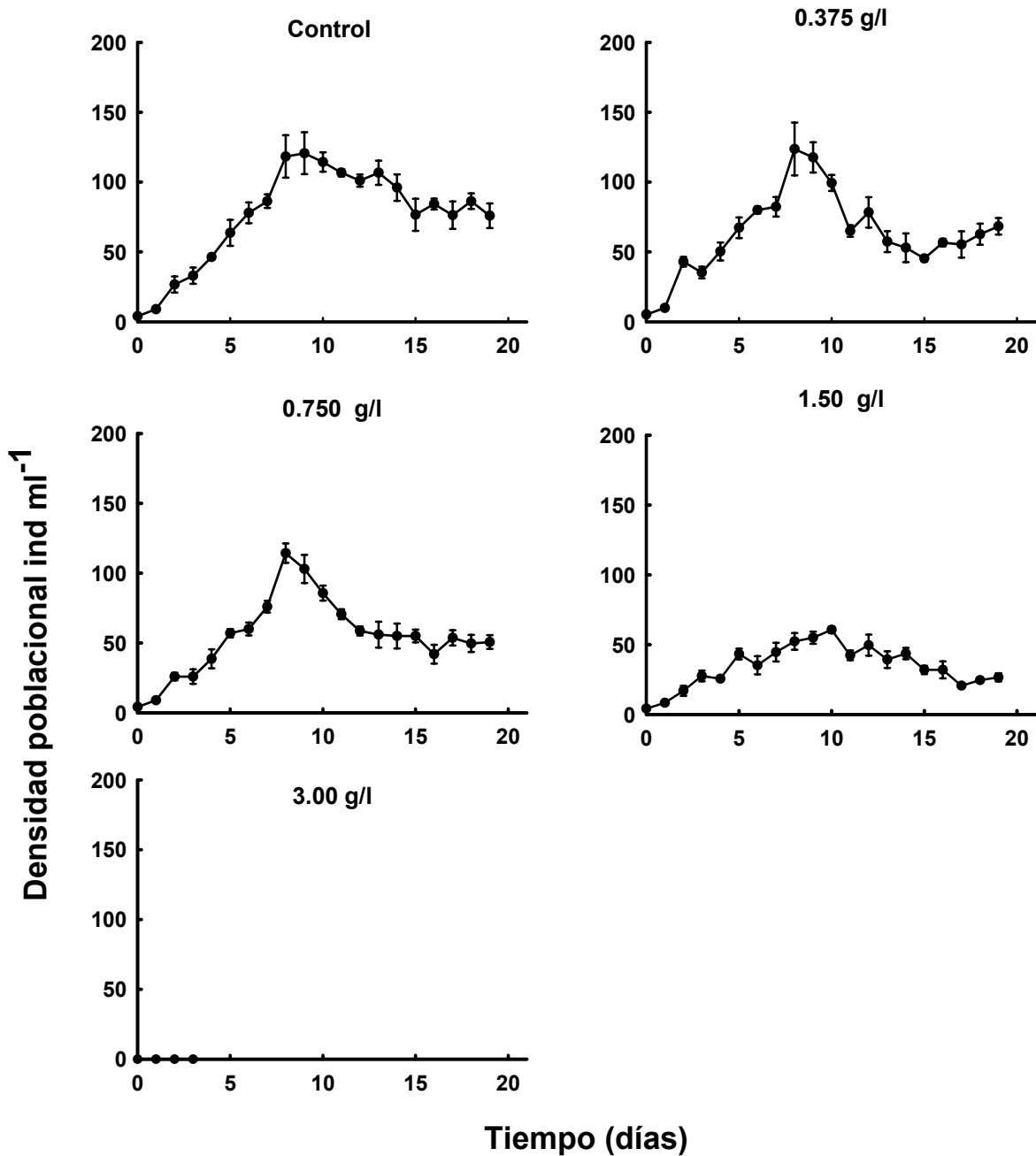
Brachionus havanaensis

Fig. 3. Curvas de crecimiento poblacional de *Brachionus havanaensis* en relación a diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) y baja densidad de *Chlorella vulgaris* (0.25×10^6 cels ml⁻¹), los valores presentan el promedio \pm error estándar basado en tres réplicas para cada tratamiento.

