

00322



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

53

FACULTAD DE CIENCIAS

Selectividad de presa (Rotíferos y Cladóceros) y respuesta funcional por larvas de *Barbus conchoni* (Pices: Cyprinidae)

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo de tesis.

NOMBRE: Jorge Gallardo Alanís

FECHA: 21 Agosto 2003

FIRMA: [Signature]

T E S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

JORGE GALLARDO ALANÍS

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

DR. SINGARAJU SRI SUBRAMANYA SARMA

DIVISION DE ESTUDIOS PR-PRIMARIOS



FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR



2003



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Selectividad de presa (Rotíferos y Cladóceros) y respuesta funcional por
 larvas de Barbus conchonis (Pices: Cyprinidae),
 realizado por C. Jorge Gallardo Alanís

con número de cuenta 08 11114-7 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
 Propietario

Dr. Singaraju Sri Subrahmanya Sarma .

S. S. Sarma

Propietario M en C. Rosa Estela Toral Almazán.

R. Estela

Propietario M. en C. Jorge Luis Hernández Aguilera.

Jorge L. H. Aguilera

Suplente M. en C. José Alfredo Ruíz Nuño .

J. A. Ruíz Nuño

Suplente Dra. Nandini Sarma.

Nandini Sarma

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez.



INDICE.

INTRODUCCIÓN.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	14
OBJETIVO GENERAL.....	21
OBJETIVO PARTICULAR.....	21
HIPOPTESIS.....	21
MATERIAL Y METODO.....	22
RESULTADOS.....	27
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	44

INTRODUCCIÓN:

Es de suma importancia la productividad de los sistemas biológicos acuáticos pues son los que cada vez más se tornan como una alternativa de sustentabilidad, en donde se pueden obtener recursos naturales de gran importancia, siempre y cuando se manejen y aprovechen racionalmente garantizando su conservación. De esta manera es prioritaria la investigación de componentes y factores que determinan la dinámica ecológica de sus organismos. Esto permitirá la instrumentación de estrategias para el manejo y conservación de estos ecosistemas (González *et al.*, 1993).

De esta forma, se sabe de la profunda influencia que tienen los peces planctívoros en la distribución, abundancia (Levi 1990; DeVries y Stein 1992) y estructura del zooplancton (O'Brien 1979; Vanni 1987). El impacto de su actividad alimenticia puede tener repercusiones en los diferentes niveles tróficos, en la productividad primaria y en la calidad del agua (Carpenter y Kitchell, 1993). Los peces planctívoros son el mejor conducto para canalizar energía del plankton hacia niveles tróficos superiores, se entiende entonces que el aprender a mejorar la dinámica trófica y el flujo de energía en estos sistemas sería a través del conocimiento de estos peces y su entorno (Marci y Brett, 2002).

Cuando estas especies se encuentran en cautiverio es necesario y conveniente saber manejar las diferentes etapas que trascurren desde su reproducción hasta su comercialización con sus diferentes dietas y necesidades. Se considera que en etapas tempranas de desarrollo son más susceptibles y presentan una alta mortalidad, siendo esta etapa en donde se tendrá mucho cuidado con respecto al tamaño de la presa proporcionada como alimento así como de su aporte energético (Juana.1985).

El objetivo principal de la acuicultura es la producción de cualquier organismo acuático, manipulando o controlando los ecosistemas de aguas dulces, salobres o saladas, naturales o artificiales, para la producción de especies útiles al humano, especies amenazadas o en peligro de extinción, con el objetivo de recuperarlas. Actualmente existen cultivos de algas, moluscos, peces y crustáceos, otras especies o grupos más recientemente empezaron a cobrar interés comercial como los reptiles acuáticos (cocodrilos y caimanes para explotar su piel) y anfibios (ranas y sapos para aprovechar su carne y piel). Además de que otras poblaciones de organismos son cultivadas para que a su vez sean utilizadas como alimento de las ya mencionadas como es el caso de algunas especies de rotíferos y cladóceros.

La idea de cultivar organismos en las aguas continentales y los mares es una costumbre muy antigua: el primer tratado de piscicultura, atribuido a Fan-Li (China), data del año 475 AC. En la antigüedad, Aristóteles menciona el cultivo de ostiones en Grecia, mientras Plinio da algunos detalles del cultivo de morenas como peces de ornato en Roma.

La carpa común es introducida de Asia a Grecia y a Italia por los romanos; Por el siglo XVII el cultivo de la carpa se difundió por toda Europa. En Inglaterra aparece en 1600 un libro escrito por Jhon Taverner donde se describen en detalle el manejo y cultivo de esta especie además de la construcción y fertilización de estanques. Otro libro, escrito en 1865, describe detalladamente métodos para lograr el desove artificial de peces.

La acuicultura en México tiene raíces históricas que se remontan a la época prehispánica, cuando algunos organismos se cultivaban en charcas o cercos. Se sabe que los mayas alimentaban algunas especies como el peje lagarto para su mantenimiento y engorda. La acuicultura probablemente nace de manera empírica, a partir de la observación de animales acuáticos y mediante técnicas de pesca primitivas, utilizando juveniles de ciertas especies de peces y crustáceos que entraban, procedentes de mar o de cuerpos de agua dulce, a sitios donde estos eran cercados y aislados de las aguas continentales o litorales comunicadas con lagunas costeras y estuarios o en ríos o lagos interiores. Allí eran cuidados, engordados y posteriormente consumidos.

De igual manera es importante diferenciar entre la acuicultura como una actividad netamente práctica para obtener alimento, y otra en la cual se crían y cuidan organismos solamente con el objetivo de tenerlos como ornato. En este caso nos referiremos a lo que conocemos como acuariofilia.

Es difícil determinar en que momento la acuariofilia se separó de la acuicultura, los datos más antiguos del uso de peces como un atractivo ornamental se remontan hacia los 3000 años de antigüedad

A. C. en China. Ellos desarrollaron una gran exquisitez en sus estanques y jardines diseñados para el disfrute espiritual y religioso. En una época más reciente y a partir de la consolidación de la ciencia Occidental, proliferan las colecciones de naturalistas y posteriormente de zoólogos en donde en ocasiones tales colecciones eran de organismos vivos, peces en este caso, las cuales empezaron a ser "artículos exóticos" y de lujo, indicador del buen gusto de las clases acomodadas.

En los últimos 30 años ha habido un gran aumento en las actividades acuarísticas, desarrollándose desde investigaciones hasta aplicaciones tecnológicas industriales acompañada en muchas ocasiones de una explotación de estos recursos directos en el ecosistema que los contiene. Esto último es muy grave, pues, con el afán de mayores ganancias existe una sobreexplotación lo que puede generar la extinción de muchas especies, habitats y de los mismos ecosistemas.

En lo que respecta a la acuicultura extensiva, la "fertilización" de los estanques basta para la proliferación de diferentes poblaciones de organismos planctónicos como los rotíferos y cladóceros, mismos que serán consumidos por los peces directamente, no así en ambientes pequeños, semi-intensivos o intensivos en donde se les proporcionan generalmente estas y otras especies planctónicas capturadas en estanques naturales o producidos especialmente para ello en condiciones de alta producción.

La familia de los ciprínidos comprende unas 2000 especies que se desarrollan en agua dulce. Ovíparas, distribuidas principalmente en Europa, Asia, África y Norteamérica. Se caracteriza por: Presencia de

escamas, ausencia de aleta adiposa, ausencia de dientes bucales, presencia de dientes raspadores en los huesos faríngeos. El sureste asiático es una de las zonas más abundantes en peces de acuario de todo el planeta. La especie *Barbus conchoni* se distribuye en ríos y estanques naturales en el este de la India, Bengala y Assam.

Esta especie no tiene barbillones y tiene una compresión lateral leve. La parte dorsal es verde olivo en tonos claros, la parte inferior o ventral es de color rojizo ó naranja metálico. Esta característica se observa con mejor en los machos que en las hembras, principalmente en periodo de reproducción, la parte posterior o caudal tiende a ser de color cobre a verde-oro. Cerca del pedúnculo caudal está un punto negro. Las aletas rojizas pueden ser la anal y las aletas dorsales tienen bordes negros a lo largo de su parte superior. Por lo general alcanzan 10 centímetros, aunque raramente más de 8 centímetros en cautiverio.

Nombre común: Barbo rosado

Nombre científico: *Barbus conchoni*. (Hamilton, 1822).

Súper orden: Teleostei.

Orden: Cypriniformes.

Suborden: Cyprinoidei.

Familia: Ciprinidae.

Subfamilia: Cyprininae

Género: *Barbus*.

SYN: *Barbus conchoni*, *Cyprinus conchoni*, *Systemus conchoni*, *Puntius conchoni*.

Los rotíferos son organismos comunes en los ecosistemas acuáticos. El nombre del grupo es dado por sus características morfológicas más observables como lo es la corona ciliada que esta alrededor de la boca y que por el movimiento de sus cilios asemeja una rueda en rápida rotación que aparece en la mayoría de las especies, ésta hace un vórtice dentro de la boca, que el rotífero tamiza para alimentarse. En algunos rotíferos los cilios de la corona se encuentran fusionados formando tentáculos o estructuras parecidas a placas o se pueden hallar completamente ausentes. Los rotíferos poseen unas estructuras mandibulares complejas que incluso pueden verse por medio de una lupa, Detrás de la mandíbula y la boca se encuentra el mástax, una faringe muscular que contiene varias partes rígidas llamadas trophi, que en distintas especies tiene la función de bombeo, trituración o captura de partículas, que contiene una glándula del cemento con la cual el rotífero puede unirse a los objetos en el agua y tamizar el alimento. En muchas especies esta estructura puede replegarse como catalejo. El Trophi se encuentra en casi todos los rotíferos, y es un órgano característico del phylum Rotifera.

La forma de sus cuerpos varía entre esférica y cilíndrica. El plan general del cuerpo de un rotífero consiste en cuatro regiones básicas: cabeza, cuello, tronco (cuerpo), y el pie. Los rotíferos son animales multicelulares con las cavidades del cuerpo que son alineadas parcialmente por el mesodermo. Estos organismos han especializado sistemas, órganos y una zona digestiva completa que incluye una boca y ano.

Generalmente los rotíferos son transparentes. Algunos llegan a tener coloración verdosa, naranja, rojiza o parda, esto se debe a su dieta

que contiene su intestino, que se transparenta a través de su pared corporal. Los rotíferos constituyen uno de los grupos animales de menor tamaño, con longitudes desde 0.04 mm hasta 2.0 mm.

Los rotíferos carecen de sistema sanguíneo circulatorio y respiran a través de la superficie corporal. Puesto que estas características son las características animales, los rotíferos se reconocen como animales, aunque son microscópicos. La mayoría de las especies de rotíferos son cerca de 200 a 500 micras de largos. Se han descrito aproximadamente unas 2000 especies de rotíferos, de los que una quinta parte son marinos. La mayoría son individuos de vida libre. Los rotíferos son, probablemente, los organismos más comunes, abundantes y cosmopolitas del zooplancton de agua dulce.

Los rotíferos se pueden encontrar en muchos ambientes de agua dulce y en el suelo húmedo, donde habitan las películas finas del agua que se forman alrededor de partículas del suelo. El hábitat de rotífero puede incluir ambientes inmóviles del agua, tales como fondos del lago, así como ambientes del agua que fluyen, por ejemplo los ríos o las corrientes. Viven en ciénegas, playas arenosas, lagos, ríos y fangos glaciares. Los rotíferos también se encuentran comúnmente en musgos y líquenes, en troncos de árbol y en las rocas, zanjas, canales de la lluvia, los charcos, en las setas que crecen cerca de árboles muertos, en tanques de las plantas de tratamiento de aguas residuales, y adheridos a crustáceos de agua dulce y las larvas de insecto acuáticas. Resisten la desecación por medio de una envoltura protectora externa gelatinosa de quitina que recibe el nombre de lóriga. Sus cuerpos tienen simetría bilateral. Los rotíferos de vida libre tienen típicamente una dieta amplia, alimentándose de bacterias,

levaduras, algas unicelulares, protozoarios, otros rotíferos y animales pequeños, además de materia orgánica suspendida en el agua.

En los sistemas dulceacuícolas, los rotíferos son una fuente importante de alimento para larvas de peces, crustáceos y otros organismos también contribuyen a la descomposición del material edáfico. Probablemente evolucionaron a partir de antecesores ciliados y con simetría bilateral de tipo platelminto. Esto se deduce de la semejanza de su faringe, cilios y células flamíferas.

El cuerpo del rotífero externamente pero no internamente se divide en segmentos. El cuerpo es telescópico, con una cubierta semi-flexible, extensible, transparente, la cutícula. Dentro del cuerpo están el estómago y los órganos reproductivos. La región final del cuerpo es el pie; este pie termina en un "dedo".

Los rotíferos son animales microscópicos, por lo que su dieta consiste en materiales bastante pequeños que puedan caber a través de sus bocas minúsculas durante la alimentación. Los rotíferos son sobre todo omnívoros, pero un ciertas especies son caníbales. La dieta de rotífero consiste comúnmente en cadáveres, materiales orgánicos en descomposición, algas unicelulares y el fitoplancton, que son productores primarios en comunidades acuáticas. Tales hábitos de alimentación hacen algunos rotíferos consumidores primarios. Por tanto los rotíferos están dentro de la dieta de los consumidores secundarios carnívoros, camarones, peces, cangrejos y crustáceos en general.

El phylum Rotifera se divide en tres clases: Monogononta, Bdelloidea, y Seisonidea. El grupo más grande es el Monogononta, con cerca de

1500 especies, seguidas por el Bdelloidea, con cerca de 350 especies se conocen solamente dos especies de Seisonidea.

