



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES IZTACALA

EFFECTO DE LOS ROTÍFEROS SOBRE LA
ESTRUCTURA DE LOS COMPONENTES DE LA
TRAMA TROFICA MICROBIANA DE UN LAGO
URBANO EUTRÓFICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

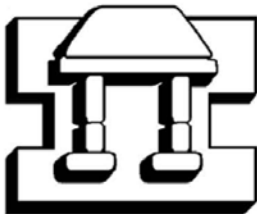
B I Ó L O G A

PRESENTA:

CASTRO ALCÁZAR HYRAIS

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Lugo Vázquez Alfonso



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO 2006



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.

LA MAZA Silvio Rodríguez

Si no creyera en la locura
de la garganta del cenzoñe
si no creyera que en el monte
se esconde el trino y la pavara

si no creyera en la balanza
en la razón del equilibrio
si no creyera en el delirio
si no creyera en la esperanza

si no creyera en lo que agencio
si no creyera en mi camino
si no creyera en mi sonido
si no creyera en mi silencio

qué cosa fuera
qué cosa fuera la maza sin cantera
un amasijo hecho de cuerdas y tendones
un revoltijo de carne con madera
un instrumento sin mejores resplandores
que lucecitas montadas para escena

qué cosa fuera, corazón, qué cosa fuera
qué cosa fuera la maza sin cantera

un testafarro del traidor de los aplausos
un servidor de pasado en copa nueva
un eternizador de dioses del ocaso
júbilo hervido con trapo y lentejuela

qué cosa fuera, corazón, qué cosa fuera *
qué cosa fuera la maza sin cantera

si no creyera en lo más duro
si no creyera en el deseo
si no creyera en lo que creo
si no creyera en algo puro

si no creyera en cada herida
si no creyera en la que ronde
si no creyera en lo que esconde
hacerse hermano de la vida

si no creyera en quien me escucha
si no creyera en lo que duele
si no creyera en lo que quede
si no creyera en lo que lucha

qué cosa fuera
qué cosa fuera la maza sin cantera
un amasijo hecho de cuerdas y tendones
un revoltijo de carne con madera
un instrumento sin mejores resplandores
que lucecitas montadas para escena

qué cosa fuera, corazón, qué cosa fuera
qué cosa fuera la maza sin cantera

un testafarro del traidor de los aplausos
un servidor de pasado en copa nueva
un eternizador de dioses del ocaso
júbilo hervido con trapo y lentejuela

qué cosa fuera, corazón, qué cosa fuera
qué cosa fuera la maza sin cantera

Dedico esta tesis

En especial a mi madre que sin ella no habría podido llegar a donde estoy ahora, sin su cariño ni comprensión, su gran fuerza de voluntad para salir de cada problema que se presento en su camino gracias por ser mi madre y por hacerme fuerte.

A mis hermanas y sobrinos que quiero tanto y que sin su apoyo y buena voluntad hacia mí no hubiera tenido el esmero de seguir adelante



AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto de Investigación en Limnología Tropical (PILT) por adoptarme como una estudiante mas y ayudarme a obtener los cimientos para ser una Bióloga.

A mi Director de tesis Dr. Alfonso Lugo Vázquez por ser mi padre científico y por supuesto a la Dra. Rosario Sánchez Rodríguez, a los dos por apoyarme en cada paso para mi formación como Bióloga y por ayudarme a realizar mi Tesis.

Al Dr. Jorge Círos Pérez, Dra. Nandini Sarma y al Ma. en Ciencias José Luis Gama, por dar su apoyo siendo mis sinodales y ayudar a que este proyecto allá llegado a su culminación.

A Laurita Peralta por consentirnos y Armandito por esos largos días de estar en el laboratorio trabajando.



MIS COMPAÑEROS

CCH-AZCAPOTZALCO que me enseñaron a ser feliz y vivir cada día como el único por estar siempre conmigo y subirme el ánimo a cada instante, Víctor Salinas que fue una experiencia enorme estar a tu lado, puesto que me enseñaste lo bueno de la vida, Elizabeth Iris, que me enseñó por primera vez que las amigas verdaderas existen y como olvidarme de Claudia Zarate con quien compartí gran parte de la prepa y que siempre me dio su apoyo incondicional.

FESI. Mestli Olvera, por ser mi amiga y confidente, Moisés López, por hacerme ver la vida de otra forma, Marleth Mendoza por enseñarme que hay miles de formas de pensar distintos en este mundo y Jahir Ariza, por tener ese carácter tan lindo y accesible. Por ser mis amigos incondicionales, y estar en cada momento que los necesite y por su apoyo.

A aquellos que hicieron amenas las prácticas de campo, a mis compañeros de cada semestre y a compañeros del Acuario Aragón.



ÍNDICE

Abreviaturas.....	1
Resumen.....	2
Introducción.....	3
Justificación.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivo Especifico.....	7
Hipótesis.....	7
Área de Estudio.....	8
Antecedentes.....	11
Material y Métodos.....	15
Resultados.....	20
Discusión.....	37
Conclusiones.....	43
Recomendaciones y Propuestas.....	45
Bibliografía.....	46
Anexo.....	53

ABREVIATURAS

- TP. *Trichocerca pusilla*.
BA. *Brachionus angularis*.
BB. *Brachionus bidentata*.
NFH. Nanoflagelados Heterótrofos.
FA. Flagelados Autótrofos.

Resumen

Los rotíferos, desempeñan una gran variedad de funciones tróficas en los ambientes acuáticos. Se considera que muchos rotíferos son realmente omnívoros, pues existen numerosas evidencias de su ingestión sobre la comunidad microbiana, formada por bacterias, nanoflagelados heterótrofos, flagelados autótrofos y ciliados por lo que, al igual que otros organismos del zooplankton, tienen una influencia importante sobre la dinámica y estructura del plancton. En este trabajo se estudió el efecto que tiene la ingestión de tres especies de rotíferos sobre los componentes de la trama trófica microbiana en un lago urbano somero y eutrófico. La hipótesis fue que el efecto de los rotíferos sobre las comunidades microbianas es especie-dependiente. Las especies empleadas fueron *Brachionus bidentata*, *Brachionus angularis* y *Trichocerca pusilla*. Se desarrollaron cultivos de las especies aisladas del lago Tezozómoc, Azcapotzalco, D.F. Los cultivos se alimentaron con la microalga unicelular *Chlorella vulgaris*. Para realizar los experimentos, se filtraron 10 litros de agua del lago a través de un tamiz con apertura de 63 μm , posteriormente en uno de 40 μm para eliminar al zooplankton de menor tamaño. En el agua permanecieron bacterias, NFH, FA y ciliados. El agua filtrada se trasladó al laboratorio para llenar doce recipientes de vidrio con 5 ml de capacidad; cada tratamiento se realizó por triplicado, con tres diferentes densidades de rotíferos. El tiempo de consumo de los rotíferos fue de dos horas, colocando los recipientes experimentales en un agitador orbital. Al término del período las muestras se fijaron con formol al 2%. Para contar las bacterias, HNF y FA se utilizó microscopia de epifluorescencia y DAPI; para cuantificar los ciliados, se sedimentaron 5 ml en cámaras de Utermöhl y se cuantificaron utilizando microscopio invertido.

Con relación a los resultados, haciendo una evaluación por especie, *BB* consume básicamente NFH (tasa de ingestión 660 $\text{org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$ y filtración 0.2444 ml h^{-1} , $\alpha \leq 0.012$), FA (tasa de ingestión 419 $\text{org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$ y filtración 0.24 ml h^{-1} , $\alpha \leq 0.001$). Con respecto a los ciliados, los consume significativamente y en el experimento con *Coleps birtus* se encontró que también fue capaz de consumirlo. *BA* gusta de NFH y Bacterias (tasa de ingestión 15 $\text{org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$ y 1.39×10^5 $\text{org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$, filtración de 0.69 ml h^{-1} , y 0.20 ml h^{-1} , respectivamente, con $\alpha \leq 0.05$ y 0.001). *BA* también fue capaz de consumir significativamente a *C. birtus*. *TP* resultó ser una especie voraz con relación al consumo de la trama trófica microbiana, pues consumió a todos los grupos de micro organismos.

BB fue la especie que mostró mayor capacidad de consumo de ciliados (0.20 $\text{org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$) con relación a las otras dos. *BA* fue la mejor consumidora de flagelados, tanto de NFH (15 $\text{org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$) como de FA (89 $\text{org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$), hecho que no coincide con algunas referencias que lo citan como bacterívoro. En cambio *TP*, considerado principalmente herbívoro, resultó el mejor consumidor de bacterias (1.8×10^6 $\text{org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$). Los resultados encontrados confirmaron la hipótesis de que el consumo de los diferentes componentes de la trama trófica microbiana es especie-específico.

INTRODUCCIÓN

Los lagos urbanos tienen gran importancia desde el punto de vista estético, como lugares para actividades recreativas, en el control de avenidas de agua y –en algunos casos- como fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano (Shueler y Simpson 2001). Debido al crecimiento mundial de la población y las ciudades, los lagos urbanos se han convertido en los cuerpos de agua que un mayor número de personas conoce, utiliza y visita. Por esta razón, son también ecosistemas fuertemente afectados y desequilibrados, además de que su estudio es poco frecuente (Birch y McCaskie 1999). Muchos de ellos son artificiales y someros, presentan condiciones de contaminación y eutrofización. Debido a su importancia y a su deterioro, existe una preocupación por desarrollar acciones de manejo y restauración de los mismos (Moss 1999).

En los lagos urbanos, al igual que en otros cuerpos de agua, el plancton es un componente de gran importancia (González de Infante 1988). En los ambientes de agua dulce, el zooplancton está dominado por tres grupos principales: protistas, rotíferos y crustáceos (cladóceros y copépodos) (Margalef 1983, Wetzel 1983, Nogrady *et al.*1993). Generalmente se considera que los rotíferos y crustáceos son los más importantes en términos de densidad, biomasa, producción y regeneración de nutrimentos (Hutchinson 1967).

Durante mucho tiempo se consideró a los organismos del zooplancton únicamente como consumidores de fitoplancton, pero a partir de la propuesta de la existencia del “circuito microbiano” (Azam 1983) se ha desarrollado el estudio de interacciones mucho más complejas entre organismos como bacterias, picoplancton y protistas con el zooplancton. Por ejemplo, se ha descrito un efecto importante de la filtración de la especie del género *Daphnia* sobre la totalidad de la trama trófica microbiana de un cuerpo de agua. (Jürgens 1994).

Aunque inicialmente se pensó que el “circuito microbiano” y la cadena trófica planctónica tradicional funcionaban de forma independiente, en la actualidad el concepto más generalizado señala que existen diversas conexiones directas e indirectas entre ambas (Jürgens y Jeppesen 2000). El circuito microbiano alimenta, junto con el fitoplancton, a la cadena trófica planctónica tradicional (Gifford 1991).

Los rotíferos se incluyen dentro de los metazoos del zooplancton. Son microscópicos (0.05 a 2 mm), su cuerpo está constituido por una cutícula elástica y en muchos casos termina en un pie. Una característica importante es que están constituidos por un número fijo de células (Nogrady *et al.* 1993). En general, los rotíferos tienen dos regiones distintivas en su cuerpo: la región apical y la región ciliar llamada corona, que es usada en la locomoción y en la obtención de alimento. Otra característica fundamental es la faringe muscular, el mastax, que posee un juego complejo de mandíbulas, hechas de quitina, llamado trofi. Los alimentos son atraídos hacia la región bucal por las corrientes creadas por el movimiento de los cilios. Los rotíferos suelen desplazarse en el agua en línea recta, como resultado del movimiento rotatorio de los cilios de la corona; otros se pueden desplazar a saltos por movimientos batientes de algunos apéndices. Los organismos que se encuentran en las zonas litorales por lo regular son sésiles y están asociados al sustrato.

Hay más de 100 especies de rotíferos que viven en el plancton (Ruttner-Kolisko 1975). Su importancia deriva de su integración como consumidores primarios y son responsables en gran medida de la producción secundaria de cualquier sistema o ambiente acuático (Mohr y Adrian 2002). Constituyen un eslabón fundamental entre los consumidores primarios (fitoplancton), y los consumidores secundarios como los copépodos y los peces. Los rotíferos pueden ingerir un amplio intervalo de partículas – desde <1 a 200 μm (Pourriot 1977)- el cual incluye partículas del tamaño de bacterias, protistas y fitoplancton. Se considera que muchos rotíferos son realmente omnívoros, pues existen numerosas evidencias de su consumo sobre bacterias, flagelados heterótrofos y ciliados (Arndt 1993). Otro punto importante de este grupo es que pueden ser utilizados como indicadores de la calidad del agua (Sládeček 1983).

Las mayores poblaciones de rotíferos están asociadas a macrófitos sumergidos, especialmente a las más ramificadas; de las especies que se conocen de rotíferos el 75% vive a lo largo de la zona litoral de sistemas dulceacuícolas o en la película de agua que se forma sobre el musgo. Sólo cerca de cien especies son típicamente pelágicas en lagos o lagunas. Estas especies pueden presentar ciclomorfosis, que son cambios estacionales en el cuerpo del organismo; la ciclomorfosis se puede apreciar a partir de generaciones sucesivas y se atribuye a la depredación o a cambios climáticos (Nogrady *et al.* 1993).

Los rotíferos, al igual que otros organismos del zooplancton, tienen una influencia importante sobre la dinámica y estructura del fitoplancton, y ahora se sabe que pueden tener un efecto similar sobre la red trófica microbiana. La influencia se ejerce a través de dos mecanismos principales: primero de forma indirecta, mediante la regulación de los recursos para las bacterias a través del consumo sobre el fitoplancton y el incremento de la liberación de carbono orgánico disuelto provocada por el mismo consumo; segundo, de forma directa mediante el consumo de diversos componentes de la trama trófica microbiana, principalmente protistas y bacterias (Jurgens y Jeppesen 2000). Existen evidencias de que las preferencias en el tamaño de las partículas consumidas están relacionadas con el tamaño del cuerpo (Rothhaupt 1990), por lo que es de esperarse un efecto diferencial y especie-específico sobre los componentes de la comunidad microbiana (Mohr y Adrian 2002).