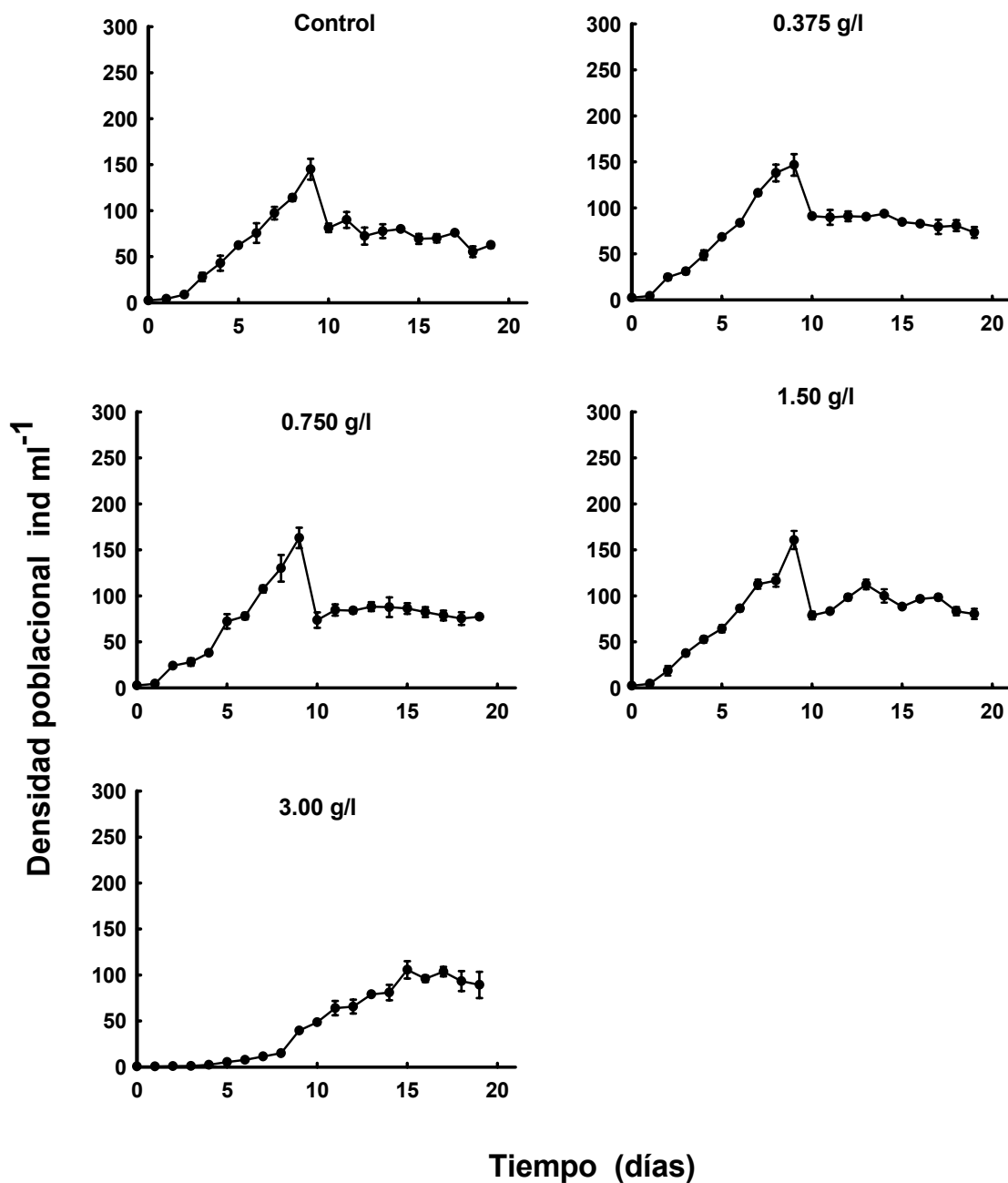
Brachionus rubens

Fig. 4. Curvas de crecimiento poblacional de *Brachionus rubens* en relación a diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) y baja densidad de *Chlorella vulgaris* (0.25×10^6 cels ml⁻¹), los valores presentan el promedio \pm error estándar basado en tres réplicas para cada tratamiento.