Con respecto a los crustáceos podemos decir que son artrópodos mandibulados que, como todos ellos, presentan su cuerpo revestido de un exoesqueleto, quitinoso, pero que tiene además sales calcáreas combinadas, las cuales determinan que se forme un caparazón en ocasiones muy duro. En general podemos decir que tienen dos pares de apéndices prebucales que forman el primero y segundo par de antenas y numerosos pares de apéndices posbucales; de todos ellos, con excepción hecha del primer par de antenas, los demás derivan de apéndices birramios. Durante su desarrollo presentan en general una metamorfosis y, como algo característico, un estado larval inicial llamado "nauplió" (nauplius) de tipo muy primitivo. Los crustáceos están formados por una gran diversidad de formas, algunas de ellas muy conocidas por sus nombres vulgares o por su importancia económica, como los "cangrejos", "langostas de mar", "camarones", "pulgas de agua" (Cladóceros) y "acociles". Es un grupo con una distribución geográfica muy amplia, que habita principalmente en agua tanto marina como dulce, y sólo excepcionalmente los encontramos en la tierra adaptados a un medio húmedo que les permite efectuar su respiración, los isópodos. El nombre de crustáceos se refiere a los caparazones duros que los cubren y que están formados en una gran proporción por sales calcáreas. Existen algunos grupos que presentan formas parásitas, las cuales se modifican grandemente en el estado adulto al grado de perder además de las características de su clase, las de su phylum como ocurre sobre todo en los grupos de los isópodos, copépodos y cirrópodos.

Los cladóceros o pulgas de agua presentan una pigmentación característica que puede ser de varios colores, como rojo, naranja, amarillo, verde, café o negro. La mayor parte de estos colores los producen pigmentos debidos su alimentación o sustancias melánicas. Los pigmentos se encuentran incluidos en las células llamadas cromatóforos. En algunos organismos del grupo no todos los segmentos del cuerpo se distinguen fácilmente, pues existen, segmentos que se han fusionado con los inmediatos o que han desaparecido. Un ejemplo muy típico lo tenemos en la cabeza que está más o menos diferenciada y ha sido formada por la unión de un grupo de seis segmentos, aparte del acron y que llevan respectivamente los ojos compuestos, las primeras antenas o verdaderas antenas, anténulas las segundas antenas o quelícero, mandíbulas, primeras maxilas o maxíbulas y por último las segundas maxilas o maxilas. Muchas veces esta región cefálica se fusiona con uno o más de los segmentos torácicos formando un cefalotórax. El número de segmentos que entran en su formación se puede determinar por el número de pares de apéndices que le corresponden. Los huevecillos de los cladóceros son llevados hasta su eclosión dentro de las valvas en un receptáculo especial, formada entre la superficie dorsal del cuerpo y las valvas. Los machos son más pequeños que las hembras y aparecen sólo en determinadas épocas del año; en las que no existen, las hembras producen los llamados "huevos de verano", que se desarrollan partenogenéticamente y con gran rapidez en la cavidad incubadora. Durante la época en que los machos hacen su aparición, las hembras producen los llamados "huevos de duración" o "huevos de invierno", los cuales son

fecundados y están provistos de una capa quitinosa dura; son más grandes que los huevos de verano y representan un modo de duración o de defensa de las especies.

Un gran número de cladóceros viven en aguas dulces, solamente pocas especies se desarrollan en el mar. Nadan rápidamente por medio de sus anténulas y por lo regular a manera de "brincos", de ahí su nombre vulgar de "pulgas de agua", formando una parte muy importante del plancton de lagos y estanques, por lo tanto es un componente fundamental en la alimentación de un gran número de poblaciones de organismos acuáticos, los peces entre ellas.

JUSTIFICACIÓN:

Dado que existe un mercado importante de *Barbus conchoni* en la acuicultura para su uso en la acuariofilia y para utilizarla en diferentes protocolos de investigación en ramas como la fisiología (Amanze, 1994), embriología (Horvath, 1997), genética (Frankel, JS.1985.), toxicología (Gill y Pant, 1987), parasitología (Rehulka, 1988), bacteriología (Davinam et al., 1982) y ecología (Sriramachandra Murty, 1975). La importancia del presente trabajo se encuentra en el hecho de que esta información que se obtendrá permitirá realizar este tipo de trabajos de investigación contribuyendo en la determinación de las condiciones óptimas de mantenimiento, reproducción, desarrollo y alimentación, principalmente en las primeras fases del ciclo de vida de la especie *Barbus conchoni*, para que los organismos producidos sean viables para tales ensayos o para su comercialización posterior. Con respecto a su utilización como peces de ornato existe toda una

rama en la economía dedicada a este aspecto. Se seleccionó esta especie por ser muy popular al tener colores atractivos además de que son relativamente fáciles de mantener en los acuarios y tener características de comportamiento que le permiten coexistir en acuarios comunitarios con otras especies afines, son fáciles de conseguir en cualquier establecimiento comercial, ya sea un acuario o tienda de mascotas y su reproducción suele ser sencilla. En muchas de las especies llamadas vivíparas es relativamente fácil alimentar a las crías recién nacidas con presas vivas, después de que han consumido el vitelo, ya que nacen de un tamaño que les permite consumirlas. No así las especies ovíparas ya que estas son de menor tamaño y la experiencia en la crianza de peces demuestra que la dificultad mayor estriba no en la reproducción, como es el caso en muchos de estos peces de acuario y para alimentación humana, sino en el mantener un alto porcentaje de sobrevivencia después de la eclosión y posterior absorción del vitelo. Se ha observado que con este alimento el porcentaje de sobrevivencia y tasa de crecimiento es mayor. Algunos estudios demuestran que los peces de estas características, y esta especie en particular, necesitan presas muy pequeñas pues el tamaño de estos peces y consecuentemente su tamaño de boca son también pequeños cuando empiezan a alimentarse. Cuando se les proporcionan presas tan pequeñas como los rotíferos y cladóceros se asegura su alimentación y subsecuentemente su porcentaje de sobrevivencia y tasa de desarrollo óptimo es mayor. Es importante resaltar que la producción de peces de ornato ofrece la posibilidad de utilizar métodos intensivos y semi-intensivos de manera menos complicada que en la acuicultura para la

obtención de organismos para alimentación humana ya que, al poder utilizar espacios pequeños o por lo menos no tan extensos como los utilizados para la acuicultura para la alimentación, las condiciones de manejo en general se simplifican, el costo en infraestructura es menor y los organismos obtenidos para su comercialización no tienen que alcanzar las tallas o biomasa exigida para consumo humano; 600 gr contra 10 o 20 gr y en un lapso de 6 a 8 meses contra 4 meses, de esta especie en particular, comparada con especies típicas para la alimentación humana como la tilapia, bagre, carpa y/o trucha, lo que en general abarata la inversión y la plusvalía por unidad obtenida en el proceso es potencialmente mayor. Con respecto a la utilización de esta especie en proyectos de investigación la presente tesis contribuiría al proceso de reproducción y mantenimiento de las crías en cantidades mucho menores y con suma facilidad, lo que permitirá tener una insignificante inversión en infraestructura y espacio para tal propósito además de tener a la disposición del investigador larvas, alevines o adultos en todo momento. Por último el presente trabajo pretende contribuir al desarrollo de actividades acuícolas que permitan minimizar o anular la explotación irracional de estos recursos.

No han sido muchos investigadores los que han hecho trabajos relacionados con el presente trabajo en comparación con otras áreas de interés dentro de la ecología acuática, ictiología, acuicultura y/o etología. Sin embargo podemos mencionar que Lázaro (1987) hace la observación de que un amplio número de estudios dirigidos a la investigación de las interacciones depredador-presa son llevados a cabo en peces que no se alimentan exclusivamente de plancton. A pesar de esto la mayoría de ellos dependen facultativamente, en algún

momento de su ciclo de vida, del zooplancton. (Winkler y Orellana 1990).

El fenómeno de la depredación es una interacción de suma importancia en las comunidades acuáticas. (Wahlström et. Al 2000).

Un factor importante en la relación depredador-presa, tal vez el más preponderante, es la talla del depredador con respecto a la talla de su presa. (Paine 1976; Zaret 1980; Persson et al. 1993).

Varios comportamientos empleados en la interacción depredatoria se logran después de un periodo de aprendizaje como por ejemplo la localización de áreas en donde se alimentan sus presas o el reconocimiento de imágenes de las mismas. (Krebs 1993).

El depredador, en su proceso de aprendizaje, mejora progresivamente su estrategia de captura. Holling (1966) Se necesitan algunos encuentros hasta que el depredador desarrolla un alto porcentaje de eficiencia en la captura de la presa (Real, 1977).

En investigaciones en acuicultura, acuariofilia o donde sea necesario el mantener esta especie disponible en pequeños cultivos para su empleo en protocolos de estudios sobre toxicología, embriología etc., es vital tener información sobre las interacciones depredador-presa principalmente en sus primeros estadios de desarrollo, donde ocurre una alta mortandad. Esto permite, además, pronosticar sus dinámicas de crecimiento. (Hunter 1979). La selectividad de presa como una interacción, es un proceso de importancia que ha sido investigado en repetidas ocasiones. (Dou et al 2000).

Generalmente, el comportamiento del depredador, en función de la presa, puede ser determinada por el tiempo empleado en salir a su encuentro, el ataque, su captura y la ingestión de ella (Greene 1983).

La información de cuando la presa es rechazada no ha sido documentada en reportes, no por ello carece de importancia su mención. Tal rechazo podría deberse a que el depredador ya cubrió sus necesidades alimenticias (Khadka y Rao, 1986), o por la morfología de la presa (Sarma, 1993) o por su sabor (Felix et. al., 1995). Entonces la probabilidad de que la presa sea capturada es el producto de las cuatro probabilidades: Al momento del encuentro; al atacar; al ser capturada la presa y al ser ingerida (Drenner et. Al 1978).

Estas probabilidades mencionadas están con relación al tamaño del depredador con respecto a la presa (Wilson 1975; Warner 1988; Persson and Diehl 1990; persson et al 1998).

La capacidad del depredador para capturar su presa se incrementa de forma exponencial conforme éste aumenta de talla, observándose en un aumento del número de encuentros (Wanzenböck & Schiemer 1989). El número de veces que el depredador captura presas esta en función de las siguientes variables:

- Capacidad del depredador para percibir a la presa.
- Velocidad de desplazamiento de ambos.
- Tamaño y densidad de las presas existentes. (Pyke 1984).

El número de interacciones depredador-presa están en relación con la concentración de la presa y sus movimientos. (Iyer y Rao, 1996).

La totalidad de los encuentros entre el depredador y la presa se puede estimar tomando en cuenta las capturas y el escape de ellas (Gilbert y Kirk 1988).

Si se llegaran a cuantificar las interacciones depredador-presa cuando se consigue una captura exitosa o por el número de ataques, los resultados dependerían del tipo de presa o de depredador y de los cambios morfológicos en sus ciclos de vida (Irvine y Northeote, 1983).

Por lo general, en peces, la detección de la presa es visual pero también utilizan otros medios como la percepción de sonidos por medio de su línea lateral (Blaxter, 1980).

En el momento en que esto ocurre el ataque el pez depredador tiende a contorsionar su cuerpo y mueve las mandíbulas para tener una mayor capacidad en boca y opérculos. Esto sucede frecuentemente en peces teleósteos (Drenner et. al 1978; Drost, 1987).

La densidad de la presa es proporcional a la probabilidad de captura lo que a su vez determina la selectividad de ellas por el depredador, pero la probabilidad de que sea ingerida depende del tamaño relativo de las espinas branquiales del depredador (Drenner et. al. 1978).

El principal problema al que se enfrenta el depredador es el seleccionar la presa adecuada o la combinación de estas (Rapport, 1971). Además debe de encontrar un equilibrio entre la energía consumida en el esfuerzo depredatorio y la energía obtenida de la presa. La relación que existe entre una tasa de consumo individual y la densidad de alimento es lo que se le ha llamado respuesta funcional de consumo (Solomon, 1949).

La respuesta funcional es la relación entre la densidad de presa y el número de presas ingeridas por un depredador, por unidad de tiempo (Winkler y Orellana 1990).

Se han determinado tres formas distintas de respuesta funcional con relación al comportamiento depredatorio:

Respuesta funcional Tipo 1: organismos filtradores, la cual incrementa linealmente tanto como aumente la densidad de las presas.

Respuesta funcional Tipo 2: invertebrados, tiene un crecimiento con una tasa continua de decrecimiento; y la tipo 3: organismos vertebrados (Modelo de Holling). La respuesta funcional tipo 3 se describe con una función sigmoideal (Abrams 1982).

El análisis de las respuestas funcionales en el desarrollo de modelos de interacción depredador-presa es determinante para la estabilidad de un sistema (Oaten & Murdoch 1975).

Estas respuestas funcionales, influyen consecuentemente con otras características de la vida del depredador. Por ejemplo el número de presas que este consume se va incrementando hasta que el depredador cubre sus necesidades energéticas lo que le permite incrementar su tasa de reproducción (Pianka, 1983). Los datos representados por los tipos de respuestas funcionales 1,2 y 3, no son suficientes para describir la respuesta funcional de un organismo, ya que en un trabajo de laboratorio, no están presentes varios factores por ejemplo el desconocer el tiempo que un depredador ocupa alimentándose, éste sería un dato importante para obtener una respuesta funcional confiable (Abrams, 1982).

Muchos de los experimentos de respuesta funcional realizados en laboratorio son congruentes con la aplicación del modelo de Holling, sin embargo existen otros que no pueden explicarse con este método (Sandness and McMurtry, 1970. Mori & Chant, 1966 y Utida, 1948). Estos trabajos coinciden en el hecho de que se registra una baja en la

tasa de captura cuando las densidades de las presas son altas (Abrams 1982).