Por lo anterior, en el presente trabajo se busca estudiar el efecto que tiene el consumo de diversas especies de rotíferos sobre otros componentes del plancton en un lago urbano somero y eutrófico. Se espera que exista un efecto especie-dependiente.

JUSTIFICACION

El zooplancton ocupa un lugar preponderante, dentro del funcionamiento de los lagos urbanos y la modificación de su estructura suele ser un objetivo principal en los métodos de biomanipulación que buscan el mejoramiento de las condiciones en un cuerpo de agua. Por esto el presente estudio busca determinar la importancia de los rotíferos del Lago Tezozómoc sobre los efectos directos e indirectos del fitoplancton y los componentes microbianos. Esta información podría ser relevante al integrarla en un programa de restauración mediante biomanipulación del lago.

OBJETIVO GENERAL.

Determinar el efecto del consumo de 3 especies de rotíferos (*B. bidentata*, *B. angularis* y *Trichocerca pusilla*) sobre la comunidad microbiana (Bacterias, Nanoflagelados heterótrofo, Nanoflagelados autótrofos y Ciliados) de un lago urbano eutrófico y somero.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el consumo de cada especie de rotífero, (*B. bidentata*, *B. angularis* y *Trichocerca pusilla*) sobre los diversos componentes de la comunidad microbiana del lago.
- Establecer experimentalmente el efecto global de cada especie de rotífero sobre la composición de la comunidad microbiana planctónica del lago Tezozómoc.

HIPÓTESIS

H1 el grado de afectación de los componentes de la comunidad microbiana será diferente dependiendo de la especie de rotífero estudiada

H2 el consumo por las especies de rotíferos afectarán la composición y estructura de la comunidad de Bacterias, NFH (Nanoflagelados heterótrofos), FA (flagelados autótrofos) y Ciliados.

ÁREA DE ESTUDIO

Localización: El Parque recreativo y cultural “Tezozómoc” (Figuras 1 y 2), se ubica al Noroeste de la delegación Azcapotzalco, colindando al Norte y Noroeste con el municipio de Tlalneplantla y al Oeste con el municipio de Naucalpan, entre las coordenadas 19° 29’ 05” de latitud norte y 99° 12’ 36” de longitud oeste, a una altura de 2250 msnm; abarca una superficie de 27 hectáreas y cuenta con un lago artificial. Esta área verde beneficia a cerca de dos millones de habitantes y recibe aproximadamente 150,000 visitantes al año (Delegación Azcapotzalco, 2002).

Diversidad biológica: El lago se ubica en la zona central del parque. En cuanto a organismos microscópicos es muy diverso, desde las bacterias a organismos mas complejos como son los protozoos flagelados y ciliados, rotíferos y algunos crustáceos como cladóceros y copépodos. Entre las familias de rotíferos que se encuentran en el lago están: la familia Epiphanidae, representada por *Proalides subtilis*, (Rodewald, 1940), la familia Brachionidae, con las especies *B. angularis* (Gosse. 1851) y *B. bidentata* (Anderson 1889), la familia Colurellidae, con la especie *Lepadella ovalis* (O. F. Muller 1786) y la familia Trichocercidae, que incluyó a las especies *Trichocerca pusilla* (Lauterborn 1898) y *T. stylata* (Gosse 1851) (Sarma y Martínez 2000)

En cuanto a vertebrados, existen dos especies silvestres no migratorias: el pato mexicano (*Anas platyrhynchos subesp.*) y el pato criollo (*Cairina moschata*), además del pato de pekín o blanco (*Anas* spp), el tepalcate de guinea (*Oxyura j. jamaicensis*), tortugas de orejas rojas o japonesa (*Trachemys scripta elegans*) y una especie en peligro de extinción que es el ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*), especie endémica de nuestro país. (www.azcapotzalco.df.gob.mx)

Clima: El área donde se ubica el sistema, tiene un clima tipo C (W_o), templado subhúmedo con lluvias en verano (Solano, 2002). La temperatura media anual oscila entre 12°C y 16°C y la temperatura mas cálida se presenta en mayo, siendo de entre 18°C y 19°C y la mas fría en diciembre y enero con 11°C a 12°C; la precipitación pluvial es de 500 a 800 mm al año, con lluvia invernal menor al 5% anual y una frecuencia de 13 días helados al año (Arzate 2002).

Hidrografía: El lago tiene un área de 17 000 m² y contiene aproximadamente 34 000 m³ de aguas residuales tratadas. La profundidad promedio es de 1 m aunque existe una pequeña zona donde alcanza los 2.40 m. El agua que abastece al parque proviene de la planta de tratamiento “El Rosario” operada por la Dirección General de Operación Hidráulica (DGOH) del DDF. El abastecimiento es diario, a razón de 6 L s⁻¹ (Solano, 2002). El agua se utiliza para regar las áreas verdes del parque y para llenar el lago. Debido al importante aporte de nutrimentos en el agua que lo llena, resultado del tratamiento secundario, el lago presenta condiciones fuertemente eutróficas (Lugo *et al.* 2002).

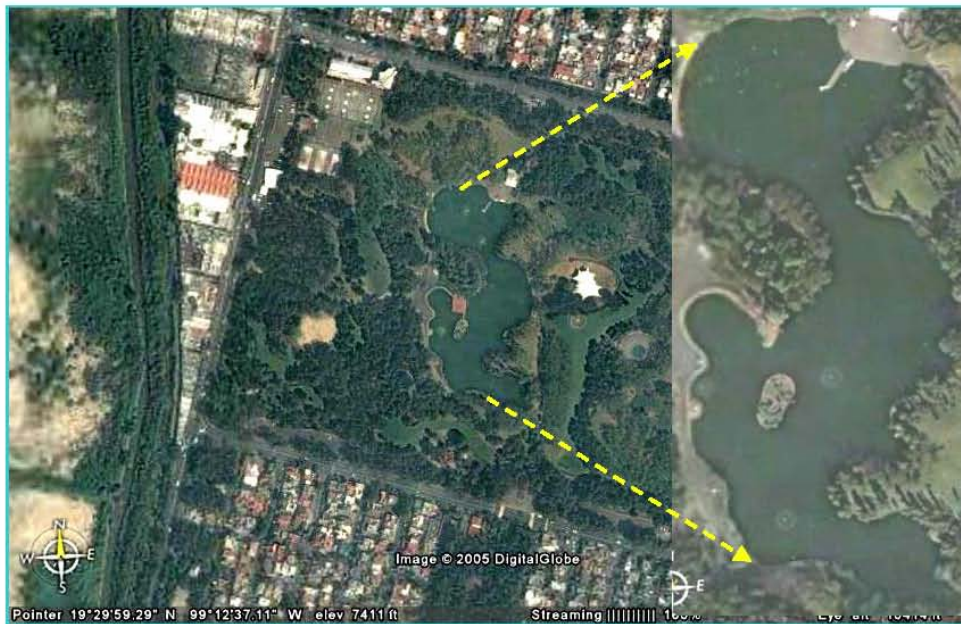


Figura 1. Vista aérea del parque Tezozómoc.
A la derecha el lago.



Figura 2. Lago Tezozómoc.
Fotografía donde se muestra la
parte central del lago.

ANTECEDENTES

Pourriot (1977) realizó un trabajo sobre los hábitos de alimentación de los rotíferos, encontrando que son fagótrofos y comen esencialmente partículas. Su digestión es extracelular, aunque en algunas especies puede ser intracelular como en los géneros *Itura* y *Ascomorpha*; con relación al fitoplancton encontró que consumen principalmente partículas del nanoplancton y consumen la misma cantidad con relación al peso de su cuerpo o biomasa, también tiene que ver con la abundancia de organismos, menciona que su alimentación depende de la estructura y función de dos órganos que son el mastax y la corona ciliar. Las especies *B. angularis* y *B. bidentata*, tienden a comer bacterias, clorococales, volvocales y diatomeas centrales.

Salt (1987), realizó un trabajo sobre los componentes y comportamiento de la alimentación de los rotíferos, observó que la forma de su corona ciliar es la encargada de captar el alimento, y determina la ingestión, digestión, y asimilación de partículas o alimento. La digestión y la asimilación parecen variar inversamente con el valor de ingestión. Las especies empleadas fueron *Asplanchna* y *Brachionus*; otro punto importante en este trabajo fue que notaron que los factores tanto físicos como químicos tienen que ver directamente con el consumo y en el caso de *Brachionus* con la actividad productiva.

Rothhaupt, (1990a y 1990b) observó que existen diferencias entre las especies con relación al tamaño de las partículas que consumen preferentemente. En uno de los experimentos permitió que organismos del género *Brachionus* consumieran un tipo de alga durante 10 min. y otra alga durante 24 hrs. y también con relación a algunos otros grupos de organismos. Los resultados que obtuvo fueron que la especie *B. angularis* prefiere partículas menores a 5 μm , *B. rubens* cerca de los 5 μm y *B. calyciflorus* cerca de los 10 μm .

Arndt (1993), considera que muchos rotíferos son realmente omnívoros, pues existen numerosas evidencias de su consumo sobre bacterias, flagelados heterótrofos y ciliados. Las conclusiones de este trabajo son que los rotíferos consumen cantidades muy elevadas de los diversos componentes microbianos del plancton, y por tanto, son importantes reguladores de las comunidades microbianas.

Pejler (1993) menciona que el género *Trichocerca* está estrechamente relacionado con ambientes eutróficos y frecuentemente se asocia con los sustratos, en los cuales encuentra su alimento. El estudio incluyó a las especies *Trichocerca similis* y *Trichocerca uncinata*.

Devetter (1998) realizó un estudio sobre las principales variables que afectan a los rotíferos del plancton en una presa en la República Checa. Entre las especies de rotíferos que encontró estaban *Brachionus angularis* y *Trichocerca similis*. Según sus observaciones *B. angularis* es una especie que se desarrolla en primavera y que se encuentra en fases de baja producción primaria por Desmidiáceas y Cianobacterias y en bajas temperaturas. En cambio, *T. similis* se asocia con épocas de fuerte producción de éstos grupos y con altas temperaturas.

Sarma y Martínez en el 2000, realizaron un análisis de los rotíferos recolectados del parque Tezozómoc reconociendo de 19 especies, entre ellas la familia Brachionidae, *B. angularis* (Gosse. 1851) y *B. bidentata* (Anderson 1889), familia Trichocercidae, *Trichocerca pusilla* (Lauterborn 1898) y *T. stylata* (Gosse 1851) entre algunas otras especies.

Mohr y Adrian (2000) estudiaron el consumo de *B. calyciflorus* y *B. rubens* sobre una población conocida de ciliados con coraza o con placas calcáreas (*Coleps birtus*) y sin coraza o con cuerpo blando (*Tetrahymena pyriformis*), obteniendo como resultado que *B. calyciflorus*, pudo consumir los dos tipos de ciliados, mientras que *B. rubens* no pudo consumir a *Coleps birtus*, por su consistencia y tamaño.

Jurgens y Jeppesen (2000), realizaron un estudio sobre el impacto del metazooplancton en la estructura de la red trófica microbiana en un lago hipereutrófico, donde vieron que las características de estos tipos de lagos hace que se desarrollen comunidades del plancton en distintas escalas; observaron la sucesión del zooplancton (*Brachionus* sp, copépodos ciclopoideos y *Daphnia*) y su alimentación sobre otros grupos de organismos como los nanoflagelados heterótrofos (NFH), flagelados autótrofos (FA), los ciliados, y el picoplancton autótrofo y heterótrofo.

Para el caso de los rotíferos, a lo largo del experimento se pudo ver que pudieron controlar a las poblaciones de algunos ciliados pequeños así como NFH y algunos organismos del picoplancton.

Otro punto importante fue que los experimentos realizados demostraron que el metazooplancton (incluidos los rotíferos) es un factor importante en la estructuración de la red trófica microbiana.

Ciros y Carmona (2001), hicieron un análisis sobre la importancia de las interacciones de los rotíferos, sobre su entorno alimenticio. Como se sabe, la familia Brachionidae presenta una preferencia de consumo sobre las microalgas, por lo que hay una relación entre el tamaño de los rotíferos y las microalgas que son consumidas; de lo anterior también se deriva la competencia por el alimento entre especies de rotíferos que viven dentro de una misma comunidad, manteniendo la hipótesis de que la varianza en la disponibilidad alimenticia es uno de los factores que permiten la coexistencia. Los resultados sugieren que ambos alimentos probados y la perturbación son importantes en la coexistencia de las especies.

May (2001), estudió la alimentación de *Trichocerca pusilla*. Encontró que ésta especie de rotífero basa su alimentación en diatomeas, incluyendo a las filamentosas como *Aulacoseira* spp. Tanto la diatomea como el rotífero tienden a presentarse en mayores densidades durante la época cálida. *T. pusilla* también consume partículas suspendidas y algunos otros tipos de algas.

Mohr y Adrian (2002a), mencionan que los rotíferos, desempeñan una gran variedad de funciones tróficas en los ambientes acuáticos. Encuentran que las especies *B. calyciflorus* y *B. rubens* pueden consumir partículas con un tamaño de hasta 56 μm , sin embargo ambas especies consumen principalmente partículas más pequeñas que incluyen desde bacterias hasta protozoos ciliados. Esto los convierte en depredadores importantes de los componentes de la cadena trófica microbiana.

Mohr y Adrian (2002b), con relación al consumo de partículas concluyen que existe un efecto diferencial y especie-específico de los rotíferos sobre los componentes de la comunidad microbiana.