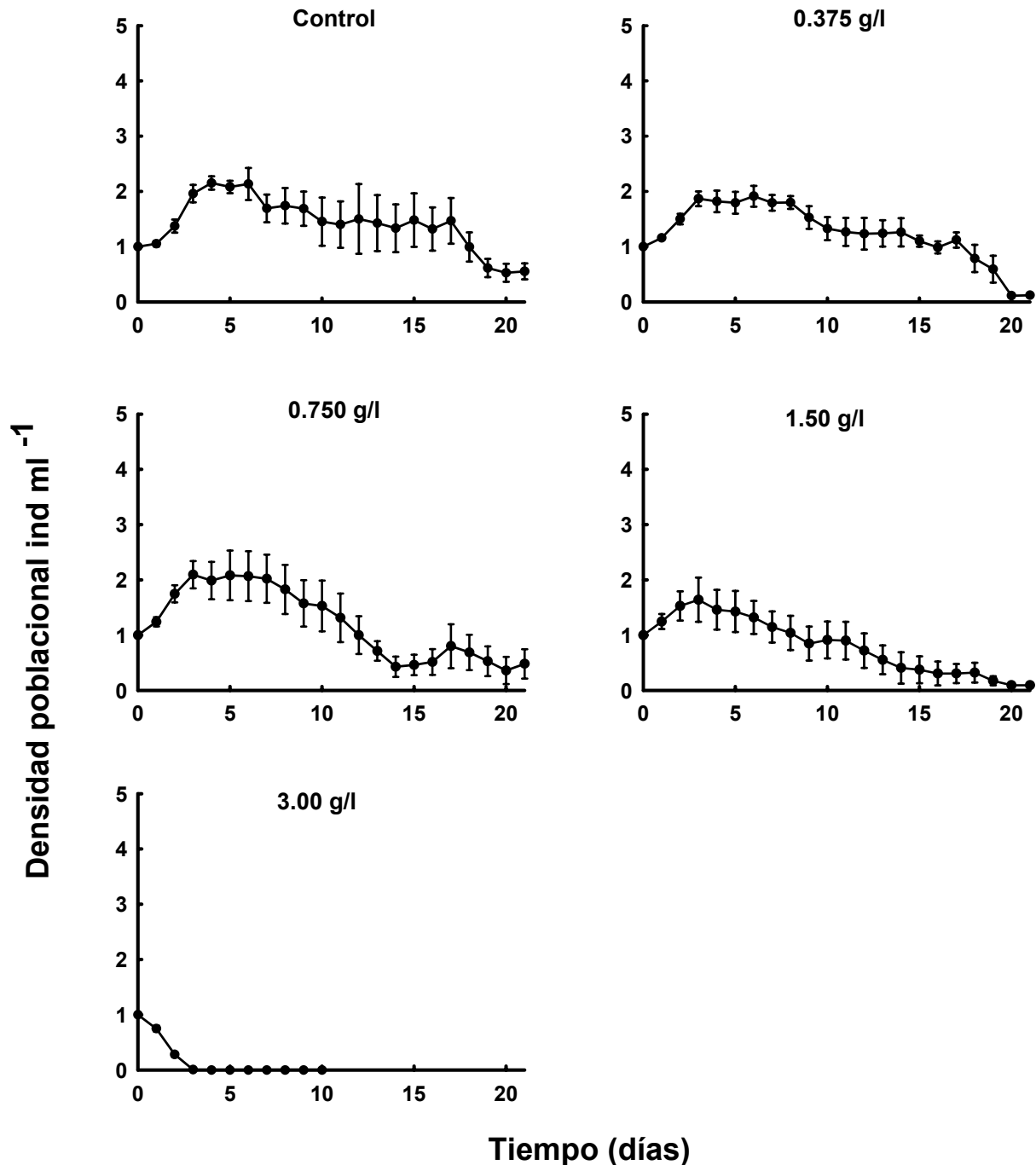
Brachionus calyciflorus

Fig. 5. Curvas de crecimiento poblacional de *Brachionus calyciflorus* en relación a diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) y baja densidad de *Chlorella vulgaris* (0.25×10^6 cels ml⁻¹), los valores presentan el promedio \pm error estándar basado en seis réplicas para cada tratamiento.

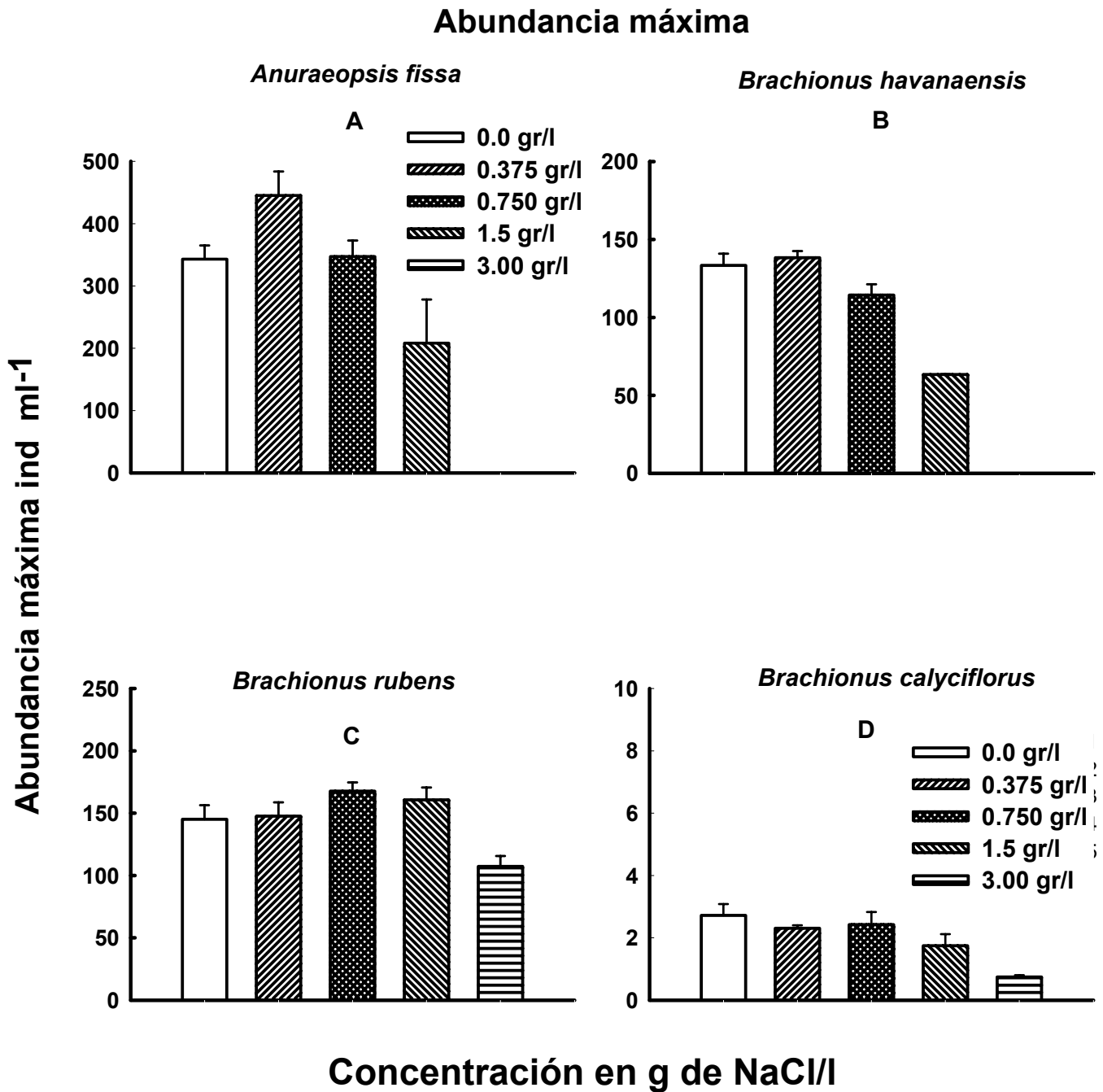


Fig. 6 Muestra los resultados de abundancia máxima en ind ml⁻¹ de *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus havanaensis*, *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus rubens* con diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) y una baja densidad de *Chlorella vulgaris* (0.25×10^6 cels ml⁻¹).