Los peces que se alimentan de zooplancton tienden a seleccionar las presas de las que se alimentan (Wright et. al. 1983), si estas, se encuentran al alcance del depredador, es posible determinar la selectividad. La relación de tamaños también es importante en función de que cuanto más grande es la presa, mayor es la energía que le es proporcionada al depredador. De esta forma la obtención de energía por unidad de tiempo se optimiza en lo cual se basa la teoría del forrajeo (Manatunge & Asaeda 1999).

Se ha podido observar que conforme el pez depredador aumenta de tamaño cambia su preferencia tendiendo a capturar presas más grandes (Mills et. al. 1984), pero en muchos casos peces pequeños continúan capturando presas pequeñas (Wanzenböck 1995). Hansen y Wahl (1981) plantean la hipótesis de que los peces que muestran preferencia por presas pequeñas, es a razón de un comportamiento patrón aprendido (Mills et. al. 1984) o de un tamaño de apertura bucal particular. (Siefert 1972; Wong & Ward 1972).

En estudios de campo se ha determinado la existencia de estos cambios pero le es atribuido a la distribución del pez en el cuerpo de agua según su etapa de desarrollo (Mills et. al. 1984).

OBJETIVO GENERAL:

Entender la respuesta funcional y selectividad de presa en las primeras semanas de alevines de *Barbus conchonus* a través de diferentes etapas larvales.

Objetivos particulares:

1.-Se determinará la selectividad de presa de alevines de *Barbus conchoni* a través de sus diferentes edades utilizando seis especies de rotíferos (*Brachionus calyciflorus*, *Brachionus patulus*, *Brachionus angularis*, *Brachionus rubens*, *Brachionus havanensis*, *Brachionus macracanthus*) y tres especies de Cladóceros (*Moina macrocopa*, *Alona rectangula* y *Ceriodaphnia dubia*).

2.-Derivar la curva de la respuesta funcional de alevines de *Barbus conchoni* en las primeras semanas de nacidos de utilizando zooplancton (*Brachionus calyciflorus*, *Brachionus patulus*, *Brachionus angularis*)

HIPÓTESIS:

Los alevines de *Barbus conchoni* pueden comer más presas cuando hay incremento en la disponibilidad de las mismas.

Los alevines de *Barbus conchoni* van a demostrar una tendencia en el consumo de presas a lo largo de sus primeras semanas de desarrollo.

MATERIAL Y METODO

Para el mantenimiento de reproductores para la obtención de las crías se utilizaron 4 tanques (acuarios) de cristal de 40 l; 6 de 20 litros para la reproducción y 4 de 10 litros para el desarrollo de las poblaciones de Cladóceros y Rotíferos. 10 parejas de adultos de *Barbus conchoni*, para obtener los alevines necesarios para hacer los experimentos en el proceso.

Las especies de zooplancton utilizado en este estudio son 9 especies en total (6 Rotíferos y 3 cladóceros). Los rotíferos son: *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus patulus*, *Brachionus angularis*, *Brachionus rubens.*, *Brachionus havanensis*, *Brachionus macracanthus*. Los cladóceros son *Molna macrocopa*, *Alona rectangula* y *Ceriodaphnia dubia*. El alga utilizada como alimento es *Chlorella vulgaris*. El cultivo de alga se hizo con medio Bold (Borowiska y Borowiska,1985) compuesto por KH_2PO_4 , EDTA+KOH, CaCl_2 , H_3BO_3 , K_2HPO_4 , MgSO_4 , FeSO_4 , NaCl y NaNO_3 . *Chlorella vulgaris* es un alga unicelular que ha sido utilizada como alimento de zooplancton. El cultivo fue desarrollado en botellas transparentes de 2 l con luz artificial fluorescente difusa, cosechada en su fase exponencial y concentrada por centrifugación a 4000 rpm, separada, lavada con agua destilada y refrigerada a 5° C para su almacenamiento. La densidad de la microalga fue calculada con un hematocímetro.

El medio EPA (Anon. 1985) se preparaba diariamente utilizando 1.9 g de NaHCO_3 , 1.2 g de CaSO_4 , 1.2 g de MgSO_4 y 0.004 g de KCl para 20 l de agua destilada, el que era empleado como medio isotónico para el desarrollo de los cultivos de zooplancton y para realizar los ensayos. Los cultivos de zooplancton se lavaban y se filtraban cada tercer día, se alimentan de *Chlorella vulgaris* y constantemente eran aireados con un burbujeo lento.

5 vasos para cada una de las replicas por cada una de las 6 ocasiones en que se realizó el ensayo de selectividad de presa, además se utilizaron una doble cantidad por contener temporalmente a los alevines dando un total de 130 vasos.

Para la obtención de los mismos se colocan en los acuarios de 20 l dos hembras y cuatro machos por la noche a una temperatura de 28° C, una dureza media (8-12 dGH) y un pH neutro (7.0) La reproducción inicia en las primeras horas del amanecer. Los huevos fecundados son retirados y puestos de 10 en 10 en recipientes de plástico de 100 ml para un mejor manejo y supervisión en su desarrollo. A los 10 días de nacidos los alevines se empiezan a utilizar, los ensayos son a los 10, 17, 24, 31, 40 y 47 días de nacidos hasta completar 6 pruebas cada uno con sus respectivas replicas (4).

El presente trabajo se divide en dos partes:
Respuesta Funcional y Selectividad de Presa.

Para hacer respuesta funcional se utilizaron vasos transparentes de 100 ml de capacidad. Tres especies de rotíferos (*Brachionus calyciflorus*, *Brachionus angularis*, *Brachionus patulus*) fueron utilizados como presa con 25 ml de medio para cada uno de ellos. Semanalmente se realizaron los experimentos de respuesta funcional utilizando las mismas especies de presa y cinco ensayos consecutivos. A una semana de nacidos los alevines se empiezan a utilizar en los ensayos, por lo tanto las pruebas se realizan con alevines de 7, 14, 21, 28 y 35 días de edad hasta completar 5 pruebas con sus respectivas replicas (5). La iluminación fue todo el tiempo con luz fluorescente difusa, un pH de 7.0 (neutro) y una temperatura promedio de 23 ° C (+- 2°).

Se utilizaron 40 alevines de *Barbus conchoni*, estos fueron colocados por pares, del mismo tamaño, en 20 recipientes con 25 ml

de medio EPA, ahí permanecen durante dos horas para que eliminen de su tracto digestivo cualquier material alimenticio y tengan mayor disposición a alimentarse después de ese periodo. En otros 20 recipientes, divididos en lotes de 4 se agregan 25 ml de medio EPA y una especie de rotífero, con las siguientes cantidades por lote 50, 100, 200, 400 y 800 individuos, cada lote de cuatro con las replicas para cada una de las densidades. Se agregan unas gotas de alga para disminuir el estrés o una potencial mortandad por inanición, posteriormente, son vaciados los recipientes de los alevines en los recipientes de los rotíferos y se miden 45 minutos después de los cuales los alevines son retirados, se cuentan los rotíferos sobrevivientes y se obtiene la diferencia entre la cantidad inicial y final para determinar el número de individuos consumidos por los peces. Para el reporte de los datos resultantes obtenidos fue utilizada la ecuación de Michaelis-Menten para adecuar las curvas.

El conteo y separación de los rotíferos se realizó por medio de pipetas Pasteur muy finas en la punta y de un microscopio estereoscópico NIKON SMZ645.

Selectividad de presa

Con respecto a la selectividad de presa se realizaron cinco ensayos consecutivos. A los 7 días de nacidos los alevines se empiezan a utilizar en los ensayos, por lo tanto las pruebas se realizan con alevines de 7, 14, 21, 28 y 35 días de edad hasta completar 6 pruebas con sus respectivas replicas (5).

10 alevines de *Barbus conchoni* fueron colocados por pares, del mismo tamaño, en 5 recipientes con 25 ml de medio EPA, ahí permanecen durante dos horas para que eliminen de su tracto digestivo cualquier material alimenticio y tengan mayor disposición a alimentarse después de ese periodo.

En otros 5 recipientes, divididos en lotes de 5 se agregan 100 individuos de las siguientes especies de rotíferos: *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus patulus*, *Brachionus angularis*, *Brachionus rubens*, *Brachionus havanensis*, *Brachionus macracanthus* y 25 individuos de tres especies de cladóceros: *Moina macrocopa*, *Alona rectangula* y *Ceriodaphnia dubia*, a los cuales se les agregó unas gotas de cultivo de alga *Chorella* para evitar estrés y muerte por inanición de las presas. Posteriormente se vacian los peces en el recipiente del plancton y se miden 45 minutos de tiempo luego del cual son retirados los peces, se cuentan los individuos planctónicos y se obtiene la diferencia entre la cantidad inicial y final para determinar el número de individuos consumidos por los peces. Para el reporte de resultados los datos obtenidos se utilizó la ecuación Michaelis-Menten para el ajuste de las curvas de los datos en bruto.

Los datos de respuesta funcional fueron transformado usando la siguiente formula (Lampert y Sommer, 1997):

$$y = \frac{ax}{b+x}$$

Los datos de la selectividad de presa fueron analizando utilizando alfa de Mainly (Krebs, 1993):

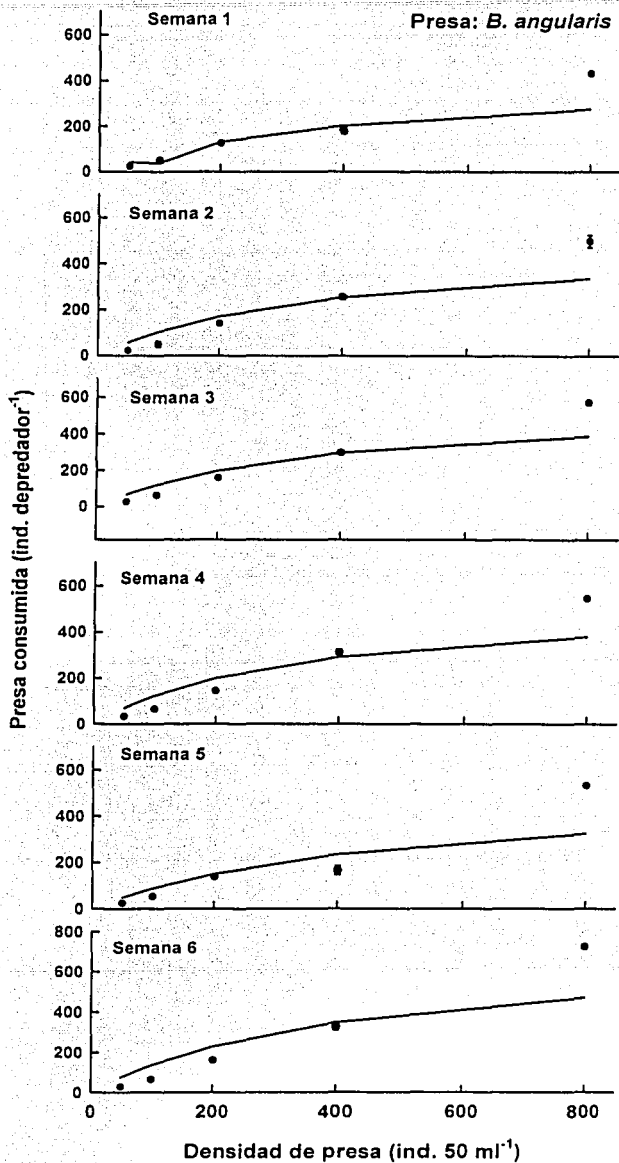
$$\alpha_i = r_i / n_i (1 / \sum (r_j / n_j))$$

Donde, α_i = Alfa de Manly para la presa tipo i, r_i , r_j = la proporción de tipo de presa i o j en la dieta (i y j = 1, 2, 3 ..., m), n_i , n_j = la proporción de tipo de presa i o j en el ambiente, m = es igual al número de tipos de presas incluida en la dieta.