Joaquim-Justo *et al.* (2004) estudiaron el consumo de algunas especies de rotíferos sobre los ciliados, por medio de microscopia de epifluorescencia y empleando partículas de látex. El experimento utilizó la especie de ciliado *T. pyriformis* y al rotífero *Brachionus calyciflorus*. Se dieron cuenta que en un periodo de 25 a 35 min este rotífero podía consumir entre 3.3 y 6 cil rot⁻¹h⁻¹. Este método parece ser adecuado para realizar la estimación de consumo de rotíferos sobre ciliados *in situ*. En este trabajo se menciona también que el rotífero *Brachionus angularis* tiende a consumir al ciliado *Cyclidium* sp con una tasa de 1.1 cel. ind⁻¹h⁻¹.

Mendoza (2004) realizó un trabajo sobre la bacterivoría de rotíferos y cladóceros en aguas residuales municipales. Observó que la especie de rotífero *B. patulus* fue la que mayor porcentaje de bacterias consumió (42.7%), mientras que otra especie, *B. havanaensis*, consumió un porcentaje mucho menor (15.2 %), demostrando de esta forma que los rotíferos pueden consumir bacterias aunque el consumo varía de acuerdo con las diferentes especies .

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron experimentos en laboratorio, para observar el efecto del consumo por rotíferos sobre el resto de la comunidad planctónica del lago Tezozómoc; con este fin se desarrollaron cultivos de tres especies de rotíferos aisladas del lago: *B. angularis*, *B. bidentata* y *Trichocerca pusilla*. Los rotíferos se cultivaron en agua del lago previamente filtrada. (a través de una malla de 20 μm de apertura) y centrifugada (10 min 15000 rpm). Los cultivos se obtuvieron a partir de una muestra de 10 a 20 litros de agua del lago, filtrada a través de un tamiz de 63 μm y posteriormente en uno de 40 μm de apertura. El concentrado se vació en un frasco de plástico de 500 ml de capacidad, el cual se mantuvo en la sombra hasta su traslado al laboratorio. Una vez en él se separaron los organismos de las especies de interés utilizando el microscopio estereoscópico y una micropipeta; Para su traslado a placas de cultivo por cada pocillo se colocaron de tres a cuatro rotíferos, cuando los pocillos alcanzaron una densidad de 10 organismos aproximadamente, se les traslado a tubos especiales para cultivo de 50 ml, en el momento que alcanzaron una densidad de 100 rotíferos por mililitro se procedió a realizar la etapa experimental. Esto ocurrió aproximadamente dos o tres meses después de iniciados los cultivos. Los cultivos fueron alimentados con la microalga unicelular *Chlorella vulgaris*, esta alga a su vez fue cultivada en envases de plástico, utilizando medio basal BOLD (Borowitzka y Borowitzka 1988) con un fotoperíodo de doce horas de luz y doce horas de oscuridad a una temperatura de aproximadamente 20°C.

Se realizaron los experimentos siguientes para calcular la tasa de filtración de las tres especies de rotíferos sobre los diferentes componentes de la trama trófica microbiana.

Para obtener el agua para los experimentos, se filtraron 20 litros de agua del lago a través de un tamiz con apertura de 40 μm , para eliminar a los organismos del mesozooplankton. En el agua permanecieron bacterias, NFH, FA y protistas ciliados. Este volumen de agua filtrado se trasladó al laboratorio para llenar doce recipientes de vidrio de cinco mililitros de capacidad; cada tratamiento se realizó por triplicado y los tratamientos fueron:

- 1) cinco mililitros de agua filtrada con todos los componentes de la trama trófica microbiana mas *B. bidentata* con tres densidades conocidas de rotíferos. Las densidades utilizadas variaron de acuerdo con el estado de crecimiento de los cultivos en el momento de realizar el experimento. en la mayoría de los casos se utilizaron las densidades de 10, 15 y 35 rot ml⁻¹
- 2) cinco mililitros de agua filtrada con todos los componentes de la trama trófica microbiana mas *B. angularis* con tres densidades conocidas de rotíferos.
- 3) cinco mililitros de agua filtrada con todos los componentes de la trama trófica microbiana mas *Trichocerca pusilla* con tres densidades conocidas de rotíferos.
- 4) Cinco ml de agua del lago filtrada, sin rotíferos, como control.

Durante el momento del llenado de los recipientes se homogenizó perfectamente, el agua filtrada y las concentraciones de rotíferos y se pusieron en un rotómetro orbital a una velocidad de 25 rpm, por un periodo de dos horas, transcurrido el tiempo se tomaron y fijaron. los siguientes volúmenes:

- 1) 5 ml con formol hasta un 2 % para cuantificar la densidad de protistas ciliados este volumen se sedimentó en una cámara de Utermohl (Finlay y Guhl 1992). y se cuantificaron los ciliados mediante microscopio invertido.
- 2) 1 ml fijados con formol hasta una concentración del 2 % para la cuantificación de bacterias. Utilizando la técnica de DAPI y microscopia de epifluorescencia (Porter y Feig 1980)
- 3) 1 ml con formol hasta una concentración del 2 % para cuantificar HNF y AF. Los organismos se tiñeron con DAPI y se cuantificaron utilizando microscopia de epifluorescencia. Para la diferenciación de los flagelados autótrofos se empleará la autofluorescencia de la clorofila (Straskrabová/ 1996)

Con base en las réplicas se calculó el error estándar en cada uno de los tratamientos y en el control, tanto para los datos del inicio del experimento como al final. Con este fin se usó el paquete estadístico SPSS versión 12.0.

La formula ocupada para hacer los cálculos sobre la tasa de filtración fue la siguiente (Gauld 1951 en Peters 1984):

$$G=V(\ln C_0- \ln C_1)/(tN)$$

Donde:

G= Tasa de filtración en ml ind⁻¹ unidad de tiempo h⁻¹

V= Volumen de agua contada en ml

InC₀= Cantidad de células en ml⁻¹ iniciales

InC₁= Cantidad de células en ml⁻¹ finales

t= Tiempo del experimento h

N= Numero de rotíferos contenidos por ml

La formula ocupada para hacer los cálculos sobre la tasa de ingestión fue la siguiente (Gauld 1951 en Peters 1984): Se utilizaron los mismos experimentos para hacer los cálculos. Estos datos nos sirven para saber el volumen de la suspensión de alimento a partir de la cual el rotífero colecta las partículas alimenticias por unidad de tiempo.

$$G= \ln C_0- \ln C_1/t (N)$$

Donde:

G= Tasa de ingestión en org rot⁻¹ unidad de tiempo h⁻¹

InC₀= Cantidad de células en ml⁻¹ iniciales

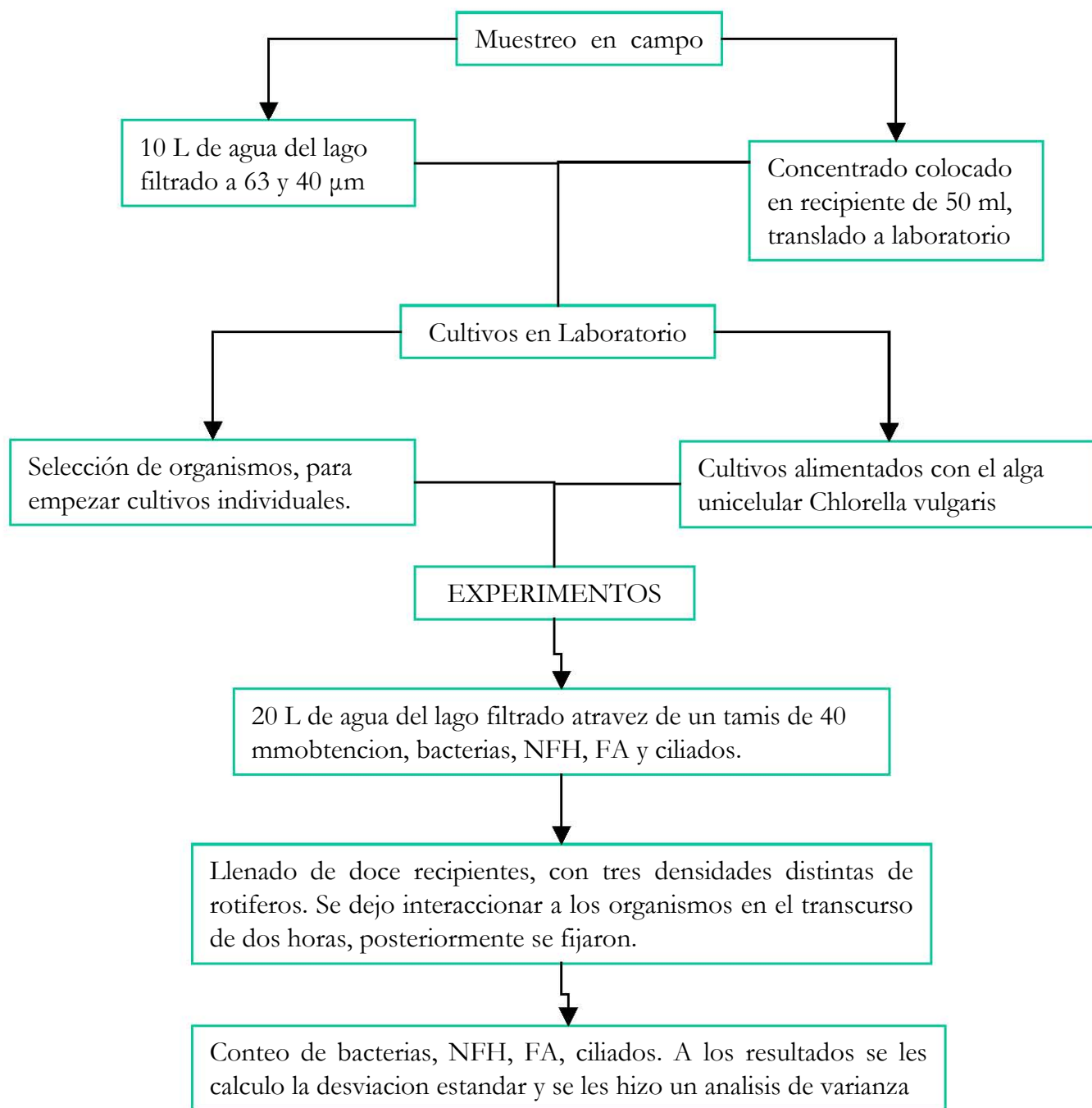
InC₁= Cantidad de células en ml⁻¹ finales

t= Tiempo del experimento h

N= Numero de rotíferos por ml

Se realizó un último experimento para establecer con claridad el consumo de las tres especies de rotíferos sobre los ciliados. Para este fin se desarrolló un cultivo monoespecífico del ciliado *C. hirtus*, especie planctónica común en el lago Tezozómoc. Los controles y los tratamientos tuvieron una densidad inicial aproximada de 212 ± 1.96 ciliados ml^{-1} . Se realizaron los mismos pasos que en los experimentos anteriores para definir el consumo de las tres especies de rotíferos sobre el ciliado.

Diagrama de flujo Material y Métodos:



RESULTADOS

Brachionus bidentata

En el primer experimento realizado en el mes de Mayo. No se encontraron diferencias significativas en el consumo de los diferentes grupos con respecto al control. El único grupo que presentó una diferencia significativa ($\alpha \leq 0.04$), fueron, los ciliados. En éste experimento las especies dominantes de ciliados fueron, *Halteria grandinella*, *Phascolodon vorticella* y *Vorticella microstoma*. Un factor que pudo favorecer el consumo de los ciliados en éste mes fue el hecho de que las especies dominantes fueron pequeñas y estaban en densidades altas, por ello fue fácil que los rotíferos las consumieran. Se midió una tasa de ingestión promedio es de 0.13 org. rot⁻¹ h⁻¹ y la de filtración promedio de 0.09 ml h⁻¹. Los resultados de ingestión y filtración se muestran en el tabla 1.

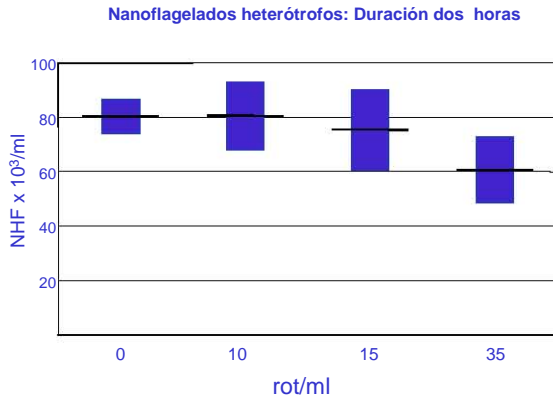
En el segundo experimento, realizado en el mes de Junio. Se encontraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.012$) para el caso de los NFH. Se midió una tasa de ingestión promedio de 97 org. rot⁻¹ h⁻¹ y la de filtración promedio fue de 0.49 ml h⁻¹, demostrando que hay un consumo de este grupo. Para el caso de los ciliados no se encontraron diferencias significativas, indicando que el consumo fue muy bajo. Este resultado puede atribuirse a que durante ésta época las especies dominantes de ciliados fueron *Bursellopsis nigricans*, *Hastatella grandinella* y *Limnostrombidium pelagicus*, especies grandes que resultan más difíciles de consumir para los rotíferos. Los resultados de ingestión y filtración se muestran en el tabla 2.

El tercer experimento también se realizó durante el mes de Junio. Los grupos que presentaron valores significativos fueron los NFH ($\alpha \leq 0.011$, Figura 3) con una tasa de ingestión de 15 org. rot⁻¹ h⁻¹ y la de filtración promedio de 0.048 ml h⁻¹. También los NA fueron consumidos significativamente ($\alpha \leq 0.0005$, Figura 4) y en este caso la tasa de ingestión promedio fue de 471 org rot⁻¹ h⁻¹ y la de filtración de 0.21 ml h⁻¹. Tampoco en éste caso se observó el consumo significativo de ciliados, hecho que pudo asociarse a que las especies presentes fueron las mismas que en el experimento anterior. Los números cuantificados de bacterias durante éste experimento fueron muy elevados, y aunque se observa una disminución después del experimento ésta no llegó a ser significativa. Los resultados de ingestión y filtración se presentan en el tabla 3.