Día de abundancia Maxima

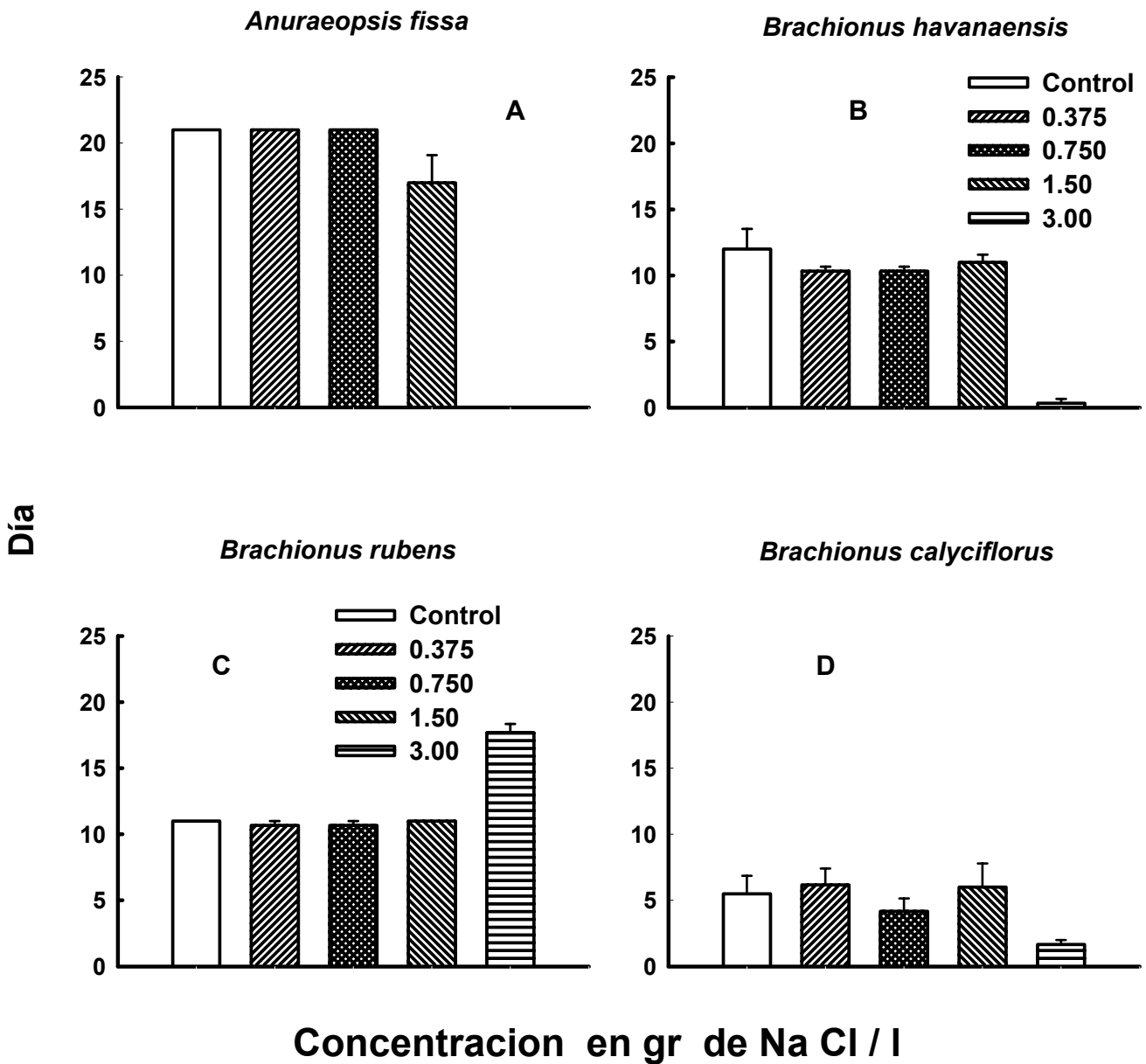


Fig. 7 Muestra los resultados de abundancia máxima en ind ml⁻¹ de *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus havanaensis*, *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus rubens* con diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) y una baja densidad de *Chlorella vulgaris* (0.25 x 10⁶ cels ml⁻¹).

Tabla 7. Resultados de la tasa de crecimiento poblacional (r) de *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus havanaensis*, *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus rubens* donde se muestran las diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) y una baja densidad de *Chlorella vulgaris* (0.25×10^6 cels ml^{-1}).

Especie	Concentración de NaCl	r (Promedio \pm Error estándar)
<i>Anuraeopsis fissa</i>	0.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.378 ± 0.006
	0.375 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.40 ± 0.010
	0.750 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.371 ± 0.005
	1.5 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.286 ± 0.029
	3.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	0.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.407 ± 0.055
	0.375 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.451 ± 0.025
	0.750 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.447 ± 0.019
	1.5 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.352 ± 0.021
	3.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	-
<i>Brachionus rubens</i>	0.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.502 ± 0.003
	0.375 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.50 ± 0.005
	0.750 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.493 ± 0.006
	1.5 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.386 ± 0.006
	3.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.291 ± 0.006
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.194 ± 0.028
	0.375 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.155 ± 0.026
	0.750 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.156 ± 0.026
	1.5 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	0.173 ± 0.059
	3.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	-0.578 ± 0.11

Tabla 8. Resultados de día de abundancia máxima de *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus havanaensis*, *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus rubens* donde se muestran las diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) y una baja densidad de *Chlorella vulgaris* (0.25×10^6 cels ml^{-1}).

Especie	Concentración de NaCl	Día de abundancia máxima
<i>Anuraeopsis fissa</i>	0.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	21±0
	0.375 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	21±0
	0.750 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	21±0
	1.5 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	17±2.080
	3.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	0.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	12.0±1.52
	0.375 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	10.33±0.33
	0.750 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	10.33±0.33
	1.5 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	11.0±0.5
	3.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	-
<i>Brachionus rubens</i>	0.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	11±0
	0.375 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	10.66±0.33
	0.750 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	10.66±0.33
	1.5 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	11.0±0
	3.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	17.66±0.66
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	5.8±1.4
	0.375 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	6.5±1.2
	0.750 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	5.0±0.8
	1.5 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	3.8±0.9
	3.0 g/l y $0.25 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$	2.0±0

DISCUSIÓN

En este estudio, los organismos planctónicos utilizados fueron afectados de forma diferencial por los distintos niveles salinos de NaCl.