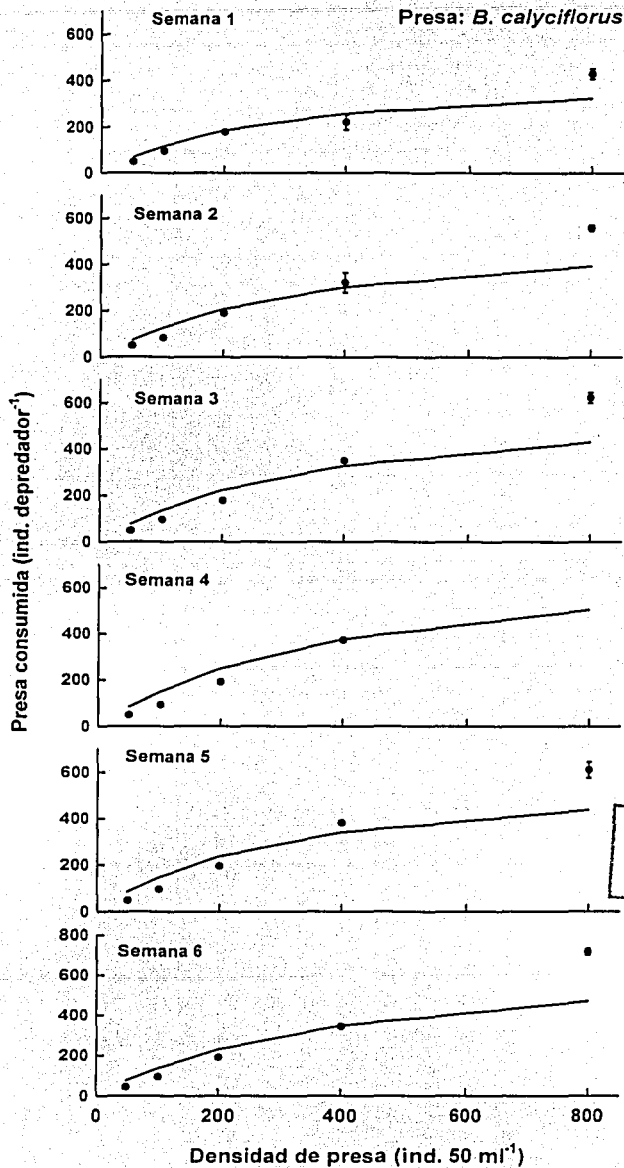
RESULTADOS :

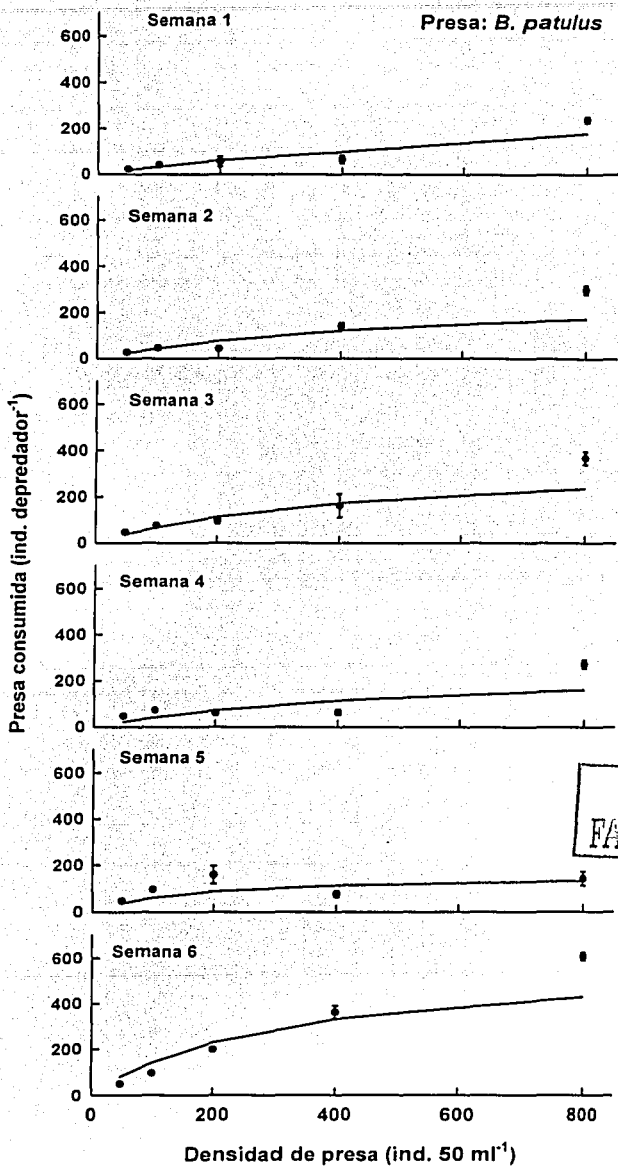
Respuesta funcional.

Las curvas de respuesta funcional de *Barbus conchoni* de diferentes edades con relación a *Brachionus angularis* proporcionado en densidades de 50 a 800 individuos en 50 ml de medio son mostradas en la figura 1. En general *Barbus conchoni* demuestra un aumento en el consumo de presas al aumentar el número de presas en el medio llegando a un estado estacionario en el cual el incremento de presas disponibles no resulta en el aumento de su consumo. La curva también varía dependiendo de la edad de los alevines. En general los alevines de *Barbus conchoni* de mas edad consumieron mayores cantidades de *Brachionus angularis* que los grupos de menor edad. Por ejemplo, cuando los alevines de *B. conchoni* tenían una semana, la asintota fue observada cuando la densidad de la presa ofrecida era aproximadamente 400 individuos. Por otro lado, los alevines de 4 a 6 semanas de edad, la asintota cambió a aproximadamente 800 individuos de *B. angularis* en el medio. El consumo máximo de *B. angularis* por *B. conchoni* fue observado cuando los alevines eran de 6 semanas de edad. La densidad de presa (*B. Calyciflorus*) y su consumo por los alevines de *B.*



conchoni de edades diferentes se presenta en la figura 2. Esta curva de respuesta funcional es similar a la de *B. angularis* sólo cuando se incluyen más individuos de *B. calyciflorus* en la dieta, cuando el número disponible de presas en el medio se incrementa. Sin embargo, cuando los alevines eran 1 o 2 semanas de edad, el número total de individuos de *B. calyciflorus* consumido era más bajo que cuando los alevines eran 5 o 6 semanas. Así, la asintota fue alcanzada antes cuando las larvas eran más jóvenes, mientras que no fue tan pronunciada cuando los alevines contaban con más edad. La curva de respuesta funcional de *B. Patulus* es similar (Fig. 3) a aquéllas observadas para *B. angularis* o *B. calyciflorus*. Sin embargo, en general las larvas de *B. conchoni* consumieron el más bajo número de *B. patulus*. Comparado con las otras especies de rotíferos. La asintota se produjo a mucha más baja concentración de la presa cuando los alevines eran 1-4 semanas de edad. Así, cuando la disponibilidad de *B. patulus* en el medio varió de 50 a 800 individuos, el consumo de la presa por los alevines varió muy poco (de 20-200). Sin tener en cuenta las especies de rotíferos usadas como presa, las larvas de diferentes edades mostraron la curva de respuesta funcional Tipo II donde, los alevines de *B. conchoni*. mostraron que el consumo de la presa aumentó con la disponibilidad creciente de las presas (rotíferos) en el medio hasta un cierto nivel a cualquier edad dada de los alevines, más allá cuando aumentó la disponibilidad de la presa en el medio no causó un aumento correspondiente en el consumo. Sin embargo, esta respuesta típica era más claramente visible cuando los alevines eran 4 o más semanas de edad.



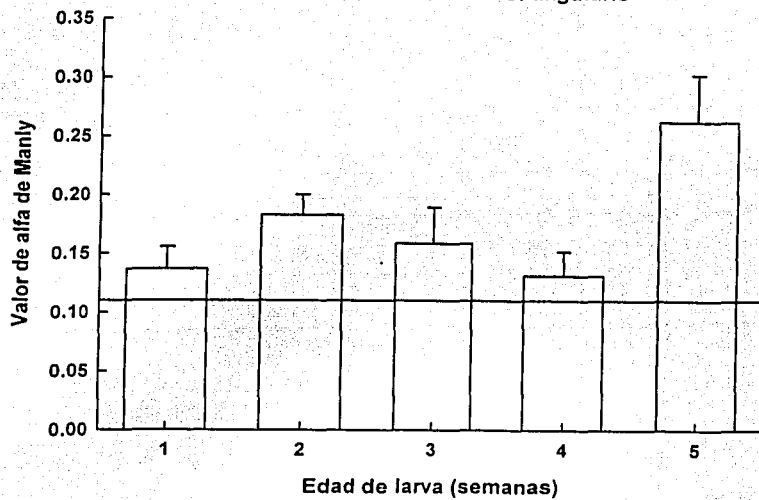


Selectividad de la presa.

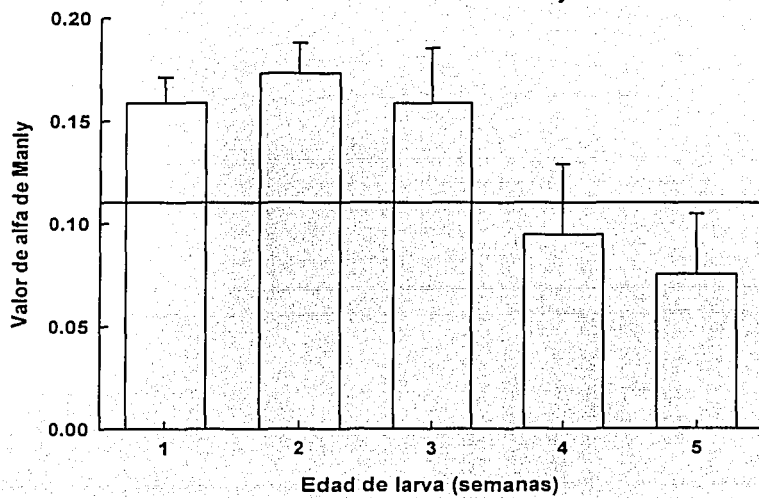
La selectividad de la presa por los alevines de *B. conchoni* cuando se les proporcionaron nueve presas de zooplancton diferentes mostró algunas tendencias interesantes.

Estos resultados se presentan separadamente para cada uno de las especies del zooplancton probadas con relación a la edad de *B. conchoni*. Los modelos típicos de selectividad de presa se determinaron en este estudio usando el índice (alfa) de Manly. El índice alfa se obtiene sumando el número de presas utilizadas y dividiendo 1 entre esta suma. Este índice sugiere que *B. angularis* es seleccionado positivamente por ser estos valores del alfa eran más altos que 0.11 sin tener en cuenta la edad, cuando *B. angularis* era incluido en la dieta (Fig. 4) Las tendencias en la selectividad de *B. calyciflorus* usando el índice alfa de Manly para medir indicaron algunas diferencias relacionadas con la edad para los alevines de *B. conchoni*. En general, cuando los alevines eran jóvenes, había una selección positiva para el *B. calyciflorus*. Sin embargo, cuando éstos tenían más edad (4 o 5 semanas), la selección activa para *B. calyciflorus* estaba ausente (Fig. 5). Los cambios en los valores de alfa de Manly para *B. conchoni* cuando se alimentó con *B. havanensis* como componente de las presas de zooplancton se presenta en figura 6. En general esta especie no fue seleccionada por los alevines de *B. Conchoni*; sin tener en cuenta la edad, no había ninguna selección positiva por las larvas del pez, salvo la primera semana. Los valores del alfa de Manly están debajo de 0.11 para la mayoría de los tratamientos. Los modelos de presa para el rotífero *B. macracanthus* indican que los alevines de *B. conchoni* no las seleccionaron

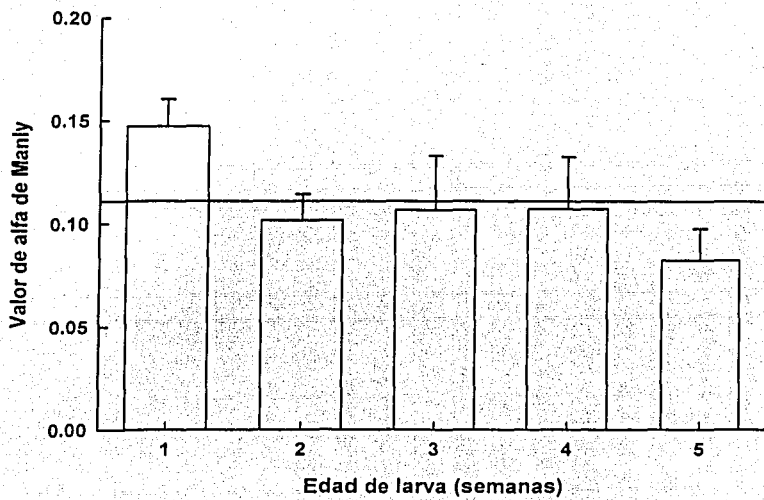
B. angularis



B. calyciflorus

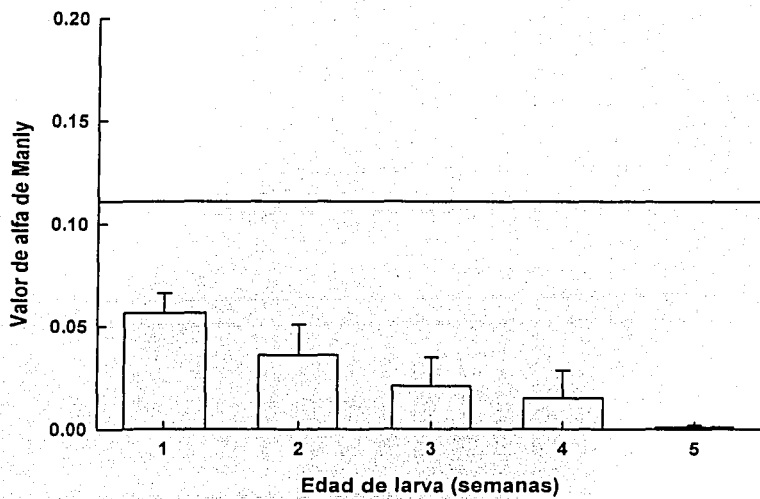


B. havanensis

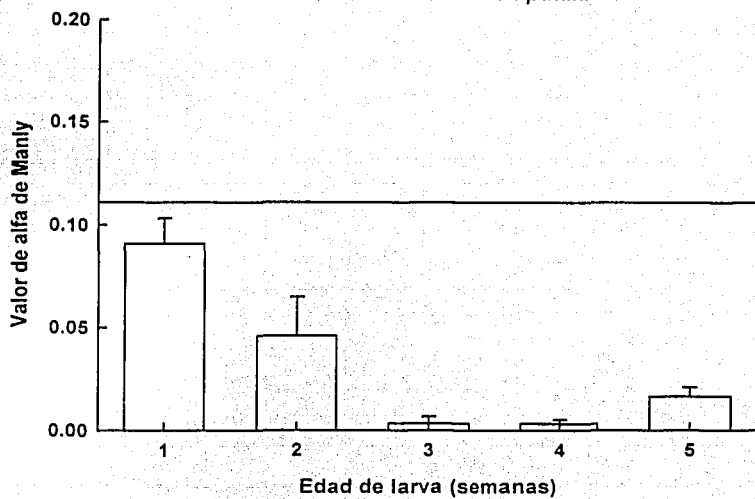


positivamente no importando la edad. Así el alfa de Manly estaba abajo del valor requerido (0.11) necesario para concluir una selección activa y positiva (Fig. 7). La falta de selección positiva por los alevines de *B. conchoni* con el rotífero *B. patulus* se detalla la (Fig. 8), es similar a la de *B. macracanthus*. Aquí también, el alfa de Manly esta por abajo del valor requerido (0.11) para concluir que existe una selección positiva. El hecho que esta especie del rotífero no fue seleccionada positivamente es evidente a lo largo de la edad de los alevines (semana 1 a 5). La sexta especie de rotífero usada como presa para su selección por los alevines de *B. conchoni* fue *B. rubens*. Esta especie es muy diferente a *B. Patulus* y a *B. Macracanthus* y fue seleccionada positivamente a lo largo del tiempo de prueba (En las 5 semanas en que se desarrollaron los experimentos). Los Valores del alfa de Manly obtenidos para *B. rubens* por los alevines de *B. Conchoni*, generalmente eran mucho más altos que 0.11 lo que indican una selección positiva fuerte (Fig. 9). Además de los rotíferos, otras tres especies de zooplankton, las "pulgas de agua" (cladóceros), fueron usadas en este estudio para desarrollar el modelo de selectividad de presa para los alevines de *B. conchoni* con edades diferentes (semana 1 a 5) bajo las condiciones ya descritas. Los Datos en el alfa de Manly calculado para *Alona rectangula* indico en general, que esta especie de presa se seleccionó positivamente durante los experimentos al alimentar las larvas. Sin embargo durante la primera y la última semana (semana 5), esta especie de cladóceros no fue seleccionada positivamente (Fig. 10). Las tendencias de selectividad de presa por los alevines *B. conchoni* para el cladóceros *Ceriodaphnia dubia* eran dependientes de la edad