Un cuarto experimento se realizó en el mes de septiembre. Para éste caso el consumo sobre todos los grupos microbianos resultó significativo (Figura 5 ingestión de bacterias). Para el caso de los Ciliados (Figura 6) en este mes hubo ingestión sobre este grupo, con un valor de $\alpha \leq 0.001$; las especies encontradas fueron *Phascolodon*, *Vorticella*, *Coleps birtus*, *Halteria sp.* Estos organismos son de tamaño medio y pueden ser consumidas con mayor facilidad por los rotíferos. Los resultados de ingestión y filtración para el experimento se muestran en el tabla 4.

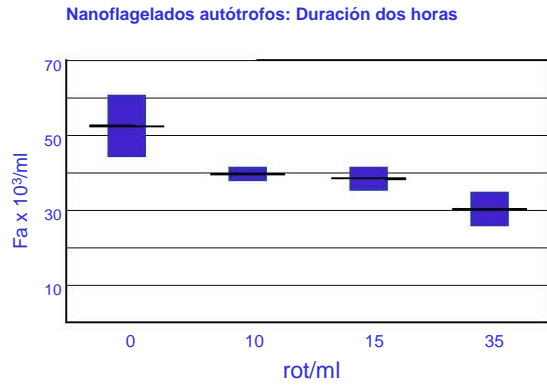
Haciendo un resumen sobre los resultados obtenidos con esta especie, se podría decir que tiende a consumir el grupo de los NFH su tasa de ingestión promedio es de $66 \text{ org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$ y la de filtración promedio de 0.24 ml h^{-1} , en general podría consumir tanto NA ingestión promedio $419 \text{ org. rot}^{-1}\text{h}^{-1}$ y filtración promedio de 0.24 ml h^{-1} , Ciliados ingestión $0.20 \text{ org. rot}^{-1}\text{h}^{-1}$ y filtración de 0.36 ml h^{-1} . Al hacer una comparación con las otras especies, este rotífero es mas eficiente consumiendo ciliados, pero en el caso de filtración, le es mas fácil cuando se encuentran grupos como lo son los NFH y NA.

Brachionus bidentatus



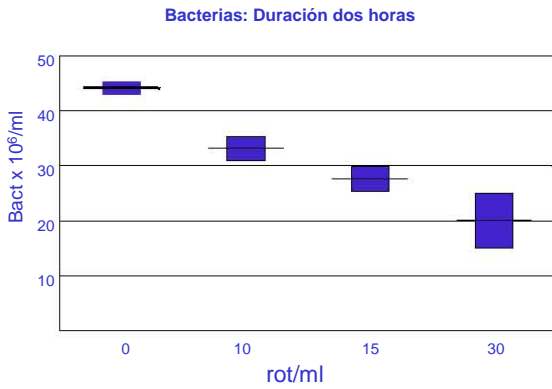
Tasa de filtración de 0.05 ml/h^{-1}
 Tasa de ingestión $142 \text{ org rot}^{-1} \text{ h}^{-1}$
 Significancia de 0.011

Figura 3



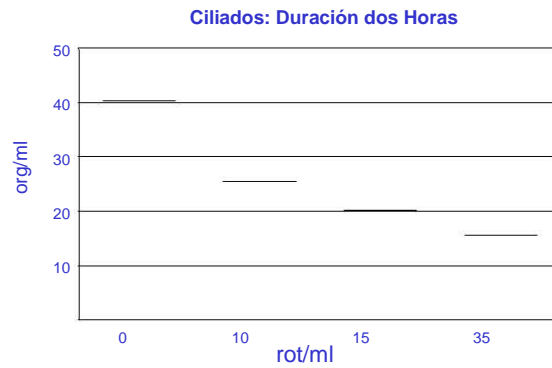
Tasa de filtración de 0.21 ml/h^{-1}
 Tasa de ingestión de $471 \text{ org rot}^{-1} \text{ h}^{-1}$
 Significancia de 0.005

Figura 4



Tasa de filtración de 0.2858 ml/h^{-1}
 Tasa de ingestión de $5 \times 10^5 \text{ org rot}^{-1} \text{ h}^{-1}$
 Significancia de <0.001

Figura 5



Tasa de filtración de 0.52 ml/h^{-1}
 Tasa de ingestión de $0.24 \text{ org rot}^{-1} \text{ h}^{-1}$
 Significancia de 0.001

Figura 6

Figuras 3-6. Consumo de *Brachionus bidentata* sobre los diferentes grupos microbianos, mostrando la media \pm la desviación estándar.

Resultados de Filtración e Ingestión *Brachionus bidentata*.

Tabla 1. 20 de mayo del 04 Post hoc ^a(C=control, T1=30 rot/mil, , T2=50 rot/mil)

NFH vs. Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org. rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	0.84
30	0.11	74	
50	0.082	53	
<hr/>			
FA vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.91
30	0.08	7	
50	0.12	9	
<hr/>			
Bacterias vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.43
30	0.15	12	
50	0.38	37	
<hr/>			
Ciliados vs. Rotíferos			0.03
Control	X	X	C≠T1=T2=T3 ^a
30	0.06	0.0634	
50	0.12	0.2017	

Tabla 2. 7 de junio del 04 Post hoc ^a(C=control, T1=10 rot/mil, , T2=15 rot/mil, T2=35 rot/mil)

NFH vs. Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org. rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	0.21
10	0.76	15	
15	0.49	98	
35	0.21	42	
<hr/>			
FA vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.06
10	0.43	57	
15	0.25	34	
35	0.20	23	
<hr/>			
Bacterias vs. Rotífero			
Control	X	X	0.08
10	0.34	4.2 x 10 ⁻⁵	
15	0.29	3.5 x 10 ⁻⁵	
35	0.22	2.2 x 10 ⁻⁵	
<hr/>			
Ciliados vs. rotífero			
Control	X	X	0.85
10	0.25	0.48	
15	0.58	0.27	
35	0.37	0.15	

Tabla 3. 9 junio 2004 Post hoc^a (C=control, T1=10 rot/mil, T2=15 rot/mil, T2=35 rot/mil)

NFH vs. Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org. rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	0.009
10	0.061	13	C≠T1=T2=T3 ^a
15	0.002	16	Figura 3
35	0.08	28	
FA vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.005
10	0.2770	633 org rot ⁻¹ h ⁻¹	C≠T1=T2=T3 ^a
15	0.2057	463 org rot ⁻¹ h ⁻¹	Figura 4
35	0.1573	317 org rot ⁻¹ h ⁻¹	
Bacterias vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.8
10	0.034	3 x 10 ⁻⁴	
15	0.12	9 x 10 ⁻⁴	
35	0.062	4 x 10 ⁻⁴	
Ciliados vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.875
10	0.89	0.14	
15	0.44	0.17	
35	0.01	0.005	

Cuadro 4. 20 octubre 2004 Post hoc^a (C=control, T1=10 rot/mil, T2=15 rot/mil, T2=30 rot/mil)

NFH vs. Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org. rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	0.001
10	0.38	66	C=T1=T2≠T3 ^a
15	0.43	83	
30	0.24	92	
FA vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.030
10	0.2623	902	
15	0.1749	795	C=T1=T2≠T3 ^a
30	0.0846	755	
Bacterias vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.000
10	0.01	5.4 x 10 ⁻⁶	C≠T1=T2≠T3 ^a
15	0.38	5.4 x 10 ⁻⁶	Figura 5
30	0.17	4 x 10 ⁻⁶	0.001
Ciliados vs. Rotíferos			
Control	X	X	C≠T1,T2,T3 ^a
10	0.95	0.41	
15	0.46	0.22	
30	0.15	0.08	Figura 6

Brachionus angularis

Para ésta especie el primer experimento se realizó en el mes de Agosto. Se observó la presencia de consumo significativo sobre los NFH. La diferencia entre las dos densidades mayores (15 y 35 rot/ml) fue pequeña (Figura 7 y 8). Para los NFH el valor de ($\alpha \leq 0.001$), con una tasa de ingestión es de 23 org. rot⁻¹ h⁻¹ y la de filtración de 0.4411 ml h⁻¹. No hubo consumo significativo con relación a los ciliados, las especies presentes en este mes fueron *Vorticella microstoma*, *Limnstrombidium pelagicum* y *Paramecium aurelia*, siendo las dos últimas especies de tamaño considerable. Los resultados de ingestión y filtración para éste experimento se muestran en el tabla 5.

El segundo experimento se realizó durante el mes de Septiembre. En las graficas de consumo se muestra un consumo significativo otra vez sobre los NFH ($\alpha \leq 0.007$) y también sobre las bacterias ($\alpha \leq 0.001$). La tasa de ingestión de NFH fue de 559 org rot⁻¹h⁻¹ y la de filtración de 0.12 ml h⁻¹. Para las bacterias la tasa de ingestión fue de 2.24 x 10⁵ org. rot⁻¹ h⁻¹ y la de filtración de 0.18 ml h⁻¹. En éste experimento nuevamente se observó que no existió consumo significativo sobre los ciliados, siendo las especies presentes *Paramecium aurelia*, *Halteria grandinella* y *Coleps birtus*. Los resultados de ingestión y filtración se presentan en el tabla 6.

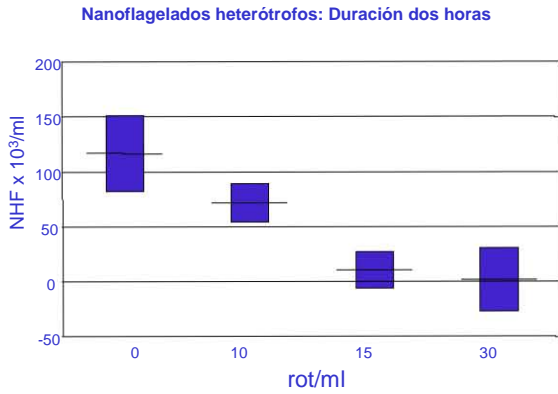
En el tercer experimento, realizado el mes de Octubre. Se encontró consumo significativo sobre tres grupos: NFH ($\alpha \leq 0.057$), FA (0.004) y bacterias ($\alpha \leq 0.001$). Para los valores de filtración e ingestión tenemos los siguientes: para NFH 1.78 y 30 respectivamente, FA 0.24 y 12, Bacterias 0.26 y 37. Al igual que en los experimentos anteriores, no se encontró un consumo significativo sobre los ciliados. En cuanto a los resultados de ingestión se muestran en el tabla 7.

En el cuarto experimento realizado el mes de Noviembre: sí se encontró consumo significativo sobre los cuatro grupos, situación que puede observarse en las gráficas. Para los NFH, NA y ciliados el valor de probabilidad de la prueba de ANOVA fue de ≤ 0.001 y para las bacterias de 0.001 demostrando la presencia de un consumo altamente significativo. Durante éste experimento predominaron las especies de ciliados (Figura 10), *Coleps birtus*, *Vorticella convallaria* y *Bursellopsis nigricans*. Especialmente las dos primeras especies son de tamaño

moderado y con características adecuadas para ser consumidas por los rotíferos. Para los valores de filtración e ingestión tenemos los siguientes: para NFH 0.41 y 28 respectivamente, FA 0.22 y 13, Bacterias 0.28 y 2.6×10^5 , Ciliados 0.29 y 0.67 los resultados por tratamiento se muestran en el tabla 8.

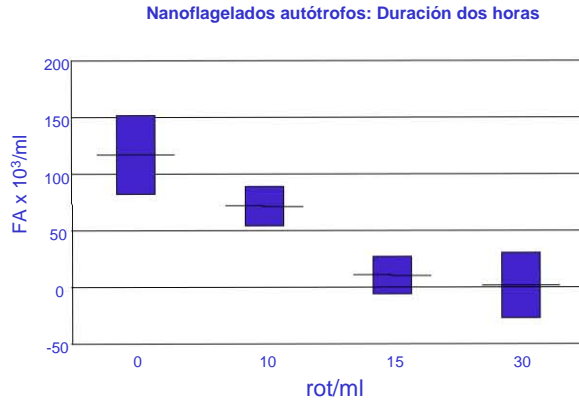
Resumiendo, es posible decir que esta especie consumió preferentemente a los NFH y a las bacterias, con una tasa de ingestión promedio de $15 \text{ org. rot}^{-1}\text{h}^{-1}$ y de filtración de 0.69 ml h^{-1} para los primeros; en el caso de las bacterias la tasa de ingestión promedio fue de $1.39 \times 10^5 \text{ org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$ y la de filtración de 0.20 ml h^{-1} . Al hacer una comparación con las otras dos especies de rotíferos estudiadas, se notó que esta especie es mas eficiente para consumir NFH y FA con una tasa de ingestión de $84 \text{ org. rot}^{-1}\text{h}^{-1}$ y también consume bacterias en buenas cantidades. Los ciliados, en cambio, parecen formar una parte poco frecuente dentro de su dieta.

