



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**EFFECTO DE *Scenedesmus acutus* Meyen, 1829 y *Nitzschia palea*
(Kützing) W. Smith (1856) COMO ALIMENTO, EN LA DINÁMICA
POBLACIONAL DE ROTÍFEROS Y CLADÓCEROS.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
BIOLOGO**

**PRESENTA
MARBELLA GARCÍA RODRÍGUEZ**

**ASESORA DE TESIS
ELVIA LUCIA PAVON MEZA**



LOS REYES IZTACALA EDO. DE MEX. 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

Introducción	02
Antecedentes	08
Material y métodos	11
Resultados	14
Discusión	27
Conclusiones	36
Recomendaciones	37
Apéndice 1	38
Apéndice 2	39
Bibliografía	41

INTRODUCCIÓN

La Acuicultura es la segunda actividad a nivel mundial acuícola con mayor movimiento, debido a los requerimientos de alimentación para la población en crecimiento, que según se prevé, será de 9000 millones de personas para el año 2050 (Norzagaray Campos *et al.*, 2012; Ruiz Sandoval Castillo, 2013), por lo que el interés en la producción masiva de especies con importancia comercial ha ido en aumento y se hace necesario el conocer diferentes alternativas de producción del mismo. En México por ejemplo, se ha registrado la existencia de 3,012 granjas repartidas en todo el territorio nacional en las cuales se produce atún aleta azul, bagre, camarón blanco del pacífico, carpa, langosta de agua dulce, langostino malayo, peces de ornato de agua dulce, rana toro, tilapia y trucha arcoíris, cuya producción se encuentra en constante crecimiento (Ruiz Sandoval Castillo, 2013).

Un aspecto importante en el cultivo de organismos acuáticos es la nutrición de los mismos y aunque, hoy en día es posible encontrar en el mercado una gran variedad de alimentos balanceados para las especies acuícolas, principalmente para peces y crustáceos, se registra con frecuencia que estos alimentos no tienen el contenido nutritivo que las especies requieren para su óptimo crecimiento, principalmente en sus primeras etapas de vida. Generalmente, se utilizan alimentos inertes, con ingredientes nutritivos bien balanceados; pero persisten algunas deficiencias en las propiedades físicas del alimento, tales como su estabilidad en el agua, su flotabilidad y su sabor, además el precio de estos alimentos es una limitante para su adquisición en sectores sociales con bajos recursos económicos (Barrera *et al.*, 2003).

El alimento vivo (fitoplancton y zooplancton) es esencial durante el desarrollo de los primeros estadios larvarios de crustáceos, crías de peces, y las diferentes fases en el desarrollo de los moluscos; estadísticamente se tiene conocimiento que es en las primeras etapas de crecimiento donde se presenta la mayor mortalidad de los organismos en cultivo, ya que en este periodo las especies son más vulnerables a las condiciones del medio, a las enfermedades y al alimento, convirtiéndose así en el factor

esencial para el desarrollo de la actividad acuícola (Prieto y Espitia, 2001; Barrera *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2008).

Una de las prácticas que se ha popularizado entre los acuicultores neotropicales, es sembrar directamente las crías de peces en estanques fertilizados previamente, con el fin de tener alimento vivo disponible, lo cual, generalmente resulta en bajas tasas de sobrevivencia de las crías, dificultando así la producción acuícola (Prieto *et al.*, 2008); por lo que, una de las opciones ha sido utilizar organismos vivos, tanto del fitoplancton (microalgas), como del zooplancton (rotíferos, cladóceros, copépodos), cultivados en forma controlada, para evitar así agregar patógenos a los sistemas de cultivo; ya que el alimento vivo brinda cualidades que ningún otro alimento tiene, como es el movimiento, que estimula ser atrapado por el depredador; el color, que lo hace atractivo para su captura y la calidad nutritiva. Además, el alimento vivo tiene la cualidad de no afectar la calidad del agua, debido a que este es consumido antes de que llegue al fondo, sin que se descomponga, a diferencia del alimento inerte, que si no tiene buena flotabilidad, se irá al fondo, donde se desarrolla el proceso de descomposición, causando a veces una mortalidad total en el estanque (Barrera *et al.*, 2003).

Las microalgas han sido cultivadas desde hace varias décadas con fines económicos, en los años 40 del pasado siglo se iniciaron los estudios para la producción industrial de lípidos y desde los 50 con toda una serie de finalidades, que van desde la producción de proteínas hasta el tratamiento de aguas residuales (Affan *et al.*, 2007), pero es hasta ahora que ha ganado mayor interés debido a la necesidad de llevar los cultivos a niveles masivos de producción que suplan los requerimientos de cantidad y la calidad de los nutrimentos indispensables, para la producciones necesarias de alimento vivo dirigido especialmente a organismos en cultivo de interés comercial de peces, moluscos y crustáceos (Leal *et al.*, 2010).

Dentro de las especies que se han cultivado en forma masiva destacan las cianobacterias *Arthrospira* sp. (Richmond, 1986) para consumo humano y *Anabaena* sp. para producción de pigmentos (Loreto *et al.*, 2003); las clorofitas *Chlamydomonas*, *Chlorella vulgaris*, y *Scenedesmus acutus*, entre otras (Schlüter, 1980; Lurling y Van

Donk, 1996; Peña *et al.*, 2005; Nandini y Sarma, 2009), han sido utilizadas tradicionalmente en la producción de zooplancton para alimento en organismos acuáticos de pastoreo, por lo que son el principal sostén en las pesquerías marinas (Fulks y Main, 1991; Silva *et al.*, 2008); así mismo, el grupo de las diatomeas (*Bacilliarophytas*) se considera poco estudiado y muy rico en diversas formas, géneros y especies, con un alto potencial para ser usado como fuente de alimento vivo para los organismos que se cultivan con interés comercial.

Las especies de diatomeas más estudiadas están representadas por los géneros *Navicula* y *Nitzschia*, seguidas de *Amphora* (Siqueiros, 1994; Leal *et al.*, 2010). Algunos investigadores señalan su valor nutricional para larvas de gasterópodos, es decir que son cruciales para el desarrollo de las larvas de peces y otros animales pequeños en los niveles tróficos superiores (Round *et al.*, 1990; Debenest *et al.*, 2009), otros autores han documentado que los rotíferos y cladóceros consumen diferentes especies de diatomeas como *Cyclotella*, *Asterionella*, *Navicula* (Müller-Navarra, 1995; Monakov, 2003).

Así, las diatomeas constituyen una importante fuente de alimento para el zooplancton (Correa, 2001; Curbelo *et al.*, 2006), moluscos (Carotenuto y Lampert, 2004), y postlarvas de camarón en condiciones de cultivo (Alfonso y Coelho, 1996; Curbelo *et al.*, 2006). Algunas otras especies de diatomeas han sido utilizadas exitosamente como indicadores biológicos del ambiente al responder rápidamente al cambio en las condiciones químicas del agua (Stoermer y Smol, 2000; Silva *et al.*, 2008).

Entre los organismos del zooplancton, destacan principalmente los cladóceros, copépodos y rotíferos, ya que juegan un papel esencial en las cadenas tróficas, al ser un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios (Conde-Porcuna *et al.*, 2004). Dentro de los rotíferos se puede destacar al género *Brachionus*, ya que ha sido cultivado de manera constante y en cantidades suficientes para abastecer las necesidades alimentarias primordialmente en las primeras etapas larvarias de peces y crustáceos, su empleo se ha ido incrementando, no solo por el tamaño y alta tasa de reproducción, sino también, porque ofrecen varias ventajas como organismos de alimentación, poseen una alta capacidad de transferencia de nutrientes cuando son

enriquecidos, igualmente proveen aminoácidos esenciales, celulosa, alto contenido proteico y ácidos grasos, nutrimentos necesarios en toda dieta de quien los consume (Watanabe *et al.*, 1983; Fulks y Main, 1991; Awaïss *et al.*, 1992; Pavón, 1993; Shepherd y Bromage, 1999). Por otra parte, los rotíferos tienen lenta movilidad, lo cual contribuye a que sean presa fácil por las larvas de organismos en cultivo, lo que permite una gran capacidad de ser cultivados en masa y lo hacen extremadamente valioso como alimento vivo (Snell *et al.*, 1987).

Además del uso de los rotíferos en acuicultura por ser el alimento ideal; se han incrementado las investigaciones con rotíferos, por tanto son de gran importancia en estudios de ecotoxicología, ya que estos organismos han sido conocidos por ser indicadores de eutrofización y contaminación orgánica (Sarma, 1988).

El rotífero *Brachionus plicatilis* es probablemente la especie más común para cultivos marinos, han sido utilizados ampliamente como alimento vivo, pero en los años 90's se observó su posible uso como alimento de especies de agua dulce (Awaïss *et al.*, 1992; Hagiwara *et al.*, 2001). Se ha explorado el cultivo de diversas especies de *Brachionus* en agua dulce, por ejemplo: *B. calyciflorus* (Kokova *et al.*, 1982; Awaïss *et al.*, 1992; Peña *et al.*, 2005); *Plationus patulus* (antes *B. patulus*) (Prieto y Espitia, 2001) y *B. rubens* (Schlüter, 1980; Castellanos-Páez *et al.*, 1999; Peña *et al.*, 2005); sin embargo, esta práctica aún no ha ganado gran importancia (Awaïss, 1991; Rueda-Jasso, 1996).

Dado que los rotíferos se han utilizado como excelente fuente de alimento en organismos pequeños, los acuicultores recurren a otras especies del zooplancton, como son los cladóceros y copépodos, incluyéndolos en la dieta de organismos de mayor talla; los cladóceros han sido utilizados para la formulación de alimentos comerciales (Castrejón-Ocampo *et al.*, 1994) y como fuente importante de alimento en los primeros estadios larvales de peces, ya que poseen buena calidad organoléptica, alto valor nutricional, contenido proteico, corto ciclo de vida y tamaño pequeño (Castro-Mejía *et al.*, 2001).

Los géneros *Moina* y *Daphnia* han sido considerados de suma importancia como fuente de alimento vivo (Nanton y Castell, 1997). Kokova *et al.* (1982) señalan que *Moina*

podría incluirse como fuente importante para la producción de alimento y Landau 1992, considera a *Daphnia* como organismo modelo, porque tienen el potencial para reproducirse de forma rápida y son de fácil mantenimiento. El interés por ellas no sólo es científico, sino también tienen un gran valor económico-ecológico como indicadores de la calidad del agua (Suárez-Morales, 2008).

Existen escasos estudios sobre la relación de organismos del zooplancton (rotíferos y cladóceros) con el fitoplancton, principalmente con las diatomeas; por lo que es importante realizar estudios respecto a la relación entre consumo de diatomeas y el crecimiento poblacional de algunas especies más importantes del zooplancton de agua dulce (rotíferos y cladóceros) ya que es sabido que la tasa de ingesta y asimilación repercuten en la tasa de crecimiento y reproducción en los consumidores; que el consumo de alimento es afectado por características presentes en las partículas alimenticias, especialmente morfológicas (tamaño, forma o capa mucilaginosa) y químicas (componente nutrimental) (DeAngelis *et al.*, 1996; Carotenuto y Lampert, 2004).

En los sistemas marinos, por ejemplo, la relación entre el fitoplancton y el zooplancton se ve afectado, no solo por la presencia de nutrientes en el medio, sino también por otros factores como puede ser, la diferente duración de los ciclos biológicos de los organismos, ya que las diatomeas se reproducen por división celular en un tiempo más breve (algunas especies lo hacen cada 48 horas), que el de algunos animales planctónicos, como los copépodos, que necesitan varias semanas para llegar a estados adultos. De este modo, los organismos del fitoplancton son capaces de mantener sus poblaciones y de proporcionar alimento al zooplancton e indirectamente a otros organismos (Abrams, 1996).