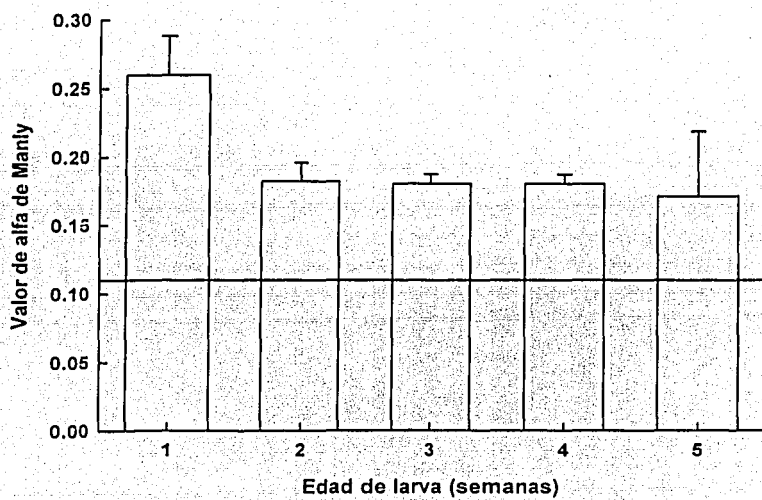
B.



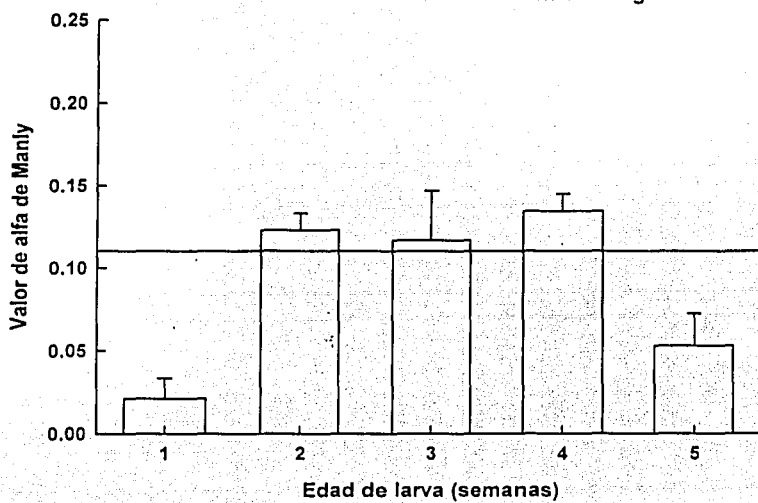
B. patulus



B. rubens



Alona rectangulara

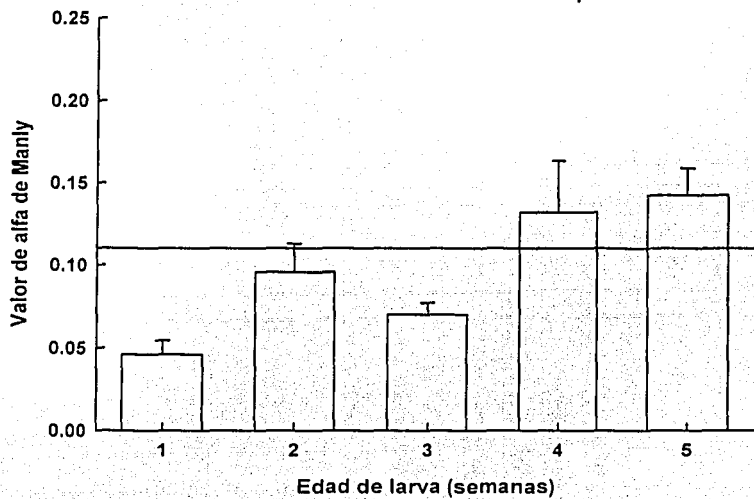


del pez. Durante las primeras fases tempranas (Después de 3 semanas que siguen de la absorción del saco vitelino), no había ninguna selección positiva como lo indican los valores de la alfa de Manly. Por otro lado, cuando las larvas crecieron, la especie *Ceriodaphnia dubia* se seleccionó positivamente en su dieta (Fig. 11). Las tendencias en la selección de la presa para *Ceriodaphnia dubia* son de alguna manera semejantes en *Moina macrocopa* cuando se usó como presa. La selección positiva de *Moina macrocopa*, por las crías de *B. conchonus* sólo era evidente cuando las éstas eran de por lo menos tres semanas de edad. Porque los individuos jóvenes no mostraron ninguna preferencia positiva para *Moina macrocopa*. Los valores de la alfa de Manly confirman esta tendencia (Fig. 12).

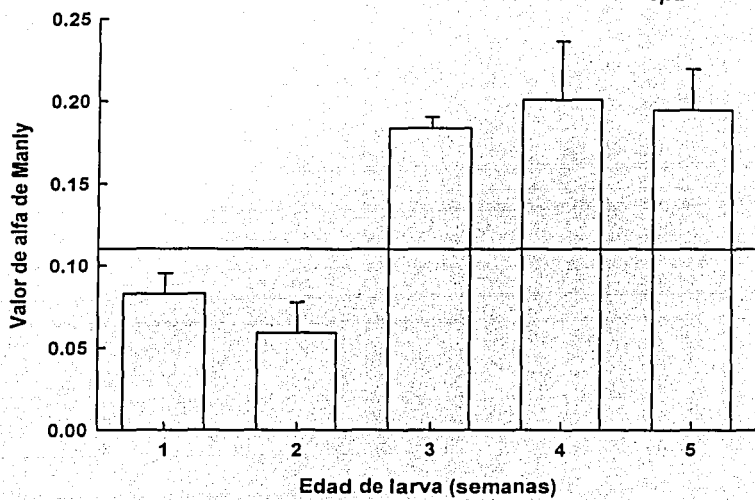
Discusión:

Los estudios para la producción de alevines están principalmente encaminados hacia una gran variedad de especies que generalmente se usan para el consumo humano. Como lo documenta Domínguez-Domínguez et al. (2002), existe poco interés por entender el ambiente en el cual estas especies de peces se alimentan debido principalmente a la falta de interés e incentivos dado por las instituciones gubernamentales o privadas, dónde generalmente se evalúan los proyectos y estudios sólo en lo que se refiere a la ganancia económica o plusvalía. Aunque cierto pez de ornato conocido como "pez ángel" (*Pterophillum* sp), que tiene un buen valor comercial, se ha usado ampliamente para las investigaciones de las interacciones depredador-presa (Sarma et al. , 2003). Las especies de peces que tienen un valor bajo en el mercado son generalmente hechas a un lado en el estudio

Ceriodaphnia dubia



Moina macrocopa



de su ecología de la alimentación. Sin tener en cuenta las especies del pez involucradas en estos estudios, en general, hay ciertos problemas comunes en el cultivo, tanto para peces de ornato como para especies comestibles.

Éstos son:

- A) Existe una mortalidad inicial muy alta durante las primeras fases larvales y posteriormente, especialmente después de que el saco vitelino ha sido consumido.
- B) La falta de conocimiento en el uso correcto del zooplancton como alimento.
- C) La dependencia en el uso de comida impropia pero fácilmente disponible como por ejemplo el alimento seco o "peletizado".
- D) Las fallas experimentales producidas al iniciar estos tipos de pruebas cuando son utilizados organismos de una edad tan temprana, delicados en su manejo, como son las larvas de peces lo que origina la cancelación temprana de estos esfuerzos en la investigación de su ecología alimenticia.
- E) La investigación intenta a menudo llevar a cabo estudios pero no toma aspectos necesarios como puede ser el crecimiento larval, sin enfocarse en los cambios de tamaño de boca.
- F) Proporcionando zooplancton a las crías de peces, sobre todo bajo las condiciones del campo, sin determinar número especies, porcentaje y densidad.

Estos aspectos son críticos para el cultivo exitoso de peces (Jhingran, 1991; Sarma, 1991). Debido a su relevancia estos aspectos se discuten en el presente estudio.

Es bien conocido que los peces experimentan una fuertemente mortalidad larval durante las fases tempranas y generalmente son consideradas como el cuello de botella para su cultivo. El manejo efectivo de una granja comercial empieza en esta etapa. Por lo tanto muchos investigadores consideran que la obtención de crías de peces no es solo importante en el manejo de granjas sino que también para la conservación de especies amenazadas, en peligro de extinción o de ornato. (Lazzaro, 1987). La fase crítica en la vida de los peces son sus fases tempranas desde el nacimiento hasta las primeras semanas donde la disponibilidad de comida apropiada está a menudo limitada (Mayo, 1974). El Zooplancton, particularmente, los rotíferos y cladóceros, son la comida natural para muchas especies de peces de importancia comercial alimenticia y de ornato (Walter & Loveland, 1991; Domínguez-Domínguez et al., 2002). Hay algunos indicios de que las densidades del zooplancton naturales están en correlación frecuentemente con los ciclos reproductivos de varias especies de peces de agua dulce y marinas. Sin embargo, la densidad del zooplancton así disponible en los cuerpos de agua naturales con varios centenares de larvas producidos por cada hembra de pez y la presencia simultánea de varias especies de peces no pueden soportar tanta depredación de estas poblaciones. A menudo, con tales densidades altas se causa una baja muy rápida en las poblaciones de alimento vivo del medio. Ésta es una de las causas por lo cual ocurren mortalidades larvales o de alevines elevadas en estanques naturales o

en policultivos con densidades medias y altas (Jhingran, 1991; Van el Donk et al., 1990). Fomentar la disponibilidad de zooplancton de diferentes tamaños según el diferente tamaño de la boca en relación al crecimiento de las larvas o alevines del pez disminuye la amenaza potencial de muerte. Por medio estudios diversos se conoce que la mayoría de las especies de larvas del peces muestran un cambio ontogénico en la dieta (Werner & Gilliam, 1984), los tamaños de las presas deben ser más grande conforme aumenta la edad, si la sucesión en la talla el zooplancton que tengan a su alcance no ocurre al paso requerido, se produce un crecimiento achaparrado o incluso una mortalidad alta de larvas de peces y alevines bajo condiciones del campo (Sarma, 1991). Aun cuando hay una gran abundancia de zooplancton, no necesariamente promueve supervivencia o crecimiento de muchas especies de peces durante las fases larvales y inmediatas posteriores (Alevines). Por ejemplo, *Asplanchna* y varios copépodos cycloides aparecen en cuerpos de agua naturales y artificiales. Estas especies del zooplancton, aunque están disponibles en números altos, no son seleccionadas activamente por larvas de peces (Jhingran, 1991). De hecho su presencia puede ser problemática porque, *Asplanchna* y otros copépodos cycloides son el zooplancton depredador. Hay algunos indicios de que los cycloides pueden matar larvas de peces durante las fases tempranas. Así la evaluación taxonómica básica del tipo de zooplancton disponible en un estanque de cultivo de peces podrían ayudar en un manejo apropiado del mismo. Aunque los copépodos calanoides son predominantemente fitoplanctívoros, su uso como

alimento para larvas de peces también tiene otros problemas que incluyen costos energéticos altos y fallas en su captura.

Así, los problemas en el uso de zooplancton disponible óptimamente por las larvas de peces en la naturaleza se atribuye a varios factores como la velocidad de nado, resistencia a la inanición, especie, etc., mientras otros se relacionan a las peculiaridades biológicas, como la presencia de espinas o que tan visible es la presa (Drenner & McComas, 1987).