Brachionus angularis



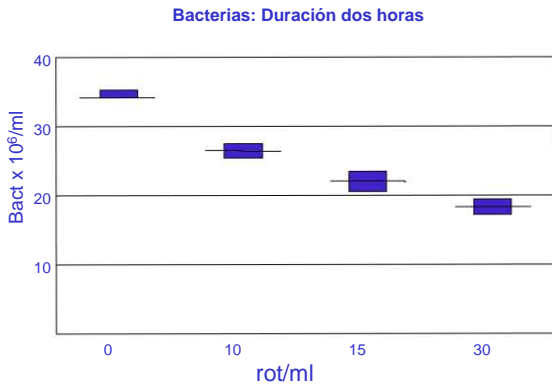
Tasa de filtración de 1.77 ml/h⁻¹
 Tasa de ingestión de 30 org rot⁻¹ h⁻¹
 Significancia de 0.05

Figura 7



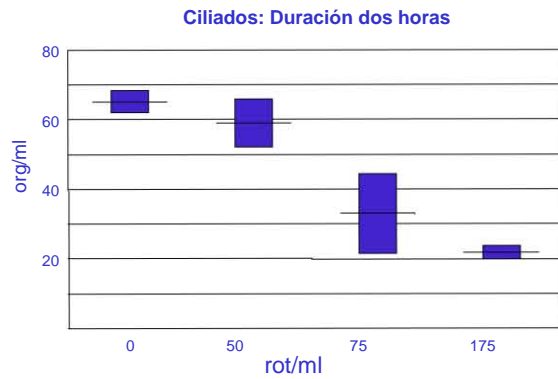
Tasa de filtración de 0.24 ml/h⁻¹
 Tasa de ingestión de 12 org rot⁻¹ h⁻¹
 Significancia de <0.000

Figura 8



Tasa de filtración de 0.26 ml/h⁻¹
 Tasa de ingestión de 3.7 x 10⁵ org rot⁻¹ h⁻¹
 Significancia de <0.0001

Figura 9



Tasa de filtración de 0.66 ml/h⁻¹
 Tasa de ingestión de 1.32 org rot⁻¹ h⁻¹
 Significancia de <0.001

Figura 10

Figuras 7-10. Consumo de *Brachionus angularis* sobre los diferentes grupos microbianos, mostrando la media \pm la desviación estándar.

Resultados de Filtración e Ingestión de la especie *Brachionus angularis*.

Tabla 5. 1 septiembre 2004 Post hoc^a (C=control, T1=10 rot/ml, T2=15 rot/ml, T3=35 rot/ml)

NFH vs. Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org. rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	0.001
10	0.46	26	C≠T1=T2=T3 ^a
15	0.51	26	
35	0.36	16	
Figura 7			
FA vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.27
10	0.34	59	
15	0.33	52	
35	0.14	23	
Bacterias vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.42
10	0.014	6 x 10 ⁻⁴	
15	0.35	1.2 x 10 ⁻⁵	
35	0.21	7 x 10 ⁻⁵	
Ciliados vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.99
10	0.57	8.87	
15	0.11	2.11	
35	0.03	0.54	

Tabla 6. 29 septiembre 2004 Post hoc^a (C=control, T1=10 rot/ml, T2=15 rot/ml, T3=30 rot/ml)

NFH vs. Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org. rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	0.007
10	0.02	14	T3≠C,T1,T2 ^a
15	0.11	59	
30	0.22	95	
FA vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.358
10	0.04	15	Figura 8
15	0.21	68	
35	0.12	39	
Bacterias vs. Rotíferos			
Control	X	X	≤0.001
10	0.13	1.8 x 10 ⁻⁵	C=T1=T2 ≠T3 ^a
15	0.21	2.6 x 10 ⁻⁵	
35	0.20	2.2 x 10 ⁻⁵	
Ciliados vs. Rotíferos			
Control	X	X	0.902
10	0.46	1.65	
15	0.33	0.81	
35	0.02	0.06	

Tabla 7. 20 octubre 2004 Post hoc^a (C=control, T1=10 rot/ml, T2=15 rot/ml, T2=30 rot/ml)

NFH vs. Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org. rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	0.05
10	4.19	57	C=T2 ≠ T1=T3 ^a
15	0.33	15	
30	0.80	18	
FA vs. Rotíferos			0.004
Control	X	X	C=T1,T2 ^a
1	0.20	11	
15	0.26	13	T1=T2,T3 ^a
30	0.26	11	Figura 8
Bacteria vs. Rotíferos			≤0.001
Control	X	X	C≠T1=T2=T3 ^a
1	0.27	4.1 x 10 ⁻⁵	
15	0.30	4.2 x 10 ⁻⁵	
30	0.21	2.7 x 10 ⁻⁵	
Ciliados vs. Rotíferos			0.07
Control	X	X	0.07
10	0.39	0.14	
15	0.18	0.07	
30	0.02	0.008	

Tabla 8. 3 noviembre 2004 Post hoc^a (C=control, T1=10 rot/ml, T2=15 rot/ml, T2=30 rot/ml)

NFH vs. Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org. rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	≤0.001
10	0.48	35	C≠T1≠T2=T3 ^a
15	0.49	32	
30	0.26	16	
FA vs. Rotíferos			≤0.001
Control	X	X	C≠T1=T2≠T3 ^a
10	0.24	15	
15	0.26	16	
30	0.18	93	
Bacterias vs. Rotíferos			0.001
Control	X	X	C≠T1=T2=T3 ^a
10	0.32	3.1 x 10 ⁻⁵	
15	0.30	2.8 x 10 ⁻⁵	
30	0.23	1.8 x 10 ⁻⁵	
Ciliados vs. Rotíferos			0.000
Control	X	X	C=T1≠T2=T3 ^a
10	0.09	0.30	
15	0.45	1.07	
30	0.31	0.62	

Trichocerca pusilla

Todos los experimentos con esta especie se realizaron el mes de Febrero durante dos fechas los dos primeros fueron el 9 y los dos siguientes el 20.

El primer experimento el consumo significativo se observó sobre las bacterias ($\alpha \leq 0.008$) filtración e ingestión fue de 0.07 ml h^{-1} y $3 \times 10^{-5} \text{ org rot}^{-1} \text{ h}^{-1}$ respectivamente y los ciliados ($\alpha \leq 0.001$), 0.15 ml h^{-1} y $0.18 \text{ org. rot}^{-1} \text{ h}^{-1}$ respectivamente, aunque las gráficas indicaron una disminución de todos los grupos con respecto al control. Los resultados de las tasas de ingestión y filtración para éste experimento se muestran en el tabla 9.

El segundo experimento se encontró consumo significativo sobre todos los grupos microbianos: bacterias ($\alpha \leq 0.001$), Nanoflagelados heterótrofos ($\alpha \leq 0.02$), Nanoflagelados autótrofos ($\alpha \leq 0.02$) y ciliados ($\alpha \leq 0.05$). La notoria disminución de las densidades de todos los grupos se observa en las gráficas de consumo (Figura. 11-14). Los resultados de ingestión y filtración se muestran en el tabla 10. Las especies de ciliados que pudieron ser consumidas preferentemente por ésta especie fueron *Coleps hirtus* y *Aspidisca cicada*.

El tercer experimento con *T. pusilla* todos los grupos fueron consumidos significativamente con excepción de los nanoflagelados autótrofos ($\alpha \leq 0.36$). En el tabla 11 se presentan las tasas de ingestión y filtración del experimento.

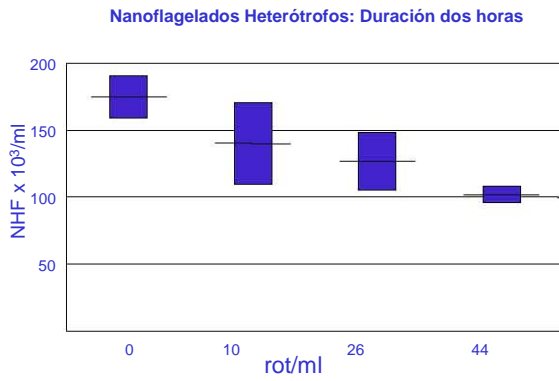
El cuarto experimento en las graficas de consumo se muestra que todos los grupos fueron consumidos pues el análisis de varianza mostró diferencias significativas para todos con respecto al control. Los resultados de ingestión y filtración se muestran en el tabla 12.

En general se puede decir que esta especie consumió a los cuatro grupos de la trama trófica microbiana; para los NFH la tasa de ingestión promedio de los cuatro experimentos fue de 11 org. rot⁻¹h⁻¹ y la de filtración promedio general de 0.18 ml h⁻¹; para los FA la tasa de ingestión promedio de 584 org rot⁻¹h⁻¹ y la de filtración promedio general de 0.10 ml h⁻¹, Para las bacterias la tasa de ingestión promedio fue de 1.8x10⁵ bact rot⁻¹h⁻¹ y la de filtración promedio general de 0.06 ml h⁻¹. Finalmente, para los ciliados la tasa de ingestión fue de 0.44 org rot⁻¹h⁻¹ y la de filtración promedio general de 0.14 ml h⁻¹.

.

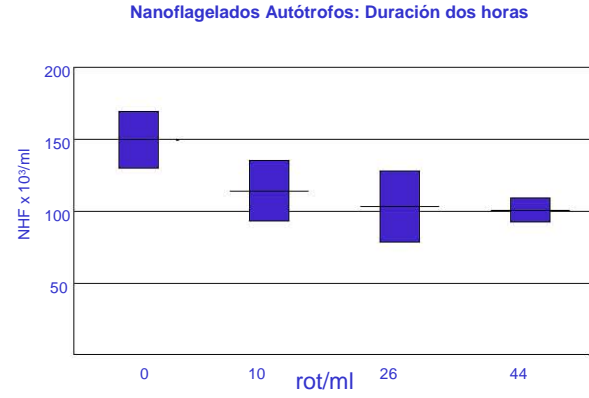
..

Trichocerca pusilla



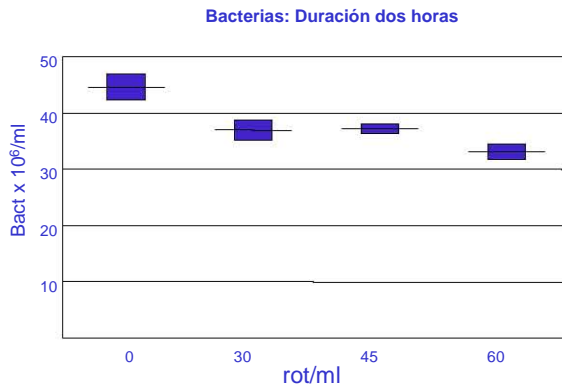
Tasa de filtración de 0.16 ml/h^{-1}
 Tasa de ingestión de $12 \text{ org rot}^{-1} \text{ h}^{-1}$
 Significancia de < 0.001

Figura 11



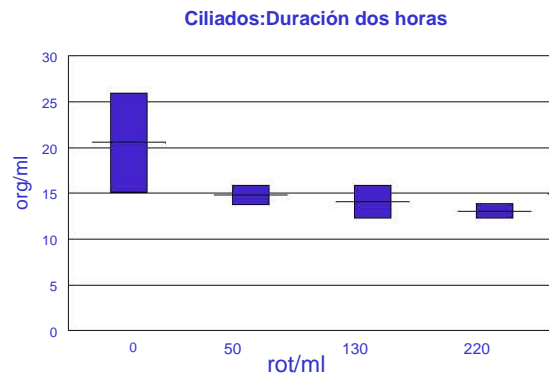
Tasa de filtración de 0.17 ml/h^{-1}
 Tasa de ingestión de $11 \text{ org rot}^{-1} \text{ h}^{-1}$
 Significancia de 0.011

Figura 12



Tasa de filtración de 0.05 ml/h^{-1}
 Tasa de ingestión de $1.5 \times 10^5 \text{ org rot}^{-1} \text{ h}^{-1}$
 Significancia de < 0.001

Figura 13



Tasa de filtración de 0.19 ml/h^{-1}
 Tasa de ingestión de $0.17 \text{ org rot}^{-1} \text{ h}^{-1}$
 Significancia de < 0.001

Figura 14

Figuras 11-14. Consumo de *Trichocerca pusilla* sobre los diferentes grupos microbianos, mostrando la media \pm la desviación estándar.

Resultados de Filtración e Ingestión de la especie *Trichocerca pusilla*.

Tabla 9. 9 febrero 2005 Post hoc^a (C=control, T1=10 rot/ml, T2=52 rot/ml, T3=88 rot/ml)

NFH & Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	0.09
10	0.21	29	
52	0.04	60	
88	0.03	44	
<hr/>			
FA & Rotíferos			
Control	X	X	0.11
10 rot/ml	0.0942	63	
52 rot/ml	0.0084	57	
88 rot ml-1	0.0266	17	
<hr/>			
Bacterias & Rotíferos			
Control	X	X	0.008
10	0.11	4.5 x 10 ⁻⁵	
52	0.07	2.6 x 10 ⁻⁵	C=T1≠T2=T3 ^a
88	0.05	1.7 x 10 ⁻⁵	
<hr/>			
Ciliados & Rotíferos			
Control	X	X	≤0.001
10	0.20	0.29	
52	0.14	0.16	C=T1≠T2=T3 ^a
88	0.09	0.10	

Tabla 10. 9 febrero 2005 Post hoc^a (C=control, T1=10 rot/ml, T2=26 rot/ml, T3=44 rot/ml)

NFH & Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	0.02
10	0.22	17	C≠T1=T2=T3 ^a
26	0.12	92	
44	0.12	83	Figura 11
<hr/>			
FA & Rotíferos			
Control	X	X	0.02
10	0.27	18	
26	0.14	89	C≠T1=T2=T3 ^a
44	0.09	56	Figura 12
<hr/>			
Bacterias & Rotíferos			
Control	X	X	≤0.001
10	0.03	1.2 x 10 ⁻⁵	
26	0.07	2.5 x 10 ⁻⁵	C=T1≠T2≠T3 ^a
44	0.09	3 x 10 ⁻⁵	
<hr/>			
Ciliados & Rotíferos			
Control	X	X	0.94
10	0.33	0.29	
26	0.15	0.12	
44	0.10	0.09	

Tabla 11. 20 febrero 2005 Post hoc^a (C=control, T1=30 rot/mil, T2=45 rot/mil, T3=60 rot/mil)

NFH & Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	≤ 0.001
30	0.09	88	
45	0.09	14	C≠T1≠T2≠T3 ^a
60	0.11	19	
FA & Rotíferos			
Control	X	X	0.36
30	0.02	18	
45	0.03	42	
60	0.04	70	
Bacterias & Rotíferos			
Control	X	X	0.001
30	0.06	1.2×10^{-5}	C≠T1=T2=T3 ^a
45	0.04	1.2×10^{-5}	
60	0.05	2×10^{-5}	Figura 13
Ciliados & Rotíferos			
Control	X	X	0.007
30	0.11	0.35	
45	0.09	0.41	C=T1=T2≠T3 ^a
60	0.12	0.63	Figura 14

Tabla 12. 20 febrero 2005 Post hoc^a (C=control, T1=30 rot/mil, T2=45 rot/mil, T3=60 rot/mil)

NFH & Rotíferos (rot ml ⁻¹)	Tasa de filtración (ml h ⁻¹)	Tasa de ingestión (org rot ⁻¹ h ⁻¹)	α
Control	X	X	≤ 0.001
30	0.06	61	
45	0.07	67	C≠T1=T2=T3 ^a
60	0.06	59	
NFH & Rotíferos			
Control	X	X	≤ 0.001
30	0.04	46	
45	0.05	53	C≠T1=T2≠T3 ^a
60	0.07	65	
Bacterias & Rotíferos			
Control	X	X	0.003
30	0.04	3.4×10^{-4}	
45	0.06	4.8×10^{-4}	C=T1 ≠T2≠T3 ^a
60	0.07	5×10^{-4}	
Ciliados & Rotíferos			
Control	X	X	0.04
30	0.11	0.35	C=T1,T2≠T3 ^a
45	0.09	0.41	
60	0.12	0.63	

Consumo de Ciliados

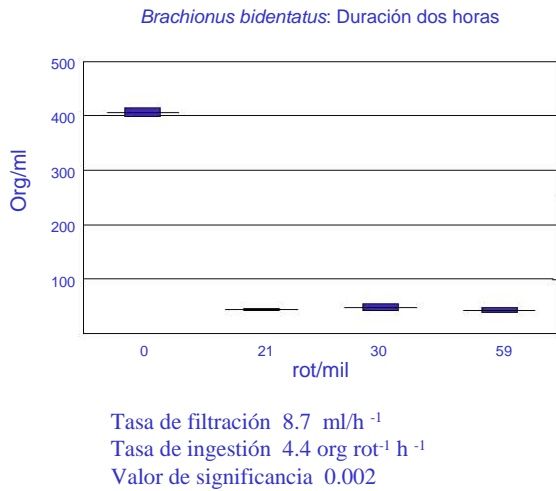


Figura 15

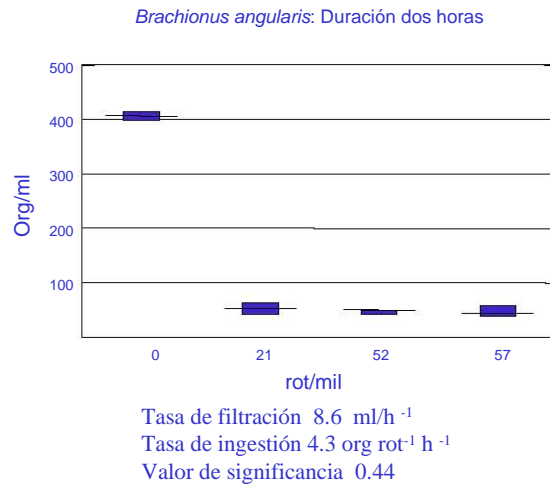


Figura 16

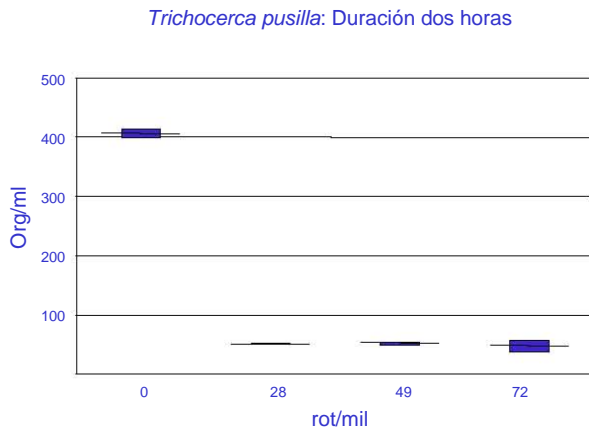


Figura 17

Figuras 15-17. Consumo de *Brachionus bidentata*, *Brachionus angularis* y *Trichocerca pusilla* sobre ciliados, mostrando la media \pm la desviación estándar.

La tasa de filtración se saca con la finalidad de saber que cantidad de liquido filtra el organismo por unidad de tiempo.

La tasa de ingestión señala la cantidad de organismos consumidos por cada rotífero por unidad de tiempo.

En varios experimentos se presentaron resultados contradictorios respecto al consumo sobre los ciliados por parte de las diferentes especies de rotíferos. Por lo anterior, se decidió realizar

algunos experimentos adicionales para tratar de aclarar esta situación. En los experimentos se utilizó un cultivo monoespecífico del ciliado *Coleps birtus*, especie común en el plancton del Lago Tezozómoc. Los resultados mostraron que *B. bidentata* consumió a esta especie con una tasa de ingestión de $4.4 \text{ org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$. *B. angularis* también consumió de forma muy similar a la especie de ciliado pues su tasa de ingestión fue de $4.3 \text{ org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$, indicando que ambas especies de *Brachionus* tuvieron un consumo moderado. La tasa de ingestión de *Trichocerca pusilla* fue de $4.3 \text{ org rot}^{-1}\text{h}^{-1}$. Como se puede ver en las gráficas 15, 16 y 17 en todos los casos se presentó una notable disminución de la densidad de *C. birtus*, sin embargo, las tres diferentes densidades de rotíferos utilizadas arrojaron resultados muy parecidos, es decir, no se notó un incremento en el consumo relacionado con el aumento en el número de rotíferos.

Como puede verse en los resultados de la mayor parte de los experimentos, el consumo de organismos de la trama trófica microbiana disminuyó al aumentar las densidades de rotíferos. Este efecto pudo deberse al hecho de que las densidades de rotíferos empleadas en los experimentos fueron elevadas (10 a 150 rot ml^{-1}).

DISCUSIÓN

La importancia de los rotíferos como consumidores de la red trófica microbiana ha sido estudiada de forma extensiva principalmente para las especies del género *Brachionus*, que es un género de amplia distribución y común en muchos lagos de diversas partes del mundo (Starkweather *et al.* 1979); este género tiene gran capacidad de adaptación en condiciones eutróficas y es capaz de reproducirse rápida y fácilmente.

Los resultados del presente trabajo concuerdan con investigaciones anteriores (Arndt 1993) y señalan un consumo importante de las especies de rotíferos planctónicos (*B. angularis* y *B. bidentata*) así como de la especie litoral (*T. pusilla*) sobre los diversos componentes de la trama trófica microbiana en el lago Tezozómoc. Como se ha observado en otros trabajos, la capacidad de consumo de diferentes grupos varía con la especie de rotíferos, es decir, es especie-dependiente.

La especie de mayor tamaño, *B. bidentata* ($\approx 200 \mu\text{m}$) consumió intensamente a los nanoflagelados heterótrofos y a los autótrofos (tamaño 2-20 μm). Mohr y Adrian (2002) encontraron que *B. calyciflorus* y *B. rubens* también consumieron grandes cantidades de éstos dos grupos de protistas. Sin embargo, sus resultados de ingestión son considerablemente inferiores a los del presente estudio. *B. calyciflorus* presentó una tasa de filtración de entre 0.008 y 0.021 $\text{ml rot}^{-1} \text{h}^{-1}$ para los NFH y de entre 0.025 y 0.071 $\text{ml rot}^{-1} \text{h}^{-1}$ para los FA. Las diferencias entre el experimento de Mohr y Adrian (2002) y el presente son: 1) Densidades considerablemente menores de rotíferos (1.8-3.25 rot ml^{-1}), densidades muy inferiores de bacterias (4×10^6 a 7×10^6), nanoflagelados heterótrofos (950 a 3000 ml^{-1}) flagelados autótrofos (700-950 ml^{-1}) y ciliados (hasta 16 ml^{-1}), y el trabajo se realizó en el campo, con una duración del consumo de 48 h mientras que el actual se realizó en el laboratorio en un período de dos horas. Estas autoras consideran que sus datos pueden estar subestimados debido a la mortalidad importante de los rotíferos en algunos de sus tratamientos (hasta 40%) y también porque los FA fueron consumidos en tan altas cantidades que al final de algunos experimentos no se encontraron organismos de éste grupo. En nuestro trabajo, las densidades naturales de todos los grupos fueron tan elevadas que no llegaron a desaparecer a pesar del alto consumo por los rotíferos.

Además, en el experimento presente factores como el pequeño volumen utilizado (5 ml), las altas densidades de rotíferos empleadas (10-150 rot ml⁻¹) y el corto tiempo de consumo (2 h) pudieron favorecer los valores tan elevados de ingestión y filtración que se obtuvieron, especialmente para el caso de los NFH y FA

B. angularis, con un tamaño promedio de 120 µm, también consumió elevadas cantidades de NFH y FA. Se ha observado que *B. angularis* prefiere consumir NFH de los géneros *Bodo* y *Spumella* por sobre las algas unicelulares del género *Scenedesmus* (Arndt, 1993). Tanto *Bodo* como *Spumella* son géneros presentes con elevada abundancia en el plancton del Lago Tezozómoc (Lugo com. pers.)

T. pusilla es la más pequeña (70 µm) de las especies estudiadas en la presente investigación y consumió significativamente tanto a los NFH como a los FA. May (2001) considera que se trata de una especie principalmente alguívora, y en su trabajo señala una estrecha relación de éste rotífero con la diatomea filamentosa *Aulacoseira* spp. Igualmente Devetter (1998) considera que una especie parecida, *T. similis*, se beneficia con la aparición de florecimientos de cianobacterias y de desmidiáceas, a las cuales consume ampliamente. En el lago Tezozómoc *T. pusilla* aprovecha diversos recursos microbianos, dentro de los cuales figuran de manera notable los nanoflagelados.

Durante la mayor parte de los experimentos realizados con el agua del lago Tezozómoc los flagelados autótrofos estuvieron representados de manera muy importante por *Chlamydomonas* sp, y en menor medida por *Cryptomonas* sp. Los experimentos realizados por Bogdan y Gilbert (1982) mostraron que las especies de rotíferos *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris* y *Polyarthra dolichoptera* consumen ampliamente a *Chlamydomonas* y que además, generalmente los prefieren sobre otros alimentos como bacterias, algas diversas y organismos del género *Euglena*. En Tezozómoc las especies de *Chlamydomonas* también representan un importante recurso para los rotíferos.

Según diversos estudios, varias especies de *Brachionus* son capaces de alimentarse con bacterias (Boon y Shiel, 1990; Starkweather *et al.* 1979) aunque el tamaño de las mismas es una característica importante para definir su consumo. En general, se piensa que las bacterias de

tamaño $>0.5 \mu\text{m}$ son consumidas más efectivamente por los rotíferos (Arndt 1993). Mohr y Adrian (2002), en experimentos *in situ* no encontraron consumo significativo de bacterias por parte de *B. calyciflorus* y de *B. rubens*.

Los resultados del consumo de los rotíferos sobre las bacterias del lago Tezozómoc señalan que las especies de menor tamaño (*T. pusilla* y *B. angularis*) consumieron significativamente a las bacterias. En todos los experimentos realizados con *T. pusilla* se observó consumo significativo sobre las bacterias. En el caso de *B. angularis* únicamente en uno de los experimentos el consumo sobre las bacterias no resultó significativo. El caso contrario se observó con la especie más grande (*B. bidentata*) en la cual solamente en un experimento se midió consumo significativo sobre las bacterias. Rothaupt (1990a) señala que *B. angularis* prefiere las partículas de tamaño menor a $5 \mu\text{m}$ y considera que las bacterias forman parte importante de su alimentación. Este punto de vista fue parcialmente apoyado por los experimentos realizados.

T. pusilla también consumió cantidades altas de bacterias, las cuales, al parecer fueron el grupo microbiano más consumido por esta especie. Como ya se mencionó, otros autores la consideran principalmente alguívora aunque en su dieta se encuentran organismos pequeños como los cianoprocariontes (Devetter 1998). Sin embargo, también se le considera capaz de alimentarse de algas filamentosas como es la diatomea *Aulacoseira sp*, cuyos filamentos pueden llegar a alcanzar un tamaño considerable. A pesar de su pequeño tamaño, *T. pusilla* es capaz de alimentarse con los filamentos de la diatomea. Para el caso del lago Tezozómoc únicamente se observó la presencia de la cianoprocarionte filamentosa *Anabaena sp* y no se evaluó el consumo de los rotíferos sobre ella.

La capacidad para el consumo de bacterias parece haber variado de manera inversa al tamaño de las especies estudiadas. Las especies menores fueron más eficientes para disminuir el número de bacterias de la suspensión. Rothaupt (1990a) también observó que la especie de rotífero más pequeña prefirió el consumo de partículas de menor tamaño con relación a las que consumió la especie mayor.

Se han realizado algunas observaciones en nuestro país sobre el consumo de bacterias por rotíferos. Silva-Reyes y Luna-Pabello (2006) encontraron que *Rotaria rotatoria* consumió

cantidades muy elevadas de bacterias patógenas (hasta 2.6×10^7 bact rot⁻¹ h⁻¹ de *Salmonella sonnei*). Mendoza (2004) encontró un consumo importante de bacterias por *B. patulus* en aguas residuales domésticas. En cambio, *B. havanaensis* consumió una cantidad mucho menor. Estos resultados concuerdan con los del presente estudio pues confirman que la capacidad de alimentarse de bacterias varía de acuerdo con la especie de rotífero. Seaman (1980) afirma que *B. calyciflorus* llegó a ingerir hasta un 40.85% de bacterias y que es capaz de asimilar más fácilmente los nutrientes que obtiene de ellas.