Respecto a la relación recíproca entre el fitoplancton y el zooplancton, se sabe que cuando los organismos del fitoplancton tienen la luz y sustancias orgánicas e inorgánicas indispensables, incrementan el número de sus poblaciones a tal grado que impiden la penetración de los rayos del sol; luego de esto, sumado a la disminución de la sustancia inorgánica gastada por el propio fitoplancton, ya que el zooplancton que aumentó se alimenta de él, hace que el fitoplancton disminuya. Cuando los animales del

zooplancton no cuentan con suficiente alimento, también mueren, y el número de sus poblaciones se hace menor. Los restos de fitoplancton y zooplancton muertos llegan al fondo de los cuerpos de agua, en donde las bacterias los desintegran dejando en libertad sustancia inorgánica que regresa a las capas superficiales por medio de las corrientes de surgencia, y como en estas aguas la luz penetra con mayor intensidad, por ser menor el número de individuos del fitoplancton, la fotosíntesis se acelera, iniciándose nuevamente el ciclo (DeAngelis *et al.*, 1996; Lampert y Sommer, 1997).

Por lo tanto, el conocimiento y evaluación de la variedad de alimento natural disponible y de la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos son de absoluta importancia desde el punto de vista científico; pero aún más desde el punto de vista práctico, para los sistemas de producción de organismos acuáticos, teniendo en cuenta que los organismos neotónicos, sobre todo las especies de interés comercial, se alimentan directamente de plancton en sus primeras etapas de vida.

ANTECEDENTES

Schlüter (1980) cultivó *Brachionus rubens* en altas densidades alimentándolo con *Scenedesmus costatogranulatus*, *Kirchneriella contorta* y *Chlorella fusca*. Él observó que los mejores resultados obtenidos fueron con *Chlamydomonas sp.*, *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acuminatus*. Un año más tarde Groeneweg y Schluter (1981) realizaron otro trabajo en cultivos de *B. rubens*, utilizando como alimento *Scenedesmus sp.* alcanzando una densidad de 500 ind.mL⁻¹. Monakov (2003) reportó que *B. angularis* tiene una preferencia por Chlorococcales, un poco menos por Volvocales y Diatomeas centrales; y que *B. rubens* tiene una preferencia por Chlorococcales, Volvocales, Euglenoides.

Peña *et al.* (2005) estudiaron el crecimiento de la población de *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus rubens* alimentadas con tres dietas diferentes (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus* y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en siete combinaciones (solo o mezclado en proporciones iguales). Observaron que la población de *B. calyciflorus* y *B. rubens* prefieren las dietas que contienen microalgas, que aquellas que contienen levadura.

Lurling y Van Donk (1996) realizaron un estudio con los cladóceros *Daphnia cucullata* y *D. pulex* alimentados con *Scenedesmus acutus* observando que la tasa de crecimiento fue significativamente menor en *D. cucullata* que *D. pulex*. Peña *et al.* (2005) también estudiaron el crecimiento poblacional de los cladóceros *Ceriodaphnia dubia* y *Moina macrocopa* alimentadas con tres dietas (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus* y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en siete combinaciones (solo o mezclado en proporciones iguales), encontrando que, tanto *M. macrocopa* como *C. dubia* alcanzaron mayores abundancias máximas cuando se alimentaron de dietas mixtas que cuando se alimentan con alimentos separados.

Nandini y Sarma (2009) evaluaron los patrones de crecimiento de la población y las

características del ciclo de vida del cladóceros *Moinodaphnia macleayi* en dos dietas de algas (*Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*) a tres concentraciones diferentes de peso seco (5.8, 11.6 y 23.2 mg.L⁻¹), mostrando abundancias mayores con la disponibilidad cada vez mayor de alimentos en el medio. Los cladóceros alcanzaron mayor abundancia con *Scenedesmus* que con *Chlorella*.

Estudios como el de Correa (2001) hacen referencia al uso de diatomeas bentónicas, *Navicula* sp., *Nitzschia* sp. y *Cocconeis* sp. como alimento de postlarvas de abulón.

En otros estudios se aislaron especies de diatomeas bentónicas, extraídas de los estanques de cría de camarón (Curbelo *et al.*, 2004; Almaguer *et al.*, 2004) las que se ubicaron taxonómicamente dentro de los géneros *Navicula* y *Amphora*.

Navicula sp. fue utilizada con éxito en la alimentación de las primeras postlarvas del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*, donde se obtuvo incrementos en la supervivencia y en la talla, logrando sustituir hasta en un 100% el alimento artificial (Curbelo *et al.* 2006). Por lo que, el valor nutricional de las diatomeas debe ser considerado en la acuicultura; en general las diatomeas que han sido examinadas poseen hasta 47% de proteína (Knauer *et al.*, 1996) y altas concentraciones de aminoácidos libres (Searcy-Bernal *et al.*, 1992), así como hasta el 23% de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA 20:5n-3, 22:6n-3, 20:4n-6 y EPA 20:5n-3) (Dunstan *et al.*, 1996; Von Elert, 2002; Vázquez, 2008).

Objetivo general:

Comparar el efecto del tipo de alimento Chlorophyta (*Scenedesmus acutus*) y Bacillariophyta (*Nitzschia palea*) sobre la dinámica poblacional de dos especies de rotíferos (*Brachionus rubens* y *Brachionus angularis*) y dos de cladóceros (*Ceriodaphnia cornuta* y *Daphnia pulex*).

Objetivos particulares:

- Comparar y analizar el crecimiento poblacional de rotíferos *Brachionus angularis* y *Brachionus rubens*, mediante la tasa de crecimiento poblacional por día (r), la abundancia máxima y el día de máxima abundancia, al ser alimentados con *Scenedesmus acutus* y *Nitzschia palea*, tanto por separado como combinadas.
- Comparar y analizar el crecimiento poblacional de *Ceriodaphnia cornuta* y *Daphnia pulex*, alimentados con *Scenedesmus acutus* y *Nitzschia palea*, por separado y combinadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

A partir de muestras de diatomeas planctónicas obtenidas de Zempoala, durante los meses de agosto y septiembre de 2011, se aisló la especie *Nitzschia palea*. Las muestras se obtuvieron mediante el filtrado de 50 L de agua superficial (aproximadamente 30 cm de profundidad) con una malla de 20 μm de apertura de poro; que se concentraron en 250 mL.

En el Laboratorio de Zoología Acuática de la Unidad de Morfo Fisiología (U.M.F.) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, se filtró nuevamente la muestra con una malla de 50 μm de apertura de poro, con el fin de eliminar posibles consumidores (Cambra *et al.*, 2005). Se realizó la primera siembra en agar para el aislamiento de la diatomea, de acuerdo con Andersen *et al.* (2005). El medio de cultivo que se utilizó fue Medio Bold modificada (Vonshak, 1986), (ver anexo). El pH se ajustó a 7.0 con HCl al 0.1 M. Una vez agregado el agar (10 g.L⁻¹), se esterilizó el medio en autoclave, a 1 atm de presión, durante 15 min y se agregaron 20 mL de medio en cada caja de Petri.

Las siembras de las diatomeas en medio esterilizado se realizó en una cámara de flujo laminar marca VECO y los cultivos en caja de Petri se mantuvieron en una cámara de cultivo Thermo Electron Corporation DBO a temperatura de 20 \pm 2°C y fotoperiodo de 16 horas luz.

Se realizaron los subcultivos necesarios para la obtención del monocultivo de *Nitzschia palea*. La determinación de la especie se realizó con las claves de Krammer y Lange-Bertalot (1988).

Una vez establecido el monocultivo de *Nitzschia palea* en medio sólido; se realizaron los cultivos necesarios en medio Bold líquido, con las mismas características mencionadas anteriormente. El cultivo para la obtención de biomasa se realizó en botellas plásticas de 600 mL y se mantuvieron a 25°C, con aireación constante y luz

difusa en forma continua, finalmente se realizó un concentrado de diatomeas y el conteo de cels.mL⁻¹ en cámara de Neubauer para obtener la concentración de alimento requerida para cada tratamiento.

El cultivo de *Scenedesmus acutus* se realizó a partir de una cepa ya establecida en el laboratorio de Zoología Acuática de la U.M.F desde hace más de 10 años. Se cultivó en Medio Bold, con pH de 7.5 y enriquecido con bicarbonato de sodio. Sus cultivos se realizaron en botellas plásticas de 2 L de capacidad y se mantendrán a 25± 1°C, con aireación constante y luz difusa en forma continua. Una vez obtenido el cultivo en fase exponencial, se concentraron las células y realizó el conteo de céls.mL⁻¹ en cámara de Neubauer para obtener la concentración de alimento requerida para los tratamientos correspondientes.

El diseño experimental consistió en 3 tratamientos, con 4 repeticiones cada uno, para cada especie (dos rotíferos y dos cladóceros), dando un total de 48 unidades experimentales. Cada tratamiento se llevó a cabo con una concentración de alimento de 0.5X10⁶ céls.mL⁻¹ de las siguientes microalgas: *Scenedesmus acutus* (SA), combinación de *S. acutus* y *Nitzschia palea* en proporciones iguales (SN) y *N. palea* (NP).

Tanto las especies de rotíferos (*Brachionus angularis* y *Brachionus rubens*) como de cladóceros (*Ceriodaphnia cornuta* y *Daphnia pulex*) que se utilizaron, se encuentran en cultivo en laboratorio, desde un año antes. Las especies fueron seleccionadas dentro de la misma familia, pero considerando diferencias en el tamaño corporal. Entre los rotíferos, la especie pequeña es *B. angularis* y la de mayor tamaño es *B. rubens*; de los cladóceros la especie pequeña es *C. cornuta* mientras que *D. pulex* es de mayor tamaño (anexo 2).

Para el crecimiento poblacional tanto de rotíferos como cladóceros se utilizaron recipientes de plástico de 200 mL de capacidad, conteniendo 50 mL de medio EPA con el alimento correspondiente. Con base en datos experimentales (Peña *et al.*, 2005) y el tamaño de los organismos a utilizar, los tratamientos con rotíferos se iniciarán con 1 ind.mL⁻¹, mientras que los tratamientos con cladóceros, iniciarán con 2 ind. 5 mL⁻¹.

El crecimiento poblacional se determinó contando cada 24 horas, durante 22 días consecutivos, el número de organismos vivos y también se llevó a cabo el recambio del medio de los cultivos de los organismos, con las concentraciones de alimento correspondiente. En los tratamientos con rotíferos, cuando la concentración de organismos fue mayor a 5 ind.mL⁻¹ se contaron los individuos presentes en 3 alícuotas de 1 mL cada una, después de haber homogenizado el medio. En los tratamientos con cladóceros, se contaron todos los individuos presentes en la población, durante el tiempo que duró el experimento.

Con los datos obtenidos, se realizaron los cálculos para determinar la tasa de crecimiento poblacional por día, de acuerdo a Krebs, (1985):

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

Donde N_t es la población final, N_0 es la población inicial y t el tiempo en días.

Con los datos de la tasa de crecimiento poblacional, abundancia máxima y día de abundancia máxima se realizaron los ANDEVA correspondientes, seguidas de una prueba de Tukey, para conocer las diferencias entre las dietas y la significancia de las diferencias; esto se llevó a cabo con el programa SigmaPlot 12.0.

RESULTADOS

Las curvas de crecimiento poblacional de los rotíferos muestran que la dieta con solo *Nitzchia palea* (NP) y en mezcla con *Senedesmus acutus* (SN) resultaron con el aumento poblacional de *Brachionus angularis* (Fig.1), lo cual se confirma al observar los valores alcanzados para la abundancia máxima (Fig. 2) ya que en el tratamiento de solo *S. acutus* (SA), se obtuvo el menor valor respecto a los otros dos tratamientos. Al realizar el análisis estadístico (Tabla 1) se encontró que estas diferencias fueron significativas ($p < 0.01$).

Los valores para la tasa de crecimiento poblacional por día (r) de *B. angularis* (Fig.3) fueron significativamente diferentes entre las tres dietas ($p < 0.01$, Tabla1), siendo el tratamiento con NP donde se obtuvo la mayor tasa de crecimiento poblacional; sin embargo, los días para alcanzar la abundancia máxima de población (Fig.4) fueron estadísticamente no significativos.

Para el caso de *Brachionus rubens* los tratamientos que contenían *S. acutus* ya sea solo o en mezcla con *N. palea*, mostraron curvas de crecimiento similares, y ambas son superiores al tratamiento NP (Fig.1). La abundancia máxima poblacional (Fig.2), y las tasas de crecimiento poblacional por día (r) (Fig.3) son similares entre ambas dietas y diferentes significativamente al tratamiento NP. Respecto al día de máxima abundancia poblacional (Fig.4), no se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos.