El tamaño de zooplancton también es una de las variables importantes que determinan su conveniencia como alimento para las larvas del peces. El rango del tamaño de zooplancton de agua dulce podría ir de 50 μm a 3000 μm . El tamaño de la boca (abierta) de varias especies de larvas del pez de menos de dos semanas de edad, tienen un rango mucho más estrecho (50-350 μm), así también los límites del consumo del zooplancton disponible (Gerking, 1994). En el estudio presente, el rango de tamaño del zooplancton está dentro del rango aceptable. Esto es evidente en el hecho de que en los estudios de la respuesta funcional y selectividad de presa realizados en el presente trabajo algunos individuos de cada una de las especies de zooplancton probadas fueron consumidos por larvas y alevines de edades diferentes. Aunque no se cuantificó en este trabajo, los estudios ambientales en cuanto como se alimenta la larva podrían proporcionar más información acerca de las interacciones depredador-presa, que podrían ser puestas en práctica y aumentar el éxito en la cría de peces (Drenner & McComas, 1987; Juanes, 1994). En general, las especies zooplanctónicas como los rotíferos y los cladóceros

tienen una velocidad menor en el nado en comparación con los copépodos (Epp & Lewis, 1984; Williamson & Reid, 1991). Por consiguiente, las larvas de peces podrían consumir, incluso las débiles, estas presas más lentas y no tan evasivas. La secuencia de eventos que ocurren entre una larva del pez y su presa es de suma importancia pues puede determinar los regímenes en la alimentación. El uso de rotíferos y cladóceros por alimentar larvas de *B. conchonus* durante las fases larvales tempranas está justificado, pues su papel como la comida inicial es de importancia tanto para especies alimenticias como ornamentales, como en este caso en particular (Sarma et al., 2003). Entre varios aspectos considerados importantes en la alimentación de larvas de peces, es fundamental, entonces, determinar la respuesta funcional para diferentes concentraciones de presas y la selectividad de las mismas. Cuando una mezcla de zooplancton es dada, es crítica la formulación de estrategias en el manejo del alimento. Esto es necesario porque sin los datos cuantitativos, la producción de zooplancton pudiera ser cara e inútil. (Sarma, 1991). Como en el caso de otras interacciones, en la relación depredador-presa (Nandini y Sarma, 1999), las larvas de *B. conchonus* muestran la curva de respuesta funcional del tipo II con relación a la disponibilidad creciente de zooplancton (Rao, 2002). Con el aumento de la cantidad de presas y su disponibilidad, las larvas de peces y alevines continúan generalmente consumiendo cantidades mayores de presas hasta llegar a una curva asintota, más allá de estos valores de presas, una densidad mayor casi no tiene efecto sobre la tasa de consumo. La densidad de la presa, sólo antes de alcanzar esta fase de estabilización, podría ser útil como criterio para el manejo del

alimento en peces de cierta edad de desarrollo. Conforme las larvas de *B. conchoni* crecen estas aumentan su velocidad de natación y por lo tanto su éxito en las capturas se incrementa, generando un consumo mayor de las mismas. (Juanes, 1994). También es necesario estudiar la respuesta funcional durante las diferentes fases en la vida temprana de los peces. Estos dos aspectos se llevaron a cabo en el presente estudio. De igual manera, la cantidad de zooplancton consumida por las larvas del pez puede variar, dependiendo del tamaño de la presa dada. Normalmente, la presa más pequeña se come en mayor cantidad que los organismos más grandes. Sin embargo, si la presa más pequeña continúa siendo ofrecida, se llegará a un punto en el cual son comidas en menor cantidad debido a la ausencia de selección positiva (Khadka y Rao, 1986). Esto también es evidente en el presente trabajo donde *B. angularis* se dio de comer a los peces en densidades de 50 a 800 individuos, el consumo de la presa aumentó al aumentar también la edad de los peces hasta la semana cuatro, pero después de esto el consumo de la presa no aumentó con relación a la edad hasta el final de la semana 6. De todas las especies diferentes del zooplancton utilizadas en este estudio, *B. angularis* es el más pequeño (vea tabla 1). Por consiguiente, aunque esta presa se consumió en los números más altos durante las primeras semanas durante las fases larvales de *B. conchoni* cuando le fue dada exclusivamente como presa para los grupos con edad mayor de 4 semanas, no había aumento en la proporción del consumo, independientemente de la densidad de la presa ofrecida. El hecho es que esta especie fue continuamente seleccionada positivamente en las 4 primeras semanas sobre la base de la

selectividad de presa estudiada (Fig. 4) también podría indicar que esta especie era una presa apropiada, pero su uso como alimento único para las larvas de *B. conchoni*, más allá de una cierta edad no es recomendable basándose en su bajo consumo.

TABLE 1. Tamaño del cuerpo de las diferentes especies de zooplankton usadas en este estudio. Los valores representan valores promedio de longitud del cuerpo (excluyendo las espinas anteriores y posteriores) basado en por lo menos 20 individuos. Los datos son por mediciones directas o tomados de la literatura.

ESPECIES	TAMAÑO (MICRAS)	REFERENCIA
Rotíferos		
<i>B. angularis.</i>	114.6	estudio Presente
<i>B. havanensis.</i>	180.4	estudio Presente
<i>B. calyciflorus.</i>	204.7	estudio Presente
<i>B. macracanthus</i>	215.0	estudio Presente
<i>B. patulus</i>	119.8	estudio Presente
<i>B. rubens</i>	120.0	estudio Presente
Cladóceros		
<i>Alona rectangular.</i>	250.6	estudio Presente
<i>Ceriodaphnia dubia.</i>	260.0	estudio Presente

<i>Moina macrocopa</i>	300.0	estudio Presente
------------------------	-------	------------------

Durante la fase larval, muchas especies de pez dependen generalmente de las presas clasificadas como pequeñas (<200 μm) debido al tamaño de su boca que es estrecha (Lazzaro, 1987). Sin embargo, cuando ellos crecen, su capacidad de capturar las presas mayores aumenta (Drost 1987; Wanzenböck y Schiemer, 1989). Por consiguiente es común, en muchos estudios que involucran la cría de peces el uso de varios tipos diferentes de especies de presas, particularmente rotíferos y cladóceros (Khadka y Rao, 1986; Nandini y Sarma, 2000). Generalmente en estudios anteriores, el número de las presas usadas es muy limitado, normalmente no más de 5 especies. Aunque es importante proporcionar tantas presas como sea posible incluir en los estudios de selectividad de presa, la dificultad general de cultivar cuidadosamente varias especies de zooplancton limita el número de especies de presas disponibles para las pruebas. Si una presa de zooplancton adecuada no es fácil de cultivar y es necesario incluirla en un estudio, entonces debe hacerse de forma alternada.

El trabajo de Ali et al. (1996) muestra este método. Para detectar las preferencias de presa del depredador invertebrado *Streptocephalus proboscideus* los autores filtraron de un lago y concentraron el plancton para obtener las densidades de la presa requeridas. También se hicieron antes estudios similares para otro depredador, el invertebrado *Asplanchna girodi* (Conde-Porcuna y Sarma, 1995). Sin embargo, si el zooplancton es cultivado, generalmente no son usados, en la selectividad de presa y la respuesta funcional, no más de cinco especies diferentes.

Por ejemplo, Domínguez-Domínguez et al. (2002) estudió la alimentación de larvas de peces mexicanos en peligro de extinción, *Allotoca dugesi* en el que se utilizaron 3 especies de zooplancton (*Brachionus calyciflorus*, *Moina macrocopa* y *Daphnia pulex*) para un período de 8 semanas que siguientes al nacimiento de las larvas. El estudio de Domínguez-Domínguez et al. (2002), sin embargo, no incluye los estudios de la respuesta funcional. El trabajo de Peredo-Álvarez et al. (2003) ha estudiado las respuestas funcionales de otra especie de gódeido mexicano en peligro de extinción, *Allotoca meeki*, desde su eclosión hasta las fases larvales durante 6 semanas utilizando cinco especies de zooplancton (*Brachionus calyciflorus*, *Brachionus patulus*, *Alona rectangula*, *Daphnia pulex* y *Moina macrocopa*) en concentraciones de presa diferentes que van de 12 a 1200 individuos. Sin embargo, el estudio de Peredo-Álvarez et al. (2003) no incluye tampoco la información sobre selectividad de la presa. En el presente estudio, se evaluaron respuesta funcional y selectividad de presa, se utilizaron un total de 9 especies de zooplancton con rasgos morfológicos claramente definidos. La longitud de las 6 especies de los rotíferos no varía demasiado, pero morfológicamente son diferentes.

Por ejemplo, *B. angularis* no tiene ninguna espina; las espinas antero-medias son poco evidentes bajo condiciones de cultivo en laboratorio como es el caso en este estudio. Aunque *B. calyciflorus* desarrolla bien las espinas posteriores y postero-laterales según se ve en las muestras de campo, bajo las condiciones del laboratorio han crecido sin la presencia de depredadores y estas espinas aparecen

completamente reducidas. Hay 4 espinas anteriores pequeñas que no suponen ningún problema durante la captura por las larvas de peces (Sarma et al., 2003). *B. rubens* es todavía otro rotífero sin espinas posterolaterales iguales a los capturados en el medio natural, en campo. Cuando es cultivada por varias generaciones, las 6 espinas anteriores se vuelven mucho más reducidas y es un obstáculo para ser capturados incluso por otro rotífero depredador como *Asplanchna*; así, *B. rubens* es una de las presas más ampliamente usada en acuicultura (vea Sarma 1991). El uso de *B. patulus* como alimento para peces empezó con el trabajo en la carpa común, *Cyprinus carpio* (Khadka y Rao, 1986). Después esto se extendió a otras especies del pez económicamente importantes como los barbos o peces gato (Mookerji y Rao, 1994); *B. patulus* y *B. macracanthus* son morfológicamente muy similares.

De hecho hasta recientemente (Sarma y Nandini 2002), fueron tratados como especies independientes, aunque últimamente se reconocieron como especies distintas, no como una variedad. Debido a la similitud íntima en la morfología de estas dos especies del rotífero, las larvas de *B. conchoni* mostraron las respuestas similares en las pruebas de selectividad de presa. Sin tener en cuenta la edad, las larvas de *B. conchoni* no mostraron ninguna preferencia positiva para ambas especies de rotíferos (figura 7 y 8). Una razón para esto podría ser la presencia de espinas para ambas estas especies de rotíferos.

Tienen 10 espinas anteriores y cuatro posteriores (2 postero medias + 2 posterolaterales) para ambas especies de rotíferos. Mientras las

espinas posterolaterales están muy reducidas para *B. patulus* bajo las condiciones de cultivo, en *B. macracanthus* son grandes y también incluso se presentan cuando es cultivado durante varios meses (Sarma y Nandini, 2002). Hay una gran cantidad de estudios que indican que la aparición de espinas es provocada por la presencia de rotíferos depredadores como un tipo de mecanismo defensivo que evolucionó para prevenir el consumo de estos invertebrados, por ejemplo *Asplanchna* (Sarma, 1993) y vertebrados como los peces en sus las fases tempranas (Rao, 2002).

Brachionus havanensis es todavía otro rotífero equipado con una parte posterior fuerte y con espinas postero-laterales. Aunque hay alguna reducción en las longitudes relativas de estas espinas cuando es cultivado, en condiciones de libre depredación, ellas están siempre presentes (Sarma et al., 2002). La falta de selección positiva para esta especie de la presa por las larvas de *B. conchonus* también podría ser debida a la presencia de espinas. Sin tener en cuenta las especies de rotíferos ofrecidas, la selección positiva de rotíferos brachionóideos por las larvas de *B. conchonus* con toda seguridad se debe a lo reportado por en el estudio de otra larva de pez ornamental, el ángel, *Pterophillum* sp (Nandini y Sarma, 2000).

De las varias especies de cladóceros extensamente cultivados y usados como alimento de peces durante las etapas larvales, *Moina*, *Ceriodaphnia*, *Alona* y *Daphnia* son los géneros más comunes. *Daphnia* tiene unas espinas posteriores largas, ciertos peces durante las fases larvales tempranas no son exitosos al alimentarse de ellos. Por ejemplo, la carpa común de una semana de edad (*Cyprinus*

carpio) no consume los cladóceros pequeños como *Moina* y *Ceriodaphnia* (Khadka & Rao 1986) pero consumieron un alto número de rotíferos. Domínguez-Domínguez et al. (2002) han documentado esa selectividad de presa (usando el índice de Murdoch) por lo que la especie *Daphnia dugesi* resulta con un índice negativo. Así salvo *Daphnia*, los otros géneros de cladóceros utilizados en esta parte del estudio tenían varias características comunes. Por ejemplo, a) todos ellos son alimentados con el alga verde *Chlorella*; b) todos ellos son aceptados fácilmente como alimento por larvas de peces c) todos pueden ser obtenidos en altas densidades. (Nandini y Sarma, 2002).

Así el uso de estos cladóceros como alimento para larvas de *B. Conchonius* esta justificado y al mismo tiempo también extiende nuestro conocimiento sobre las características ambientales en el proceso alimenticio de esta especie de pez ornamental. Los modelos de selectividad en cladóceros observados aquí son similares a los informados por Domínguez-Domínguez et al. (2002) donde durante las fases tempranas la presa más pequeña se consumió y con las larvas de más edad, se seleccionaron los cladóceros grandes. El uso de *Alona rectangula* para alimento larval no es raro. En un trabajo más reciente, Peredo-Álvarez et al. (2003) ha mostrado que este cladóceros puede usarse como parte de la dieta para el godeido *Allotoca meeki*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

Achenbach, L., and Lampert, W. (1997). Effects of elevated temperatures on threshold food concentrations and possible competitive abilities of differently sized cladoceran species. *Oikos* 79, 469-476.

Adamsson, M., Dave, G., Forsberg, L., and Guterstam, B. (1998). Toxicity identification evaluation of ammonia, nitrite and heavy metals at the Stensund Wastewater Aquaculture plant, Sweden. *Water Sci. Technol.* 38, 151-157.

Ahlgren, G., Gustafsson, I.B., Boberg, M.: Fatty acid content and chemical composition of freshwater microalgae. *J. Phycol.* 28, 37-50 (1992).

Ahumada R. 1994. Heavy metal concentration levels and bioaccumulation index (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn) in benthic invertebrate tissues at San Vicente Bay, Chile. *Rev. Biol. Mar.* 29: 1:77-87

Alberdi, J.L., Sáenz, M.E., Di Marzio, W.D. and Tortorelli, M.C. (1996). Comparative acute toxicity of two herbicides, paraquat and glyphosate, to *Daphnia magna* and *D. spinulata*. *Bull. Env. Contam. Toxicol.* 57: 229-235.