El alga no se ve afectada por la concentración salina, como lo reporta (Peredo *et al.*, 2003) en un experimento anterior quien reportó que *Chlorella vulgaris* puede tolerar concentraciones salinas arriba de 5 g/l sin ser afectada. Esto coincide con otros reportes que indican que la distribución de *C. vulgaris* alcanza incluso ambientes salinos (Maruyama, *et al.*, 1997).

Caso contrario ocurrió con las especies de rotíferos trabajadas las cuales se vieron afectadas por concentraciones mayores de 3.0 g/l, lo cual fue también ya observado para otras especies de rotíferos (Morales, 2002). La explicación se debe, tentativamente, a que las células de los rotíferos tuvieron que gastar altas cantidades de energía para osmorregular las sales. La osmorregulación es un proceso que demanda sintetizar solutos orgánicos y/o activar las bombas reguladoras iónicas (Oren, 2001) y sí la maquinaria enzimática intracelular de los rotíferos analizados no pudo adaptarse a estas altas concentraciones salinas, esto afectó el uso de energía para funciones metabólicas tales como crecimiento individual, tasa de crecimiento poblacional, defensa o actividad de comportamiento (Herbst, 2001), lo que se observó en los organismos estudiados.

De las especies estudiadas, *Brachionus rubens* fue más tolerante y llegó a mantener el crecimiento moderado aun bajo estas condiciones, con una eficiencia de desarrollo disminuida como lo suelen hacer las especies con baja capacidad de osmorregulación, tal como lo ha sido reportado para especies dulceacuícolas (Herbst, 2001).

Se ha observado que las aguas salinas presentan una amplia incapacidad de disolver el oxígeno disponible en comparación con las aguas dulces, la relación entre las concentraciones de oxígeno disuelto y la salinidad depende de la composición iónica, temperatura y la presión del aire (Williams, 1998); la osmorregulación de las

especies dulceacuícolas es mucho más costosa en condiciones de salinidad, esto aunado a que en aguas con concentraciones salinas altas, el oxígeno disuelto disponible se encuentra en menor cantidad, redujo la habilidad osmorregulatoria de los rotíferos y esto a su vez afectó negativamente el crecimiento poblacional de los organismos estudiados.

Aunque las especies seleccionadas muestran claramente una tendencia variable de crecimiento bajo ciertos niveles de sal (abajo de 3 g/l) ninguna de las especies trabajadas creció en la concentración mayor trabajada (3.0 g/l), esto se apoya con lo observado por Herbst (2001) el cual expresa que en condiciones salinas bajas (5 g/l), algunas especies muestran adaptabilidad osmorregulatoria a variados solutos del compuesto, pero la capacidad para tal flexibilidad es reducida cuando se incrementa la salinidad y solo ciertos taxos son encontrados en aguas hipersalinas (ejemplo: *Brachionus rotundiformis* y *Brachionus plicatilis*) esto nos muestra el por que las especies estudiadas son dulceacuícolas.

Para la concentración letal media de las cuatro especies de rotíferos seleccionadas (anexo 3); las especies de *Brachionus* con una concentración letal media de 3.75 ± 0.04 fueron más tolerantes y parecidas en su sensibilidad hacia el cloruro de sodio, y la menos tolerante fue *Anuraeopsis fissa* con 2.06 ± 0.01 g/l, además de ser más sensible a la concentración salina de 3.0 gr/l. Todo lo anterior se apoya con los resultados obtenidos por Morales (2003) que manifiesta que a concentraciones mayores de 4.0 g/l los organismos de agua dulce son incapaces de mantener su población estable; lo que nos muestra que al no mantener su población estable, el crecimiento poblacional de los rotíferos se vio afectado negativamente.

Para el caso de *Brachionus rubens* (Fig. 4) el crecimiento poblacional durante los primeros diez días es de tipo exponencial llegando a alcanzar una fase constante, pero es notorio que al irse incrementando la concentración de cloruro de sodio hasta 3.0 g/l hay un considerable descenso. Para la abundancia máxima, en el control y la concentración de 1.5 g/l llega a ser hasta de 167 ind ml^{-1} y en la concentración de 3.0

g/l es de 107 ind ml^{-1} , lo que nos indica que las concentraciones salinas de más de 3.0 g/l no son tolerables para *Brachionus rubens* tanto como para *Anuraeopsis fissa* (Fig. 2), *Brachionus havanaensis* (Fig. 3) y *Brachionus calyciflorus* (Fig.4) que son organismos dulceacuícolas.

La especie *Brachionus rubens* bajo su crecimiento a concentraciones mayores de 3.0 g/l lo que se apoya con los resultados obtenidos por Morales (2003) el cual encontró que este rotífero no puede vivir a salinidades mayores de 4.0 g/l. Para el caso de la tasa de crecimiento poblacional r se situaron dentro de un intervalo de 0.291 ± 0.006 hasta 0.502 ± 0.003 que se encuentran dentro del intervalo reportado para esta especie por Morales (2003) .

Para el caso de *Brachionus calyciflorus* (Fig. 4) es notorio que según se aumenta la concentración de cloruro de sodio hasta 3.0 g/l la dinámica poblacional de la especie tiende a ser negativa. Para la abundancia máxima se obtuvieron alrededor de 3.0 ind ml^{-1} en el caso del control pero en un estudio anterior (Peredo *et al.*, 2003) obtuvieron una abundancia máxima hasta de 21.0 ind ml^{-1} en el caso del control pero esto fue a una alta concentración de alga ($0.5 \times 10^6 \text{ cels ml}^{-1}$), a una concentración de 0.5 g/l de cloruro de sodio obtuvieron una abundancia máxima de 20 ind ml^{-1} , a 1.0 g/l obtuvieron 18 ind ml^{-1} y a 3.0 g/l obtuvieron 3 ind ml^{-1} , en mi estudio obtuve alrededor de 1 ind ml^{-1} para la concentración de 3.0 g/l, por lo que la dinámica poblacional tiende a ser negativa en ambos trabajos. Para la tasa de crecimiento poblacional varió de 0.194 ± 0.028 en el control hasta 0.0 en la concentración de 3.0 g/l estas se encuentran dentro del intervalo reportado para esta especie por Peredo *et al.* (2003). Todo lo anterior se apoya con lo expresado por Morales (2003), que a concentraciones mayores de 4.0 g/l los organismos de agua dulce son incapaces de mantener su población estable.

Por otra parte el crecimiento poblacional de las especies en este trabajo se vieron afectadas por la salinidad, esto mismo lo observaron Peredo-Alvarez *et al.* (2003) que expresaron que la exposición a una sal puede reducir el crecimiento poblacional, reduciendo la probabilidad de la producción de huevos partenogénicos. Además las

especies se vieron afectadas dentro de sus procesos osmorregulatorios al ser expuestas a concentraciones las cuales son consideradas como bajas; sin embargo, la salinidad a bajas concentraciones puede causar pequeños efectos en los procesos fisiológicos y a altas concentraciones (mas de 5 g/l) amplios efectos sobre la sobrevivencia, crecimiento y reproducción de los rotíferos estudiados (Preston y Snell, 2001).

Los resultados nos indican que a concentraciones mayores de 3 g/l las especies dulceacuícolas como *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus havanaensis* y *Brachionus rubens* declinan en su crecimiento poblacional, lo que se apoya con lo señalado por Williams (1998), que menciona que cuando se aumenta la concentración salina arriba de 3.00 g/l la biota de los lagos salinos, difiere de la composición de la de los lagos de agua dulce, es por eso que la mayoría de las especies del genero *Brachionus* están restringidas a aguas dulces (Koste, 1978).

CONCLUSION

El cloruro de sodio (NaCl) tiene un efecto negativo sobre la dinámica poblacional de las especies de rotíferos de agua dulce, aunque algunas especies son más resistentes que otras.

Al ir incrementando la concentración de cloruro de sodio fue más notable un efecto negativo sobre el crecimiento poblacional de las especies trabajadas debido a la poca tolerancia hacia el cloruro de sodio de las especies.

La especie más sensible al cloruro de sodio fue *Anuraeopsis fissa*.

Las especies menos sensibles al cloruro de sodio fueron, *Brachionus rubens* *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus havanaensis*, respectivamente.

Todas las especies trabajadas tiene poca tolerancia a salinidades mayores de 3.0 g/l por eso se encuentran restringidas a medios dulceacuícolas.

La concentración salina mas adecuada para obtener crecimiento poblacional de las especies dulceacuícolas trabajadas oscila entre 0.375 y 1.5 g/l de cloruro de sodio.

BIBLIOGRAFÍA

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

Arevalo, S.R.A., Sarma, S.S.S. & Nandini, S. 1998a. Population dynamics of *Brachionus calyciflorus* (Rotifera: Brachionidae) in waste water from food-processing industry in Mexico. Rev. Biol. Trop. 4: 995-600.

Arevalo, S.T., Sarma, S.S.S. & Nandini, S. 1998b. Influence of food (*Chlorella vulgaris*) concentration and temperature on the population dynamics of *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifera) isolated from a subtropical reservoir in Mexico. Ciencia Ergo Sum. 5(1):77-81.

Barnes, R.D. 1986. Zoología de los invertebrados. Ed. Interamericana. España. 957p.

Borowitzka, M.A. & Borowitzka, L.J. 1988. Micro-algal biotechnology. Cambridge University Press. London.

Bosque, T., Hernández, R., Pérez, R., Todoli, R. & Oltra, R. 2001. Effects of salinity, temperature and food level on the demographic characteristics of the seawater rotifer *Synchaeta littoralis* Rousselet. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 258: 55–64.

Brock, T.C.M. 1998. Assessing chemical stress in aquatic ecosystems: remarks on the need of an integrative approach. Aquatic Ecology. 32: 107–111.

Brönmark, C. & Hansson, L.A. 1998. The biology the lakes and ponds. Oxford University Press. Oxford University. U.S.A.

Cervetto, G., Gaudyb, R. & Paganob, M. 1999. Influence of salinity on the distribution of *Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology . 239: 33-45 .

Devrekera, D., Souissi, S. & Seuronta, L. 2004. Development and mortality of the first naupliar stages of *Eurytemora affinis* (Copepoda, Calanoida) under different conditions of salinity and temperature. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 303: 31-46.

Dumont, H.J., Sarma, S.S.S., Jawahar, A.A. 1995. Laboratory studies on the population dynamics for *Anuraeopsis fissa* (Rotifera) in relation to food density. *Freshwater Biology*. 33: 39-46.

Elías, G. M. & Sarma, S.S.S. 1998. Phylum: Rotífera. *Enciclopedia de Quintana Roo*. 1:327-343.

Fernández, A. M., Gama, F. J., Sarma, S.S.S. 1999. Combined Effects of *Chlorella* Density and Methyl Parathion Concentration on the Population Growth of *Brachionus calyciflorus* (Rotifera). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 62:769-775.

Ferrando, M.D., Sancho, E. & Andreu-Moliner, E. 1996. Chronic Toxicity of Fenitrothion to an Algae (*Nannochloris oculata*), a Rotifer (*Brachionus calyciflorus*), and the Cladoceran (*Daphnia magna*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 35: 112–120.

Finney, D.J. 1971. Probit analysis. Cambridge University Press, 3rd ed. London:333 pp

Gama-Flores, V.M. 1999. Crecimiento y balance cationico de plantulas de *Amaranthus hypocondriacus* L. Bajo condiciones de estrés salino. Tesis de licenciatura en ciencias. UNAM.

Herbst, D.B. 2001. Gradients of salinity stress, environmental stability and water chemistry as a templet for defining habitat types and physiological strategies in inland salt waters. *Hydrobiologia*. 466: 209–219.

Hutchinson, G. E. 1967. A treatise on limnology. Vol II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. John Wiley & Sons, New York, U.S.A.

Krebs, C. J. 1985. The experimental analysis of distribution and abundance. Ed. Harper & Row. New York. 754 pp.

Koste, W. 1978. Rotatoria Die Redertiere Mitteleuropas begründet Von Max Voigt. Monogononta Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 673pp.

Maitland, P. S. .1990. Biology of fresh waters. 2^a ed., Chapman & Hall, New York. U.S.A.

Mangas-Ramirez, E., Sarma, S. S. S. & Nandini, S. 2002. Combined Effects of Algal (*Chlorella vulgaris*) Density and Ammonia Concentration on the Population Dynamics of *Ceriodaphnia dubia* and *Moina macrocopa* (Cladocera). Ecotoxicology and environmental Safety . 51:216–222.

Margalef, L. R. 1983. Limnología. Ed. Omega. Barcelona, España.

Maruyama, I., Nakao, T., Shigeno, I., Ando, Y. & Hirayama, K. 1997. Application of unicellular algae *Chlorella vulgaris* for the mass culture of marine rotifer *Brachionus*. Hydrobiologia. 358: 133–138.

Morales, V.M. 2003. Crecimiento de rotíferos y cladóceros (*Brachionus rubens*, *Brachionus rotundiformis*, *Moina macrocopa* y *Ceriodaphnia dubia*) en salinidad baja y su uso como alimento para larvas del charal (*Chirostoma riojai*) Tesis de maestría en ciencias . UNAM.

Nandini, I. & Rao, R. 1995. Epizoic mode of life in *Brachionus rubens* Ehrenberg as a deterrent against predation by *Asplanchna intermedia* Hudson. Hydrobiologia. 313/314:377—380.

Nogrady, T., R.L. Wallace & T.W. Snell . 1993. Rotifera. Vol. 1. Biology, ecology and systematics . SBP Academic, The Hague .

Oren, A. 2001. The bioenergetic basis for the decrease in metabolic diversity at increasing salt concentrations: implications for the functioning of salt lake ecosystems. *Hydrobiologia*. 466: 61–72.

Peredo-Álvarez, V.M., 2002. Estudio comparativo del crecimiento poblacional de dos especies de rotíferos *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus patulus* sujetos a diferentes concentraciones de *Chlorella vulgaris* bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.

Peredo, A., Sarma, S.S.S. & Nandini, S. 2003. Combined effect on concentrations of algal food (*Chlorella vulgaris*) and salt (sodium chloride) on the population growth of *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus patulus* (Rotifera). *Rev. Biol. Trop.* 51(2).

Preston, L.P & Snell, T. W. 2001. Direct and indirect effects of sublethal toxicant exposure on population dynamics of freshwater rotifers: a modeling approach. *Aquatic Toxicology* .52:87–99.

Pavon-Meza, L., Sarma, S.S.S. & Nandini, S. 2003. Comparative growth and life table demography of the rotifer *Asplanchna girodi* at different prey (*Brachionus calyciflorus* and *Brachionus havanaensis*) (Rotifera) densities. *Hydrobiologia*. 491: 309-320.

Rao, T. R. 1986. Demographic parameters of *Brachionus patulus* (Rotifera) exposed to sublethal DDT concentrations at low and high food levels. *Hydrobiology* 139: 193-200

Rao, T. R. & Sarma, S.S.S. 1990a. Interaction of *Chlorella vulgaris* Density and DDT Concentration on the Population Dynamics of the rotifer, *Brachionus patulus* (Rotifera). *India J. Environ. Hlth.* 32(2): 157-160.

Rao, T. R. & Sarma, S.S.S. 1990b. Population dynamics of *Brachionus patulus* Muller (Rotifera) in relation to food and temperature. *Proc. Indian Acad. Sci.* 99 (4):335-343.

Sarma , S. S. S. 1991 . Rotifers and aquaculture . Env. Ecol. 9 (2) : 414-428.

Sarma, S. S. S., Ramirez-Perez, T., Nandini, S. & Peñalosa-Castro, I. 2001. Combined Effects of Food Concentration and the Herbicide 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid on the Population Dynamics of (*Brachionus patulus*) Rotifera . Ecotoxicology, 10: 91-99.

Sarma, S.S.S., Elguea, S.B., & Nandini, S. 2002. Effect of salinity on competition between the rotifers *Brachionus rotundiformis* Tschugunoff and *Hexarthra Jenkinae* (De Beauchamp) (Rotifera). Hydrobiologia. 474: 183-188.

Sarma, S.S.S., Nandini, S., Trujillo, H.H. 2003. Population growth of herbivorous rotifers and their predator (*Asplanchna*) on urban wastewater. Aquatic ecology. 37:243-250.

Sokal, R. R. & Rohlf. 2000. Biometry. Seg. Ed. W. H. Freeman & Company, San Francisco.

Wetzel, G.R. 1983. Limnology. 2^a ed., Ed. Saunders College Publishing. Michigan State University. U.S.A.

Williams, W.D.1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. Hydrobiologia. 381: 191–201.

Williams, W. D. 2001. Anthropogenic salinization of inland waters. Hydrobiologia. 466: 329- 337.

Y´ufer, M.2001. Studies on *Brachionus* (Rotifera): an example of interaction between fundamental and applied research. Hydrobiologia. 446/447: 383–392.

ANEXO:**Anexo 1. Soluciones:**

La solución salina stock fue refrigerada con una baja temperatura (4°C) y con oscuridad, esta se preparó con 6 gramos de cloruro de sodio grado estándar (99.3% de pureza) y como diluyente el medio EPA, a partir de esta solución se prepararon las distintas concentraciones salinas requeridas.

Composición química del medio EPA (Environmental Protection Agency), los químicos deben ser completamente disueltos en 1 litro de agua destilada: 96 mg de NaHCO_3 , 60 mg de CaSO_4 , 60 mg de MgSO_4 y 4 mg de KCl (Anonymous, 1985).

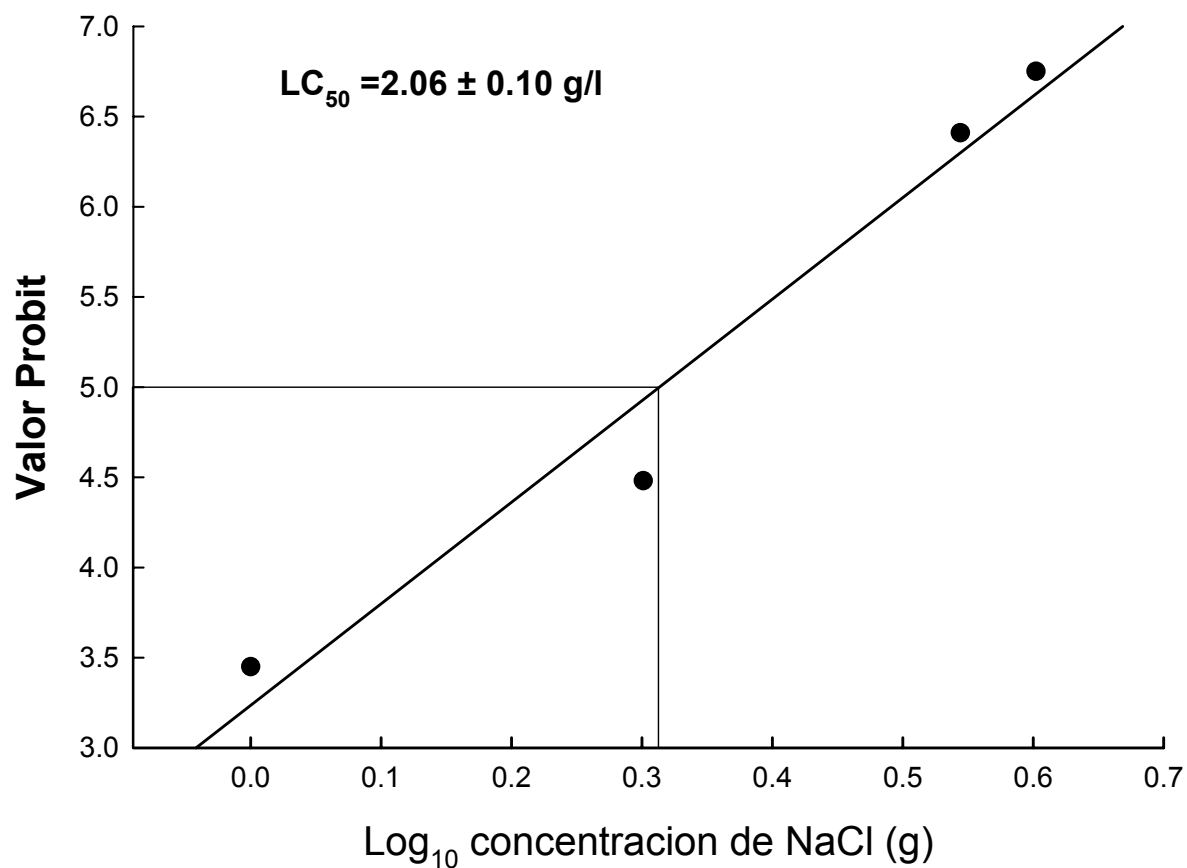
Medio de cultivo para microalgas bold basal (Borowizka y Borowitzka, 1988):

1. Nitrato de sodio (NaNO_3) 250 g/l
2. Sulfato de magnesio 75 g/l
($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
3. Fosfato de potasio dibásico 75 g/l
(K_2HPO_4)
4. Fosfato de potasio monobásico 75 g/l
(KHPO_4)
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 1.44 g/l
($\text{MgCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
 - *Trióxido de molibdeno (MoO_3) 0.71 g/l
 - *Sulfato de cobre (CuSO_3) 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 agregaron dos mililitros de cada solución.

Anexo 2

Determinación de concentración letal 50 (CL₅₀) expuesto a 24 hrs para *Anuraeopsis fissa*. Para derivar el CL₅₀ se utilizó el método Probit (Finney, 1971).



Anexo 3.

Tabla que presenta la concentración letal media (CL₅₀) de *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus havanaensis*, *Brachionus rubens* y *Brachionus calyciflorus*.

Taxa	Concentración de alimento	Horas de bioensayo	LC50±ES	Referencia
<i>A. fissa</i>	0.25x10 ⁶ ml ⁻¹	24 hrs	2.06±0.01	presente trabajo
<i>B. calyciflorus</i>	0.25x10 ⁶ ml ⁻¹	24 hrs	3.75±0.04	Peredo-Alvarez. <i>et al.</i> , 2003
<i>B. havanaensis</i>	0.25x10 ⁶ ml ⁻¹	24 hrs	3.75±0.04	Peredo-Alvarez. <i>et al.</i> , 2003
<i>B. rubens</i>	0.25x10 ⁶ ml ⁻¹	24 hrs	3.80	Morales ,2003