En relación a la abundancia máxima obtenida para *B. rubens* utilizando el tratamiento SN, esta presentó un incremento del 4% respecto al tratamiento SA y la tasa diaria de crecimiento poblacional disminuyó el 3% (Tabla 5).

B. angularis

B. rubens

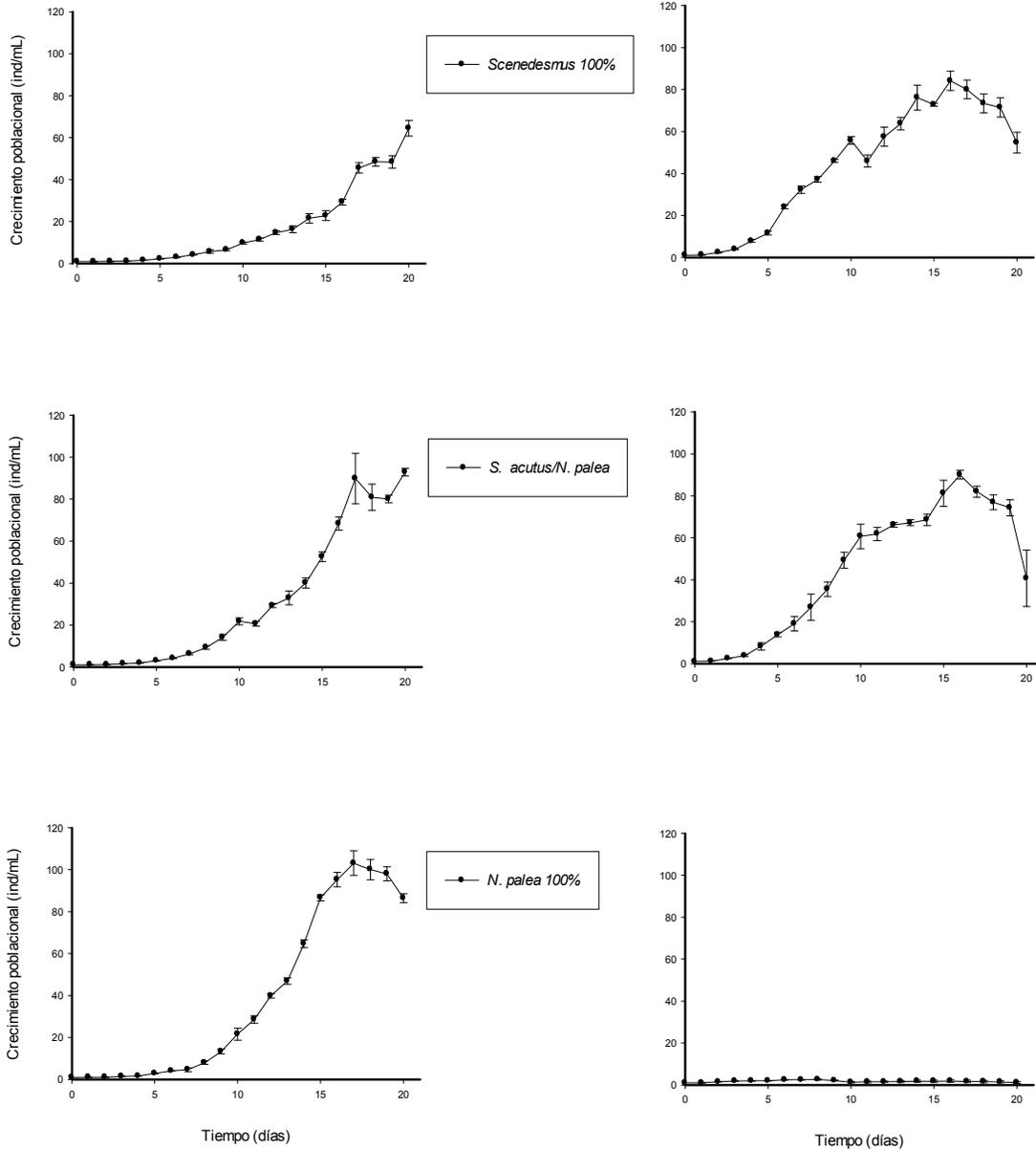


Fig. 1- Densidad poblacional de *B. angularis* y *B. rubens*, alimentados con tres dietas diferentes (*S. acutus*, *N. palea* y en combinación). Los valores indican el promedio \pm error estándar de cuatro repeticiones.

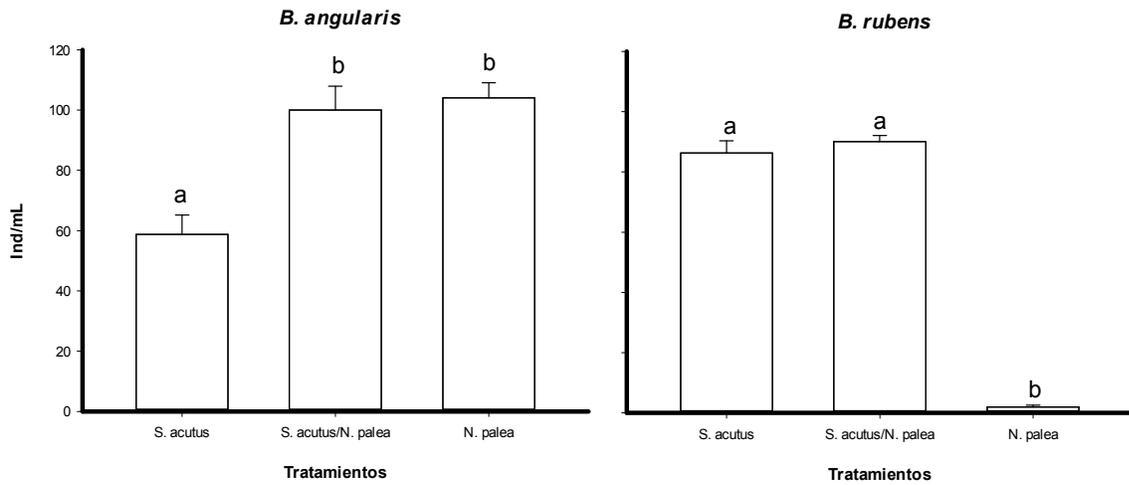


Fig.

2- Abundancia máxima alcanzada por *B. angularis* y *B. rubens*, alimentados con tres dietas diferentes (*S. acutus*, *N. palea* y en combinación). Los valores indican el promedio ± error estándar de cuatro repeticiones. Letras diferentes indican diferencias significativas.

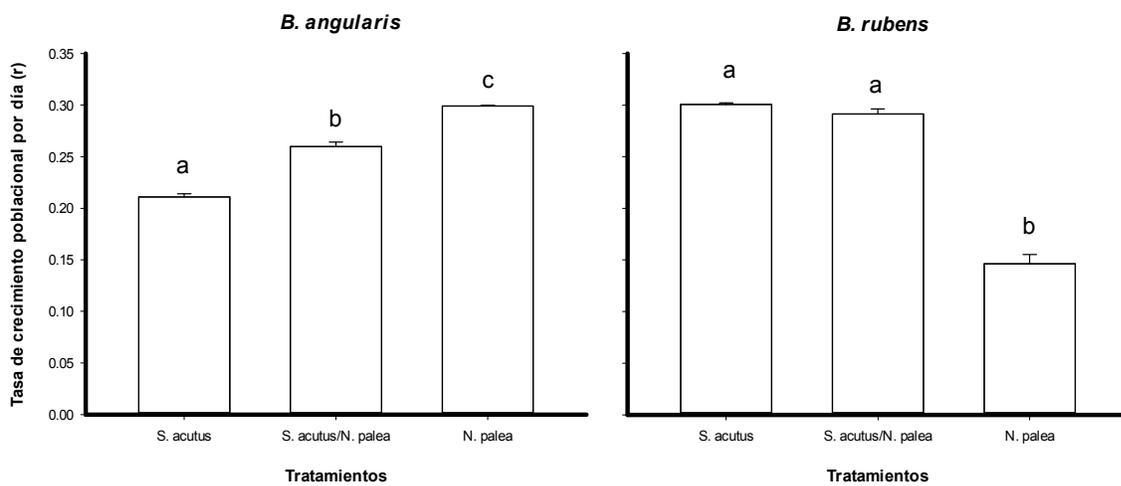


Fig.

3- Tasa de crecimiento poblacional por día de *B. angularis* y *B. rubens*, alimentados con tres dietas diferentes (*S. acutus*, *N. palea* y en combinación). Los valores indican el promedio ± error estándar de cuatro repeticiones. Letras diferentes indican diferencias significativas.

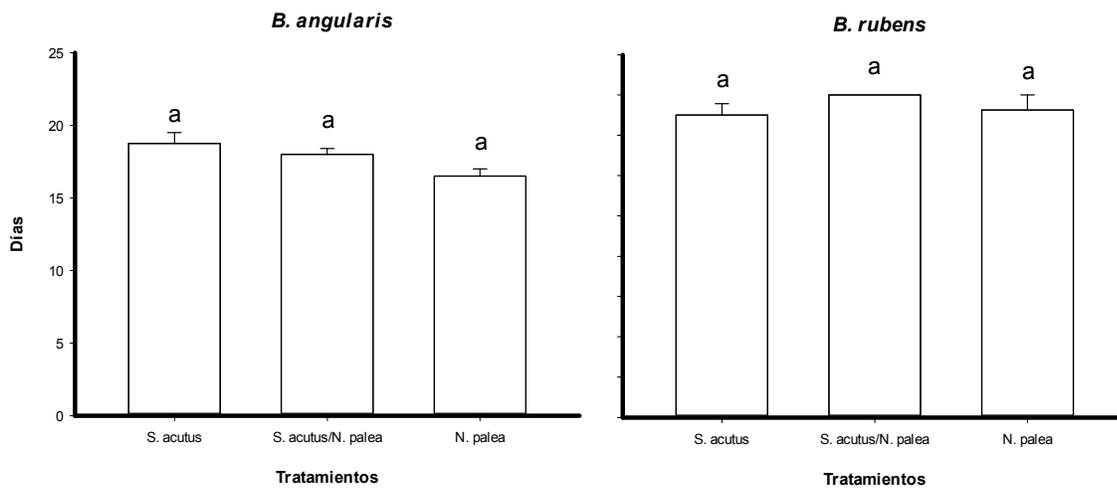


Fig. 4 - Día de máxima abundancia poblacional de *B. angularis* y *B. rubens*, alimentados con tres dietas diferentes (*S. acutus*, *N. palea* y en combinación). Los valores indican el promedio \pm error estándar de cuatro repeticiones. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 1. Análisis de varianza de un factor de la tasa de crecimiento poblacional, máxima abundancia y día de abundancia máxima alcanzada por *B. angularis* en relación a tres dietas diferentes (*S.acutus*, *N.palea* y en combinación), (*= $p \leq 0.05$; **= $p \leq 0.01$; ***= $p \leq 0.001$)

	Origen de las variaciones	DF	SS	MS	F	P
Abundancia Máxima	Entre grupos	2	5016.89	2508.44	11.63	0.003**
	Dentro de los grupos	9	1548.14	172.015		
	Total	11	6565.02			
Crecimiento (r)	Entre grupos	2	0.01056	0.008	200.68	<0.001***
	Dentro de los grupos	9	0.00035	3.9E-05		
	Total	11	0.016			
Día de abundancia máxima	Entre grupos	2	10.5	5.25	4.021	0.057
	Dentro de los grupos	9	11.75	1.306		
	Total	11	22.25			

Tabla 2. Análisis de varianza de un factor de la tasa de crecimiento poblacional, máxima abundancia y día de abundancia máxima alcanzada por *B. rubens* en relación a tres dietas diferentes (*S.acutus*, *N.palea* y en combinación), (*= $p \leq 0.05$; **= $p \leq 0.01$; ***= $p \leq 0.001$)

Origen de las variaciones		DF	SS	MS	F	P
Abundancia Máxima	Entre grupos	2	19822	9911.24	353.33	<0.001***
	Dentro de los grupos	9	252.457	28.051		
	Total	11	20074.9			
Crecimiento (r)	Entre grupos	2	0.06	0.03	209.27	<0.001***
	Dentro de los grupos	9	0.00129	0.00014		
	Total	11	0.0613			
Día de abundancia máxima	Entre grupos	2	2.167	1.083	0.907	0.438
	Dentro de los grupos	9	10.75	1.194		
	Total	11	12.917			

En el caso de los cladóceros, cuando *C. cornuta* es alimentado con solo *S. acutus* y en mezcla con *N. palea* el crecimiento es significativamente mayor que con solo *N. palea* (Fig.5), confirmándose en la gráfica de abundancia máxima (Fig.6), la dieta SN obtuvo el mayor número de individuos (ca. 3 ind/mL) estadísticamente semejante con el tratamiento SA con 3 ind/mL.