Alva-Martínez, A.F., S.S.S. Sarma & S. Nandini 2001. Comparative population dynamics of three cladoceran species (Cladocera) in relation to different levels of *Chlorella vulgaris* and *Microcystis aeruginosa*. *Crustaceana* 78: 749-764.

American Society of Testing and Materials. Standard Guide for Acute Toxicity Tests With the Rotifer *Brachionus*. Annual Book of ASTM Standards. Vol. 11.04, E 1440, Philadelphia, USA. 1991.

Andersen, H.B., and Buckley, J.A. (1998). Acute toxicity of ammonia to *Ceriodaphnia dubia* and a procedure to improve control survival. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 61, 116-122.

Anna, K., Themistoklis, L., Georgia, B. (1997). Toxicity of the herbicide atrazine, two of its degradation products and the herbicide metolachlor on photosynthetic microorganisms. *Fresenius Environ. Bull.* 6: 502-507.

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

Anonymous (1992) Standard guide for acute toxicity tests with the rotifer *Brachionus*. Annual Book of ASTM Standards. Vol. 11.04, E 1440, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA

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

Anonymous. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1989-1990. Comisión Nacional de Ecología (CONADE), México, D.F. 1991.

Arevalo-Stevenson, R.A., Sarma, S.S.S. and Nandini, S. (1998). Population dynamics of *Brachionus calyciflorus* Pallas: Monogononta: Brachionidae) in wastewater from food-processing industry in Mexico. *Revista Biología Tropical* 43: 595-600.

Arner M, Koivisto S (1993) Effects of salinity on metabolism and life history characteristics of *Daphnia magna*. *Hydrobiologia* 259: 69-77

Arnold, D.E.: Ingestion, assimilation, survival and reproduction by *Daphnia pulex* fed seven species of blue green algae. *Limnol. Oceanogr.* 16, 906-920 (1971).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Arthur JW, West CW, Allen KN, Hedtke SF (1987) Seasonal toxicity of ammonia to five fish and nine invertebrate species. *Bull Environ Contam Toxicol* 38: 324-331

Awaiss A, Kestemont P (1992) An investigation into the mass production of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. 2. Influence of temperature on the population dynamics. *Aquaculture* 105: 337-344

Balasubramaniam, P.R. and Kasturi Bai, R. (1994). Utilization of an aerobically digested cattle dung slurry for the culture of zooplankton, *Daphnia similis* Claus (Crustacea: Cladocera). *Asian Fisheries Science* 7: 67-76.

Barata C, Baird DJ, Soares AMVM (2002) Demographic responses of a tropical cladoceran to cadmium: Effects of food supply and density. *Ecol Appl* 12: 552-564

Barbosa, P. M. M. & T. Matsumura-Tundisi, 1984. Consumption of zooplanktonic organisms by *Astyanax fasciatus* Cuvier, 1819 (Osteichthyes, Characidae) in Lobo (Broa) Reservoir, Sao Carlos, SP, Brazil. *Hydrobiologia* 113: 171-181.

Barea-Arco, J., C. Pérez-Martínez & R. Morales-Baquero, 2001. Evidence of a mutualistic relationship between an algal epibiont and its host, *Daphnia pulex*. *Limnol. Oceanogr.* 46: 871-881.

Barea-Arco, J., C. Pérez-Martínez & R. Morales-Baquero, 2001. Evidence of mutualistic relationship between an algal epibiont and its host, *Daphnia pulex*. *Limnol. Oceanogr.* 46: 871-881.

Barry M.J., D.C. Logan, J.T. Ahokas & D.A. Holdway. 1995. Effect of algal food concentration on toxicity of two agricultural pesticides to *Daphnia carinata*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 32: 273-279.

Bell, G. & V. Koufopoulos, 1986. The cost of reproduction. *Oxford Surveys of Evolutionary Biology*, Oxford University Press, Oxford.

Ben-Amotz, A., Gressel, J., Avron, M. (1987). Massive accumulation of phytoene induced by norflurazon in *Dunaliella bardawil* (Chlorophyceae) prevents recovery from photoinhibition. *J. Phycol.* 23: 176-181.

Bérard, A. (1996). Effect of four solvents on natural phytoplankton assemblages: consequences for ecotoxicological experiments on herbicides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 57: 183-190.

Berube, C.H., M. Festa-Blanchet & J. T. Jorgenson, 1999. Individual differences, longevity, and reproductive senescence in bighorn ewes. *Ecology* 80. 2555-2565.

Blaxter JHS 1974 (ed.) *The Early Life History of Fish*. New York: Springer-Verlag

BOEING, W.J., A. WAGNER, H. VOIGT, T. DEPPE & J. BENNDORF, 1998. Phytoplankton responses to grazing by *Daphnia galeata* in the biomanipulated Bautzen Reservoir. *Hydrobiologia*, 389: 101-114.

Bogdan, K.G., Gilbert, J.J.: Seasonal patterns of feeding by natural populations of *Keratella*, *Polyarthra*, and *Bosmina*: Clearance rates, selectivities, and contributions to community grazing. *Limnol. Oceanogr.* 27, 918-934 (1982).

Borgmann U, Ralph KM (1984) Copper complex and toxicity of freshwater zooplankton. *Arch Environ Contam Toxicol* 13: 403-410

Borowitzka, M. A. & L. J. Borowitzka, 1988. *Micro-algal biotechnology*. Cambridge University Press, United Kingdom, 477 pp.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BOX, J. D., 1981. Enumeration of cell concentrations in suspensions of colonial freshwater microalgae, with particular reference to *Microcystis aeruginosa*. Br. Phycol. J., 16: 153-164.

Brandt, O.M.; Fujimura, R.W.; Finlayson, B.J. Use of Neomysis Mercedis (Crustacea: Mysidacea) for Estuarine Toxicity Tests. Transactions of the American Fisheries Society, 1993, 122 (2): 279-288

Brett J.R. (1971) Satiation time, appetite, and maximum food intake of sockeye salmon (*Onchorhynchus nerka*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 28, 409-415.

Brinkhurst, R.O. & Gelder, S.R. 2001. Annelida: Oligochaeta, including Branchiobdellidae. In: Thorp J.H & A. P. Covich (eds) Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. Academic Press, 2nd edn, New York.: 431-463.

Buikema, A.L., Jr., Niederlehner, B.R. and J. Cairns, J. Jr. (1982). Biological monitoring. Pt. IV. Toxicity testing. *Water Res.* 16: 239-262.

Bunting, D.L. and Robertson, E.B., Jr. (1975). Lethal and sublethal effects of herbicides on zooplankton species. *Natl. Tech. Inform. Serv. PB-241/337*: 1-35.

Burbank, S. E., and Snell, T. W. (1994) Rapid toxicity assessment using esterase biomarkers in *Brachionus calyciflorus* (Rotifera). *Environ. Toxicol. Water Quality* 9, 171-178.

Burns, C.W. 1998. Planktonic interactions with an austral bias: Implications for biomanipulation. *Lakes Reserv. Res. Manage.*, 3: 95-104.

Calow P (1993) (ed) *Handbook of ecotoxicology*. Blackwell Sci Publ. London

CAO, J., D. LI & J. Wang, 1997. Studies on biochemical composition of 10 species of common freshwater phytoplankton. *Acta Sci. Nat. Univ. Sunyatseni*, 36: 22-27.

Caswell, H. (1989). Analysis of life table response experiments 1. decomposition of effects on population growth rates. *Ecol. Modell* 46: 221-237

Cauchie, H.M., Hoffmann, L., Jasper-Versali, M.F., Salvia, M. and Thomé, J.P. (1995) *Daphnia magna* Straus living in an aerated sewage lagoon as a source of chitin: Ecological aspects. *Belgian Journal of Zoology* 125: 67-78.

Cauchie, H.M., Salvia, M., Weicherding, J., Thome, J.P. and Hoffmann, L. (2000). Performance of a single-cell aerated waste stabilisation pond treating domestic wastewater: A three-year study. *International Review of Hydrobiology* 85: 231-251.

Cecchine, G. and Snell, T.W. (1999). Toxicant exposure increases threshold food levels in freshwater rotifer populations. *Environ. Toxicol.* 14: 523-530.

Charoy CP, Janssen CR, Persoone G, Clement P (1995) The swimming behaviour of *Brachionus calyciflorus* (rotifer) under toxic stress. 1. The use of automated trajectoryometry for determining sublethal effects of chemicals. *Aquat Toxicol* 32: 271-282

Charoy, C. P., Janssen, C. R., Persoone, G., and Clement, P. (1995) The swimming behaviour of *Brachionus calyciflorus* (rotifer) under toxic stress. I. The use of automated trajectoryometry for determining sublethal effects of chemicals. *Aquatic Toxicol.* 32, 271-282.

Chow, C.W.K., M. Drikas, J. House, M.D. Burch & R.M.A. Velzeboer, 1999. The impact of conventional water treatment processes on cells of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Water Res.*, 33: 3253-3262.

TESIS CON
FALLA DE ORIGIN

Colmenarejo MF, García MG, Bustos A, Borja R and Banks CJ (1997) The influence of wastewater type and organic loading on the protozoan and metazoan population of a peat bed filter. *J Environ Sci Health A Environ Sci Eng Toxic Hazard Subst Control* 32: 145-152

CONADE, 1991. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1989-1990. Comisión Nacional de Ecología, México, 260 pp.

Conde-Porcuna J.M. & Sarma S.S.S. (1995) Prey selection by *Asplanchna girodi* (Rotifera): Importance of prey defense mechanisms. *Freshwater Biology*, 33, 341 - 348.

Connaughton, V.P., A. Schuur, N. M. Targett & C. E. Epifanio, 1994. Chemical suppression of feeding in larval weakfish (*Cynoscion regalis*) by trochophores of the serpulid polychaete *Hydroides dianthus*. *J. Chem. Ecol.* 20: 1763-1772

Coutteau, P., Lavens, P., *Sorgeloos, P.*: (1990) Baker's yeast as a potential substitute for live algae in aquaculture diets. *Artemia* as a case study. *J. World. Aquacult. Soc.*, 21, 1-9.

Coutteau, P., *Sorgeloos, P.*: Manipulation of dietary lipids, fatty acids and vitamins in zooplankton cultures. *Freshwater Biol.* 38, 501-512 (1997).

Cristofor, S., Vadineanu, A., *Ignat, G., Ciubuc, C.*: Factors affecting light penetration in shallow lakes. *Hydrobiologia* 275/276, 493-498 (1994).

Cuddington, K.M. & E. Mccauley, 1994. Food-dependent aggregation and mobility of the water fleas *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia pulex*. *Can. J. Zool.*, 72: 1217-1226.

Cuppen, J.G.M., Van den Brink, P.J., Van der Woude, H., Zwaardemaker, N. and Brock, T.C.M. (1997). Sensitivity of macrophyte-dominated freshwater microcosms to chronic levels of the herbicide linuron. II. Community metabolism and invertebrates. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 38: 25-35.

Dash, R. C., P. K. Mohapatra & R. C. Mohanty. 1995. Salt induced changes in the growth of *Chlorococcum humicola* and *Scenedesmus bijugatus* under nutrient limited cultures. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 54: 695-702.

Dawson, R.M. 1998. The toxicology of microcystins. *Toxicol*, 36: 953-962.

Day K, Kaushik NK (1987) The adsorption of fenvalerate to laboratory glassware and the alga *Chlamydomonas reinhardtii* and its effect on uptake of the pesticide by *Daphnia galeata mendotae*. *Aquat Toxicol* 10: 131-142

De Bernardi, R. & Guissani, G. 1995. Guidelines of lake management. vol. 7. Biomanipulation in lakes and reservoirs management. International Lake Environment Committee, UNEP, Japan, 211 pp.

De Meester, L. & L. J. Weider, 1999. Depth selection behavior, fish kairomones, and the life histories of *Daphnia hyalina* X *galeata* hybrid clones. *Limnol. Oceanogr.* 44: 1248-1258.

Del Valls, T. A., Lubian, L. M., Forja, J. M., and Gomez-Parra, A. (1997) Comparative ecotoxicity of interstitial waters in littoral ecosystems using Microtox and the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Environ. Toxicol. Chem.* 16, 2323-2332.

DeMott W.R. (1989) The role of competition in zooplankton succession. *Plankton Ecology: Succession in Plankton Communities* (Ed. U. Sommer), pp. 195-252, Springer, New York.

DeMott W.R. (1993) Hunger-dependent diet selection in zooplankton. *Diet Selection: An Interdisciplinary Approach to Foraging Behaviour* (Ed. R.N. Hughes), pp. 102-123, Blackwell Scientific Publications, Oxford.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DeMott, W. R., 1993. Hunger-dependent diet selection in zooplankton. Diet Selection: An Interdisciplinary Approach to Foraging Behaviour In Hughes, R.N. (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford: 102-123.

DeMott, W.R. (1989). The role of competition in zooplankton succession. In: Sommer, U. (Ed.), "Plankton ecology: Succession in plankton communities." Springer, New York, pp. 195-252.

Dobberfuhl, R.D., Elser, J. J.: Use of algae as a food source for zooplankton growth and nutrient release experiments. *Journal of Plankton Research* 21, 957-970 (1999).

Dobbs, M. G., Cherry, D. S., and Cairns, J. Jr. (1996) Toxicity and bioaccumulation of selenium to a three-trophic level food chain. *Environ. Toxicol. Chem.* 15, 340-347.

Dodoson, S.I. and Frey, D.G. (2000). Cladocera and other Branchiopoda. In: JH Thorp and AP Covich (eds.) Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. pp: 850-914. Academic Press. San Diego, USA.

Dodson, S. I. & D. G. Frey, 2001. Cladocera and other branchiopoda. In Thorp, J.H. & A.P. Covich (eds). Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press, London: 850-914.