Para el caso de los ciliados, también existen diversos trabajos que observaron el consumo que ejercen sobre ellos los rotíferos (Arndt 1993, Gilbert y Jack, 1993, Mohr y Adrian 2000). En el presente estudio *B. bidentata* fue la especie que mejor consumió a los ciliados. Sin embargo, el tamaño de las especies dominantes tuvo un efecto sobre la ingestión. Cuando los ciliados presentes fueron abundantes y de tamaño pequeño a medio (30-50 μm), como *Halteria*, *Coleps* y *Vorticella*, se observaron consumos significativos sobre éste grupo. En cambio, cuando las especies dominantes de ciliados fueron de tamaño mayor, no se midió consumo significativo. Lo anterior concuerda con lo observado por Arndt (1993) quién estableció que los braquiópodos tuvieron efecto importante sobre el ciliado de pequeño tamaño (20 μm) *Cyclidium glaucoma*, pero no afectaron al ciliado de tamaño mayor (50 μm) *Colpoda*. También Gilbert y Jack (1993) encontraron que *B. calyciflorus* prefirió consumir ciliados de tamaño pequeño, aunque llegó a ingerir ciliados de hasta 80 μm de longitud. Según Mohr y Adrian (2000), además del tamaño, factores como la presencia de placas calcáreas en algunos ciliados (*Coleps*) o el hecho de que tengan un cuerpo blando, pueden afectar su manejo e ingestión por parte de los rotíferos. En la presente investigación, en experimentos realizados utilizando el ciliado con placas *Coleps birtus*, las tres especies de rotíferos fueron capaces de consumir significativamente al ciliado.

En todos los experimentos los valores más altos de ingestión y filtración se midieron con la densidad más baja de rotíferos (10-15 rot ml⁻¹). El incremento en la densidad se tradujo en menores tasas de ingestión y filtración. Las posibles explicaciones a éste comportamiento pueden incluir la limitación de los recursos debido al fuerte consumo, la limitación de espacio por las elevadas densidades de rotíferos (Sommer, 2000) o la generación de metabolitos que inhiben el consumo de los organismos de la misma especie (Lampert 1997). Esto pudo ser el

resultado de que las dos densidades más elevadas utilizadas en la experimentación fueron excesivamente altas con respecto a las densidades naturales de rotíferos que se encuentran habitualmente en el lago. Algunos autores como Rothhaup (1990) mencionan que el papel del alimento, su abundancia, la dinámica con relación a los rotíferos, al igual que la competencia y la variación en disponibilidad del alimento podría tener un efecto en la coexistencia de las especies, tanto como la competencia, puesto que la limitación y abundancia del alimento controla a las comunidades, por ello se muestran algunas variables al hacer estudios de consumo y la filtración. Hay pocos estudios sobre este tema al igual que la competencia, Matveen (1985) menciona que es importante saber las densidades de los organismos y su demografía para tener una idea sobre los cambios que presentan tanto como comunidad y en el medio que los rodea. Otro factor que menciona es que los resultados demuestran que las densidades y las concentraciones iniciales del alimento obran recíprocamente para decidir la preferencia y tipo de alimentación de las especies.

Los rotíferos constituyen una parte muy importante del zooplancton en la mayoría de los ecosistemas acuáticos continentales y su espectro de consumo de partículas, que se ubica principalmente en el intervalo de 1 a $<20 \mu\text{m}$ (Pourriot 1977) incluye a varios de los componentes microbianos más importantes de los cuerpos de agua como son las bacterias y los protozoos flagelados y ciliados (Arndt 1993).

Jurgens (2000), estudió la estructura de la red trófica microbiana en algunos lagos hipereutróficos, donde observó el consumo de diversas especies de rotíferos, entre ellas *Brachionus*, sobre los NFH, FA, bacterias y ciliados. Este autor señala que el mesozooplancton, incluidos los rotíferos, puede llegar a controlar el crecimiento de los microorganismos, en especial de algunos ciliados pequeños y NFH. Por tanto, concluye que los rotíferos son un grupo importante en este tipo de ambientes. Este trabajo concuerda con los resultados de dicho autor ya que se ha demostrado que llegan a consumir lo que es la trama trófica microbiana y que cada especie de rotífero para su alimentación tiene preferencia hacia algunos grupos de organismos.

En cuanto a las Hipótesis planteados en este trabajo:

H1 El grado de afectación de los componentes de la comunidad microbiana será diferente dependiendo de la especie de rotífero estudiada.

Esta hipótesis se aceptó por que en general, los grupos mas ingeridos fueron NFH y FA, sin embargo si en un ambiente acuático se encontrara la especies *Brachionus bidentata* el grupo mas afectado serian los NFH y Ciliados, si estuviese *Brachionus angularis* serian las bacterias y FA, en el caso de *Trichocerca pusilla* serian por lo general los cuatro grupos, pero es mas eficiente consumiendo Bacterias,(aunque como se menciona anteriormente se necesitaría mas información para saber de toda la gama del grupo de ciliados ver cuales prefiere) .

H2 El consumo por las especies de rotíferos afectarán la composición y estructura de la comunidad de bacterias, fitoplancton, NFH (nanoflagelados heterótrofos), FA (flagelados autótrofos) y Ciliados.

Esta hipótesis se cumple puesto que por especies unos fueron mas aptos que otros para dar un consumo sobre los grupos de la trama trofica microbiana, de los resultados la especies de *Trichocerca pusilla*, es la mejor en el consumo de NFH, FA, Bacterias y algunos ciliados, al igual que *Brachionus angularis* FA, Bacterias y ciliados, y en el caso de *Brachionus bidentata* a pesar de ser el rotífero mas grande de los tres ocupados, fue el que se obtuvieron menores cantidades de consumo, sin embargo el grupo de NFH fue el mas afectado por esta especie.

CONCLUSIONES

- ☉ *Brachionus bidentata*, consume principalmente NFH, en algunas ocasiones FA y ciliados (por experimentos realizados en este trabajo se sabe que consume la especie de *Coleps hirtus*). Esta especie fue la que presentó las mayores tasas de ingestión de ciliados.

- ☉ Aunque según algunos autores *Brachionus angularis* es principalmente bacterívoro, en el presente estudio su consumo principal se dio sobre los flagelados heterótofos y autótofos. También fue capaz de consumir algunos ciliados, entre ellos al ciliado con placas *Coleps hirtus*.

- ☉ La especie litoral de rotífero *Trichocerca pusilla*, fue capaz de consumir a todos los grupos la trama trófica microbiana en el Lago Tezozómoc, y fue la especie que ingirió las mayores cantidades de bacterias. Su consumo de ciliados en las muestras naturales fue bajo, pero consumió al ciliado *Coleps hirtus* cuando éste fue agregado al agua de los experimentos.

- ☉ Los puntos anteriores señalan que las especies de rotíferos del presente estudio tuvieron un efecto diferencial sobre los grupos de la red trófica microbiana y por lo tanto se concluye que la ingestión es especie-dependiente.

- ☉ *B. bidentata* fue el que consumió la mayor cantidad de ciliados y este resultado se confirmó con las pruebas donde solo se utilizó la especie de ciliado *Coleps hirtus*.

- ☉ Para proponer el uso de los rotíferos como un elemento de mejora de las condiciones del lago Tezozómoc sería necesario considerar al tipo de especies así como las densidades idóneas para que pudieran desarrollar de manera óptima su función de filtradores.

- ☉ Las densidades adecuadas de rotíferos contribuyen a una eliminación eficiente de partículas y microorganismos en lagos eutróficos. Sin embargo, densidades muy altas podrían disminuir fuertemente la eficiencia de filtrado y consumo provocando condiciones negativas en el cuerpo de agua.

- ☉ Los rotíferos son un grupo de organismos importante en un ambiente hipereutrófico por su amplio consumo sobre las comunidades microbianas, y el consumo de algunas especies nocivas.

Recomendaciones y Propuestas

Para posteriores experimentos sería recomendable establecer algunas variantes mas sobre los experimentos como lo son el tiempo en el cual se deja sin alimento a los organismos para ver posteriormente su consumo, en este experimento se les expuso a un periodo de abstinencia de alimento de un día, sin embargo algunos autores recomiendan un periodo de dos horas como máximo puesto que el metabolismo de estos organismos es muy rápido.

Otro puntó sería que en el momento de hacer los experimentos evaluar que cantidad de rotíferos se pondrá para ver el consumo sobre la trama trofica microbiana para que el experimento de mejores resultados. puesto que si se ponen demasiados rotíferos puede llegar a ser contra productente, las cantidades recomendables son el mínimo de 10 y subir de cinco en cinco los tratamientos por mililitros. Puesto que la densidad adecuada de rotíferos contribuiría a una eliminación eficiente de partículas y microorganismos en lagos eutróficos. sin embargo densidades muy altas podrían disminuir fuertemente la eficiencia de filtrado y consumo provocando condiciones negativas en el cuerpo de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahlstrom, E.H.. 1932. Plankton Rotatoria from México. *Trans. Am. Microscop. Soc.* 51 242-251.

Alcocer J, Lugo A, 1995. The urban lakes of Mexico City (Lago Viejo de Chapultepec), Lake line, *North America, Lake Management Society*, 2 (5).

Andersen R. 2005. Algal Culturing Techniques. Physiological Society of America. p 437.

Arndt, H. 1993. Rotifers as predators on components of the microbial web (bacteria, Heterotrophic flagellates, ciliates) -a review. *Hydrobiologia* 255/256:231-246.

Arredondo J. L. y Aguilar-Días C. 1978. Contribuciones en Hidrobiología. Bosquejo histórico de las investigaciones Limnológicas realizadas en lagos Mexicanos, con especial énfasis en su Ictiofauna. En: S. Gómez, y V. Arenas (Eds.). Universidad Nacional Autónoma de México. 91-134.

Arzate G.K. 2000. Contribución al estado de la alimentación de *Poecilia reticulata* y su relación con algunos parámetros ambientales en el lago del parque Tezozómoc de Julio a diciembre del 2000. Tesis profesional (Biólogo). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México.

Azam F. Fenchel T. Field J.G. Gray J.S. Meyer-Reil R.A. y Thingstad, F. 1983. The ecological role of water column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 10: 257-263.

Birch S. y McCaskie, J. 1999. Shallow urban lakes: a challenge for lake management. *Hydrobiologia* 395/396: 365-377

Boon P. I. y Shiel R. J. 1990. Gatin on Bacteria by zooplankton in Australian billabongs. *Aust. J. Mar. Freshwater. Res.* 41:247-257.

- Bogdan R. G. y Gilbert J. J. 1982. Seasonal patterns of feeding by natural populations of *Keratella*, *Polyarthra* and *Bosmina*: Clearance rates to community grazing. *Limnol. Oceanogr* 27: 918-934.
- Borowitzka M.A. y Borowitzka L.J. 1988. *Micro-algal biotechnology*. Cambridge University Press, Londres.
- Brehm V. 1932. Notizen sur Süßwasserfauna Guatemalas und Mexikos. *Zool. Anz.* 99:63-66.
- Brehm V. 1942. Plancton del Lago de Pátzcuaro. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 3 (14)81-85.
- Carlin-Nilson B. 1935. Rotatorien aus Mexiko. *Kungl. Fysiog. Salsk, Lund Forhand.* 5 (18): 175-185.
- Chávez C.A. 1958 Datos hidrobiológicos del Lago de Chapala, Jal. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 34:125-146.
- Ciros J. Carmona M. J. 2001. Resource competition between sympatric sibling rotifer species, *Limnol. Oceanogr.* 46(6):1511-1523.
- Comita. G.W. 1950. Studies on mexican copepods. *Trans. Am. Microscop. Soc.* 69:367-479.
- Devetter M. 1998. Influence of environmental factors on the rotifer assemblage in artificial lake. *Hydrobiol.* 387/388:171-178.
- Edmonson W.T. 1946. Factors in the dynamics of rotifers populations. *Ecol. Monogr.* 16:357-372.

Finlay B.J. y Guhl, B.E. 1992. Plankton sampling-freshwater. *Society of Protozoologists, Kansas*. B1.1.-B1.5.

Lampert, W. y Sommer, U. 1997. *Limnoecology*, Oxford University Press, New York.

Lee, J.J. y Soldo, A.T. 1992. *Protocols in Protozoology*. Society of Protozoologists, Kansas. B1.1.-B1.5.

Gilbert, J. J. y Jack, J.D. 1993. Rotifers as predators of small ciliates. *Hydrobiologia*. 255/256: 247-253.

Gifford, D.J. 1991. The protozoan-metazoan trophic link in pelagic ecosystems. *J. Protozool.* 38: 81-86.

González de Infante A. 1988. *El plancton de las aguas continentales*. Monografías Científicas, Serie de Biología No. 33. Secretaría General de los Estados Americanos, Washington. D.C.

Hutchinson G.E. 1967. *A Treatise on Limnology. Introduction to lake biology and the limnoplankton*. John Wiley & Sons, Nueva York.

Joaquim C. Detry C. Cauffman F. 2004. Feedings of planktonic rotifers on ciliates: a method using natural ciliate assemblages labelled with fluorescent microparticles, *Journal of plankton research*, 11(26):1289-1299.

Jürgens, K. Gasol J.M. 1994. Control Heterotrophic bacteria and protozoans by *Daphnia pulex* in the epilimnion of lake Ciso, *Arch. Hydrobiol.*, 131:55-78.

Jürgens, K. 1994. Impact of *Daphnia* on planktonic microbial food webs- *A review*. *Mar. microb. Food Webs*. 8: 295-324.

Jürgens, K. y Jeppesen, E. 2000. The impact of metazooplankton on the structure of the microbial food web in a shallow, hypertrophic lake. *J. Plankton Res.* 22:1047-1070

Lampert W. 1997. Zooplankton research: the contribution of limnology to general ecological paradigms, Kluwer Academic Publishers, Printed in Belgium, *Aquatic Ecology* 31: 1927.

Lugo A. Sánchez Ma. del R. Acosta J.A., Cortés H. y Castillo J.M. (2002) Estado trófico de un lago urbano recreativo. *Memorias del XXI Coloquio de Investigación de la FES Iztacala, UNAM.* Tlalnepantla, Edo. de México. p. 58.

Margalef, R., 1983 *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona, p. 1010.

Matveen V. 1985. Delayed density dependence and competitive ability in two cladocerans. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 21:452-459.

May, L. 2001. The relationship between *Trichocerca pusilla* (Jennings), *Aulacoseira spp* and water temperature in Loch Leven, Scotland, U.K. *Hydrobiol.* 446/447:29-34.

Mendoza S. N. 2004. Bacterivoría de rotíferos y cladóceros en aguas residuales municipales, Tesis Facultad de Estudios Superiores Iztacala, p. 45.

Mohr, S. y Adrian, R. 2000. Functional responses of the rotifers *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus rubens* feeding on armored and unarmored ciliates. *Limnol. Oceanogr.* 45: 1175-1180.

Mohr S. y Adrian, R. 2002. Effects of *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus rubens*, on a manipulated freshwater microbial community. *J. Plankton. Res.* 24: 25-31.

Mohr S. y Adrian, R. 2002. Minimal algal food requirements in the presence of protozoans prey for the rotifer *Brachionus calyciflorus*, *J. Plankton Res.*, 24: 723-728.

- Moss, B. 1999. Ecological challenges for lake management. *Hydrobiol.* 395/396:3-11
- Nandini, S y Sarma SSS, 2000, life table demography of four cladoceran species in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) *Hydrobiologia.* 435:117-126.
- Nogrady, T., Wallace, R.L. y Snell, T.W. 1993. *Rotifera. Biology, ecology and Systematics.* SPB Academic Publish, Holanda.
- Pejler B. Berzi B. 1993. On the ecology of *Trichocerca* (Rotifera). *Hydrobiologia*, 263:55-59.
- Peters R.H. 1984. Methods for the studying of feeding, grazing and assimilation by zooplankton. En: Downing, J.A. y Rigler, F. H. (eds.) *A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters.* Blackwell, Cambridge. IBP Handbook 17. 2a. Ed. 316-412.
- Porter K.G. Feig, Y.S. 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.* 25:943-948
- Pourriot R. 1977. Food and feeding habits of Rotifera. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 8: 243-260
- Rioja, E.,1940. Observaciones acerca del plancton del Lago de Páztcuaro. *Ser. Zool., An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México*, 11 (2):225-227.
- Rothhaupt K. O. 1990. Differences in particle-size depending feeding efficiencies in closely related rotifers species. *Limnol. Oceanogr.* 35: 16-23.
- Rothhaupt K. O. 1990 Suggestions competition of herbivorous zooplankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 8:71-76
- Rothhaupt K. O., 1990 Changes of the functional responses of the rotifers *Brachionus rubens* and *Brachionus calyciflorus* with particles sizes. *Limnol. Oceanogr.* 35 (1):24-32.

- Salt G. 1987. The components of feeding behavior in rotifers. *Hydrobiol.* 263:271-281.
- Sarma S.S.S, 1991. Brachionus, Chapter 4. Manual on Culture of live food organisms for prawns pandian, T J & Marian MP (eds), Marine Product Export development authority, Government of India, p. 4761.
- Sarma S.S.S. 1999. Phylum Rotifera. En: Xacur, J.A. (Publisher). *Enciclopedia de Quintana Roo.* 1:327-343.
- Sarma S.S.S. y Martínez-Figueroa, J. 2000. Morfometría de *Filinia cornuta* en el estanque del parque Tezozómoc (México). *TIP Revista especializada en Ciencias Químico- Biológicas.* 3:75-78.
- Sámano A. 1931. Contribución al conocimiento de la fauna de rotíferos de México. Ser. *Zool. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México.* 2:157-163.
- Seaman M. T. 1986. *Brachionus calicyflorus* Pallas as agent for the removal of E. coli in sewage ponds. *Hydrobiol.* 135:55-60.
- Shueler, T. y Simpson, J. 2001. Why urban lakes are different? *Watershed Prot. Tech.* 3:747-750.
- Silva Reyes, C. A. y Luna Pabello V. M. 2006. Comparison of the predation rates of *Paramecium multimicronucleatum* and *Rotaria rotatoria* under different enterobacterial densities. Abstracts XI International Symposium on Rotifers. Mexico p 89.
- Sommer U. y Worm. B. 2002. Competition and Coexistence in Plankton. En: Sommer U. y Worm. B (eds.) *Competition and Coexistence* Ecological Studies.79-161.
- Sladeczek V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiol.* 100:169-201.
- Starkweather P.L. 1980. Aspects of the feeding behavior and trophic ecology of suspension-feeding rotifers, *Hydrobiol.* 73:63-72.

Straškrabová, V., Šimek, K. y Macek, M. 1996. Microbial (pelagic) food webs. Laboratory protocol-microbiology 1st level. Work package 1.

Tafall, B.O. 1942. Rotíferos planctónicos de México. *Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.*, 3 (14):23-79.

Tressler W. L., Freshwater ostracoda from Texas and México. *J. Wash. Acad. Sci.* 44 (5):138-149.

Tokeshi M. 1999. *Species Coexistence, Ecological and Evolutionary perspectives*. Blackwell Science Ltd 2da Edición . p. 454 .

Wetzel, R.G. 1983. *Limnología*. Editorial Omega, Barcelona.

Wetzel, R.G. y Likens, G.E. 1979. *Limnological Analyses*. Saunders, Filadelfia.

Wetzel, R.G. 1975 *Limnology*. Saunders Publ. Co. Philadelphia..p. 716.

www.azcapotzalco.df.gob.mx

www.conacyd.com

ANEXO

Descripción de especies de Rotíferos.

Phylum	Rotifera
Clase	Monogononta
Orden	Ploimida

Brachionus bidentata (Anderson. 1889)

Esta especie es cosmopolita, fácilmente se puede desarrollar en la mayoría de los ambientes acuáticos, esta relacionada al consumo de Bacterias, Clorococales, Volvocales, Diatomeas y al consumo de partículas o detritus, son básicamente omnívoros. Su importancia al igual que todas las especies de rotíferos es que transfieren energía, materia y por ser un organismo filtrador. En cuanto a su morfología tenemos que, el total del cuerpo del rotífero es de 200 μm . La lorica es subcircular a moderadamente oval, las placas dorsales están levemente punteadas, las dorsales son básicas. La superficie entera de la lorica, incluye las espinas dorsales anteriores y posteriores, esta cubierta con un patrón granuloso la lorica contiene las placas dorsales, ventrales y básicas. Tiene seis espinas occipitales, los puntos medios y los laterales son más o menos de la misma longitud, espinas dorsales medianas con una forma de 'U'; espinas dorsales posteriores presentes y rudimentarias. Su anchura es amplia en el centro del cuerpo. Inserción de la placa simple en el principio del tercio posterior de la lorica. Margen dorsal anterior con seis espinas dorsales, las laterales son dos veces más largas y en puntos medios dos veces más del largo. Las espinas dorsales, son rectas, representan cerca de 1/5 a 1/4 de la longitud total.

Algunos organismos presentan formas con la espina dorsal antero-lateral es bifurcada, en cuanto a las medidas; la longitud total es de 232-286 μm ; la anchura mayor 138-157 μm ; espinas dorsales laterales anteriores 33-48 μm ; espinas dorsales intermedias anteriores 10-16; espinas dorsales medianas anteriores 21-24; espinas dorsales laterales posteriores 43-82 μm . longitud total 250 μm .



Brachionus bidentata en cultivo.

Brachionus angularis: (Gosse, 1851)

Esta especie de rotífero se desarrolla mas fácilmente en la primavera y en algunos sistemas de agua en temperaturas frías. Su alimentación se basa en partículas menores a 5 um como lo son las Desmidiaceas, Cianobacterias, Bacterias, Clorococales, Volvocales, Diatomeas, consumo de partículas suspendidas o detritus. En cuanto a su morfología son organismo con forma característica, cuya cutícula desarrolla un caparazón torácico. El pié presenta anillos y esta dividido en elementos. El borde anterior del caparazón se prolonga en espinas. Su lorica es oval, el cociente $0.81-0.82 \text{ um} \left[\frac{\text{la longitud más grande a lo ancho}}{\text{total}} \right]$, la anchura más grande está por debajo del centro de la lorica. Margen dorsal anterior con dos espinas dorsales, laterales e intermedios agudos medianos ausentes. Del margen ventral anterior es ondulado, elevado, sin la muesca central. La abertura del pie en forma de "U", con dos protuberancias en la placa ventral, relativamente cerca y convergentes. Cuerpo en forma de pera en la visión lateral, cociente $0.6 \text{ um} \left[\frac{\text{de la longitud más grande de profundidad}}{\text{total}} \right]$. Lorica liza. Hay dos variantes en *B. angularis*.

En la primara, el margen occipital anterior con dos espinas dorsales medianas pequeño flanqueó por una muesca en forma de "U". La lorica punteada, con un patrón de placas cuticulares en el dorso. Dos proyecciones muy pequeñas en el margen occipital. Espinas dorsales posteriores ausentes. La segunda cosmopolita en las aguas alcalinas, con un patrón de placas cuticulares en el dorso; margen occipital anterior con dos espinas dorsales medianas, flanqueadas por una muesca en forma de "U" .



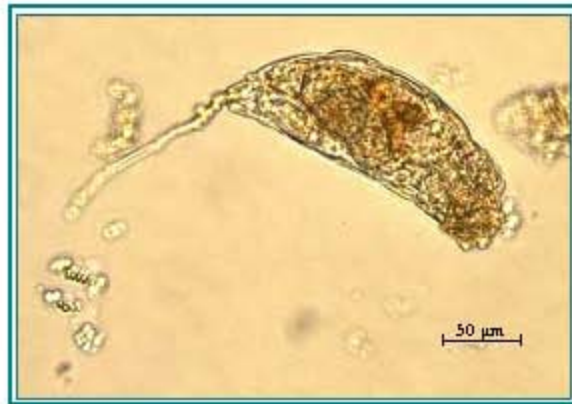
Brachionus angularis: en cultivo.

Trichocerca pusilla (Lauterborn 1898)

Esta especie de rotífero está relacionada al plancton del lago, su desarrollo se da en épocas de calor, ambientes eutróficos y cuando hay presencia de producción primaria, su alimentación se basa en diatomeas filamentosas, en específico del género *Aulacoseira*, consume partículas suspendidas y algas. Con relación a su morfología el cuerpo es cilíndrico, más o menos curvado, y asimétrico, con los dientes y surcos longitudinales. Dedos del pie como espina, de longitud desigual, y con varias espinas pequeños en su base. Movimiento relacionado a la libre natación. Trophi asimétrico. Longitud del lorica 100-500 μm . El macho de *Trichocerca* es: contiene un pie móvil antena dorsal con una cerda sensorial larga, en vez de los pelos suaves el género *Trichocerca* se puede dividir en tres grupos por las características del macho.

Trichocerca pusilla pertenece al grupo II, su cuerpo mide 74-92 μm , forma cónica, parecido a la hembra. tres antenas, ningún punto del ojo presentes, ningún pie. De un vistazo, este varón se asemeja a el de Keratellidae o de Synchaetidae. Aquí pertenece el taurocephala de *Trichocerca* de la especie, cylindrica de *Trichocerca*, se adapta mucho a la vida limnética; esta especie lleva su huevo por medio de un hilo de rosca en contraste a el resto de la especie del género.

Sin embargo, en el género los tipos del árbol de *Trichocerca* por lo menos del macho pueden ser distinguidos, aunque las hembras se asemejan una entre otra.



Trichocerca pusilla en cultivo.

MEDIOS DE CULTIVO

Para mantener la *Chlorella* se utilizo el medio basal Bold. (Bischoff and Bold 1963)

Componentes	Solucion Stock (g. L ⁻¹ dH ₂ O)	Cantidades	Concentrado final del medio
Macronutrientes			
NaNO ₃	25.00	10 ml	2.94 x 10 ⁻³
CaCl ₂ - 2H ₂ O	2.50	10 ml	1.70 x 10 ⁻⁴
MgSO ₄ - 7H ₂ O	7.50	10 ml	3.04 x 10 ⁻⁴
K ₂ HPO ₄	7.50	10 ml	4.31 x 10 ⁻⁴
KH ₂ HPO ₄	17.50	10 ml	1.29 x 10 ⁻³
NaCl	2.50	10 ml	4.28 x 10 ⁻⁴
Solucion Alcalina			
EDTA		1 L	
EDTA	50.00		1.71 x 10 ⁻⁴
KOH	31.00		5.53 x 10 ⁻⁴
Solucion acida de Hierro		1 L	
FeSO ₄ - 7H ₂ O	4.98		1.79 x 10 ⁻⁵
H ₂ SO ₄		1 L	
Solucion Boro			
H ₃ BO ₃	11.42	1 L	1.85 x 10 ⁻⁴
Solucion trasa de metales		1 L	
ZnSO ₄ - 7H ₂ O	8.82		3.07 x 10 ⁻⁵
MnCl ₂ - 4H ₂ O	1.44		7.28 x 10 ⁻⁶
MoO ₃	0.71		4.93 x 10 ⁻⁶
CuSO ₄ - 5H ₂ O	1.57		6.29 x 10 ⁻⁶
Co(NO ₃) ₂ - 6H ₂ O	0.42		1.68 x 10 ⁻⁶

Para mantener los cultivos de rotíferos se ocupo el medio EPA, las siguientes cantidades son para dilución en un litro de agua ultrapura. (Nandini y Sarma 2000)

☉	Bicarbonato de sodio	NaHCO_3	96 mg
☉	Sulfato de calcio	$\text{CaSO}_4\text{H}_2\text{O}$	60 mg
☉	Sulfato de magnesio	MgSO_4	60 mg
☉	Cloruro de potasio	KCl	4 mg