Comparando los valores de abundancia máxima (Fig. 6) se observa que no hay diferencias significativas entre los tratamientos SA y SN, pero hay un decremento significativo (-36%) en el tratamiento NP (Tabla 5).

Para *D. pulex* se observa que al utilizar la dieta SN existió un mayor crecimiento poblacional (Fig.5) que en los otros dos tratamientos. Cabe señalar que aunque no se encontraron diferencias significativas en relación al día en la que se alcanza la abundancia máxima (Fig. 8 y Tabla 3), tanto la abundancia máxima como la tasa de crecimiento poblacional fueron significativamente mayores con el tratamiento SN respecto a SA y NP.

Comparando los valores en porcentaje, se observa que en abundancia máxima el tratamiento SN es 149% mayor y presenta una tasa de crecimiento poblacional de 127% más que utilizando SA como única fuente de alimento, mientras que al utilizar el tratamiento NP esos valores disminuyen 9% en abundancia máxima y un 11% en la tasa de crecimiento poblacional por día respecto al tratamiento SA (Tabla 5).

C. cornuta

D. pulex

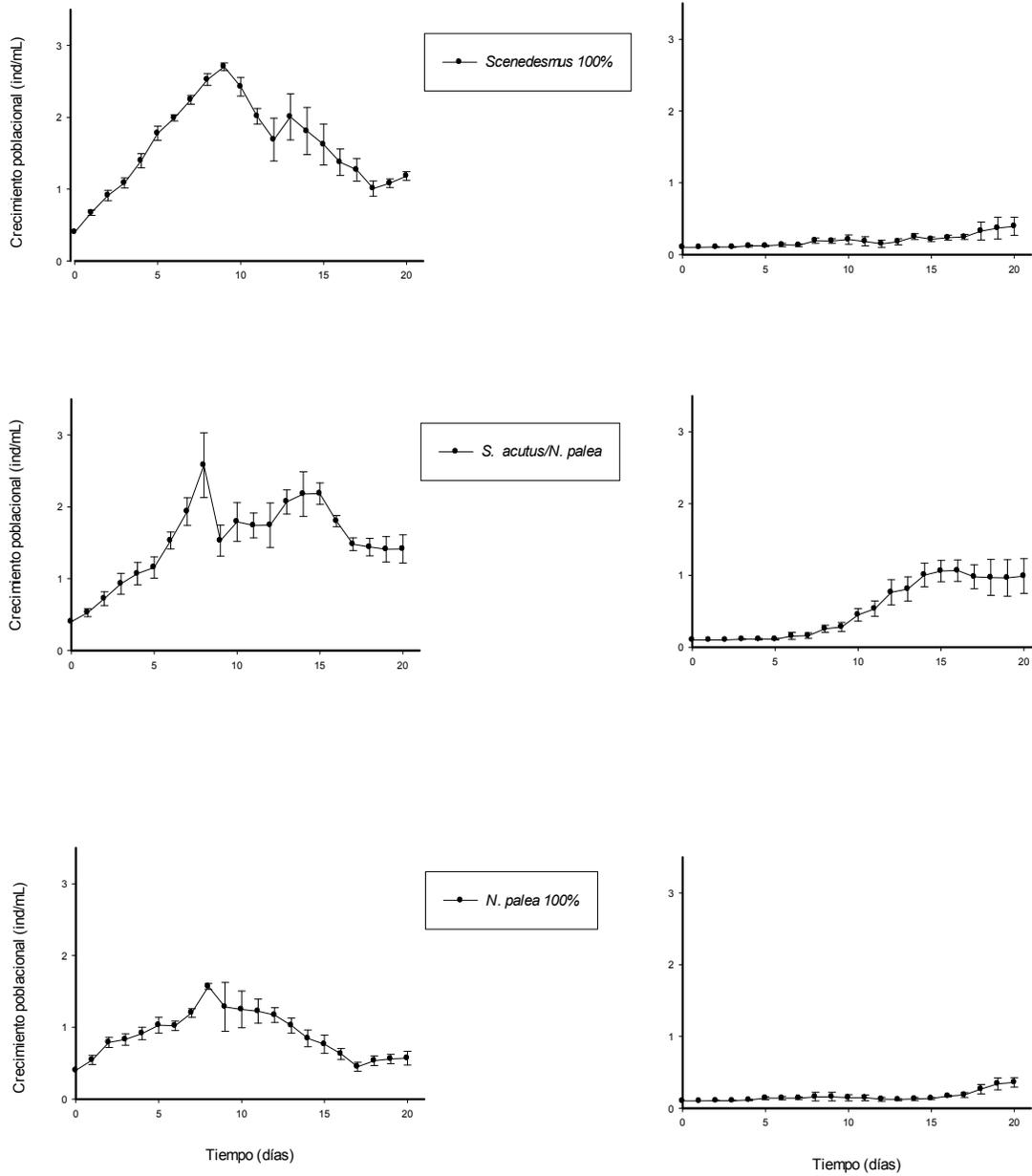


Fig. 5 – Densidad poblacional de *C. cornuta* y *D. pulex*, alimentados con tres dietas diferentes (*S. acutus*, *N. palea* y en combinación). Los valores indican el promedio \pm error estándar de cuatro repeticiones.

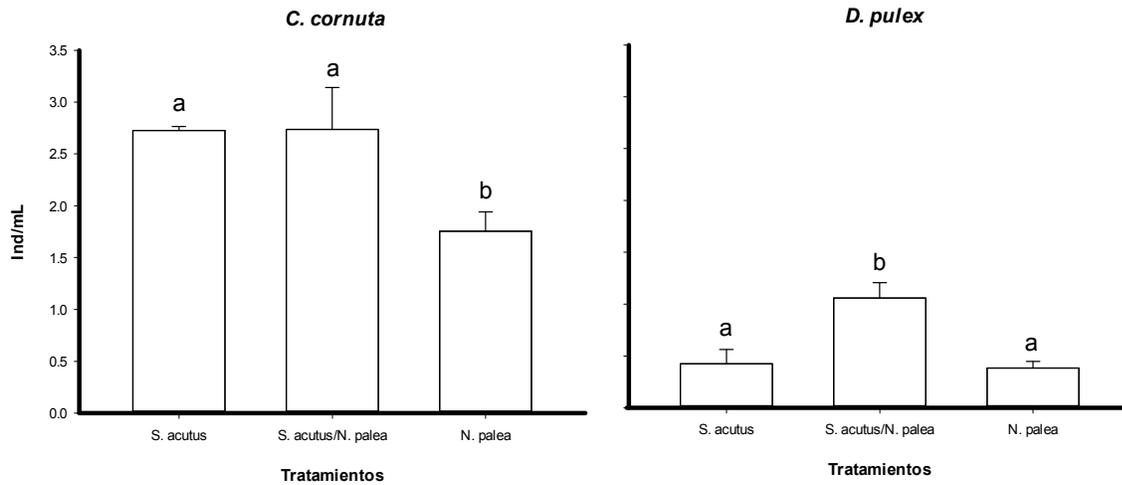


Fig. 6- Abundancia máxima alcanzada por *C. cornuta* y *D. pulex*, alimentados con tres dietas diferentes (*S. acutus*, *N. palea* y en combinación). Los valores indican el promedio \pm error estándar de cuatro repeticiones. Letras diferentes indican diferencias significativas.

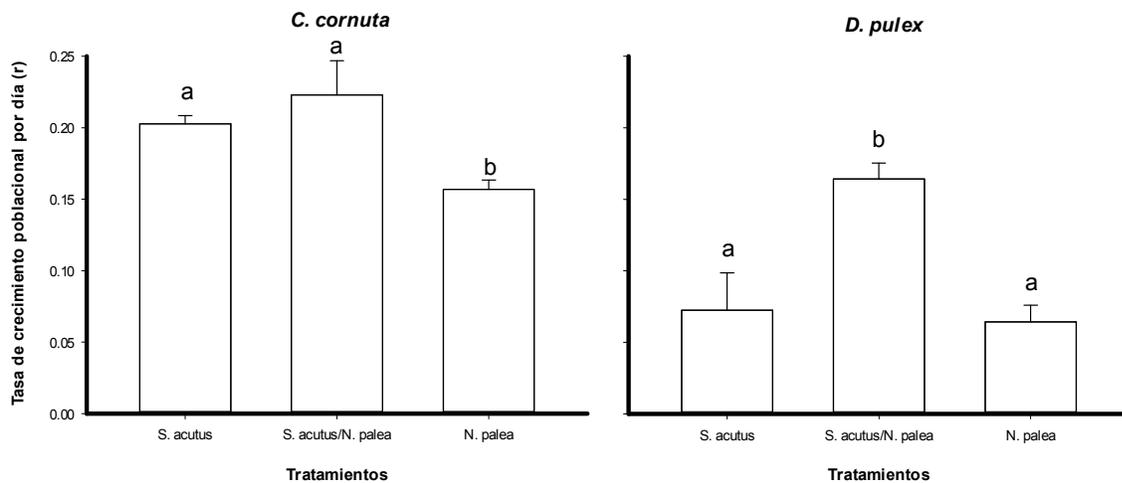


Fig. 7- Tasa de crecimiento poblacional por día de *C. cornuta* y *D. pulex*, alimentados con tres dietas diferentes (*S. acutus*, *N. palea* y en combinación). Los valores indican el promedio \pm error estándar de cuatro repeticiones. Letras diferentes indican diferencias significativas.

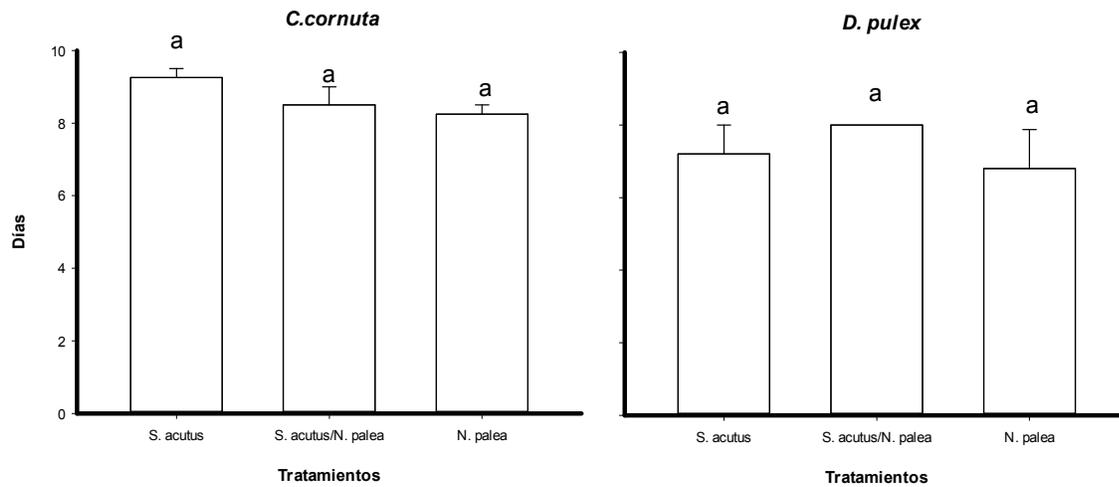


Fig. 8- Día de máxima abundancia poblacional de *C. cornuta* y *D. pulex*, alimentados con tres dietas diferentes (*S. acutus*, *N. palea* y en combinación). Los valores indican el promedio \pm error estándar de cuatro repeticiones. Letras diferentes indican diferencias significativas.

Tabla 3. Análisis de varianza de un factor de la tasa de crecimiento poblacional, máxima abundancia y día de abundancia máxima alcanzada por *C. cornuta* en relación a tres dietas diferentes (*S. acutus*, *N. palea* y en combinación), (*= $p \leq 0.05$; **= $p \leq 0.01$; ***= $p \leq 0.001$)

Origen de las variaciones		DF	SS	MS	F	P
Abundancia Máxima	Entre grupos	2	2.53	1.268	4.745	0.039*
	Dentro de los grupos	9	2.404	0.267		
	Total	11	4.939			
Crecimiento (r)	Entre grupos	2	0.00355	0.00178	4.537	0.043*
	Dentro de los grupos	9	0.00352	0.00039		
	Total	11	0.00707			
Día de abundancia máxima	Entre grupos	2	16.166	8.083	1.634	0.247
	Dentro de los grupos	9	44.5	4.944		
	Total	11	60.66			

Tabla 4. Análisis de varianza de un factor de la tasa de crecimiento poblacional, máxima abundancia y día de abundancia máxima alcanzada por *D. pulex* en relación a tres dietas diferentes (*S.acutus*, *N.palea* y en combinación), (*=p ≤0.05; **=p ≤0.01; ***= p ≤0.001)

Origen de las variaciones		DF	SS	MS	F	P
Abundancia Máxima	Entre grupos	2	1.147	0.574	9.635	0.006**
	Dentro de los grupos	9	0.536	0.0595		
	Total	11	1.683			
Crecimiento (r)	Entre grupos	2	0.0246	0.0123	9.732	<0.006**
	Dentro de los grupos	9	0.0114	0.00126		
	Total	11	0.036			
Día de abundancia máxima	Entre grupos	2	90.5004	5.25	4.863	0.037*
	Dentro de los grupos	9	83.75	9.306		
	Total	11	174.25			

Tabla. 5 Diferencias en los valores obtenidos para las variables de abundancia máxima y tasas de crecimiento respecto a *S. acutus*.

		Abundancia máxima (%)	Tasa de crecimiento poblacional (%)
<i>B.angularis</i>	<i>S.acutus/N.palea</i>	170.21	23.33
	<i>N.palea</i>	76.78	41.9
<i>B.rubens</i>	<i>S.acutus/N.palea</i>	4.3	-3.0
	<i>N.palea</i>	-97.7	-51.3
<i>C.cornuta</i>	<i>S.acutus/N.palea</i>	0.37	10.07
	<i>N.palea</i>	-35.6	-22.5
<i>D.pulex</i>	<i>S.acutus/N.palea</i>	149.4	126.97
	<i>N.palea</i>	-9.41	-11.06

DISCUSIÓN

En los ecosistemas acuáticos, los organismos que conforman el zooplacton se alimentan de diferentes especies de microalgas del fitoplacton, consumiendo principalmente clorofíceas, diatomeas, criptofitas y en menor porción cianobacterias, por lo que, el zooplancton es considerado como un eslabón esencial en la transferencia de energía hacia los niveles tróficos superiores (Lampert y Sommers, 1997; Chow, 2000). En cambio, en los sistemas de cultivo de organismos acuáticos para consumo humano (peces y crustáceos), normalmente se utiliza una sola especie de microalga como alimento para el zooplancton, por lo que el método de enriquecimiento se ha convertido en la forma más común para transferir toda clase de elementos esenciales a través de los organismos zooplanctónicos; por ejemplo, colocar los cultivos de rotíferos de 6 a 12 h en un cultivo de microalgas, después de haber obtenido una alta densidad con levadura por tres a cuatro días, permite que éste zooplancton obtenga la concentración necesaria de ácidos grasos y aminoácidos esenciales para el buen desarrollo de las diferentes especies de invertebrados y peces producidos mediante esta técnica (Torretera Blanco y Tacon, 1989). En experimentos recientes se ha demostrado que una sola especie de alga es incapaz de satisfacer todos los requerimientos alimentarios de las especies (Manaffar *et al.*, 2003), por lo que se ha probado con éxito la utilización de mezclas de diferentes especies de microalgas para su uso como alimento vivo (Knauer *et al.*, 1996; Brown, 2002).

De los resultados obtenidos en el presente trabajo, la dieta que contenía la mezcla de las dos microalgas (*Scenedesmus* y *Nitzschia*) permitió un adecuado crecimiento poblacional, conforme las condiciones de cultivo establecidas, en las cuatro especies de zooplancton utilizadas (Figs. 1 y 5), esto se atribuye a que al utilizar mezclas de microalgas se obtienen las ventajas que resultan de concentraciones subóptimas de diferentes componentes esenciales en cada especie; de tal forma que los componentes pueden complementarse entre sí, respecto a los minerales, los aminoácidos, ácidos grasos o el contenido de vitaminas (Tilman, 1992; Sommer, 1998). En éste caso, se sabe que las diatomeas poseen elementos que no se encuentran o se encuentran en

menor calidad en las clorofíceas, como los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA 20:5n-3, 22:6n-3, 20:4n-6 y EPA 20:5n-3), que son esenciales para el crecimiento de moluscos (Dunstan *et al.*, 1996). Y aunque en el ambiente natural, las diatomeas no son la única fuente de energía para el zooplancton, se sabe que pueden también proveerle ácidos grasos esenciales para su crecimiento y fecundidad (Landau, 1992; Von Elert, 2002).

La composición bioquímica del fitoplancton y por ende, la del zooplancton, es esencial para el cultivo de organismos acuáticos, siendo considerado como alimento aquel que contiene la mayoría de las sustancias nutritivas y que sirven como base para las dietas experimentales. Su valor nutritivo, se basa principalmente en el contenido de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, entre otros elementos (proteínas, enzimas, vitaminas y minerales) que favorecen el crecimiento y la sobrevivencia de organismos acuícolas (Correa, 2001). Aunque el objetivo del presente trabajo no abarcó el conocer la composición bioquímica de las especies de zooplancton utilizadas, el continuar con las investigaciones al respecto, podrían ayudar a su utilización en la acuicultura de agua dulce, ya que especies como *Brachionus rubens* y *Daphnia pulex*, ya han sido utilizadas como alimento de peces (Schlüter, 1980; Nanton y Castell, 1997). Lo cual es de gran interés, ya que, a partir de las actividades acuícolas en México, se produce principalmente camarón, seguido de tilapia, carpa, trucha, bagre y otras especies para consumo humano, cuya demanda está en constante crecimiento. Además, el cultivo de peces de ornato (de agua dulce) ocupaba en el 2013, el 6° lugar en producción, dentro del total de granjas dedicadas a la acuicultura en México (Ruiz Sandoval Castillo, 2013).

Con base en las diferencias interespecíficas que se han observado en el requerimiento de ácidos grasos entre las diferentes especies, se sabe que la calidad del alimento para el zooplancton herbívoro no sólo depende de las especies de algas, sino también del estado de los nutrientes de las mismas (Müller-Navarra, 1995), ya que afectará la velocidad a la que crece la población, así como la composición química de los organismos zooplanctónicos (Landau, 1992).

Dentro de la actividad acuícola, se sabe que, durante el rápido crecimiento en los estadios de larvas y postlarvas de los peces, la necesidad de ácidos grasos esenciales

para la construcción y renovación de membranas es especialmente elevada, de tal forma que pueden exceder la capacidad de síntesis endógena (Castelló, 1993; Vázquez, 2008); es por ello que, para atender éstos requerimientos, son ofrecidos alimentos enriquecidos con ácidos esenciales, que permiten aumentar la tasa de crecimiento, la sobrevivencia y la resistencia al estrés, de los peces en cultivo (Torretera Blanco y Tacon. 1989). De ahí la importancia de que, como se encontró en el presente trabajo, haya especies de rotíferos y cladóceros que pueden crecer favorablemente al cultivarse con diatomeas o con mezcla de clorofíceas y diatomeas; pues cabe resaltar la deficiencia que se ha encontrado por parte de las clorofitas, en cuanto a ácidos grasos considerados esenciales para organismos dulceacuícolas y marinos, en cambio, se ha comprobado que las diatomeas son el único grupo de algas con un alto contenido de colesterol, por lo que son una fuente importante de ácido Eicosapentaenoico, ácido graso fundamental en el desarrollo de organismos dulceacuícolas y marinos (Landau, 1992; Von Elert, 2002). Por lo cual, es posible suponer que cualquiera de las cuatro especies de zooplancton utilizadas en el presente estudio, pueden ser una fuente favorable de ácidos grasos fundamentales para los organismos que los consuman, pues, como se mencionó anteriormente, tanto rotíferos como cladóceros presentaron un crecimiento poblacional favorable al utilizar la mezcla de *Scenedesmus acutus* (clorofita) y *Nitzschia palea* (diatomea); ya sea estadísticamente semejante respecto a la abundancia poblacional alcanzada con la dieta de sólo *S. acutus* (como el caso de *Brachionus rubens* y *Ceriodaphnia cornuta*) o significativamente mayor que ésta (como en *B. angularis* y *Daphnia pulex*).

Otro aspecto importante en la acuicultura, es el requerimiento de organismos de diferente talla, que permitan la alimentación de postlarvas en crecimiento (Prieto y Atencio, 2008), por lo que, encontrar dietas de fitoplancton que permitan cultivar organismos zooplanctónicos de diferente talla, a altas densidades, puede ser un gran apoyo para el desarrollo de la acuicultura.

Los rotíferos, por ejemplo, son organismos de talla pequeña, que normalmente se utilizan en las primeros estadios de crecimiento de peces y crustáceos; siendo la especie eurihalina *B. plicatilis*, la más utilizada y de la cual se han podido separar cepas

de diferentes tamaños (Castellanos-Páez *et al.*, 1999). Sin embargo, son pocas las especies de agua dulce que se han utilizado, entre ellas *B. rubens*, cuyo tamaño promedio es de 154 μm de largo (Apéndice 2); por lo que el alto crecimiento poblacional que se observó durante el desarrollo del presente trabajo, en el rotífero de menor tamaño *B. angularis* (90 μm) (Apéndice 2), al ser alimentado con la combinación de *S. acutus* y *N. palea* (108 ind. mL^{-1}), permite proponer que su cultivo pueda ser utilizado para alimentación de peces que requieran alimento de tamaño menor a 100 μm (Rico-Martínez y Dodson, 1992).

Se ha encontrado que existe una relación inversa entre el tamaño del cuerpo de los rotíferos y su densidad poblacional (Nandini y Sarma, 2003; Nandini *et al.*, 2007); lo cual se evidencia en éste trabajo, en el caso de *B. angularis* (90 μm) alcanzó mayor número de individuos con la dieta NP (100 ind mL^{-1}) y *B. rubens* (154 μm) cuya abundancia máxima fue de 90 ind mL^{-1} con la misma dieta (ig. 2 y Tabla 5). Éstos valores pueden considerarse bajos, si se comparan con densidades de rotíferos que se obtienen en los cultivos masivos. Groeneweg y Schlüter (1983), por ejemplo, obtuvieron densidades entre 280 y 500 ind. mL^{-1} de *B. rubens* en un sistema de agua de desecho en granja de cerdos; mientras que Park *et al.* (2001) lograron obtener densidades de hasta 33 500 ind. mL^{-1} en el cultivo intensivo de *B. calyciflorus* a 32 °C, con suplemento de oxígeno y alimentados con *Chlorella* sp.; sin embargo, los resultados obtenidos bajo las condiciones del presente trabajo, pueden incrementarse, al utilizar mayor temperatura o densidad de alimento (Nandini y Sarma, 2009).

La tasa de crecimiento poblacional por día “r” es una variable importante en la historia de vida los rotíferos porque es un indicador de la velocidad de crecimiento de la población (Pavón Meza, 1993). Para la mayoría de las especies de rotíferos la tasa de crecimiento poblacional varía de 0.2 a 1.0 día^{-1} , y en algunos casos alcanza hasta 2.0 día^{-1} (Miracle y Serra, 1989) lo que concuerda con los valores de la tasa de crecimiento poblacional por día obtenidos en el presente trabajo para ambas especies ya que “r” para *B. angularis* (Fig. 4) varió entre de 0.21 a 0.30 día^{-1} , en este caso la “r” fue mayor cuando se le proporcionó solo *Nitzchia palea*.

Aun cuando la abundancia máxima de *B. angularis* no tuvo una diferencia significativa

con respecto a las dietas SN y NP (Fig.2), pero en la tasa de crecimiento poblacional por día si hay diferencias significativas entre ambos tratamientos ($p < 0.001$) (Tabla 1), lo que indica que para un cultivo de *B. angularis* se puede utilizar *N. palea* como alimento vivo ya sea solo o mezcla, pero teniendo en cuenta que si se utiliza la mezcla entre *S. acutus* y *N. palea*, la tasa de crecimiento por día es 23% mayor en relación solo *S. acutus*, y que utilizando solamente *N. palea*, se obtienen valores más altos, hasta un 42% (Tabla 5). Estos valores son muy importantes porque autores como Suchar y Chigbu (2006) sostienen que existe una fuerte correlación entre las tasas de crecimiento poblacional de los rotíferos y la abundancia de alimento. Yoshinaga *et al.* (2003) señalan que la densidad algal afecta las tasas de crecimiento poblacionales al influir sobre las tasas de alimentación e ingestión, así como en la historia de vida de los rotíferos. Dado que los tratamientos utilizados para este experimento tuvieron una misma densidad ($0.5 \times 10^6 \text{ cels. mL}^{-1}$), por lo cual se sabe que el factor limitante (densidad de alimento) no fue una variable que influyó en los valores obtenidos para la tasa de crecimiento poblacional por día, y se le atribuye al uso de mezclas de microalgas, reforzando lo ya antes mencionado.

Para el caso de *B. rubens* las tasas de crecimiento poblacional por día variaron de 0.186 a 0.300 día^{-1} ; la dieta NP presentó una “r” muy baja (0.027), lo que puede indicar que si bien, el consumo de solo diatomeas es apenas suficiente para mantener la población de *B. rubens* en condiciones de cultivo; sí puede utilizarse como un alimento alternativo para mantener la especie. Esta información puede servir de referencia, ya que en Monakov (2003) no se presentó la información sobre el consumo de diatomeas por parte de ésta especie. En relación a la capa de sílice que poseen las diatomeas, pueden ser consideradas como alimento poco digerible, pero la eficiencia en la digestión de la diatomea en cierta medida va depender de la condición de cultivo, que hará que presenten mayor o menor silificación, por ejemplo, se ha observado que cuando se encuentra un mayor número de individuos la capa silíceas es más delgada y más gruesa cuando la cantidad es menor, lo que hace a la diatomea frágil (Bougis, 1976; Kawamura, 1998).

En cuanto a los cladóceros también existe una relación inversa entre el tamaño de su cuerpo y la densidad poblacional (Nandini y Sarma, 2003; Nandini *et al.*, 2007); *C. cornuta* (600µm) (Apéndice 2) presentó mayor abundancia poblacional (3.04 ind mL⁻¹) que *D. pulex* (1.20 ind mL⁻¹) que es de mayor tamaño (5 mm). Sin embargo, cabe resaltar que *C. cornuta* alcanza la máxima densidad poblacional a los 8 días (no hay diferencias significativas entre los tratamientos), mientras que *D. pulex* tarda 20 días en llegar a su máxima población.

Los resultados que arrojan esta investigación indican que *C. cornuta* crece 0.37% más con la dieta SN que con solo *S. acutus*, sin embargo este valor no es significativo puesto que en la abundancia máxima no existen diferencias significativas entre ambas dietas, pero en la tasa de reproducción por día si mostraron diferencias significativas lo que indica que la velocidad de duplicación de la población es del 10% más que al utilizar solo *S. acutus*, estos valores son útiles en la producción de *C. cornuta* si lo que se busca es alcanzar mayor número de individuos en menor tiempo.

Hasta el momento se conoce poco acerca de la función de las diatomeas en la dieta de los cladóceros, pero existen algunos estudios donde han documentado el papel que tiene el fitoplancton en su dieta y en condiciones naturales; se ha registrado que *C. cornuta* tiene preferencia por el consumo de algunas diatomeas como *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Navicula* y *Nitzschia* (Infante, 1978; Carruyo, 1983; Coraspe, 1985; González, 2004; Hernández, 2005), si bien se menciona que *N. palea* está incluida en la dieta de este cladóceros, los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que el crecimiento poblacional de *C. cornuta* con solo *N. palea* fue significativamente menor ($p \leq 0.005$) respecto a los otros tratamientos que incluyen a *S. acutus*, lo cual pudo deberse al tamaño de las microalgas suministradas ya que como lo menciona Sommer (1998) la preferencia por las algas va disminuyendo conforme el tamaño de la alga va en aumento, en este caso *N. palea* es de mayor tamaño (12-42µm) que *S. acutus* (15-20 µm, apéndice 2).

Para la mayoría de los cladóceros se ha registrado tasas de crecimiento poblacional por día (r) de 0.01 a 0.7 día⁻¹ (Sarma *et al.*, 2005) y se ha visto diferencia en la tasa de crecimiento poblacional de *C. cornuta*, esto dependiendo del tipo de alimento que se le

proporcione, estos valores van del 0.08 a 0.23 día⁻¹ en este caso alimentada con *Chlorella* (Nandini, 2000). Los valores obtenidos en éste trabajo fueron de 0.16 a 0.22 día⁻¹ (Fig.7) entrando en el rango registrados para esta especie. Sin embargo, en el caso del género *Daphnia* se tiene registro de la tasa de crecimiento puede variar de 0.04 a 0.06 día⁻¹ (Sarma *et al.*, 2009) los cuales son menores a valores obtenidos para *Daphnia pulex* en el presente trabajo y que van del 0.064 al 0.164 día⁻¹ (Fig.7).

Respecto a la alimentación del cladóceros *D. pulex*, se ha señalado un amplio y variado consumo de partículas alimentarias (Martínez y Montecino, 2000); también se ha visto que en condiciones naturales explotan mejor las producciones algales compuestas de pequeñas *Cryptophytas* y *Bacillariophytas* como *Stephanodiscus* y *Cyclotella* (Carotenuto y Lampert, 2004), además de aquellas que poseen estructuras complejas como *Asterionella* y *Staurastrum* (Porter, 1975), por lo que, esto permite explicar el hecho de que en el presente trabajo, no se encontraron diferencias significativas en el crecimiento del cladóceros, al ser alimentado sólo con *S. acutus* o con *N. palea*. Además, se tiene el registro que esta especie consume partículas de tamaño entre 4 - 40µm (Monakov, 2003), por lo que ambas especies de microalgas utilizadas en las dietas caen dentro de este intervalo por lo que, resulta interesante suponer que, debido a su talla, para esta especie el tamaño de las microalgas no es un factor determinante en los resultados, dado que no se encontraron diferencias significativas en los valores de abundancia máxima ni en la tasa de crecimiento poblacional cuando se utilizaron por separado.

Es de suma importancia señalar que al proporcionar una mezcla de las microalgas utilizada en la dieta del cladóceros *D. pulex*, los resultados tanto en abundancia máxima como en tasa de crecimiento se incrementaron en un 49 y 127 %, respectivamente, esto se atribuye al efecto favorecedor que causa el mezclar dos o más especies de microalgas en una sola dieta, pues al igual que en algunos otros trabajos, los resultados que se obtuvieron en esta investigación, se ha observado que la mezcla de diferentes algas puede no solo incrementar la tasa de crecimiento poblacional de los organismos del zooplancton, como en el cladóceros *Bosmina longirostris* que creció sustancialmente mejor sobre la combinación de la diatomea *Stephanodiscus* y la Cryptofita *Rhodomonas*

(Brett y Müller-Navarra, 1997) y en el copépodo *Acartia tonsa* alimentado con una mezcla de diatomeas y dinoflagelados (Tilman, 1992); sino también podría ser una manera de enriquecerlos nutricionalmente al utilizarlas como alimento vivo (Castellanos-Páez *et al.*, 1999; Shepherd y Bromage, 1999).

Es importante recalcar que en el crecimiento poblacional de *B. angularis* también se observó que con la mezcla de alimento NP, se obtuvo un mayor crecimiento en la población, incluso que con sólo *S. acutus*, lo cual, abre las posibilidades a futuros trabajos para poder estudiar las mejoras en la dieta y en la composición nutrimental de especies de interés en acuicultura, mediante el uso de mezclas seleccionadas de acuerdo al aporte de ácidos grasos que se han mencionado anteriormente. Además, gracias a la capacidad filtrante del zooplancton estos pueden ser eficaces microcápsulas que no solo permite la inclusión de nutrientes específicos, sino también de medicamentos lo cual facilita su consumo por los peces en cultivo (Castellanos-Páez *et al.*, 1999).

Por otro lado, respecto a la utilización de sólo diatomeas como alimento de zooplancton, cabe señalar que son pocos los estudios que hacen referencia al éxito que se obtiene al alimentar al rotífero *B. plicatilis* con una sola especie de diatomea (Ban *et al.*, 1997), caso contrario a lo que sucedió en el presente trabajo con el rotífero *B. rubens* y en los cladóceros (*Ceriodaphnia cornuta* y *Daphnia pulex*, en los cuales el crecimiento (abundancia máxima y “r”) fue significativamente menor al utilizar solo la diatomea respecto a la mezcla de microalgas. Sin embargo, es importante destacar que en éstas tres especies, las tasas de crecimiento poblacional resultaron positivas; lo que implica que la diatomeas pueden ser utilizadas como alimento alternativo o de “mantenimiento” en cultivo de rotíferos y cladóceros, en caso de no contar con disponibilidad de clorofitas.

Incluso en ambientes naturales, el aporte de las diatomeas en la dieta del zooplancton resulta un tema de interés a desarrollar, dado que como es sabido, entre los organismos acuáticos las dietas cambian frecuentemente, en respuesta a los cambios estacionales y de acuerdo a la disponibilidad del recurso alimenticio (Polis y Winemiller, 1996). De tal forma que la disponibilidad y calidad del alimento pueden variar

drásticamente en el tiempo y los organismos deben tener la capacidad para subsistir cuando la entrada de energía es menor a la requerida. Por ejemplo, se ha encontrado que algunos peces en Venezuela, consumen algas vivas durante la estación húmeda y detritus (tejido de algas muertas), durante la estación seca (Winemiller, 1990).

En experimentos de competencia, se ha comprobado que, los rotíferos son excluidos por los cladóceros, cuando ocupan el mismo nicho alimenticio, a menos que el alimento sea abundante (Gilbert, 1985); por lo que, el crecimiento diferencial entre cladóceros y rotíferos, que se observa en el presente trabajo, puede explicar la coexistencia de éstos grupos en ambientes naturales. Cabe resaltar que algunos autores consideran a las diatomeas como alimento de alta calidad, porque se ha visto que en algunos lagos tropicales se puede encontrar una mayor biomasa de zooplancton y una mayor producción de peces cuando el fitoplancton es dominado por diatomeas (Brett y Müller-Navarra, 1997), lo que concuerda con los resultados de esta investigación, tanto para los cladóceros como para los rotíferos utilizados, cuando se alimentaron con la mezcla de *S. acutus* y *N. palea*.

Sin embargo hubo algunos puntos que fueron tomados en cuenta en este trabajo

Medición calidad nutrivial

Concentración de comida no consumida

Tamaño en la población (talla del indiv gordo)

No sabemos si diatomeas tienen mucha ceniza tienen bajo valor calorífico

CONCLUSIONES

- El tratamiento con *Scenedesmus acutus* y *Nitzschia palea* (SN) favoreció el incremento en la población para todas las especies zooplanctónicas dulceacuícolas utilizadas en el presente trabajo, posiblemente al complementar su alimentación con los ácidos grasos esenciales que contienen.
- Las tasas de crecimiento poblacional por día se incrementaron de manera inversa al tamaño de los organismos utilizados; sin embargo, los valores encontrados pueden incrementarse al cambiar algunos de los factores utilizados como temperatura o concentración de alimento, por lo que el presente trabajo puede ser considerado como la base para estudios posteriores.
- A diferencia de las otras especies utilizadas, el rotífero *B. angularis* tuvo significativamente un mayor crecimiento con el tratamiento solo *N. palea* (NP) respecto a los otros tratamientos utilizados. Lo cual abre las posibilidades al uso de diatomeas como alimento de algunas especies que puedan ser utilizadas como alimento vivo en la acuicultura y a estudios ecológicos sobre los nichos alimenticios del zooplancton.
- Respecto a las tres especies donde el tratamiento NP no incrementó la abundancia máxima ni la tasa de crecimiento poblacional por día (*B. rubens*, *Ceriodaphnia cornuta* y *Daphnia pulex*) cabe señalar que el utilizarla permitió el mantener la población ya que las tasas de crecimiento poblacional por día y la densidad máxima poblacional, resultaron con valores positivos.
- El día en el que se alcanza la abundancia máxima varió para cada una de las especies utilizadas sin embargo el tipo de alimentación empleado no tiene un efecto significativo sobre el día en el que se alcanza la abundancia máxima en cada especie.
- Con los resultados obtenidos, se recomienda continuar con las investigaciones sobre el contenido nutricional ya que las diatomeas pueden representar una fuente de alimento alternativo o de mantenimiento en algunas especies útiles en

acuicultura.

RECOMENDACIONES

- ✓ Experimentar el empleo de diferentes especies de diatomeas como alimento vivo en cultivos zooplanctónicos dulceacuícolas.
- ✓ Probar el efecto de diferentes concentraciones de diatomeas (puesto que en el presente trabajo solo se usó una concentración del 50%).
- ✓ Analizar las aportaciones nutricionales que brindan las diatomeas en una dieta para el cultivo de zooplancton.
- ✓ Hacer mediciones en la cantidad de ácidos grasos en los organismos utilizados como alimento y en los organismos que los consumen.

APÉNDICE 1

Medio Bold Modificado

Se modificó al 50% y se le adicionó 0.5 mg.L^{-1} de Silicato de Sodio $\text{NaSi}_2\text{O}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ de acuerdo a los requerimientos de silicato de las diatomeas utilizados en medios como el de Chu (Vonshak, 1986).

Macroelementos: Se disuelve cada una de las siguientes sales en 400 ml de agua destilada.

NaNO_3	----	10.0 g
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	----	1.0 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	----	3.0 g
K_2HPO_4	----	3.0 g
KH_2PO_4	----	7.0 g
NaCl	----	1.0 g

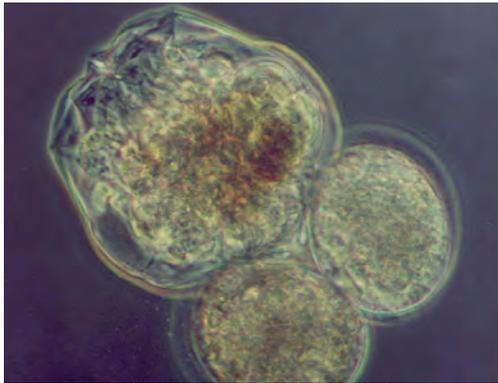
Microelementos:

1. 50.0 g de EDTA sódico (Na_2EDTA) y 31.0 g de KOH se disuelven en 1 litro de agua destilada.
2. 4.98 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ se disuelven en un litro de agua acidificada (se agrega 1.0 ml de H_2SO_4 concentrado en 999.0 ml de agua destilada)
3. 11.42 g de H_3BO_3 se disuelven en un litro de agua destilada
4. Se disuelven las siguientes cantidades en un litro de agua destilada:
 - $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ---- 8.82 g
 - $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ---- 1.44 g
 - MoO_3 ---- 0.71 g
 - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ---- 1.57 g
 - $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ --- 0.49 g

Para preparar un litro de medio, se agregan 10 ml de c/u de los seis macroelementos y 1 ml de c/u de los 4 microelementos en 936 ml de agua destilada.

Si se desea hacer medio sólido, agregar 10.0 g de agar bacteriológico por litro de medio.

APÉNDICE 2



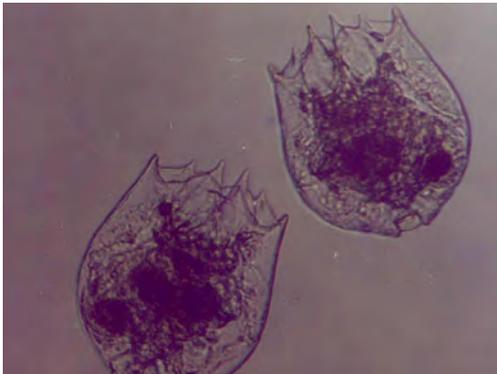
Brachionus angularis



Daphnia pulex



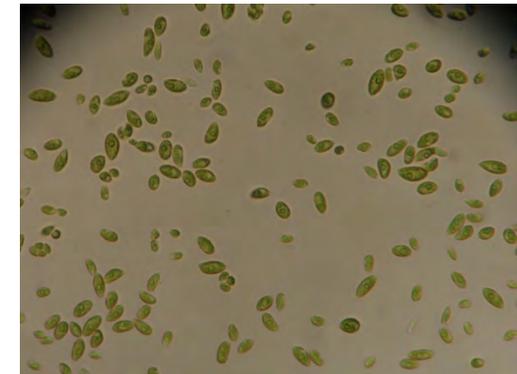
Nitzschia palea



Brachionus rubens



Ceriodaphnia cornuta tomada de
CUADRO 6: características de las especies utilizadas.
<http://cifb.unn.edu/cifokey/html/Organism>
 s/CCladocera/FDaphnidae/GCeriodaph
 nia/Ceriodaphnia_rigaudi/ceriodaphniari
 gaudi.html



Scenedesmus acutus

ORDEN	ESPECIE	CARACTERISTICAS
-------	---------	-----------------

Filo: Rotifera Familia: Brachionidae Género: <i>Brachionus</i>	<i>Brachionus angularis</i>	<p>Lorica ovalada y ligeramente hexagonal. Dos pequeñas espinas divididas por una hendidura redondeada. Espinas antero laterales son inexistentes o muy reducido. Espinas posteriores son cortas o ausentes. La superficie general es rugosa con surcos angulares.</p> <p>Longitud total del cuerpo: 90 - 200 μ. Anchura del cuerpo: 70 - 150μm. Distancia entre espinas antero laterales: 55-95μm.</p>
	<i>Brachionus rubens</i>	<p>Lorica ovalada y lisa, con placa dorsal y ventral, rígida, poco aplanado dorsoventralmente. Margen anterior dorsal con seis espinas cortas.</p> <p>Largo: lorica 154μm; espina media anterolateral 11-17μm; anterointermediante espina dorsal 9-20μm; espina dorsal antero media 38-52μm. Distancia entre espinas antero laterales 130-142μm.</p>
Filo: Arthropoda Subfilo: Crustacea Clase Branchiopoda Suborder: Cladocera Familia: Daphniidae	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	<p>Cuerpo redondeado y pequeño. La cabeza es estrecha y alargada. El ojo compuesto es pequeño y el ocelo es puntiforme. Las primeras antenas, o anténulas, son pequeñas y presentan poca movilidad. El borde dorsal de las valvas es ligeramente convexo y su ángulo superior forma una hendidura conocida como seno cervical. Las valvas poseen campos hexagonales visibles y terminan en una espina poco pronunciada. Posee en el borde anal de 6 a 8 espinas, cuyo tamaño disminuye en sentido dorsal. La garra terminal es lisa.</p> <p>Longitud de la hembra es variable y puede oscilar entre 0,35 y 0,6mm</p>
	<i>Daphnia pulex</i>	<p>La cabeza se encuentra fusionada, y está generalmente posicionada hacia abajo, tocando el cuerpo. La característica más prominente son los ojos compuestos, luego las antenas y un par de sensilias abdominales. En muchas especies la coraza es translúcida o casi nula.</p> <p>El tamaño de <i>Daphnia</i> varía entre 0,2 y 5,0 mm de longitud.</p>
Filo: Heterokontophyta Clase: Bacillariophyceae Orden: Bacillariales Familia: Bacillariaceae	<i>Nitzschia palea</i>	<p>Frústulas isopolares, bilateralmente simétricas. Valva con forma lineal-lanceolada, con extremos cuneados. La parte central de la valva ligeramente convexa. Estrías densas, difíciles de contar en microscopia de luz. Rafe fuertemente excéntrico (margen). Fíbulas cortas X/10 μm. Dos cloroplastos colocados hacia los polos de la valva.</p> <p>Tamaño: largo 12- 42 μm X ancho 3- 4 μm.</p>
Filo Chlorophyta Clase: Chlorophyceae Orden: Sphaeropleales Familia: Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus acutus</i>	<p>Células de forma elipsoidal, ovoide aguzado. La pared celular lisa. Presenta un cloroplasto parietal y generalmente un pirenoide. Forma colonias (cenobios) de 2-4-8-16-(32) con las células en formación paralela a lo largo de su eje mayor dispuestas en serie lineal o alterna.</p> <p>Tamaño: largo 15- 20μm</p>

LITERATURA CITADA

- ❖ Abrams, P. A. 1996. Dynamics and interactions in Food Webs with adaptative foragers. En Food Webs. Interaction of patterns & dynamics. Chapman & Hall. USA. 113-121 pp.
- ❖ Alfonso, E. & Coelho, M. 1996. Manejo da Larvicultura. *En: Manual do Curso Internacional "Produção de Pós-larvas de Camarão Marinho*, (T.C.V. Gesteira e A.J.P. Nunes, eds.), CYTED – UFSC, Departamento de Aquicultura, Laboratório de Camarões Marinhos, Florianópolis, Brasil. pp.132-152.
- ❖ Almaguer, Y., Alfonso, E. & Leal, S. 2004. Aislamiento y Cultivo de dos especies de Diatomeas Bentónicas. *Rev. Invest. Mar.* 25(1):57-64
- ❖ Awaïss, A. 1991. Mass culture and nutritional quality of the freshwater rotifer (*Brachionus calcyflorus p.*) for gudgeon (*Gobio gobio l.*) and perch (*Perca fluviatilis l.*) larvae. Fish & crustacean larviculture symposium. European Aquaculture Society, Gent, Belgium, Special publication (15):113-115.
- ❖ Awaïss, A., Kestemont, P. & Micha, J.C. 1992. Nutritional suitability of the rotifer, *Brachionus calcyflorus* Pallas for rearing freshwater fish larvae. Unité d'Ecologie des Eaux Douces, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur, Belgium. *J. Appl. Ichthyol* 8:263-270.
- ❖ Ban, S., Burns, C.; Castel, J; Chaudron, Y.; Christou, E.; Scribano, R.; Umani, S. F.; Asparini, G.; Ruiz, F. G.; Offmeyer, M.; Lanoral, A.; Kang, H.; Laabir, M.; Lacoste, A.; Miraltolo, A.; Ning, X.; Oulet, S.; Rodriguez, V.; Runge, J.; Shi, J.; Starr, M.; Uyelsf, S. & Wangi, Y. 1997. The paradox of diatom-copepod interactions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 157: 287-293
- ❖ Bougis, P. 1976. Marine Plankton Ecology. American Elsevier Publishing Company, Nueva York.
- ❖ Brett, M.T. & Muller-Navarra, D.C. 1997. The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodweb processes. *Freshwater Biology*, 38(3):483-499.
- ❖ Brown, M. R., 2002. Nutritional value of microalgae for aquaculture. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.*
- ❖ Cambra, J., Luc, E. & Sabater, S. 2005. Protocolos de muestreo y análisis para fitobentos (microalgas bentónicas). Confederación hidrográfica del Hebro y URS. Zaragoza, España.

- ❖ Carotenuto, Y. & Lampert, W. 2004. Ingestion and incorporation of freshwater diatoms by *Daphnia pulicaria*: do morphology and oxylin production matter? *Journal of plankton research* 26(5):563-569
- ❖ Carruyo, L. 1983. Estudio de la distribución horizontal y vertical del zooplancton del embalse Cumaripa en el Estado Yaracuy y su relación con algunos parámetros ambientales. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. 144pp.***
- ❖ Castellanos-Páez, M. E., Garza-Mouriño, G. & Marañón- Herrera, S. 1999. Aislamiento, Caracterización, Biología y Cultivo del Rotífero *Brachionus plicatilis* (O.F. Müller). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. D.F. México. 119pp.
- ❖ Castelló O., F. 1993. Acuicultura Marina: fundamentos biológicos y tecnología de la reproducción. UNIVERSIDAD DE BARCELONA. 351 pp.
- ❖ Castrejón-Ocampo, L., Porras-Díaz, D. y Band-Schmidt, C. 1994. Cultivo de Alimento Vivo para Acuicultura. Instituto Nacional Indigenista- Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oaxaca, México. 118p
- ❖ Castro-Mejía, G., Malpica-Sánchez, A., De Lara-Andrade R., Castro, M.J. & Castro, B.T. 2001. Técnicas de cultivo de especies planctónicas e invertebrados útiles para la acuicultura. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, C.B.S. México, Distrito Federal. 65p
- ❖ Correa, J.G. 2001. Selección de especies de diatomeas bentónicas para el cultivo del abulón. Tesis para grado de Doctor. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, departamento de Acuicultura. Ensenada, Baja California. 17pp.
- ❖ Coraspe, Z.1985. Migraciones verticales diarias de algunas especies del zooplancton en el embalse de Lagartijo (Edo. Miranda). Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 118 pp. ***
- ❖ Curbelo, R., Leal S., Núñez N. & Almaguer Y. 2006. alimentación de las primeras postlarvas de camarón *Litopenaeus schmitti* con una especie de diatomea bentónica. *Rev. Invest. Mar.* 27(3):232
- ❖ Debenest, T., Silvestre, J., Coste M., Delmas, F. & Pinelli, E. 2009. A new cell primoculture method for freshwater benthic diatom communities. *J Appl Phycol* 21:65-73
- ❖ Fulks, W. & Main, K.L. 1991. Rotifer and Microalgae Culture Systems. Design and Operation of Live Feeds Production Systems. Honolulu, Hawaii. Pp.3-13
- ❖ Gilbert, J. J., 1985. Competition between rotifers and *Daphnia*. *Ecology* 66: 1943–1950.
- ❖ González, E. 2004. Caracterización limnológica de los embalses Agua Fría (Estado Miranda) y Tierra Blanca (Estado Guárico). Proyecto S1-98001361. Etapa II.

- Caracterización del embalse Tierra Blanca (Estado Guárico). Informe Técnico. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 86pp.
- ❖ Groeneweg, J., & Schluter, M. 1981. Mass production of fresh water rotifers on liquid wastes. II. Mass production of *Brachionus rubens* in the effluent of high- rate algal ponds used for the treatment of piggery waste. *Aquaculture*, 25: 25-33.
 - ❖ Griffith, D.R.W., E. Laborde V. & J.M. Wigglesworth. 1992. Biological and economic of penaeid larval rearing using benthic diatoms. *Memorias I Congreso Ecuatoriano de Acuicultura*, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. Pp. 101-105
 - ❖ Hagiwara A., Gallardo, W.G., Assavaaree, M., Kotani, T. & De Araujo, A.B. 2001. Live food production in Japan: recent progress and future aspects. *Aquaculture* 200:111-127
 - ❖ Hernández, H. 2005. Dieta natural del zooplankton del embalse Pao-Cachinche (Estados Carabobo y Cojedes). Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 106pp.***
 - ❖ Infante, A. 1978. Natural food of herbivorous zooplankton of Lake Valencia (Venezuela). *Arch. Hydrobiol.* 82: 347-358.
 - ❖ Knauer, J., Britz P.T. & Hecht, T. 1996. Comparative growth performance and digestive enzyme activity of juvenile South African abalone. *Haliotis midae*, fed on diatoms and a practical diet. *Aquaculture*, 140: 75-85.
 - ❖ Kawamura, T., Roberts, D.R. & Nicholson C.M. 1998. Factors affecting the food value of diatom strains for post-larval abalone *Haliotis iris*. *Acuaqulture*, 160:81-88.
 - ❖ Kokova, V.V., Trubachev, I.N. & Barashkov, V.A. 1982. Biochemical Composition of Certain Aquatic Invertebrates. *Hydrobiological Journal* 18(4):60-64.
 - ❖ Krammer, k. & Lange-Bertalot, H. 1988. Süßwasser flora von Mitteleuropa. Band 2/2: *Baccillariophyceae (Epithemiaceae, Surirellaceae*. Gustav Fisher. 596 pp.
 - ❖ Krebs, C.J. 1985. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. New York: Harper and Row. 800pp.
 - ❖ Lampert, W & Sommer, U. 1997. Limnoecology. Oxford University Press. N.Y. 382 pp.
 - ❖ Landau, M. 1992. Introduction to Aquaculture. USA. Inc. 440 pp.
 - ❖ Loreto, César; Rosales, Néstor; Bermúdez, José & Morales, Ever. 2003. Producción de pigmentos y proteínas de la cianobacteria *Anabaena* pcc 7120 en relación a la concentración de nitrógeno e irradiancia. *Gayana. Botánica*, 60(2), 83-89.
 - ❖ Lurling, M. & Van Donk. E. 1996. Zooplankton-induced unicell-colony transformation in *Scenedesmus acutus* and its effect on growth of herbivore daphnia. *Oecologia* 108:432-437.

- ❖ Martínez, G. & Montecino, V. 2000. Competencia en Cladocera: implicancias de la sobreposición en el uso de los recursos tróficos. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73:787-795.
- ❖ Miracle, M.R. & Serra, M. 1989. Salinity and temperature influence in rotifer life history characteristics. *Hydrobiologia*, 186(187):81-102.
- ❖ Monakov, A.V. 2003. Feeding of freshwater invertebrates. Kenobi Productions Belgium. Pp. 39- 163.
- ❖ Müller-Navarra, D.C. 1995. Biochemical versus mineral limitation in *Daphnia*. *Limnology and Oceanography*, 40(7):1209-1207.
- ❖ Nandini, S. 2000. Responses of rotifers and cladocerans to *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae): A demographic study. *Aquatic Ecology*, 34: 227–242.
- ❖ Nandini, S. & Sarma, S.S.S. 2003. Population growth of some genera of cladocerans (Cladocera) in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) levels. *Hydrobiologia* 491: 211-219, 2003.
- ❖ Nandini, S., Sarma, S.S.S. & Ramirez-García, P. 2007. Seasonal variations of zooplankton from a drinking water reservoir (Valle de Bravo) in Mexico. B.L. Kaul (ed.). *Advances in Fish and Wildlife Ecology and Biology*, Vol. 4, Daya Publishing House, Delhi, India.
- ❖ Nandini, S. & Sarma, S.S.S. 2009. Population growth and demography of *Moinodaphnia macleayi* (King, 1853) (Crustacea: Cladocera) in relation to algal (*Chlorella vulgaris* or *Scenedesmus acutus*) food density. B.L. Kaul (ed.). *Advances in fish and wildlife ecology and biology*. Vol. 5. Daya Publishing House, Tri Nagar, Delhi, India.
- ❖ Norzagaray Campos, M.; Muñoz Sevilla, P.; Sánchez Velasco, L.; Capurro Filograsso, L.; Llánés Cárdenas, O. 2012. Acuacultura: estado actual y retos de la investigación en México *AquaTIC*. 37: 20-25.
- ❖ Pavón Meza, E. L. 1993. Desarrollo de una técnica de cultivo para la producción masiva del rotífero *Brachionus calyciflorus*. Tesis para obtener título de Biólogo. U.N.A.M. México.
- ❖ Peña Aguado, F., Nandini S. & Sarma S.S.S. 2005. Differences in population growth of rotifers and cladocerans raised on algal diets supplemented with yeast. *Revista Limnológica* 35: 298–303.
- ❖ Polis, G. A. & Winemiller, K. O. 1996. *Food Webs. Integration of Patterns y Dynamics*. Chapman & Hall, USA.

- ❖ Prieto, M. & Espitia G. 2001. Proporción óptima de alimento de la cepa del rotífero *Brachionus patulus* (Müller, 1786), bajo condiciones de laboratorio. Revista MVZ Córdoba. 6(1):38.
- ❖ Rico-Martínez, R. & Dodson, S. I. 1992. Culture of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. *Aquaculture*. Volumen 105 (2): 191–199.
- ❖ Richmond, A. 1986. Microalgae of economic potential en Handbook of microalgal Mass Culture. CRC Press. USA. 199-244 pp.
- ❖ Round, F.E., Crawford R.M. & Mann D.G. 1990. The diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Gran Bretaña.
- ❖ Rothhaupt, K. O., 1990. Differences in particle size-dependent feeding efficiencies of closely related rotifer species. *Limnology and Oceanography* 35(1):16-23.
- ❖ Rueda-Jasso, R.A. 1996. Efecto nutricional de tres microalgas y una cianobacteria en el cultivo de *Brachionus plicatilis* Müller 1786. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México. *Ciencias marinas*, 22(3):313-328.
- ❖ Ruiz Sandoval, L.A. 2013. Importancia de la Acuicultura en México Estado actual de la acuicultura. Consultado el 05 de diciembre de 2016 en: http://www.cib.uaem.mx/pdf/importancia_de_la_acuicultura_en_mexico.pdf
- ❖ Sarma, S.S.S. 1998. World trends in Rotifer research. *Biology Education*, 5(4):240-243.
- ❖ Sarma, S.S.S., Nandini, S. & Gulati, R. D. 2005. Life history strategies of cladocerans: comparisons of tropical and temperate taxa. *Hydrobiologia*, 542:315–333.
- ❖ Sarma, S.S.S., Tavera-Briseño, K. & Nandini, S. 2009. Effect of type and concentration of algal food (*Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus*) on the population dynamics of *Daphnia ambigua* scourfield, 1947 (Cladocera, Daphniidae). *Crustaceana*, 82 (3): 357-366.
- ❖ Schlüter, M. 1980. Mass Culture Experiments with *Brachionus rubens*. *Hydrobiologia*, 73. 45-50.
- ❖ Searcy-Bernal, R., Salas-Garza, A., Flores-Aguilar, R. & Hinojosa-Rivera, P. 1992. Simultaneous comparison of methods for settlement and metamorphosis induction in the red abalone (*Haliotis rufescence*). *Aquaculture*. 105: 241-250.
- ❖ Shepherd, J. & Bromage, N. 1999. *Piscicultura Intensiva*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 405 p.

- ❖ Silva, A.M., Sili, C. & Torzillo, G. 2008. *Cyanoprocaryota* y microalgas (*Chlorophyceae* y *Bacillariophyceae*) bentónicas dominantes en ríos de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 56: 221.
- ❖ Snell, T. W., Childress, M. J. & Boyer, E. M. 1987. Assessing the status of rotifer mass culture. *J. World Aquacult. Soc.*, 18: 270-277.
- ❖ Sommer, U. 1998. From algal competition to animal production: Enhanced ecological efficiency of *Brachionus plicatilis* with a mixed diet. *Limnology and Oceanography*, 43(6):1393-1396.
- ❖ Stoermer, F.E. & Smol, P.J. 2000. *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge University Press. USA. 85p.
- ❖ Suárez-Morales, E., Gutiérrez-Aguirre, M., Silva-Briano, M., Granados-Ramírez, J.G. & Garfias-Espejo, T. 2008. Guía ilustrada de los microcrustáceos (Cladocera y Copepoda) de las aguas continentales de México. UNAM, México. 367 p.
- ❖ Suchar V.A. & P. Chigbu. 2006. The effects of algae species and densities on the population growth of the marine rotifer, *Colurella dicentra*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 337: 96–102.
- ❖ Tilman, D. 1992. *Resource competition and community structure*. Princeton Univ. Press.
- ❖ Torrentera Blanco, L. y Tacon, A.G.J. 1989. La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura. Una diagnosis. FAO. Proyecto GCP/RLA/075/ITA. Apoyo a las actividades regionales de acuicultura para América Latina y el Caribe. Consultado el 18 de enero de 2017, en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB473S/AB473S00.htm#TOC>
- ❖ Vázquez, N., S. 2008. Metabolismo lipídico, ácidos grasos en el cultivo larvario de almeja babosa, *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803). “Calidad ovocitaria, larvaria y nutricional con una aproximación al uso de la microencapsulación lipídica”. 26-35pp.
- ❖ Von Elert, E. 2002. Determination of limiting polyunsaturated fatty acids in *Daphnia galeata* using a new method to enrich food algae with single fatty acids. *Limnology and Oceanography*, 47(6):1764–1773.
- ❖ Vonshak, A. 1986. Laboratory techniques for the cultivation of microalgae. En Amos, R. Ph.D. *CRC Handbook of Microalgae Mass Culture*. CRC Press, Inc. USA. 129p.
- ❖ Watanabe, T., Kitajama, C. & Fujita, S. 1983. Nutritional values of live organisms used in

- Japan for mass propagation of fish: a review. *Aquaculture*, 34: 115-143.
- ❖ Yoshinaga, T., A. Hagiwara, K. Tsukamoto. 2003. Life history response and age-specific tolerance to starvation in *Brachionus plicatilis* O.F. Muller (Rotifera). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 287: 261–271.