Dokull, M, W. Chen & Q. CAI, 2000. Anthropogenic impacts to large lakes in China: the Tai Hu example. *Aquat. Ecosyst. Health Manage.* 3: 81-94.

Dole-Olivier, M.J., Galassi, D.M.P., Marmonier, P.Y., Des Chatelliers C.M.: The biology and ecology of lotic microcrustaceans. *Freshwater Biol.* 44, 63-91 (2000).

Domínguez S.H. (1999) Contribución al estudio de los peces de la familia Godeidae de Michoacán, Thesis, Michoacan University of San Nicolás de Hidalgo, Mexico. 100 pp.

Domínguez-Domínguez, O., S. Nandini & S.S.S. Sarma, 2002. Larval feeding behaviour of the endangered fish golden bubblebee goodeid, *Allotoca dugesi* (Bean) (Goodeidae) offered zooplankton: implications for conservation. *Fish. Manag. Ecol.* 9: 285-291.

Doncaster, C.P., G. E. Pound, & S. J. Cox, 2000. The ecological cost of sex. *Nature* 404: 281-285.

Downing, J.A., and Rigler, F.H. (Eds.) (1984). "A manual for the methods of assessment of secondary productivity in fresh waters." 2nd ed. IBP Handbook 17. Blackwell Scientific Publ. London, pp. 501.

Drenner R. W. & S. R. McComas, 1980. The roles of zooplankter escape ability and fish size selectivity in the selective feeding and impact of planktivorous fish. In W. C. Kerfoot (ed). Evolution and ecology of zooplankton communities University Press of New England, Hanover, NH: 587-593.

Drost, M. R. 1987. Relation between aiming and catch success in larval fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 304-315.

Duggan, C.I., Green, D.J., Thompson, K., Shiel, R.J.: Rotifers in relation to littoral ecotone structure in Lake Rotomanuka, North Island, New Zealand. *Hydrobiologia* 387/388, 179-197 (1998).

Duggan, C.I.: The ecology of periphytic rotifers. *Hydrobiologia* 446/447, 139-148 (2001).

Dumont H.J. & Sarma S.S.S. (1995) Demography and population growth of *Asplanchna girodi* (Rotifera) as a function of prey (*Anuraeopsis fissa*) density. *Hydrobiologia*, 306, 97- 107.

Dumont HJ, Sarma SSS, Ali AJ (1995) Laboratory studies on the population dynamics of *Anuraeopsis fissa* (Rotifera) in relation to food density. *Freshwater Biol.* 33: 39-46

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Dumont, H.J. (1994) On the diversity of the Cladocera in the tropics. *Hydrobiologia*, vol. 272: 27-38.
- Dumont, H. J., 1977. Biotic factors in the population dynamics of rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih* 8: 98-122.
- Dumont, H. J., S. S. S. Sarma & A. J. Ali. 1995. Laboratory studies on the population dynamics of *Anuraeopsis fissa* (Rotifera) in relation to food density. *Freshwater Biol.* 33: 39-46.
- Dumont, H.J. & I. Carels, 1987. Flatworm predator (*Mesostoma cf lingua*) releases a toxin to catch planktonic prey (*Daphnia magna*). *Limnol. Oceanogr.* 32: 699-702.
- Dumont, H.J. & I. Van de Velde 1976. Some types of head-pores in the Cladocera as seen by scanning electron microscopy and their possible functions. *Biol. Jaarb. Dodonaea*. 44: 135-142.
- Dumont, H.J. & S.S.S. Sarma, 1995. Demography and population growth of *Asplanchna girodi* (Rotifera) as a function of prey (*Anuraeopsis fissa*) density. *Hydrobiologia* 306: 97-107
- Dumont, H.J. (1994). On the diversity of the Cladocera in the tropics. *Hydrobiologia* 272, 27-38.
- Dumont, H.J. and Sarma, S.S.S. (1995) Demography and population growth of *Asplanchna girodi* (Rotifera) as a function of prey (*Anuraeopsis fissa*) density. *Hydrobiologia* 306: 97-107.
- Dumont, H.J., S.S.S. Sarma & A. J. Ali, 1995 Laboratory studies on the population dynamics of *Anuraeopsis fissa* (Rotifera) in relation to food density. *Freshwater Biol.* 33: 39-46.
- Dumont, H.J.: Ancient lakes have simplified pelagic food webs. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 44, 223-234 (1994).
- Dumont, H.J.; Sarma, S.S.S. Demography and Population Growth of *Asplanchna girodi* (Rotifera) as a Function of Prey (*Anuraeopsis fissa*) Density. *Hydrobiologia* 1995, 306: 97-107.
- Dumont, H.J.; Sarma, S.S.S.; Ali, A.J. Laboratory Studies on the Population Dynamics of *Anuraeopsis fissa* (Rotifera) in Relation to Food Density. *Freshwater Biol.* 1995, 33: 39-46.
- Dutta, S.P.S. 1996. Food and feeding habits of *Heteropneustes fossilis* (Bloch) inhabiting Gadigarh Stream, Jammu. In: B.L. Kaul (ed.). *Advances in Fish and Wildlife Ecology and Biology*, vol. 1, pp. 61-64, Daya Publishing House, Delhi.
- Dvorak, J., Best, H.E.P.: Macro-invertebrate communities associated with the macrophytes of Lake Vechten: structural and functional relationships. *Hydrobiologia* 95, 115-128 (1982).
- Easthope, M.P. & A. Howard, 1999. Implementation and sensitivity analysis of a model of cyanobacterial movement and growth. *Hydrobiologia*, 414: 53-58.
- Edmondson WT (1946) Factors in the dynamics of rotifer populations. *Ecol. Monogr.* 16: 357-362
- Edmondson WT (1957) Trophic relations of the zooplankton. *Trans. Am. Microsc. Soc.* 76: 225-246
- Edmondson WT (1965) Reproductive rate of planktonic rotifers as related to food and temperature. *Ecol Monogr* 35: 61-111
- Edwards, A.M.: Adding detritus to a nutrient phytoplankton zooplankton model: A dynamical-systems approach. *J. Plankton Res.* 23, 389-413 (2001).
- Ejsmont-Karabin J. (1974) Studies on the feeding of planktonic polyphage *Asplanchna priodonta* Gosse (Rotatoria). *Ekologia Polska Ser A.*, 22, 311 - 317.
- Ejsmont-Karabin, J.; Siewertsen, K.; Gulati, R.D. Changes in Size, Biomass and Production of *Euchlanis dilatata* Lucksiana Hauer During its Lifespan. *Hydrobiologia*: 1993, 255/256: 77-80.

Elias-Gutierrez, M., Suarez-Morales, E., Sarma, S.S.S.: Diversity of freshwater zooplankton in the neotropics: the case of Mexico. Verh. Internat. Verein. Limnol. 27, 4027-4031 (2001).

Enesco, H.E., 1993. Rotifers in aging research: use of rotifers to test various theories of aging. Hydrobiologia 255/256: 59-70.

Epp, R. W. & W. M. Lewis Jr. 1984. Cost and speed of locomotion for rotifers. Oecologia 61: 289-292.

Espinoza P.H., Gaspar D.M.T. & Fuentes M.P. (1993) Listados Fáusticos de México, III Los Peces Dulceacuicolas Mexicanos, National Autonomous University of Mexico, Mexico. 125 pp.

Fernandez-Casalderrey A, Ferrando MD, Andreu-Moliner E (1991) Demographic parameters of *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifera) exposed to sublethal endosulfan concentrations. Hydrobiologia 226: 103-109

Fernandez-Casalderrey, A., Ferrando, M. D., and Andreu-Moliner, E. (1992) Acute toxicity of several pesticides to the rotifer *Brachionus calyciflorus*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 48, 14-17.

Fernandez-Casalderrey, A., M. D. Ferrando & E. Andreu-Moliner, 1992. Acute toxicity of several pesticides to the rotifer *Brachionus calyciflorus*. Bull. environ. Contam. Toxicol. 48: 14-17.

Fernandez-Casalderrey, A., M. D. Ferrando, & E. Andreu-Moliner, 1993. Effect of the insecticide methyl parathion on filtration and ingestion rates of *Brachionus calyciflorus* and *Daphnia magna*. Sci. Total Environ. Suppl. 1-2: 867-876.

Fernandez-Casalderrey, A.; Ferrando, M.D.; Andreu-Moliner, E. Acute Toxicity of Several Pesticides to Rotifer (*Brachionus Calyciflorus*). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1992, 48: 14-17.

Fernandez-Casalderrey, A.; Ferrando, M.D.; Andreu-Moliner, E. Chronic Toxicity of Methylparathion to *Daphnia Magna*: Effects on Survival, Reproduction, and Growth Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1995, 54: 43-49.

Fernandez-Casalderrey, A.; Ferrando, M.D.; Andreu-Moliner, E. Chronic Toxicity of Methylparathion to the Rotifer *Brachionus Calyciflorus* Fed on *Nannochloris Oculata* and *Chlorella Pyrenoidosa*. Hydrobiologia. 1993, 255/256: 41-49.

Fernandez-Casalderrey, A.; Ferrando, M.D.; Andreu-Moliner, E. Effect of the Insecticide Methylparathion on Filtration and Ingestion Rates of *Brachionus calyciflorus* and *Daphnia magna*. Sci. Total. Environ., Suppl. 1993, 1-2: 867-876.

Fernando, C. H., J. C. Paggi & R. Rajapaksa, 1987. *Daphnia* in tropical lowlands. Mem Ist Ital idrobiol. 45: 107-141.

Ferrando MD, Andreu E (1993) Feeding behavior as an index of copper stress in *Daphnia magna* and *Brachionus calyciflorus*. Comp Bioch Physiol C Comp Pharm Toxicol 106: 327-331

Ferrando, M. D., Sancho, E., and Andreu-Moliner, E. (1996) Chronic toxicity of fenitrothion to an algae (*Nannochloris oculata*), a rotifer (*Brachionus calyciflorus*), and the cladoceran (*Daphnia magna*). Ecotoxicol. Environ. Safety 35, 112-120.

Ferrando, M.D., Sancho, E. and Andreu-Moliner, E. (1996). Accumulation of tetradifon in an alga (*Nannochloris oculata*) and the cladoceran, *Daphnia magna*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 57: 139-145.

Ferrando, M.D., Sancho, E. and Andreu-Moliner, E. (1996). Chronic toxicity of fenitrothion to an algae (*Nannochloris oculata*), a rotifer (*Brachionus calyciflorus*), and the cladoceran (*Daphnia magna*). Ecotoxicol. Environ. Saf. 35. 112-120.

Ferrando, M.D., Sancho, E., Villarroel, M.J., Sanchez, M. and Andreu, E. (1999). Comparative toxicity of two herbicides, molinate and thiobencarb, to *Brachionus calyciflorus*. J. Environ. Sci. Health Part B-Pesticides Food Contam. Agri. Wastes 34: 569-586.

Ferrando, M.D., Sancho, E., Villarroel, M.J., Sanchez, M., and Andreu, E. (1999). Comparative toxicity of two herbicides, molinate and thiobencarb, to *Brachionus calyciflorus*. J. Environ. Sci. Health part B-Pesti. Food Contami. Agri. Wast. 34: 569-586.

Finney, D.J. 1971. Probit analysis. Cambridge University Press, 3rd edn, London, 333 p.

Fliedner, A. and Klein, W. (1996) Effects of lindane on the planktonic community in freshwater microcosms. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 33, 228-235.

Fliedner, A. and Klein, W. (1996) Effects of lindane on the planktonic community in freshwater microcosms. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 33, 228-235.

Fonseca, C.P., J. G. Tundisi, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha, 1990. Predation on and by pelagic Turbellaria in some lakes in Brazil. *Hydrobiologia* 198: 91-101.

Fontenot, Q. C, Isely, J. J. and Tomasso, J. R. (1998) Acute toxicity of ammonia and nitrite to shortnose sturgeon fingerlings. *Prog. Fish-Cult.* 60, 315-318.

Forbes VE, Calow P (1999) Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology? *Environ Toxicol Chem* 18: 1544-1556

Forbes, V. E., and Calow, P. (1999) Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology? *Environ. Toxicol. Chem.* 18, 1544-1556.

Forbes, V.E. & P. Calow 1999. Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology? *Environ Toxicol Chem* 18: 1544-1556.

Forbes, V.E. and Calow, P. (1999). Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology? *Environ. Toxicol. Chem.* 18: 1544-1556

Franqueira, D., Cid, A., Torres, E., Orosa, M. and Herrero, C. (1999). A comparison of the relative sensitivity of structural and functional cellular responses in the alga *Chlamydomonas eugametos* exposed to the herbicide paraquat. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 36: 264-269.

Frey, D.G.: Littoral and offshore communities of diatoms, cladocerans and dipterous larvae, and their interpretation in paleolimnology. *J. Paleolimnology* 1, 179-191 (1988).

Frolov, A. V., S L. Pankov, K. N. Geradze & S. A. Pankova. 1991. Influence of salinity on the biochemical composition of the rotifer *Brachionus plicatilis* Müller. Aspects of adaptation. *Comp. Biochem. Physiol. A. Comp. Physiol.* 99: 541-550.

FULTON, R.S. III & H.W. PAERL, 1987. Effects of colonial morphology on zooplankton utilization of algal resources during blue-green algal (*Microcystis aeruginosa*) blooms. *Limnol. Oceanogr.*, 32: 634-644.

Galkovskaya, G.A., 1998. Morphotypical diversity and morphometric characteristics of *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851) in stratified lakes. *Pol. J. Ecol.* 46: 187-196.

Gama-Flores JL, Sarma SSS and Araiza MAF (1999) Combined effects of *Chlorella* density and methyl parathion concentration on the population growth of *Brachionus calyciflorus* (Rotifera) *Bull Environ Contam Toxicol* 62: 769-755

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN