



*Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología*

Universidad Nacional Autónoma de México



**“Efecto de las interacciones de *Euchlanis dilatata*  
(Rotifera: Euchlanidae) con los cladóceros *Alona  
glabra*, *Macrothrix triserialis* y *Simocephalus  
vetulus* alimentados con diferentes dietas”**

**T E S I S**

Que para obtener el grado académico de

**Maestro en Ciencias**

(Limnología)

P r e s e n t a

**Cristian Alberto Espinosa Rodríguez**

Director de Tesis: Dr. S. S. S. Sarma

Jurado: Dr. Martín Merino Ibarra

Dr. Alfonso Lugo Vasquéz

Dra. Elizabeth Ortega Mayagoitia

Dr. Marcelo Silva Briano

México, D.F., 2010



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.

## AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, por darme la vida, su incondicional amor, por transmitirme lo mejor de ti y por haberme apoyado en todo momento. Tú me brindaste el ejemplo de seguir luchando por lo que quiero y de no claudicar ante las adversidades. A mis tíos por ser mis segundos padres que siempre han estado a mi lado aun en los momentos más difíciles, me han servido de ejemplo y han sido parte esencial de este logro, gracias por su apoyo incondicional. Nunca dejaré de agradecerles por todas sus enseñanzas a lo largo de mi vida.

A mis primos que siempre han sido como mis hermanos, Delfino, Galileo y Aristos por darme tantos momentos inolvidables, por compartir conmigo cada una de las etapas de mi vida. Los quiero mucho.

A Ligia, que siempre me ha acompañado, quien ha sido mi consejera y mi cómplice a lo largo de éste tiempo, con quien he aprendido, vivido y recorrido éste camino, gracias por apoyarme y ser una parte fundamental en mi vida. Gracias por asistirme en la realización de mi tesis, por ser incondicional y por continuar caminando a mi lado. Gracias por tu cariño, por darme momentos tan inolvidables y por compartir cada una de tus experiencias ya que también he aprendido de ellas. Te agradezco por el apoyo que me has brindado durante los años más difíciles y felices de mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al Dr. Sarma y a la Dra. Nandini por el apoyo, paciencia y dedicación que siempre me han brindado, gracias por todas sus enseñanzas y consejos que me han ayudado tanto a la realización de esta tesis como a mi formación personal.

Al Dr. Marcelo Silva Briano y a la bióloga Araceli Adabache Ortiz que tanto me ayudaron en este proceso, por su grata estancia y compañía durante ese tiempo, por transmitirme su conocimiento incondicionalmente con el cual logré conocer y aprender nuevos aspectos académicos y por sus valiosas aportaciones a éste proyecto.

---

Al Dr. Martín Merino Ibarra, Alfonso Lugo Vásquez y Elizabeth Ortega Mayagoitia, por todo su apoyo y sus valiosas aportaciones, que ayudaron a enriquecer este proyecto y que facilitaron la realización del mismo.

Al Dr. Maciej Gliwicz por sus valiosos consejos y apoyo en este proyecto.

A toda la banda del laboratorio en especial a Diego, Rocío, Gerardo, Jorge, Cecilia, Jonathan, Lidia y Romina que me apoyaron en la realización de esta tesis y que con el paso del tiempo, hemos logramos establecer una amistad.

A mis amigos Vladimir, Cuate, Saul, Hector, Orson, Ulises y a todos los integrantes de la Casa del Sol, por hacer de este recorrido un camino divertido (por hacer de esta travesía toda una serie de aventuras) y lleno de momentos que siempre recordaré, por su apoyo en las buenas y en las malas y sobre todo por la gran amistad que se formó durante todo este tiempo, recuerden que la distancia o la lejanía no olvida nunca las buenas amistades. Gracias amigos.

A toda la banda de Iztacala con los que he compartido momentos inolvidables y que me han acompañado desde los primeros semestres de la carrera. Gracias por toda su amistad.

A la coordinación del posgrado: Dra. Gloria, Lupita, Diana, Chantal y Gaby que a pesar de toda la carga de trabajo que tienen, siempre tuvieron una sonrisa para atenderme y soportaron toda la lata que les di.

A todos los amigos del posgrado de Ciencias del Mar y Limnología, en especial a Marcos Calles y Juan Carlos Arias por la ayuda brindada y los momentos compartidos. Gracias por su gran amistad.

Al CONACYT y al COMECYT por su apoyo económico.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>11</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>18</b>
<b>HIPOTESIS</b> .....	<b>19</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>21</b>
Obtención y mantenimiento del zooplancton .....	21
Preparación de las dietas .....	22
Experimentos de crecimiento poblacional y de competencia.....	23
Relación huevo-hembra.....	24
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
Crecimiento poblacional.....	26
En interacción .....	35
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>47</b>
Crecimiento poblacional.....	47
En interacción .....	52
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>58</b>
<b>PROPUESTAS PARA FUTUROS PROYECTOS</b> .....	<b>59</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>60</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>71</b>
Anexo 1. Cultivo y cosecha de microalgas .....	71
Anexo 2. Preparación del medio EPA.....	72
Anexo 3. Preparación de muestras para el microscopio electrónico .....	72
Anexo 4. Fotografías en microscopio electrónico de barrido.....	73

## RESUMEN

Los cladóceros y los rotíferos suelen compartir el hábitat, usan los mismos recursos para su alimentación y son depredados por el mismo tipo de invertebrados y peces, además presentan ciertas características fisiológicas en común: la partenogénesis es su principal modo de reproducción, no presentan formas larvarias durante su desarrollo, tienen altas tasas de crecimiento y en su mayoría son organismos filtradores; debido a esto, sus nichos se podrían ver considerablemente sobrelapados, llevándolos a una competencia por recursos en la cual los rotíferos son a menudo desplazados por los cladóceros. La competencia ha estado implicada en cambios de estructura poblacional a nivel estacional, la relevancia de estos mecanismos de competencia tiene grandes implicaciones en el tamaño, la estructura y la composición de especies de distintas comunidades. La importancia del presente estudio radica en analizar cómo son las interacciones competitivas de algunas especies litorales abarcando un amplio intervalo de tallas de cladóceros (*Alona glabra* [400  $\mu\text{m}$ ], *Macrothrix triserialis* [800  $\mu\text{m}$ ] y *Simocephalus vetulus* [1800  $\mu\text{m}$ ]) de diferentes grupos taxonómicos (familias Daphnidae, Macrotrichidae y Chydoridae) con el rotífero *Euchlanis dilatata* en función a tres diferentes suplementos alimenticios ( $1 \times 10^6$  cels. $\text{ml}^{-1}$  de *S. acutus*,  $2 \times 10^6$  cels. $\text{ml}^{-1}$  de *C. vulgaris* viva y un detrito de *C. vulgaris* a una concentración de  $2 \times 10^6$  cels. $\text{ml}^{-1}$ ) presentes en su ambiente a concentraciones de carbono similares ( $3.16 \mu\text{mC}.\text{ml}^{-1}$ ). En los experimentos de crecimiento poblacional se pudo observar que *E. dilatata* y *M. triserialis* crecieron mejor con una dieta de *C. vulgaris* viva, *A. glabra* creció mejor con el detrito de *C. vulgaris* y *S. vetulus* creció mejor con *S. acutus*. En los experimentos de competencia se observó que en todos los tratamientos las especies coexistían debido a una posible partición de recursos, sus comportamientos alimenticios, de ovoposición y de selección de hábitat. De acuerdo al análisis huevo-hembra de *E. dilatata* solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) en el tratamiento con *C. vulgaris* viva.

Palabras clave: Competencia, coexistencia, crecimiento poblacional, facilitación, *E. dilatata*.

---

**Efecto de las interacciones de *Euchlanis dilatata* (Rotifera: Euchlanidae) con los cladóceros *Alona glabra*, *Macrothrix triserialis* y *Simocephalus vetulus* alimentados con diferentes dietas.**

**INTRODUCCION**

Uno de los aspectos de mayor interés en ecología ha sido, y sigue siendo, el estudio de las interacciones que determinan la distribución y abundancia de los organismos (Krebs, 1985; Lampert y Sommer, 2007), estas interacciones son vistas como un componente crucial dentro del funcionamiento de los diferentes ecosistemas. La biomasa dentro de los sistemas biológicos es producida por la actividad fotosintética de organismos autótrofos y posteriormente es consumida por heterótrofos, pasando de un grupo a otro en una secuencia definida de sucesión trófica (López *et al.*, 2006); de este modo las interconexiones y procesos de transferencia que están involucrados en esta secuencia pueden ser considerados en tres niveles de complejidad:

- La cadena de alimentos: Una secuencia lineal que describe la sucesión en términos de grupos de organismos.
- La pirámide ecológica: Una secuencia lineal en la cual los organismos son agrupados en términos de papel ecológico y dinámicas de transferencia de biomasa.
- La red trófica: Muestra interacciones detalladas entre grupos de organismos y especies, a menudo incluyen detalles de transferencia de biomasa y energía (Sigeo, 2005).

De este modo, conocer las interacciones entre estos factores y cuantificar su importancia relativa representa uno de los principales problemas con los que se enfrenta la ecología (Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

En los ecosistemas acuáticos epicontinentales, el zooplancton de agua dulce es una comunidad dominada por tres grupos taxonómicos que llegan a presentar la mayor contribución de biomasa zooplanctónica en algunos sistemas: Protozoos, rotíferos y microcrustáceos (Margalef, 1983; Wallace y Snell, 1991; Sigeo, 2005). Esta comunidad juega un papel crucial dentro de la cadena alimenticia reciclando

---

nutrientes de un nivel trófico más bajo (como son las bacterias, protozoos, detritus y fitoplancton) a uno más alto como son los peces y el zooplancton depredador (Sarma, 1991; Abrantes *et al.*, 2006; Norlin *et al.*, 2006); también desempeña otras funciones dentro del ecosistema como: la recirculación del agua (mejorando su calidad), la generación de heterogeneidad ambiental con la creación de corrientes, la difusión de elementos químicos (biocatálisis) y la estabilización y regulación del ecosistema (Ostroumov, 2005).

Dentro del zooplancton encontramos a los rotíferos que tienen un tamaño que va de los 45 $\mu\text{m}$  a los 2500 $\mu\text{m}$ , son metazoos caracterizados por tener una corona ciliada con la cual crean corrientes para desplazarse y llevar el alimento hacia su boca (Elías-Gutiérrez y Sarma, 1998; Pavón, 2000). Los cladóceros son crustáceos de la clase Branchiopoda que miden entre 400 $\mu\text{m}$  y 4000 $\mu\text{m}$ , se desplazan con la ayuda de sus antenas y se alimentan creando corrientes con sus apéndices torácicos los cuales tiene setas que les ayudan a atrapar las partículas alimenticias en suspensión (Dodson y Frey, 1991).

Los cladóceros y los rotíferos suelen compartir el hábitat, se llegan a alimentar de los mismos recursos y en algunos casos son depredados por el mismo tipo de invertebrados y peces (Enríquez, 2004; Nogrady *et al.*, 2006); estos grupos de organismos también presentan ciertas características en común: la partenogénesis es su principal modo de reproducción, no presentan formas larvianas durante su desarrollo (desarrollo directo), tienen altas tasas de crecimiento y en su mayoría son organismos filtradores (Hurtado-Bocanegra *et al.*, 2002); debido a esto, sus nichos se podrían ver considerablemente sobrelapados, llevándolos a una competencia por recursos en la cual los rotíferos son a menudo desplazados por los cladóceros (Anupama y Rao, 1998).

Es de suma importancia comprender la estructura y función de los lagos, además de las interacciones entre las especies presentes (Enríquez, 2004), así, el establecer la relación entre el zooplancton y el fitoplancton es determinante en las redes de alimento de los sistemas acuáticos y es el principal sistema de



---

transferencia de energía en estos ambientes (Sigeo, 2005), de esta manera, el entendimiento de estos procesos nos podría ayudar a mejorar nuestra capacidad para controlar crecimientos de algas tóxicas (Fernández, 2010), mantener la estética de cuerpos de agua, proteger los reservorios que suministran de agua potable y mejorar la producción acuícola (Sarma, 1991; Danielsdottir *et al.*, 2007). En relación a esto se han realizado varios estudios (Sterner y Hessen, 1994; Fileto *et al.*, 2004; Acharya *et al.*, 2004) que sugieren que la calidad de alimento disponible para los herbívoros afecta en gran medida la abundancia y diversidad del zooplancton en los cuerpos de agua (Abrantes *et al.*, 2006; Persson *et al.*, 2008).

También se ha reconocido que existen patrones sucesionales que estructuran las comunidades de zooplancton en los lagos y reservorios, que son regulados por una combinación de factores bióticos y abióticos como la temperatura o los nutrientes (Rettig *et al.*, 2006); dentro de los factores bióticos la competencia y la depredación son las dos principales interacciones bióticas que estructuran esta comunidad (Rothhaupt, 1990; Dodson, 2005; Lampert y Sommer, 2007). En este sentido, la competencia llega a ser determinante cuando la presión de la depredación es baja (Dodson, 1974), de este modo cuando la producción primaria es baja, el zooplancton tiene una limitación por alimento y ha sido reconocido que esta limitación es la causa de una sucesión estacional en las poblaciones de zooplancton (Schindler, 1971; Nandini y Sarma 2002; Feniova *et al.*, 2006); también se ha planteado que la competencia es la mayor fuerza que promueve la adaptación de las especies a nuevas condiciones ambientales (Snell, 1979).

En sistemas naturales, cuando los cladóceros y los rotíferos están presentes en un ambiente determinado existen varias posibilidades de interacción competitiva: a) Competencia explotativa, en la cual las especies más grandes limitan a las especies más pequeñas de alimento, b) Competencia por interferencia, en la cual los cladóceros más grandes dañan físicamente a los rotíferos planctónicos y a sus huevos (Gilbert, 1988) y c) Facilitación, la cual ocurre si alguna de ambas especies obtiene alguna ganancia energética de la alimentación de otra dado un

comportamiento alimenticio complementario (Shurin y Allen, 2001; Arsenault y Norman, 2002; Hertonsso *et al.*, 2008); de este modo algunas especies pueden tener efectos positivos sobre la diversidad local a través de interacciones mutualistas o por la modificación física de su ambiente o también pueden tener efectos negativos limitando algún recurso (Shurin y Allen, 2001), actualmente se ha ampliado esta visión y no solamente se admiten interacciones de signo negativo, sino se están describiendo cada vez mas interacciones positivas en varios grupos de organismos de diferentes ecosistemas como modeladores de la estructura comunitaria (Verdú, 1997; Van Der Wal *et al.*, 2000; Rand, 2004; Norkko *et al.*, 2006; Preisser *et al.*, 2006; Valiente-Banuet y Verdú, 2008; Espeland y Rice, 2008).

La hipótesis de tamaño-eficiencia está relacionada con la competencia explotativa, la cual plantea que las especies grandes de zooplancton compiten con las más pequeñas por el alimento disponible de la siguiente manera:

- 1) Todos los herbívoros compiten por la materia particulada fina (1-15 $\mu$ m) disponible en el ambiente.
- 2) El zooplancton de tamaño más grande compite más eficientemente y puede tomar partículas más grandes.

De este modo cuando la depredación es baja los herbívoros planctónicos pequeños pueden ser eliminados competitivamente por organismos más grandes (Dodson, 1974; Feniova, *et al.*, 2006; Lampert y Sommer, 2007).

También existe otra hipótesis que plantea que las especies con menor concentración umbral de alimento son favorecidas en hábitats con baja concentración de alimento (MacIsaac y Gilbert, 1991; Feniova, *et al.*, 2006). Por otro lado la facilitación podría ser responsable en gran parte de la diversidad de especies en algunos ambientes y en la regeneración de sistemas perturbados (Levine, 1999; Fernández, 2010), también es muy probable que pueda originarse en ensamblajes donde los diferentes pares de competidores compiten por diferentes recursos o tienen diferentes mecanismos para adquirir sus recursos (Levine, 1999), sin embargo existen pocos estudios que provean clara evidencia del papel de la facilitación en el funcionamiento de los ecosistemas (Steiner *et al.*, 2005).

---

Si estas interacciones son usadas para predecir la organización de una comunidad, los ecólogos tienen que incorporar la mayoría de los efectos que surgen cuando estas interacciones son vistas en el contexto de las comunidades (Stone y Roberts, 1991), en las cuales los competidores a menudo coexisten, pero no es claro el mecanismo por el cual lo hacen (Semenchenko *et al.*, 2007). Las interacciones competitivas bajo condiciones de campo podrían ser analizadas usando muestras de campo de diferentes estaciones del año, también estudios de laboratorio proporcionan información cuantitativa sobre periodos relativamente cortos los cuales pueden ser usados para desarrollar modelos predictivos (Snell, 1998; Fernández-Araiza *et al.*, 2005).

La competencia intraespecífica e interespecífica, han estado implicadas en cambios de estructura poblacional a nivel estacional (Snell, 1979; Wilkins y Cooper, 1982), la importancia de estos mecanismos de competencia tiene grandes implicaciones en el tamaño, la estructura y la composición de especies de distintas comunidades (Hertonsson *et al.*, 2008), por ejemplo, los grandes cladóceros desplazan a los rotíferos a través de la competencia por explotación y la competencia por interferencia (Maclsaac y Gilbert, 1991), además se ha encontrado que los organismos filtradores con preferencias alimenticias similares son desplazados en tiempo y espacio (Wilkins y Cooper, 1982).

En cuerpos de agua naturales, los cladóceros y los rotíferos pelágicos compiten por el alga y otras fuentes de alimento como bacterias y detritus debido a que usan el mismo recurso para sus necesidades metabólicas y lo obtienen de la misma forma (Gilbert, 1985; Nandini *et al.*, 2002b); de este modo, esta competencia estaría dada por la limitación en alimento (Dumont, 1994). Estudios previos sobre interacciones entre el zooplancton indican que el resultado de esa competencia depende de varios factores como: tasas de crecimiento poblacional (Sarma *et al.*, 1996), resistencia a la falta de alimento y a la concentración umbral de alimento para cada especie (Nandini y Sarma, 2003), sin embargo esfuerzos de modelaje y experimentos de competencia, explican el efecto de las interacciones indirectas concluyendo que el incremento en el número de especies podría reducir

---

la intensidad de competencia o llevar a una facilitación y así a una coexistencia (Levine, 1999).

El zooplancton de agua dulce es ideal para evaluar los papeles de distintos factores bióticos y abióticos a nivel de población gracias a que presenta una amplia distribución geográfica, tiene un ciclo de vida relativamente corto, presenta plasticidad fenotípica, se cultiva fácilmente en pequeños volúmenes, es de tamaño pequeño (de  $\mu\text{m}$  a unos pocos  $\text{mm}$ ), responde rápidamente a cambios ambientales, además de que ocupa una posición central dentro de las redes tróficas consumiendo productores primarios y siendo consumido por depredadores (Lampert, 2006; Lampert y Sommer, 2007; Nandini *et al.*, 2007b).

Estos organismos han sido ampliamente usados como organismos de bioensayo, particularmente para probar el efecto de la calidad del alimento y sustancias tóxicas (Martínez-Jerónimo y Gutiérrez-Valdivia, 1991; García *et al.*, 2004; Snell, 2007). El impacto de estas sustancias puede ser analizado en base a algunos parámetros como: tasas de crecimiento, tasas de filtración, crecimiento somático, sobrevivencia, reproducción y parámetros relacionados (Timotius y Goltenboth, 1995). También se puede estimar la tasa de nacimiento y de mortalidad contando el número de huevos que carga cada hembra; esta técnica permite predecir el crecimiento de poblaciones naturales de rotíferos cuando la reproducción es partenogenética (Dodson y Frey, 1991).

El crecimiento poblacional del zooplancton depende de varios factores entre los cuales se encuentran los parámetros fisicoquímicos del agua como la temperatura, el pH y los niveles de nutrientes entre otros (Sarma y Nandini, 2008). Dentro de los factores bióticos, la calidad y la cantidad de alimento son muy importantes ya que regulan directamente el crecimiento y reproducción del zooplancton además su calidad nutricional también va en función del organismo que lo consume; se han reportado varias características que determinan la calidad nutricional como lo es: el tamaño, la forma, la digestibilidad, el contenido de fósforo y nitrógeno, así como su contenido de vitaminas, proteínas y de ácidos grasos esenciales poli

---

insaturados (Hessen, 1993; Sterner y Schulz 1998; Elser *et al.*, 2001; Ferrao-Filho *et al.*, 2003). De este modo una alimentación basada en algas con deficiente calidad nutricional provocaría una reducción del crecimiento poblacional y de las tasas reproductivas repercutiendo en la productividad secundaria en cuerpos de agua naturales (Sarma *et al.*, 2005b; Lampert y Sommer, 2007).

Como ya se ha dado a conocer, los lagos de México se caracterizan por que en su mayoría son poco profundos, lo cual les confiere ciertas características particulares como la alta turbidez y una alta densidad de macrófitas donde se pueden encontrar cladóceros y rotíferos a lo largo del año (Enríquez, 2004). Mientras los géneros pelágicos como *Daphnia*, *Brachionus* y *Moina* han sido bien estudiados (Wilkins y Cooper, 1982; Nandini *et al.*, 2007b), existe menor cantidad de información disponible sobre el crecimiento poblacional de especies litorales (Balayla & Moss, 2003) como es el caso de *Euchlanis dilatata*.

Se ha reconocido que las macrófitas tienen una gran influencia gobernando la estructura espacial de microcrustáceos y comunidades de macrofauna en la zona litoral (Ali *et al.*, 2007), estas plantas proveen una gran diversidad de superficies para colonizarlas y para alimentarse, varios intersticios para ocultarse de los depredadores, además de que generan variabilidad temporal de la química del agua, oxígeno y pH como resultado de la fotosíntesis lo cual genera una mayor diversidad de nichos (Duggan *et al.*, 2001).

Los organismos que viven en la zona litoral-bentónica tienen disponible una gran cantidad de materia orgánica que es generada en estos sistemas y que les sirve de alimento (Enríquez, 2004), dentro de este hábitat encontramos a los miembros de las familias Chydoridae y Macrothricidae principalmente, quienes viven sobre varias superficies como raíces, sobre el bentos, en sedimentos orgánicos y particularmente sobre macrófitas; la familia Chydoridae generalmente presenta altas densidades (Dodson y Frey, 1991) lo mismo que los rotíferos de la familia Euchlanidae del cual se han reportado densidades de 1000 ind.L<sup>-1</sup> en zonas litorales (Balayla y Moss, 2003; Nogrady *et al.*, 2006).

---

*Euchlanis dilatata* es un componente común de la fauna de rotíferos de la zona litoral, presenta amplia distribución mundial en aguas ácidas y alcalinas (King, 1967), tiene una dieta muy variada que incluye algas filamentosas (Gulati *et al.*, 1993), además acostumbra adherir sus huevos a un sustrato lo que lo hace más competitivo (Walsh, 1989).

La diversidad y densidad de algas en un cuerpo de agua depende de entre otros factores, de su estado trófico; las aguas oligotróficas con bajas concentraciones de nutrientes tienen bajas densidades y altas diversidades de flora algal, en sistemas eutróficos pasa lo contrario y en condiciones mesotróficas encontramos niveles intermedios (Sarma y Nandini, 2008). Por otro lado *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus* son clorofitas que han sido ampliamente utilizadas como alimento para rotíferos y cladóceros pelágicos además de que son microalgas muy comunes en cuerpos de agua en México con una talla promedio de 5µm y 10µm respectivamente además son muy adecuadas para su consumo por parte del zooplancton (Flores-Burgos *et al.*, 2004). El detritus es un producto natural en cuerpos de agua el cual varía de un cuerpo de agua a otro dependiendo de varios factores, pero en general contiene: materia orgánica en descomposición, bacterias, protozoos y algunas especies de algas perifíticas el cual es un recurso importante para rotíferos y cladóceros litorales (Enríquez *et al.*, 2003; Monakov, 2003).

Las técnicas de enumeración han sido utilizadas ampliamente y son esenciales para generar observaciones que puedan ser usadas para probar predicciones derivadas de teorías o para hacer nuevas preguntas que lleven a nuevas áreas de investigación. Estas estimaciones también podrían formar la base de teorías empíricas o relaciones que puedan hacer predicciones cuantitativas acerca de la distribución y abundancia de organismos en la naturaleza (McCauley, 1984).

Experimentos de laboratorio bajo condiciones bien definidas, nos ayudan a resolver algunas de las complejas interacciones que ocurren en el campo, por ejemplo conocer el efecto de alguna variable biótica o abiótica (depredación, competencia, calidad de alimento, luz, temperatura, etc.) sobre un grupo de

organismos para así poder modelar los resultados y hacer generalizaciones (Sarma *et al.*, 2005b) que nos ayuden a entender mejor la función del ecosistema y también para poder anticipar y minimizar impactos como descargas de nitratos, fosfatos, tóxicos, metales, etc. (Snell, 2005). Recientemente se han realizado estudios experimentales con zooplancton de zonas tropicales que involucran aspectos de calidad y cantidad de alimento, resultando que el conocimiento acerca del funcionamiento de las redes alimenticias en los trópicos es aun limitado (Ferraio-Filho *et al.*, 2003).

Varios ecólogos teóricos y de campo han enfocado su estudio a la importancia del impacto negativo (depredación y competencia principalmente) entre diferentes especies en la estructuración de comunidades acuáticas con especies predominantemente pelágicas (Allan, 1974; Neill, 1981; MacLissac y Gilbert, 1989; Gliwicz y Stibor, 1993), sin embargo las interacciones positivas (facilitación) han recibido escasa atención (Van der Wal *et al.*, 2000; Nandini *et al.*, 2007a). La importancia del presente estudio va en función a conocer como son las interacciones competitivas de algunas especies litorales abarcando un amplio rango de tallas de cladóceros (*Alona glabra* [400µm], *Macrothrix triserialis* [700µm] y *Simocephalus vetulus* [1800µm]) de diferentes grupos taxonómicos (familias Daphnidae, Macrotrichidae y Chydoridae) con el rotífero *Euchlanis dilatata* en función a tres diferentes suplementos alimenticios ( $1 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup> de *S. acutus*,  $2 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup> de *C. vulgaris* viva y un detrito de *C. vulgaris* a una concentración de  $2 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup>) presentes en su ambiente a concentraciones de carbono similares (3.16 µmC.ml<sup>-1</sup>).

## Antecedentes

En décadas anteriores el estudio de los cuerpos acuáticos estaba más orientado a cuestiones de tipología lacustre y a cuestiones taxonómicas y evolutivas de los organismos, recientes estudios han puesto más atención a cuestiones de contaminación, biomanipulación y ecología. Shurin y Allen (2001) realizaron un estudio con fitoplancton, zooplancton y peces donde analizaron las causas de la coexistencia mediada por depredadores a escala local y regional, mencionando que la presencia de éstos, incrementa la abundancia de competidores debido a que reducen la abundancia de competidores eficientes. De los estudios realizados sobre la competencia en rotíferos pelágicos, Fernández-Araiza y colaboradores (2005) evaluaron el efecto de la competencia intraespecífica en cuatro especies de la familia Brachionidae en función de la concentración de *Chlorella vulgaris* ( $1.5 \times 10^6$ ,  $3.0 \times 10^6$  y  $4.5 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup>) a distintas temperaturas (22° y 28 °C) evaluando su crecimiento poblacional, ellos reportan que en general las más altas tasas de crecimiento fueron obtenidas en la ausencia de competidores y a mayor concentración de alimento. Por su parte Nandini y Sarma (2002) desarrollaron estudios de competencia entre rotíferos pelágicos y litorales donde evaluaron el crecimiento poblacional de *Brachionus patulus* y *Euchlanis dilatata* a diferentes concentraciones de *Chlorella vulgaris* ( $0.75 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup> y  $1.5 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup>) y a diferentes concentraciones de inóculo de rotíferos, mostrando que un incremento en la concentración de alimento resultaba en un incremento en la abundancia poblacional de los rotíferos. *E. dilatata* fue capaz de desplazar a *B. patulus* en todas las densidades de inóculo inicial excepto cuando *B. patulus* era más abundante y había menor cantidad de alimento donde se observó que coexistían, también se han realizado estudios de competencia con cladóceros pelágicos (Sarma y Nandini, 2004), en donde se analizó el efecto de dos concentraciones ( $0.5$  y  $1.5 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup>) de alga (*Chlorella vulgaris*) sobre el crecimiento poblacional en competencia de *Moina macrocopa* y *Ceriodaphnia dubia* donde se encontró que independientemente de la concentración de alimento *C. dubia* tuvo menor crecimiento poblacional independientemente de la presencia del otro cladóceros, también encontraron que estas especies coexistían por un corto tiempo



---

a menor concentración de alimento mientras que a mayor concentración de alimento *C. dubia* era suprimida.

Wilkins y Cooper (1982) evaluaron las dinámicas poblacionales de *Daphnia pulex*, *Moina affinis* y *Ceriodaphnia* sp. in situ, con el fin de probar la importancia de la competencia en la regulación de estas poblaciones, sus investigaciones sugieren que el grado de competencia va en función de la concentración de los recursos y de la edad de los competidores. Por otro lado Nandini y colaboradores (2007a) evaluaron interacciones entre dos cladóceros litorales y un pelágico a través de sus tablas de vida y dinámicas poblacionales (*Alona rectangula*, *Simocephalus vetulus* y *Pleuroxus aduncus*) alimentados con dos tipos de dietas (*Scenedesmus acutus* y detritus), también evaluaron el efecto de la competencia sobre el crecimiento poblacional de las mismas especies alimentadas con *S. acutus*. De los experimentos de competencia encontraron que *A. rectangula* y *P. aduncus* tuvieron valores más altos de tasa de crecimiento en presencia de *S. vetulus* que en los controles, lo que nos indica un proceso de facilitación entre organismos zooplanctónicos.

Investigaciones que involucran competencia entre rotíferos y cladóceros planctónicos han sido realizadas por Maclsaac y Gilbert en 1991, donde probaron hasta qué punto los pequeños cladóceros (*Ceriodaphnia dubia* y *Daphnia ambigua*) y los grandes (*Daphnia galeata mendotae* y *Daphnia pulex*), suprimen la presencia del rotífero *Keratella cochlearis* a través de la competencia explotativa y por interferencia, ellos reportan que *C. dubia* y *D. ambigua* suprimen al rotífero solo por competencia explotativa, mientras *D. galeata mendotae* y *D. pulex* suprimen al rotífero por competencia por interferencia principalmente. Concluyendo que estos mecanismos de competencia afectan la composición de las comunidades naturales de rotíferos de diferentes maneras.

En un trabajo similar Gilbert (1985), evaluó la capacidad de coexistencia de dos rotíferos *Brachionus calyciflorus* y *Keratella cochlearis* con un cladóceros (*Daphnia pulex*) de tamaño grande alimentados con *Nannochloris oculata* (1.8  $\mu\text{m}$  de

diámetro) o con *Cryptomonas* sp. (17 x 14 µm), el observo que *Daphnia pulex* excluyo a las 2 especies de rotíferos antes de 3 semanas a través de competencia explotativa y por interferencia, tambien Nandini *et al.*, (2002b), reportaron que la presencia de los cladóceros (*Daphnia pulex*, *Simocephalus vetulus*, *Moina macrocopa* y *Ceriodaphnia dubia*) tuvo un efecto negativo significativo sobre la máxima densidad poblacional y la tasa de crecimiento poblacional del rotífero *Brachionus patulus*.

En otro estudio entre rotíferos y cladóceros, Hurtado-Bocanegra y colaboradores (2001) reportaron que el crecimiento poblacional de *B. patulus* fue afectado por la presencia de 2 cladóceros reduciendo su crecimiento poblacional hasta en un 50%. Por otro lado Dodson (1974), prueba la hipótesis de tamaño-eficiencia en un cuerpo de agua templado donde el sustenta que una hipótesis alternativa debería plantearse para entender la importancia de los depredadores sobre presas pequeñas. En trabajos de competencia entre cladóceros litorales (*Macrothrix triserialis* y *Alona rectangulara*) también se ha demostrado que estas especies son influenciadas del mismo modo por la disponibilidad de alimento y la presión competitiva de otra especie, además mencionan que a menor concentración de alimento y mayor presión competitiva, hay un menor crecimiento somático (Nandini *et al.*, 2002a), a pesar de su importancia hay menos investigación sobre especies litorales por lo que también se busca ampliar la información acerca de estas especies (Dodson y Frey, 1991).

Con respecto a la calidad nutricional del zooplancton, Schindler (1971) determinó la cantidad y el tipo de alimento ingerido y asimilado por tres especies de zooplancton (*Daphnia longispina*, *Diaptomus gracilis* y *Cyclops strennus strennus*) usando 11 diferentes tipos de algas y cianobacterias marcadas con <sup>14</sup>C, en conclusión, menciona que la calidad y cantidad de alimento también va en función del tamaño, la forma y de los requerimientos nutricionales de cada especie de zooplancton.

Tabla 1. Diferentes trabajos de interacciones competitivas en laboratorio entre diversas especies de zooplancton de diferentes hábitats.

Autor (es)	Hipótesis del autor	Resultado	Especies y ambiente	Dieta
Allan, 1973	Competencia interespecifica	Coexistencia	<i>D. parvula</i> y <i>H. gibberum</i> (pelágicos)	Alga, bacteria y detrito
Gilbert, 1985	Competencia interespecifica	Exclusión competitiva	<i>D. pulex</i> , <i>B. calyciflorus</i> y <i>K. cochlearis</i> (pelágicos)	<i>Cryptomonas</i> sp. y <i>N. oculata</i>
McIssac y Gilbert, 1991	Competencia interespecifica	Los cladóceros excluyen al rotífero	<i>C. dubia</i> , <i>D. ambigua</i> , <i>D. galeata</i> , <i>D. pulex</i> y <i>K. cochlearis</i> (pelágicos)	<i>Cryptomonas</i> sp.
Nandini <i>et al.</i> , 2002a	Competencia interespecifica	Baja presión competitiva por parte de ambos	<i>A. rectangula</i> y <i>M. triserialis</i> (litorales)	<i>C. vulgaris</i> (0.5 y $2.0 \times 10^6$ cels.ml <sup>-1</sup> )
Nandini <i>et al.</i> , 2002b	Competencia interespecifica	Coexistencia y exclusión competitiva	<i>B. patulus</i> , <i>D. pulex</i> , <i>C. dubia</i> , <i>M. macrocopa</i> (pelágicos) y <i>S. vetulus</i> (litoral)	<i>C. vulgaris</i> (0.5 y $1.5 \times 10^6$ cels.ml <sup>-1</sup> )
Nandini y Sarma, 2002	Competencia interespecifica	<i>E. dilatata</i> excluye a <i>B. patulus</i>	<i>B. patulus</i> (pelágico) y <i>E. dilatata</i> (litoral)	<i>C. vulgaris</i> (0.75 x $10^6$ y $1.5 \times 10^6$ cels.ml <sup>-1</sup> )
Sarma y Nandini, 2004	Competencia interespecifica	Breve periodo de coexistencia	<i>M. macrocopa</i> y <i>C. dubia</i> (pelágicos)	<i>C. vulgaris</i> (0.5 y $1.5 \times 10^6$ cels.ml <sup>-1</sup> )
Fernández <i>et al.</i> , 2005	Competencia intraespecifica	Alta competencia intraespecifica	<i>Brachionus</i> spp. (pelágicos)	<i>C. vulgaris</i> (1.5, 3.0 y $4.5 \times 10^6$ cels.ml <sup>-1</sup> )
Steiner <i>et al.</i> , 2005	Facilitación	Facilitación y competencia interespecifica	<i>D. pulex</i> , <i>D. brachyurum</i> , <i>C. quadrangula</i> y <i>C. sphaericus</i> (pelágicos y litorales)	<i>Monoraphidium</i> sp.
Nandini <i>et al.</i> , 2007a	Competencia interespecifica	Facilitación interespecifica en presencia de <i>S. vetulus</i>	<i>A. rectangula</i> , <i>S. vetulus</i> (litorales) y <i>P. aduncus</i> (pelágico)	<i>S. acutus</i> ( $1.5 \times 10^6$ cels.ml <sup>-1</sup> ) y detritus del campo
Hertonsso <i>et al.</i> , 2008	Competencia intraespecifica e interespecifica	Facilitación interespecifica	<i>L. peregra</i> y <i>C. dipterum</i> (Bentónicos)	Cubierta de alga perifítica
Fernández, 2010	Facilitación	Facilitación interespecifica	<i>H. incongruens</i> y <i>S. vetulus</i>	<i>Microcystis</i> sp., <i>Oscillatoria</i> sp. y <i>S. acutus</i>

Sommer (1992), reporta que el fosforo es esencial para el crecimiento y reproducción de *Daphnia galeata* la cual no pudo crecer cuando se le alimento con *Scenedesmus acutus* limitada en este elemento, mientras que usando alga sin limitación de fosforo, alcanzo densas poblaciones, en este mismo año a partir de un estudio de 47 lagos realizado por Hessen (1992) sugirió que debido a que en condiciones naturales la relación P:C del seston está por debajo de lo que se encuentra en el zooplancton, éste experimentara una reducción similar en fosforo, también menciona que la limitación de nutrientes tiene grandes implicaciones en la regulación de la producción herbívora, competencia y en el ciclo de nutrientes en aguas epilimnéticas.

En una revisión de estudios de campo y laboratorio sobre la calidad de alimento en el zooplancton Sterner y Schulz (1998) mencionan que la calidad de alimento llega a ser pobre debido a una insuficiencia de nutrientes esenciales como la limitación de fosforo, la resistencia a la digestión y la limitación en ácidos grasos. Elser *et al.*, (2001) mencionan que la limitación de nutrientes reduce la calidad de alimento para el zooplancton, ellos usaron *Daphnia dentifera* alimentada con materia orgánica particulada (seston) enriquecida y no enriquecida con fosfato, encontrando que al enriquecer el seston había un rápido decremento en la relación C:P, lo cual estimulaba el crecimiento de *Daphnia*. Por otro lado Demott y Müller-Navarra (1997), determinaron en laboratorio el papel de los  $\omega$ 3 ácidos grasos altamente insaturados en la nutrición del zooplancton usando diferentes dietas de *Scenedesmus acutus* y la cianobacteria *Synechococcus elongatus* como alimento los cuales tienen diferente contenido de estos ácidos (40% y 6% respectivamente), a otro tratamiento se le agrego aceite de pescado rico en acido oleico insaturado lo cual mejoró rápidamente el crecimiento y reproducción de tres de cuatro especies de daphnidos probados.

En un trabajo acerca de la calidad nutricional de alimento natural (seston) colectado de un lago en Brasil Ferrao-Filho *et al.*, (2003), evaluaron varios experimentos de tabla de vida usando cladóceros (*Daphnia gessneri*, *Moina*

*micrura*, *Ceriodaphnia cornuta* y *Simocephalus vetulus*) del mismo lago en dos estaciones del año donde reportan que las concentraciones de alimento eran mayores en verano que en otoño y de acuerdo a la calidad nutricional en otoño fue menor debido a la dominancia de grandes diatomeas y dinofíceas que tienen bajo valor nutricional, concluyendo que la composición de fitoplancton de bajo valor nutricional y de tamaño inadecuado para el zooplancton son factores importantes en determinar sus tasas de reproducción.

Enríquez *et al.*, (2003), evaluaron el crecimiento poblacional de 3 especies de cladóceros litorales (*Macrothrix triserialis*, *Alona rectangula*, *Chydorus sphaericus*) y 3 especies de rotíferos (*Brachionus macracanthus*, *Lecane quadridentata* y *Platyas quadrycornis*) alimentados con 4 distintas dietas: *Chlorella vulgaris* viva, *Chlorella vulgaris* hervida, levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y detritus colectado del campo. Los organismos no mostraron un buen crecimiento poblacional con la levadura en comparación con las microalgas vivas. Los rotíferos *L. quadridentata* y *B. macracanthus* (pelágicos) tenían tasas de crecimiento poblacional similares con *Chlorella vulgaris* viva y hervida, mientras *P. quadricornis* creció mejor con detritus.

Con respecto a procesos facilitativos Steiner *et al.*, (2005) evaluaron el efecto de cuatro especies de cladóceros (*Daphnia pulex*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia quadrangula* y *Chydorus sphaericus*) sobre la estructura trófica y la estabilidad del plancton (cuantificando biomasa de microalgas y de zooplancton) comparando monocultivos y policultivos, ellos encontraron un efecto positivo en los policultivos donde la cantidad de biomasa era mayor como resultado de efectos facilitativos entre competidores, así *D. brachyurum* era fuertemente afectada positivamente por la presencia de competidores interespecíficos, mientras *D. pulex* era afectada negativamente. Con respecto a especies pertenecientes a otros grupos Hertonsso *et al.*, (2008) estudiaron los efectos competitivos de dos especies taxonómicamente distintas, un caracol (*Lymnaea peregra*) y una larva de insecto (*Cloeon dipterum*) alimentados con una cubierta de

---

alga perifítica en peceras, donde encontraron que la competencia intraespecífica afecta a ambas especies de herbívoros incrementando la mortalidad al incrementar la densidad poblacional y en cuanto a la competencia interespecífica, encontraron un efecto positivo (facilitación) de la presencia de larvas de insecto sobre los caracoles a través de un comensalismo indirecto por parte de estos últimos.

---

## JUSTIFICACION

Se han publicado varios trabajos relacionados a la competencia entre especies de zooplancton pelágicas, tanto entre rotíferos y cladóceros, como dentro del grupo de rotíferos o cladóceros, también existe una gran cantidad de trabajos relacionados a depredación sobre cladóceros y rotíferos, sin embargo pocos han sido los esfuerzos realizados para el estudio de competencia entre especies litorales, además existen otros procesos que son muy comunes en la naturaleza y juegan un papel importante en la estructuración de comunidades, estas interacciones han recibido poca atención por parte de los investigadores probablemente debido a algunas causas como: a) no son fácilmente observables en el campo b) no son fácilmente detectables o medibles bajo condiciones de laboratorio ya que la respuesta es muy poca y c) generalmente el resultado facilitativo es atribuido a variables fisicoquímicas.

Hay muy pocos trabajos de interacciones competitivas entre cladóceros y rotíferos que incluyan un amplio rango de tallas de cladóceros con diferentes hábitos alimenticios, además de que los estudios ecológicos sobre rotíferos y cladóceros están más enfocados a especies pelágicas que a especies litorales.

---

## **HIPOTESIS**

Dado que los organismos seleccionados son organismos filtradores que se alimentan de microalgas y detritus podría existir una interacción positiva (facilitación) o negativa (competencia) entre ellos, la cual se espera varíe dependiendo de la combinación de especies y de la dieta suministrada.



---

## OBJETIVOS

- Objetivo general

Evaluar el efecto que resulta de la interacción entre el rotífero (*Euchlanis dilatata*) y tres especies de cladóceros alimentados con diferentes dietas.

- Objetivos particulares
  - Evaluar el patrón del crecimiento poblacional de cada una de las especies zooplanctónicas seleccionadas usando diferentes dietas.
  - Comparar los patrones de crecimiento poblacional de *Euchlanis dilatata* sola y en presencia de *Alona glabra*, *Macrothrix triserialis* y *Simocephalus vetulus* alimentados con diferentes dietas.
  - Comparar los patrones de crecimiento poblacional de *Alona glabra*, *Macrothrix triserialis* y *Simocephalus vetulus* en presencia de *Euchlanis dilatata* alimentados con diferentes dietas.

## MATERIALES Y METODOS

### ➤ Obtención y mantenimiento del zooplancton

Se utilizaron cepas de cuatro especies de zooplancton, de las cuales *Alona glabra* y *Macrothrix triserialis* (Cladóceras) fueron colectados de un cuerpo de agua temporal en Veracruz, *Simocephalus vetulus* (Cladóceras) se colectó en los canales de Xochimilco y *Euchlanis dilatata* (Rotífera) fue aislado de un cuerpo de agua temporal en Tabasco. Las especies de zooplancton seleccionadas, fueron cultivadas por separado a partir de una hembra partenogenética; estas cepas fueron mantenidas en laboratorio con una mezcla de *Scenedesmus acutus* y *Chlorella vulgaris* cultivadas y cosechadas en el laboratorio (ver anexo 1). Las condiciones que favorecieron un buen crecimiento poblacional y altas densidades poblacionales fueron un pH de 7.5, temperatura de  $22 \pm 2$  °C, iluminación fluorescente continua y el cambio del medio cada tercer día donde se encontraban lóricas, individuos muertos, organismos descomponedores y materia orgánica que podía ser fuente de contaminación, para esto se filtraron los rotíferos con una malla de 50  $\mu\text{m}$  en una red cilíndrica de 8 cm. diámetro de y 6.0 cm. de altura, para los cladóceros se utilizó una malla de 120  $\mu\text{m}$  con las mismas dimensiones y posteriormente se depositaron en el nuevo medio correspondiente, tratando de causar el menor daño posible a las poblaciones (Sarma, 1991). *M. triserialis* creció mejor con solo agregar más alimento al medio.



Lamina 1. *Euchlanis dilatata*

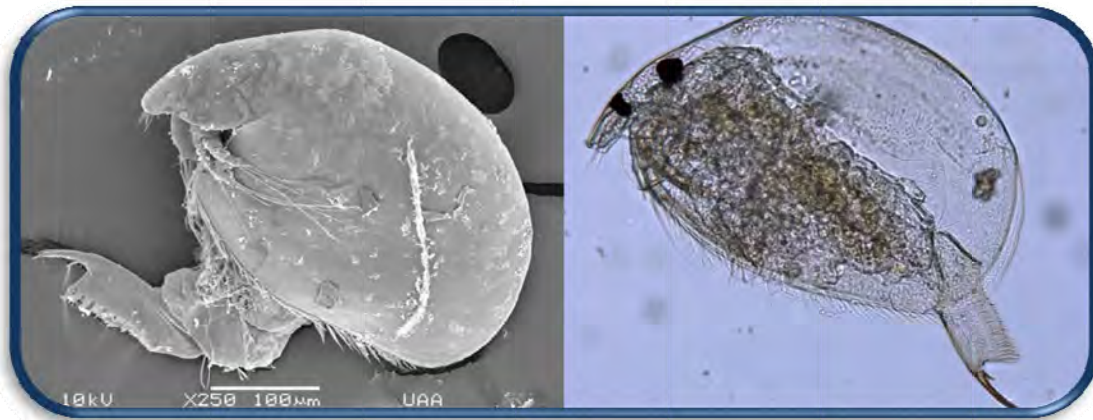
➤ Preparación de las dietas

El alga sembrada fue cosechada, decantada y resuspendida en agua destilada 7 días después de su siembra. La densidad de alga utilizada fue establecida por conteo con hematocímetro y las concentraciones deseadas fueron obtenidas por series de dilución. Para generar el detrito a partir de *C. vulgaris* se vertió la cantidad requerida de esta alga en un recipiente el cual se colocó en ebullición en baño maría por media hora para garantizar la muerte de las células. Posteriormente se prepararon las diluciones correspondientes con medio EPA a temperatura ambiente.

$1 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup> de *S. acutus* (3.16 µgC.ml<sup>-1</sup> de contenido de carbono).

$2 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup> de *C. vulgaris* viva (3.16 µgC.ml<sup>-1</sup> de contenido de carbono).

$2 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup> de *C. vulgaris* muerta en agua caliente (3.16 µgC.ml<sup>-1</sup> de contenido de carbono).



Lamina 2. *Alona glabra*.

➤ Experimentos de crecimiento poblacional y competencia

Para los experimentos de crecimiento poblacional se usaron frascos de vidrio transparentes de 25ml conteniendo 20ml de medio EPA (ver anexo 2) con la dieta seleccionada para cada especie y para cada combinación de rotífero y cladóceros (*E. dilatata* + *A. glabra*, *E. dilatata* + *M. triserialis* y *E. dilatata* + *S. vetulus*). Se introdujo con la ayuda de una pipeta Pasteur con bulbo y un microscopio estereoscópico (Nikon) 1 ind.ml<sup>-1</sup> de rotíferos y 0.25 ind.ml<sup>-1</sup> de cladóceros en el medio por cada unidad experimental a una temperatura de 22 ± 2°C. Los cladóceros, los rotíferos y sus huevos se contaron cada día individualmente o por alícuota (2 a 3 alícuotas por unidad experimental) dependiendo de su densidad poblacional. Se contaron un total de 84 frascos de experimentación (3 dietas x 4 réplicas x 3 combinaciones de competencia = 36 frascos) y controles por separado para poder contrastarlos (4 controles x 4 réplicas x 3 dietas = 48 frascos).



Lamina 3. *Macrothrix triserialis*.

El medio EPA fue reemplazado completamente todos los días de la misma manera y los organismos fueron transferidos a nuevos frascos con la dieta seleccionada. Las observaciones se terminaron entre las 3 y 4 semanas dependiendo de la tendencia de las curvas de crecimiento y del ciclo de vida de las especies.

Se cuantificó el crecimiento poblacional y se elaboraron curvas de densidad poblacional para cada especie, posteriormente se calculó la tasa de crecimiento poblacional ( $r$ ) usando la ecuación de crecimiento exponencial:

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

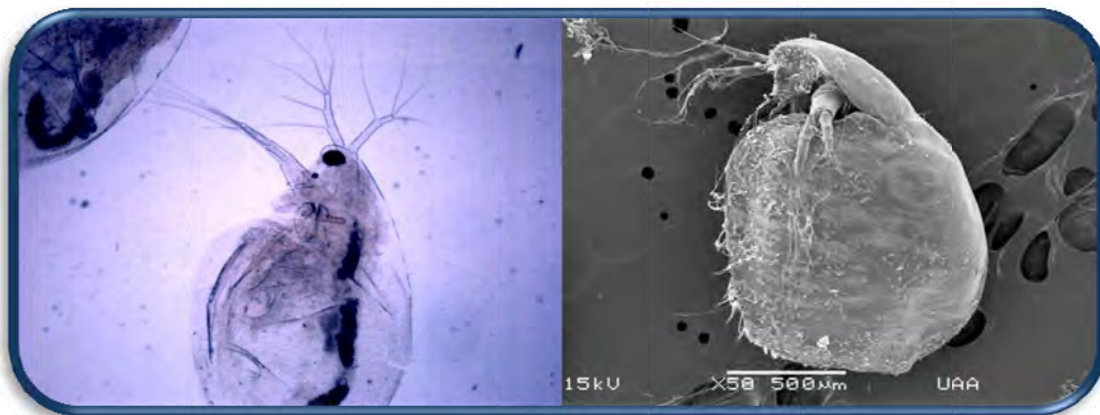
Donde:  $r$ = tasa de crecimiento poblacional,  $N_0$ = densidad inicial;  $N_t$ = densidad final,  $t$ = tiempo en días (Krebs, 1985; Wetzel, 1981).

Ya que el parámetro  $r$  es referido como tasa de incremento per cápita, éste describe la capacidad de un organismo para crecer y reproducirse (Sigeo, 2005).

Se usaron varios puntos a lo largo de la curva para calcular el crecimiento promedio por replica. El método estadístico utilizado fue el análisis de varianza (ANDEVA) de 1 factor y la prueba de Tukey para las variables: abundancia máxima y tasa de crecimiento poblacional.

➤ Relación huevo-hembra

Para el cálculo de esta variable se realizó una modificación de lo propuesto por Edmonson (1965) ya que solo se contó el número de huevos eclosionados sin tomar en cuenta los huevos no eclosionados, para el cálculo se dividió el número de huevos eclosionados entre el número hembras por día de experimentación.



Lamina 4. *Simocephalus vetulus*.

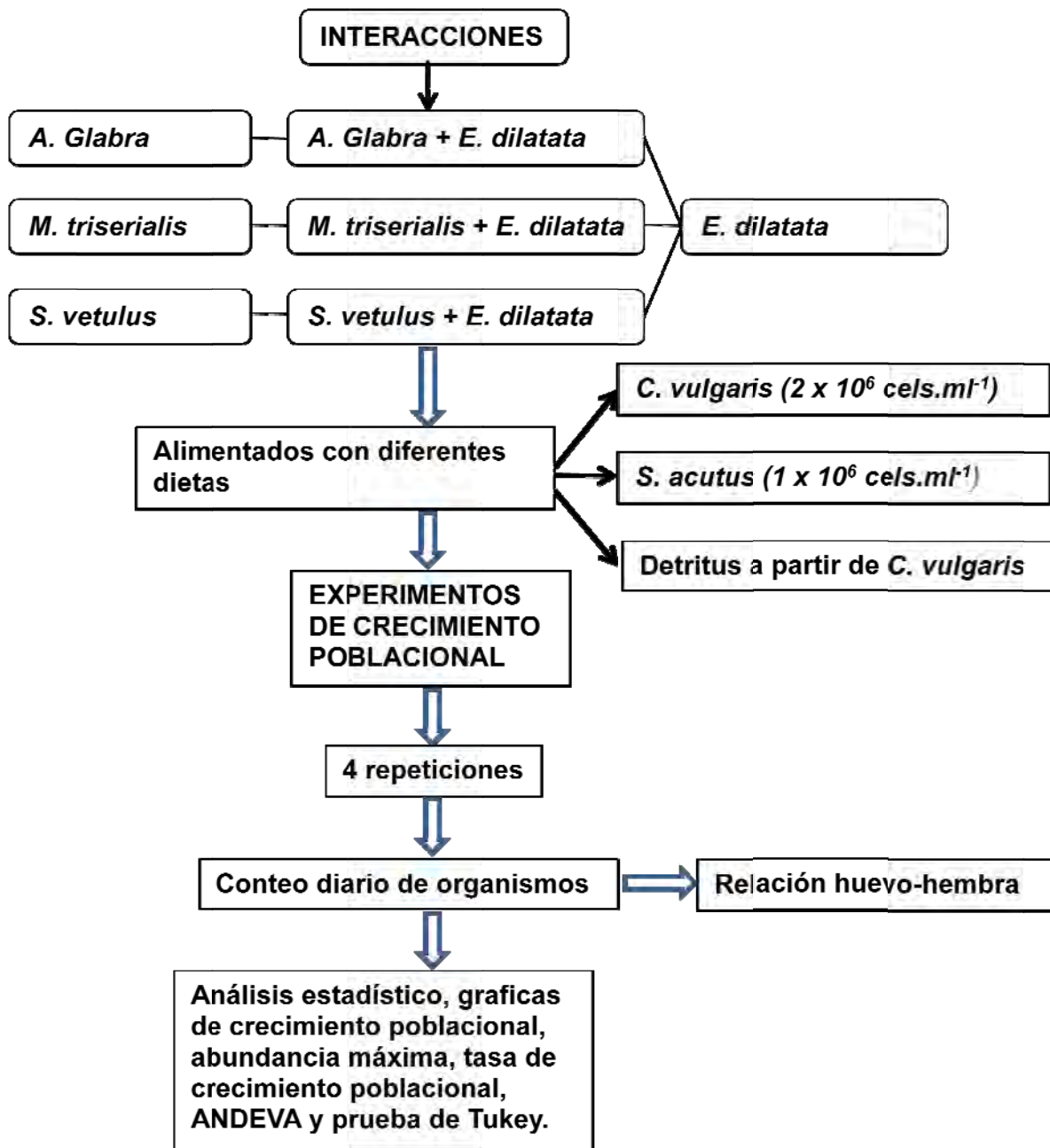


Diagrama 1. Diseño experimental del proyecto.

## RESULTADOS

### Crecimiento Poblacional

#### *Euchlanis dilatata*

Se puede observar en la figura 1 que *E. dilatata* logró un mayor crecimiento poblacional al alimentarlo con *C. vulgaris* manteniendo su capacidad de carga por más tiempo que cuando fue alimentado con *C. vulgaris* muerta, mientras que al alimentarlo con *S. acutus* creció en bajas densidades (8 ind.ml<sup>-1</sup>). La relación huevo-hembra de *E. dilatata* alimentado con diferentes dietas (Fig. 2) fue mayor en la dieta con *C. vulgaris* con un valor de  $r^2=0.38$ , mientras que en la dieta con *S. acutus* no es muy clara la tendencia.

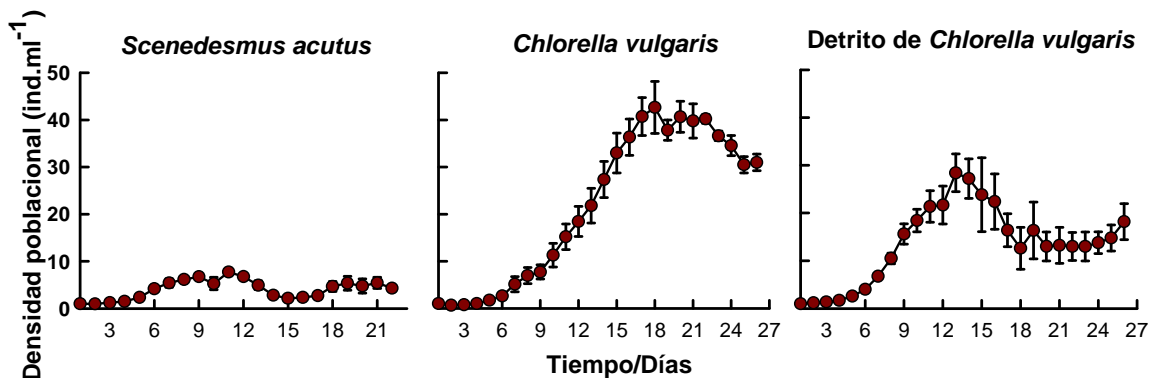


Figura 1. Crecimiento poblacional de *E. dilatata* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono (3.16μgC.ml<sup>-1</sup>). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

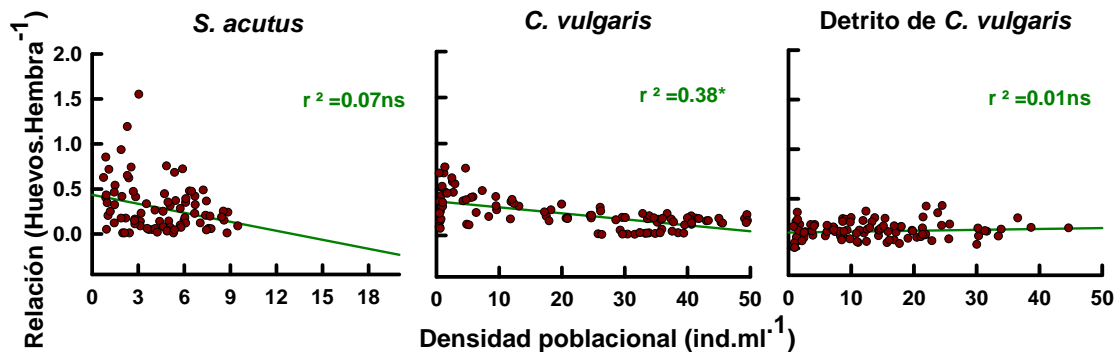


Figura 2. Relación huevo/hembra de *E. dilatata* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono (3.16μgC.ml<sup>-1</sup>). Los promedios están basados en cuatro réplicas. ns = no significativo ( $p>0.05$ ), \* =  $p<0.05$ .

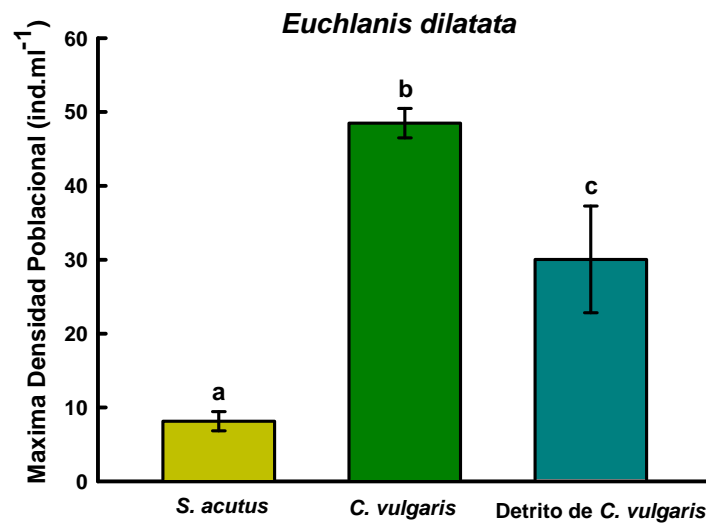


Figura 3. Máxima abundancia poblacional alcanzada por *E. dilatata* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono (3.16 $\mu$ gC.ml<sup>-1</sup>). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

Tabla 2. ANDEVA de las máximas densidades poblacionales alcanzadas por *E. dilatata* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono (3.16 $\mu$ gC.ml<sup>-1</sup>). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-radio, (p>0.05), \*\*\* = p< 0.001.

<b><i>E. dilatata</i></b>					
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Entre dietas	2	3264.18	1632.09	84.67	<0.001***
Residual	9	173.48	19.27		
Total	11	3437.66			

La máxima densidad poblacional alcanzada fue de 48 ind.ml<sup>-1</sup> y al analizar los datos con un ANDEVA mostraron diferencias estadísticamente significativas (p<0.001, Fig. 3, Tabla1). Los valores de r variaron de 0.04 a 0.32 dependiendo la dieta suministrada y se realizó un ANDEVA con lo que se pudo observar que entre la dieta de *S. acutus* y las de *C. vulgaris* (viva y muerta) hubo diferencias estadísticamente significativas (p<0.001), mientras los dos tratamientos con *C. vulgaris* no presentaron diferencias entre ellos (p>0.05, Fig. 4, Tabla 2).



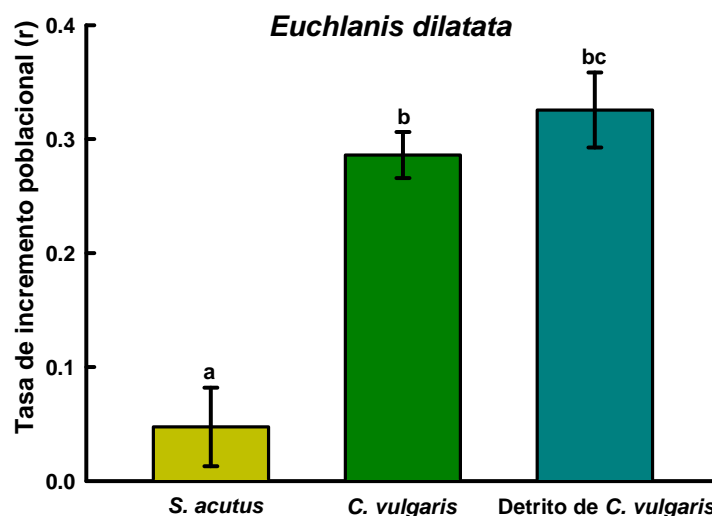


Figura 4. Tasa de incremento poblacional (r) por día de *E. dilatata* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas. Barras con la misma letra no son estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

Tabla 3. ANDEVA de las tasas de crecimiento poblacional (r) por día de *E. dilatata* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-radio, \*\*\* =  $p < 0.001$ .

<b><i>E. dilatata</i></b>					
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Entre dietas	2	0.18	0.09	101.36	<0.001***
Residual	9	0.008	0.0008		
Total	11	0.18			

## *Alona glabra*

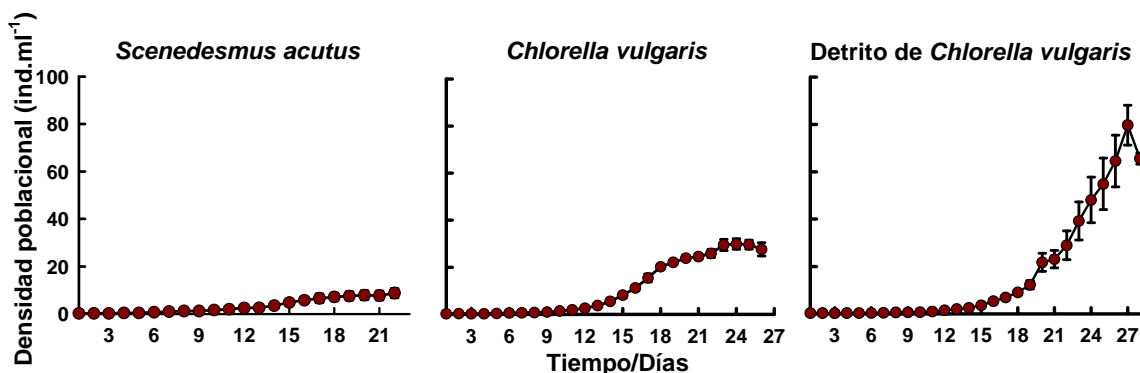


Figura 5. Crecimiento poblacional de *A. glabra* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC.ml}^{-1}$ ). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

*Alona glabra* fue la especie que obtuvo el mayor crecimiento poblacional al alimentarla con *C. vulgaris* muerta (Fig. 5) ya que obtuvo una densidad máxima de  $81 \text{ ind.ml}^{-1}$ , mientras que con *S. acutus* tuvo un pobre crecimiento poblacional llegando a un máximo de  $7 \text{ ind.ml}^{-1}$  (Fig. 6). Los datos de máxima densidad poblacional exhibieron diferencias estadísticamente significativas con un valor de significancia de  $p < 0.001$  al comparar la dieta de *C. vulgaris* muerta con las otras y de  $p < 0.01$  al comparar entre las algas vivas (Tabla 3).

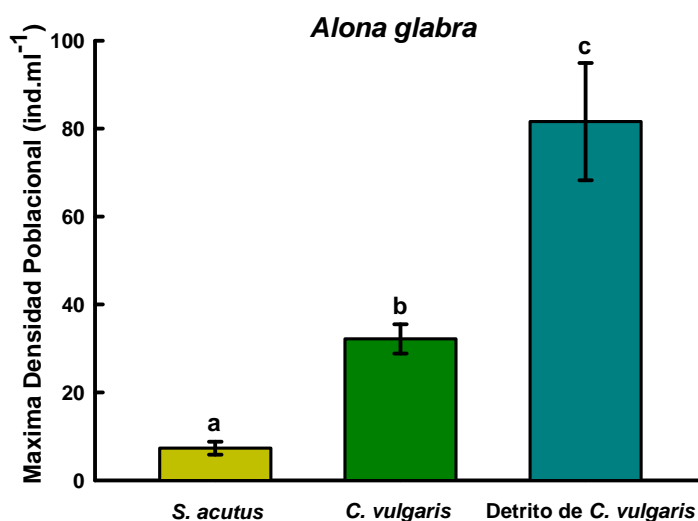


Figura 6. Máxima densidad poblacional alcanzada por *A. glabra* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC.ml}^{-1}$ ). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

Tabla 4. ANDEVA de las máximas densidades poblacionales alcanzadas por *A. glabra* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-radio, \*\*\* =  $p < 0.001$ .

<b><i>A. glabra</i></b>					
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Entre dietas	2	11438.66	5719.32	105.33	<0.001***
Residual	9	325.78	54.29		
Total	11	12011.22			

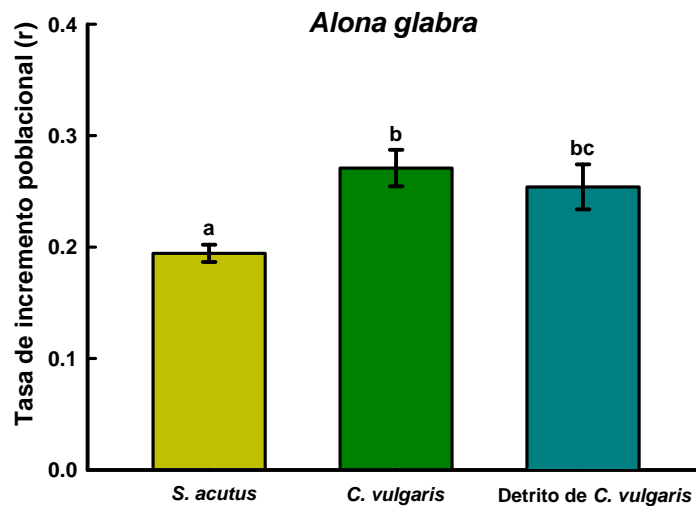


Figura 7. Tasa de incremento poblacional ( $r$ ) por día de *A. glabra* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

Tabla 5. ANDEVA de las tasas de crecimiento poblacional ( $r$ ) por día de *A. glabra* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-radio, \*\*\* =  $p < 0.001$ .

<b><i>A. glabra</i></b>					
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Entre dietas	2	0.01	0.006	26.41	<0.001***
Residual	9	0.002	0.0002		
Total	11	0.01			

Los datos de  $r$  variaron de 0.17 a 0.27 dependiendo de la dieta; al realizar un ANDEVA de los valores de  $r$  (Fig. 7, Tabla 4) se puede observar que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los dos tratamientos con *C. vulgaris*, encontrando diferencias solo con el tratamiento de *S. acutus* ( $p < 0.001$ ).

*Macrothrix triserialis*

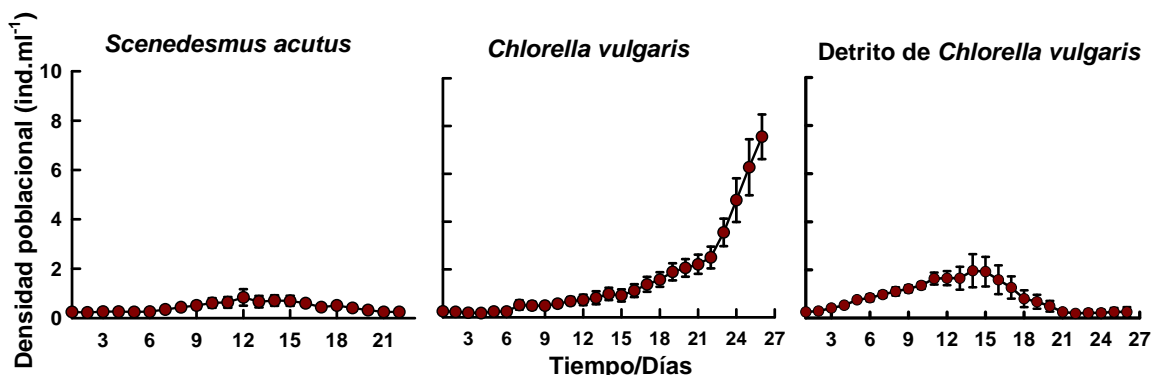


Figura 8. Crecimiento poblacional de *M. triserialis* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono (3.16µgC.ml<sup>-1</sup>). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

Las curvas de crecimiento poblacional (Fig. 8) muestran que al suministrar *S. acutus* se limita el crecimiento de esta especie; mientras que cuando se suministro *C. vulgaris* se pudo observar un mejor crecimiento, también se muestra que esta especie presenta una larga fase de “aclimatamiento” donde es notorio que su crecimiento comienza a ser significativo a partir del día 15. La máxima densidad poblacional (Fig. 9) se presenta en el tratamiento con *C. vulgaris* alcanzando 7 ind.ml<sup>-1</sup> y mostrando diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ) con respecto a los otros grupos.

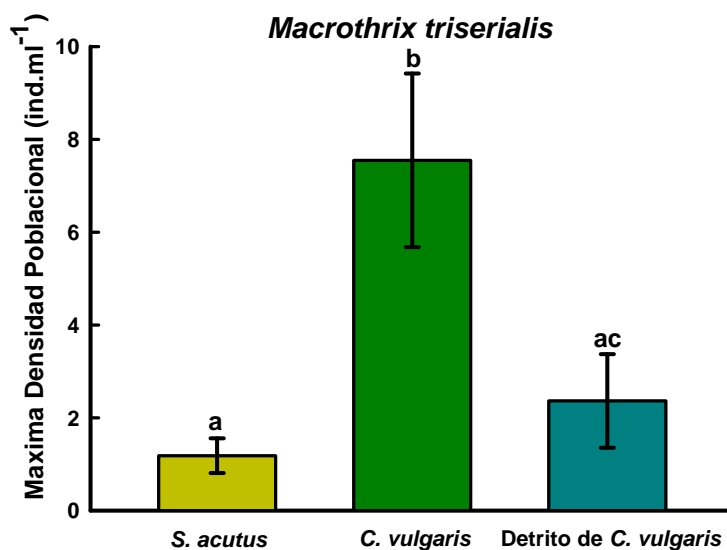


Figura 9. Máxima abundancia poblacional alcanzada por *M. triserialis* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono (3.16µgC.ml<sup>-1</sup>). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

Tabla 6. ANDEVA de las máximas densidades poblacionales alcanzadas por *M. triserialis* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-radio, \*\*\* =  $p < 0.001$ .

<b><i>M. triserialis</i></b>					
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Entre dietas	2	96.62	48.31	30.06	<0.001***
Residual	9	14.46	1.60		
Total	11	111.08			

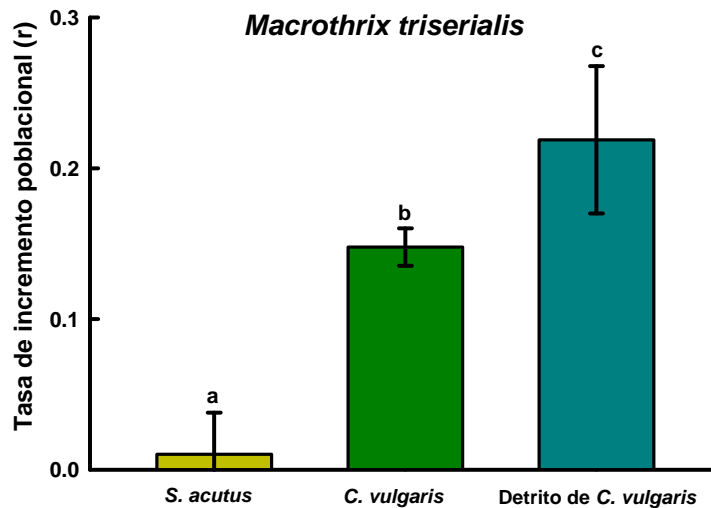


Figura 10. Tasa de incremento poblacional (r) por día de *M. triserialis* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

Tabla 7. ANDEVA de las tasas de crecimiento poblacional (r) por día de *M. triserialis* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-radio, \*\*\* =  $p < 0.001$ .

<b><i>M. triserialis</i></b>					
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Entre dietas	2	0.08	0.04	40.90	<0.001***
Residual	9	0.009	0.001		
Total	11	0.09			

Los valores de r variaron de 0.01 a 0.21 dependiendo de la dieta de alga suministrada. Después de aplicar un ANDEVA a las tasas de crecimiento poblacional (Fig. 10, Tabla 6) se pudo observar que hubo diferencias estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ) entre las tres dietas.

## *Simocephalus vetulus*

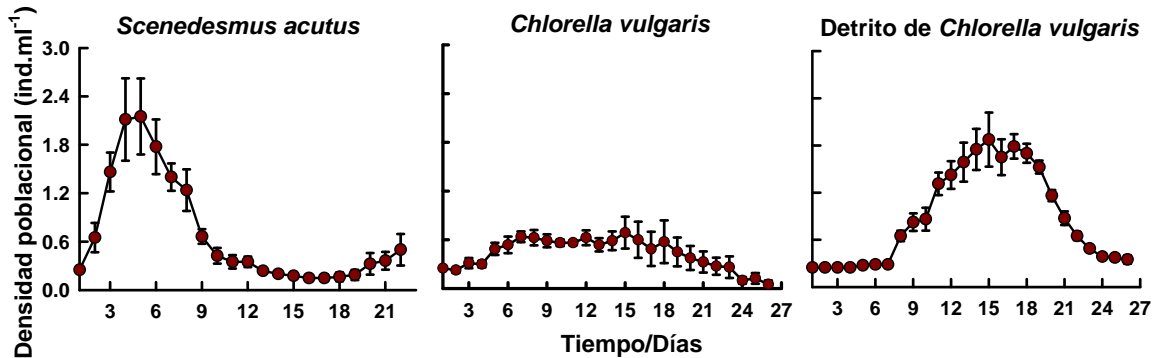


Figura 11. Crecimiento poblacional de *S. vetulus* alimentado con *S. acutus* y *C. vulgaris* a la misma concentración de carbono (3.16 $\mu$ gC.ml<sup>-1</sup>). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

El crecimiento poblacional de *S. vetulus* alimentado con *S. acutus* (Fig. 11) muestra un rápido incremento poblacional (2 ind.ml<sup>-1</sup>) en poco tiempo (5 días), por otro lado al alimentarlo con *C. vulgaris* se puede observar que apenas alcanza una densidad de 1 ind.ml<sup>-1</sup> después de 15 días, mientras que al alimentarlo con detrito de *C. vulgaris* alcanzó una densidad de 2 ind.ml<sup>-1</sup> después de 15 días. Los valores de máxima densidad no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ).

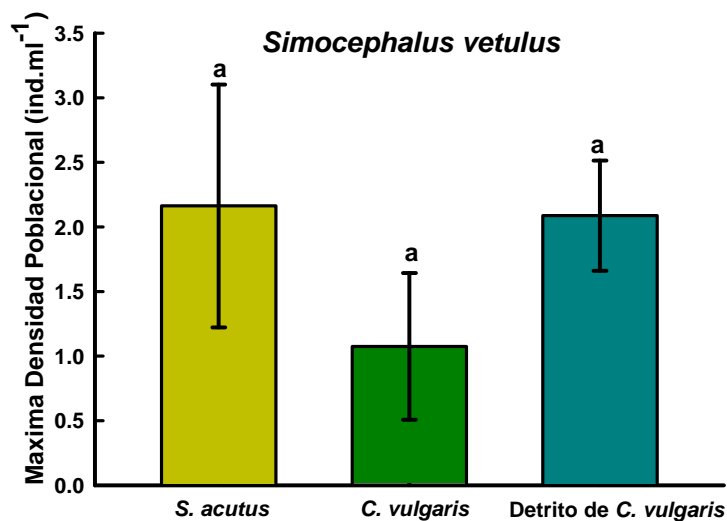


Figura 12. Máxima abundancia poblacional alcanzada por *S. vetulus* alimentado con *S. acutus* y *C. vulgaris* a la misma concentración de carbono (3.16 $\mu$ gC.ml<sup>-1</sup>). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

Tabla 8. ANDEVA de las máximas densidades poblacionales alcanzadas por *M. triserialis* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-radio, ns = no significativo ( $p>0.05$ ).

<b><i>S. vetulus</i></b>					
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Entre dietas	2	2.95	1.47	3.18	0.09ns
Residual	9	4.16	0.46		
Total	11	7.11			

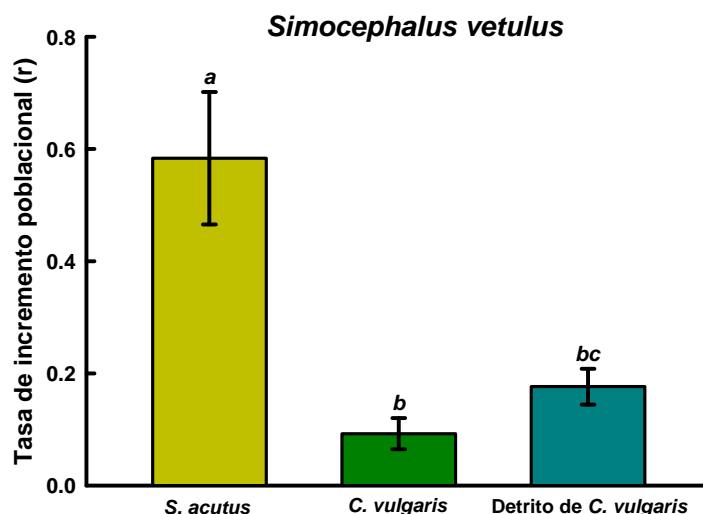


Figura 13. Tasa de incremento poblacional (r) por día de *S. vetulus* alimentado con *S. acutus* y *C. vulgaris* a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

Tabla 9. ANDEVA de las tasas de crecimiento poblacional (r) por día de *S. vetulus* alimentado con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-radio, \*\*\* =  $p<0.001$ .

<b><i>S. vetulus</i></b>					
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Entre dietas	2	0.55	0.27	52.59	<0.001***
Residual	9	0.04	0.005		
Total	11	0.59			

Debido a su rápido crecimiento poblacional *S. vetulus* alcanza una r de casi 0.6 (Fig. 13) al suministrar *S. acutus* como alimento mostrando diferencias estadísticamente significativas ( $p<0.001$ , Tabla 8) con el tratamiento con *C. vulgaris* la cual no permitió un óptimo crecimiento y con el tratamiento de detrito de *C. vulgaris* en el cual tardó 15 días en alcanzar su máxima densidad poblacional.

## En interacción

***Alona glabra*** en presencia de *E. dilatata* alimentados con *C. vulgaris* muerta no alcanzo las mismas densidades poblacionales que el grupo control, el cual duplico su densidad máxima poblacional (Fig. 14) mostrando diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.01$ , Fig. 17, Tabla 9); sin embargo, no hubo diferencias en su tasa de crecimiento poblacional ( $p > 0.05$ , Fig. 18, Tabla 10). Por otro lado al alimentarlos con *S. acutus* los crecimientos poblacionales de los tratamientos fueron bajos ( $8 \text{ ind. ml}^{-1}$ ) y muy similares. Los valores de  $r$  variaron de 0.18 a 0.28.

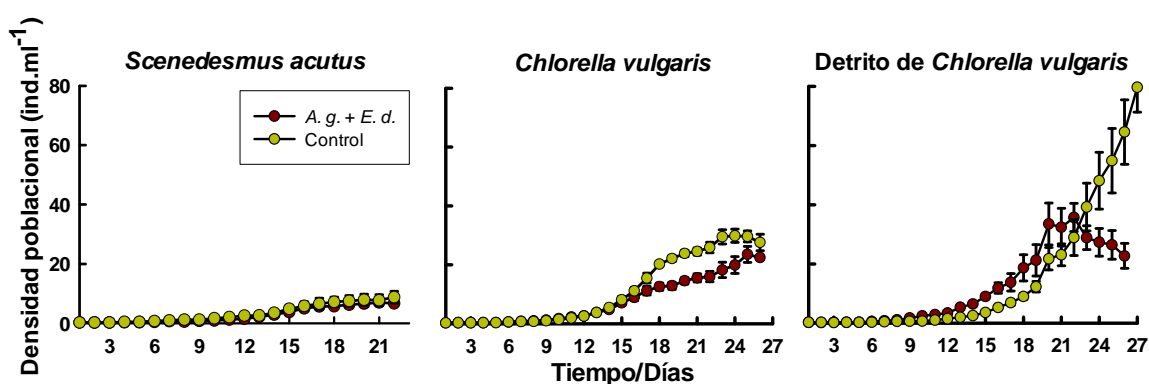


Figura 14. Crecimiento poblacional de *A. glabra* en presencia y ausencia del rotífero *E. dilatata* alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16 \mu\text{gC. ml}^{-1}$ ). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

Como se muestra en la figura 15 ***Macrothrix triserialis*** no creció cuando fue alimentada con *S. acutus* ( $r=0.01$ ) independientemente de la presencia de *E. dilatata*, mientras al alimentarlo con *C. vulgaris* mostró una densidad muy similar en presencia del rotífero sin mostrar diferencias estadísticamente significativas en su densidad máxima ( $p > 0.05$ , Fig. 17, Tabla 9); sin embargo, creció ligeramente más rápido por lo que se encontraron diferencias estadísticamente significativas en su tasa de crecimiento poblacional ( $p < 0.05$ , Fig. 18, Tabla 10). Al suministrar *C. vulgaris* muerta se observa que *M. triserialis* puede mantener su población por más tiempo en presencia del rotífero mostrando diferencias estadísticas en las densidades máximas ( $p < 0.05$ , Fig. 17, Tabla 9). Los valores de  $r$  variaron de 0.01 a 0.22.



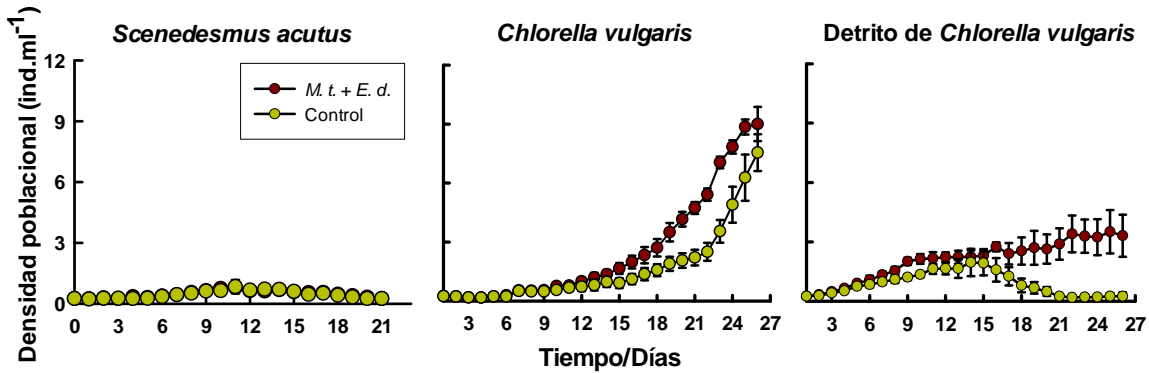


Figura 15. Crecimiento poblacional de *M. triseriatis* en presencia y ausencia del rotífero *E. dilatata* alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

En las curvas de crecimiento poblacional de *S. vetulus* alimentados con *S. acutus* (Fig. 16) se observa que la presencia del rotífero permite que el cladócero pueda mantener su población a mayor densidad por más tiempo sin embargo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en su densidad máxima y en su tasa de crecimiento ( $p < 0.05$ , Fig. 17 y 18, Tablas 9 y 10). Al suministrar *C. vulgaris* se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las tasas de crecimiento poblacional, ( $p > 0.05$ , Fig. 18, Tabla 10), mientras que al alimentarlo con detrito de *C. vulgaris* se puede observar que la presencia de *E. dilatata* no le afectó significativamente ( $p < 0.05$ , Fig. 18, 17 y 18, Tabla 9 y 10). Los valores de  $r$  variaron de 0.04 a 0.58.

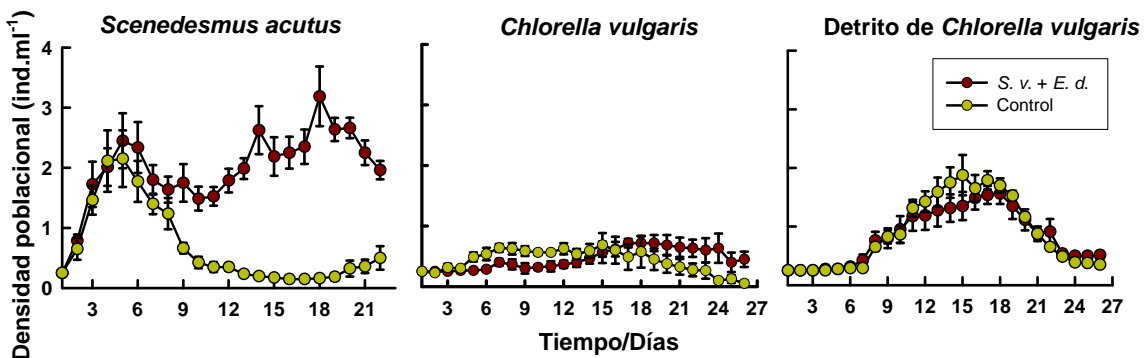


Figura 16. Crecimiento poblacional de *S. vetulus* en presencia y ausencia del rotífero *E. dilatata* alimentados con *S. acutus* y *C. vulgaris* a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

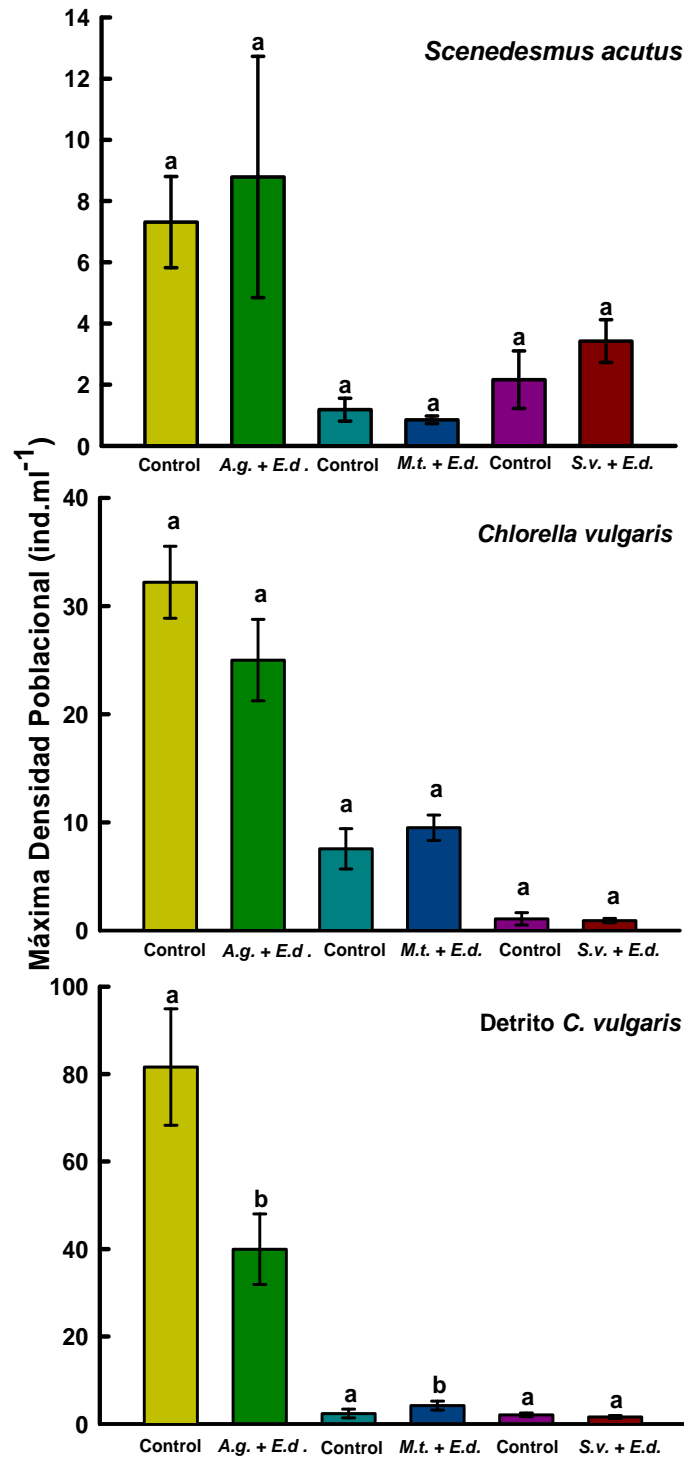


Figura 17. Máxima densidad poblacional alcanzada por los cladóceros en presencia y ausencia de *E. dilatata* alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono (3.16 $\mu$ gC.ml<sup>-1</sup>). Los valores representan el promedio  $\pm$  error estándar basado en cuatro réplicas.

Tabla 10. ANDEVA de las máximas densidades de los cladóceros en presencia y ausencia de *E. dilatata* alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-ratio, ns = no significativo ( $p>0.05$ ), \* =  $p<0.05$ , \*\* =  $p<0.01$ .

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P
<b>A. glabra + Sa</b>					
Entre dietas	1	4.35	4.35	0.49	0.510ns
Residual	6	53.33	8.88		
Total	7	57.68			
<b>M. triserialis + Sa</b>					
Entre dietas	1	0.02	0.02	0.19	0.69ns
Residual	6	0.31	0.10		
Total	7	1			
<b>S. vetulus + Sa</b>					
Entre dietas	1	3.18	3.18	4.64	0.07ns
Residual	6	4.11	0.68		
Total	7	7.30			
<b>A. glabra + Cv</b>					
Entre dietas	1	103.32	103.32	8.19	0.02*
Residual	6	75.67	12.61		
Total	7	178.99			
<b>M. triserialis + Cv</b>					
Entre dietas	1	7.60	7.60	3.12	0.12ns
Residual	6	14.60	2.43		
Total	7	22.20			
<b>S. vetulus + Cv</b>					
Entre dietas	1	0.05	0.05	0.29	0.60ns
Residual	6	1.08	0.18		
Total	7	1.14			
<b>A. glabra + Cv muerta</b>					
Entre dietas	1	3467.3	3467.3	28.58	0.002**
Residual	6	727.7	121.2		
Total	7	4195			
<b>M. triserialis + Cv muerta</b>					
Entre	1	6.7	6.753	6.51	0.04*
Residual	6	6.2	1.037		
Total	7	12.9			
<b>S. vetulus + Cv muerta</b>					
Entre	1	0.4	0.451	3.09	0.12ns
Residual	6	0.8	0.146		
Total	7	1.3			

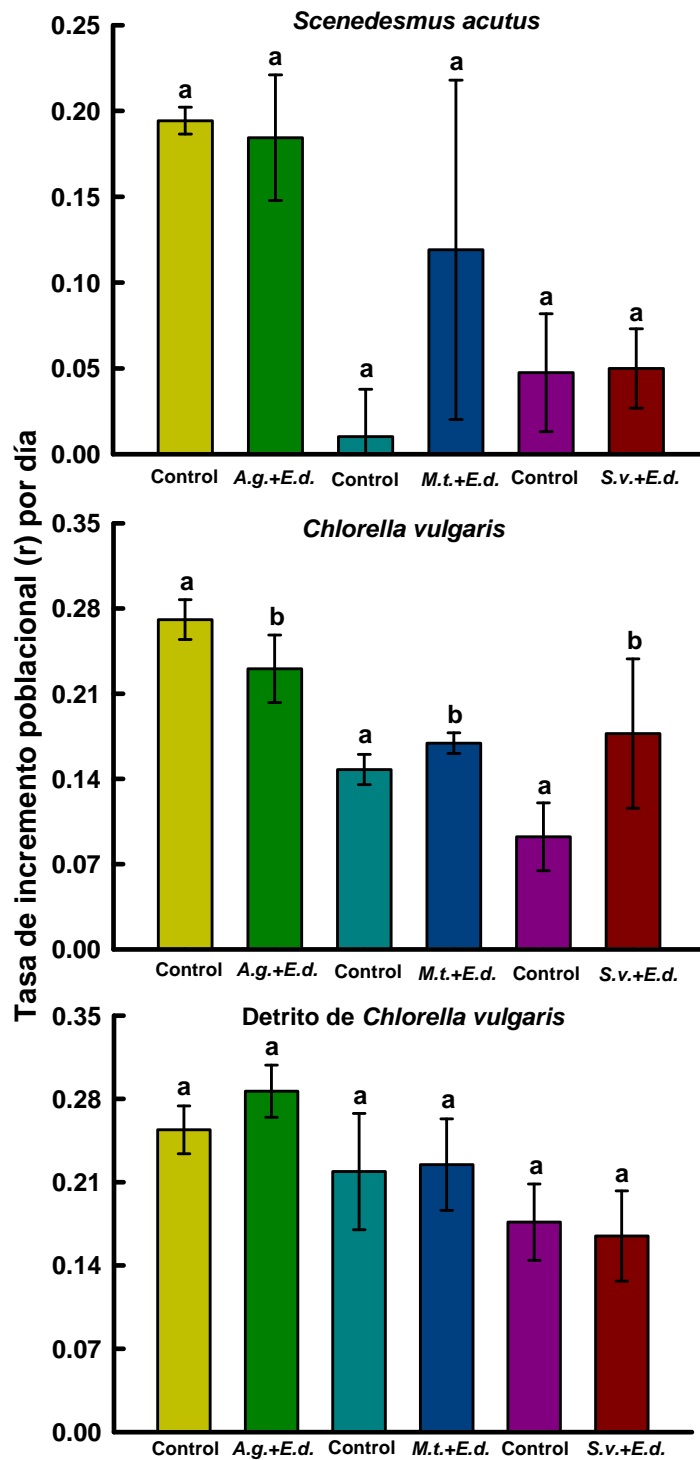


Figura 18. Tasa de crecimiento poblacional ( $r$ ) por día de los cladóceros en presencia y ausencia de *E. dilatata* alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Los valores representan el promedio  $\pm$  error estándar basado en cuatro réplicas.

Tabla 11. ANDEVA de las tasas de crecimiento poblacional (r) por día de los cladóceros en presencia y ausencia de *E. dilatata* alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-radio, ns = no significativo ( $p>0.05$ ), \*=  $p<0.05$ .

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P
<b>A. glabra + Sa</b>					
Entre dietas	1	0.0001	0.0001	0.28	0.61ns
Residual	6	0.004	0.0006		
Total	7	0.004			
<b>M. triserialis + Sa</b>					
Entre dietas	1	0.02	0.02	4.50	0.07ns
Residual	6	0.03	0.005		
Total	7	0.05			
<b>S. vetulus + Sa</b>					
Entre dietas	1	0.000040.00004		0.15	0.70ns
Residual	6	0.0010.0002			
Total	7	0.001			
<b>A. glabra + Cv</b>					
Entre dietas	1	0.003	0.0032	6.31	0.04*
Residual	6	0.003	0.0005		
Total	7	0.006			
<b>M. triserialis + Cv</b>					
Entre	1	0.0009	0.0009	8.26	0.02*
Residual	6	0.0006	0.0001		
Total	7	0.001			
<b>S. vetulus + Cv</b>					
Entre dietas	1	0.01	0.01	6.35	0.04*
Residual	6	0.01	0.002		
Total	7	0.02			
<b>A. glabra + Cv muerta</b>					
Entre dietas	1	0.002	0.002	4.77	0.07ns
Residual	6	0.002	0.0004		
Total	7	0.004			
<b>M. triserialis + Cv muerta</b>					
Entre	1	0.000070.00007		0.03	0.85ns
Residual	6	0.01 0.001			
Total	7	0.01			
<b>S. vetulus + Cv muerta</b>					
Entre	1	0.0002	0.0002	0.21	0.65ns
Residual	6	0.007	0.0012		
Total	7	0.007			

## *Euchlanis dilatata*

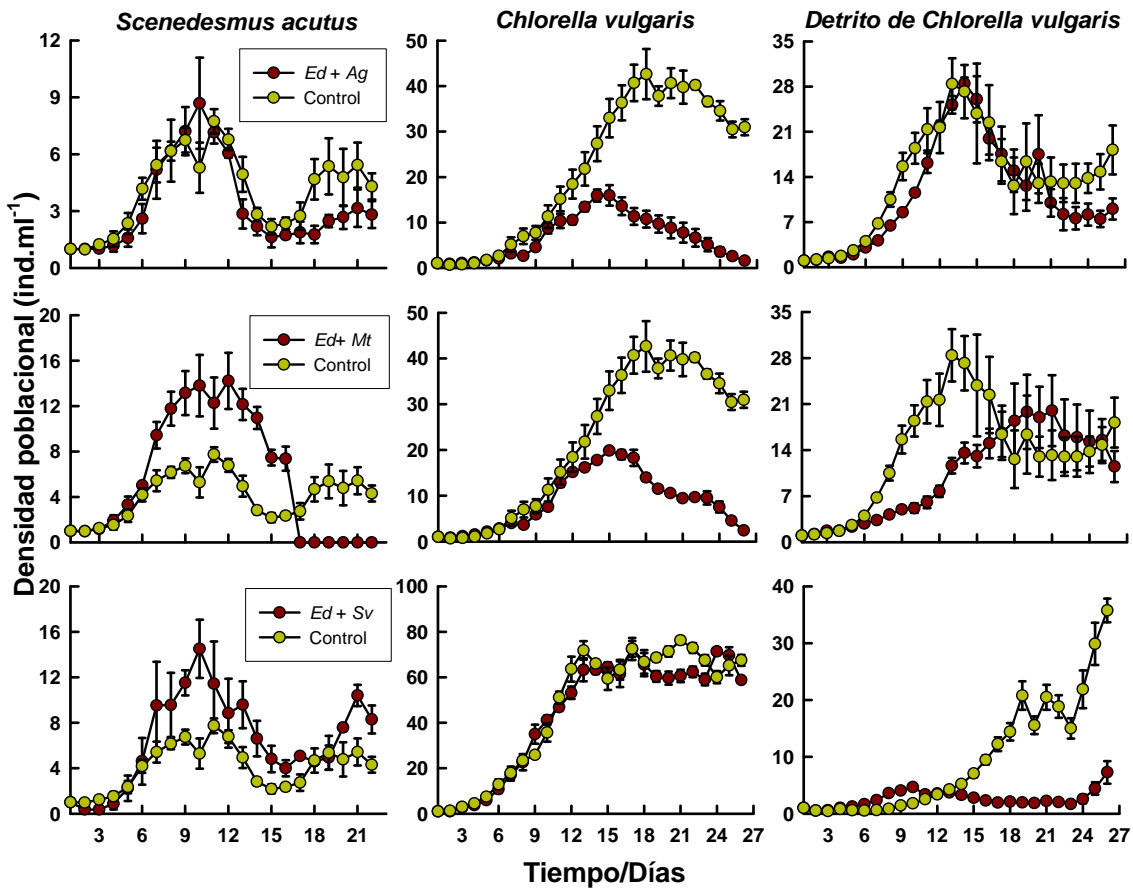


Figura 19. Crecimiento poblacional de *E. dilatata* sola y en presencia de los cladóceros alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Los promedios y el error estándar están basados en cuatro réplicas.

*E. dilatata* en presencia de *A. glabra* alimentado con *S. acutus* y *C. vulgaris* muerta obtuvo un crecimiento similar al del grupo control por lo que no mostro diferencias estadísticamente significativas en su máxima densidad ( $p > 0.05$ , Fig. 20 y 21, Tabla 11 y 12), sin embargo si fue afectado significativamente en su tasa de crecimiento ( $p < 0.05$  y  $p < 0.001$  respectivamente, Fig. 19 y 21, Tabla 12), al suministrar *C. vulgaris* se observa que el cladóceros excluye competitivamente a *E. dilatata* afectando significativamente su abundancia máxima y su tasa de crecimiento poblacional ( $p < 0.001$  y  $p < 0.01$  respectivamente, Fig. 19, 20 y 21, Tablas 11 y 12) logrando mantener su población cerca de la capacidad de carga.

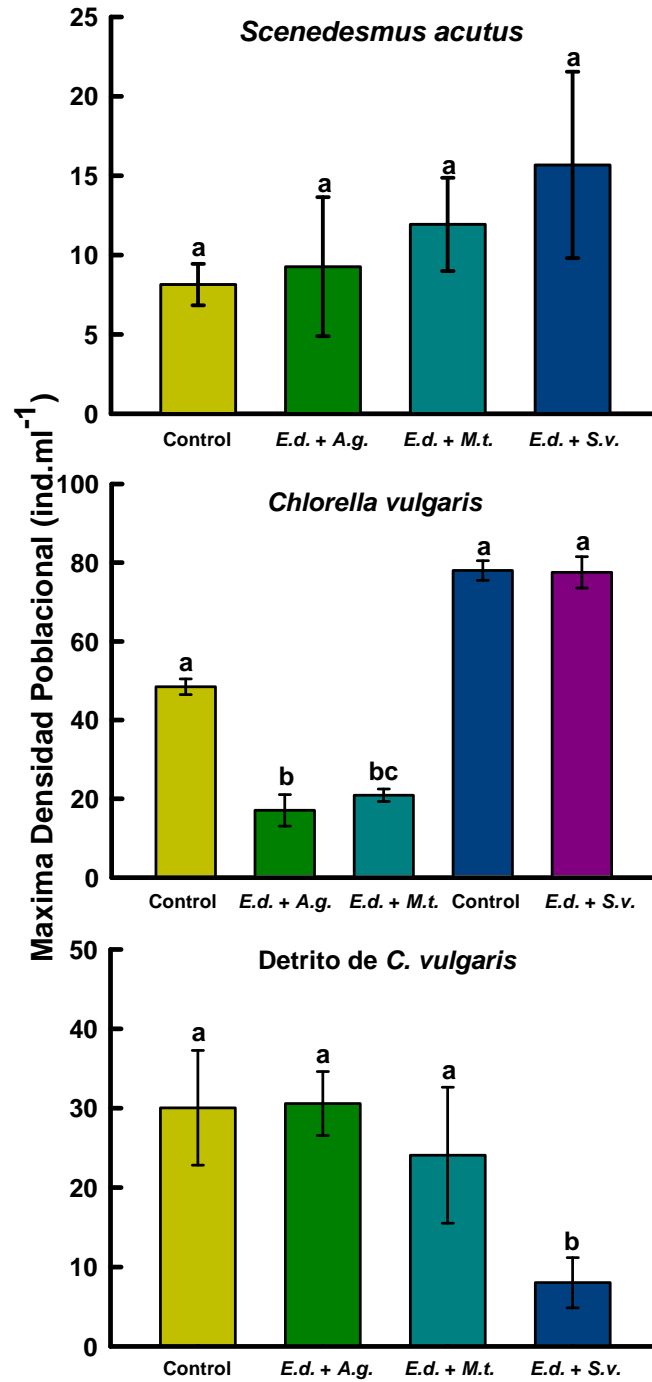


Figura 20. Máxima densidad poblacional alcanzada por *E. dilatata* en presencia y ausencia de los cladóceros alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono (3.16µgC.ml<sup>-1</sup>). Los valores representan el promedio ± error estándar basado en cuatro réplicas.

Tabla 12. ANDEVA de las máximas densidades de *E. dilatata* en presencia y ausencia de los cladóceros alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-ratio, ns = no significativo ( $p>0.05$ ), \*\*\* =  $p<0.001$ .

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P
<b><i>E. dilatata</i> + <i>Sa</i></b>					
Entre dietas	3	134.6	44.8	2.8	0.08ns
Residual	12	191.9	15.9		
Total	15	326.6			
<b><i>E. dilatata</i> + <i>Cv</i></b>					
Entre dietas	2	2349.9	1174.9	154.8	<0.001***
Residual	9	68.2	7.5		
Total	11	2418.2			
<b><i>E. dilatata</i> + <i>Cv</i> + <i>Sv</i></b>					
Entre dietas	1	0.47	0.47	0.04	0.84ns
Residual	6	66.03	11		
Total	7	66.51			
<b><i>E. dilatata</i> + <i>Cv</i> muerta</b>					
Entre dietas	3	1330.2	443.42	11.68	<0.001***
Residual	12	455.3	37.94		
Total	15	1785.6			

Cuando *M. triserialis* creció con el rotífero bajo una dieta de *S. acutus* se puede observar que alcanza densidades mayores que el control y además se mantiene en la capacidad de carga durante 5 días sin mostrar diferencias estadísticamente significativas en las variables ( $p>0.05$ , Fig. 20 y 21, Tabla 11 y 12), mientras al suministrar *C. vulgaris* se muestra que el rotífero fue excluido competitivamente presentando diferencias estadísticas en los patrones de crecimiento poblacional ( $p<0.01$  y  $p<0.01$  respectivamente, Fig. 19, 20 y 21, Tablas 11 y 12). Al alimentarlos con *C. vulgaris* muerta no se mostraron diferencias estadísticas significativas.



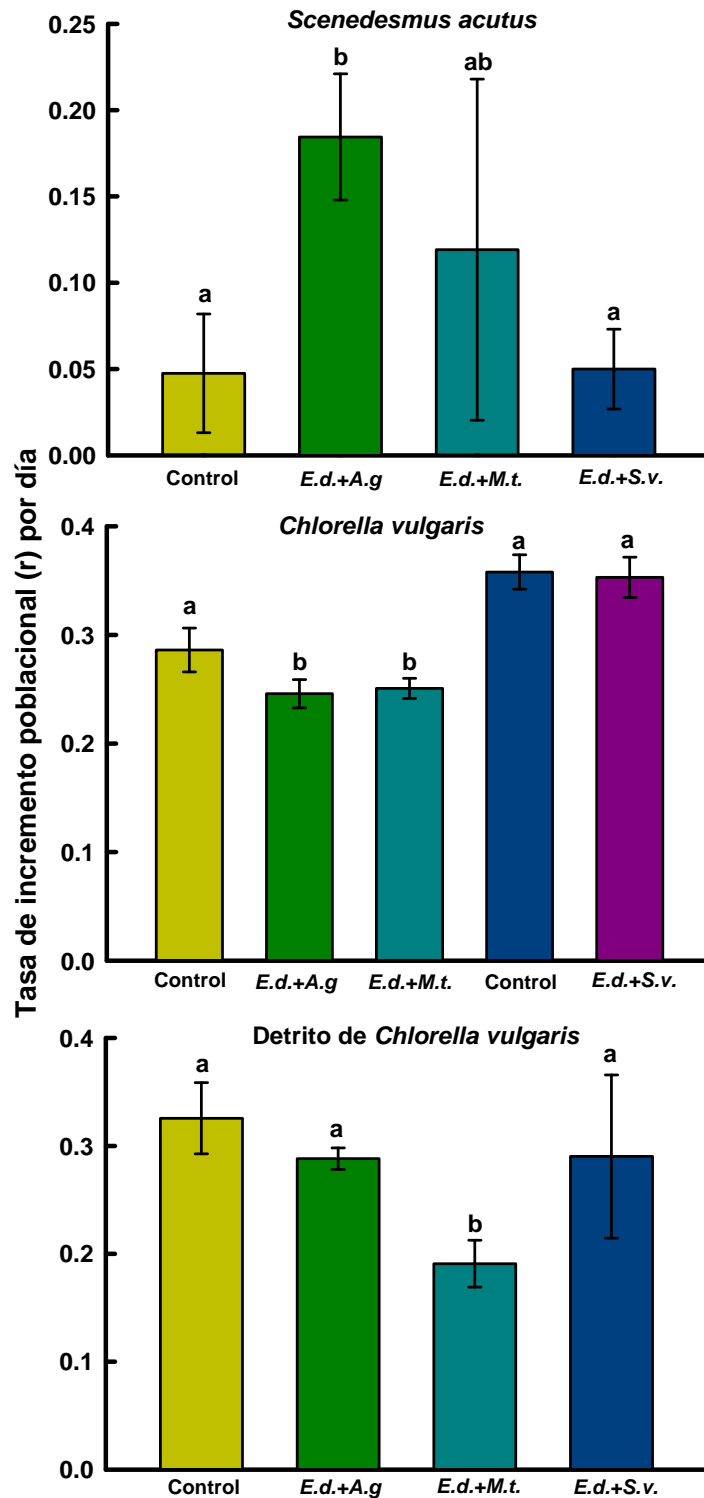


Figura 21. Tasa de crecimiento poblacional ( $r$ ) por día de los cladóceros en presencia y ausencia de *E. dilatata* alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Los valores representan el promedio  $\pm$  error estándar basado en cuatro réplicas.

Tabla 13. ANDEVA de las tasas de crecimiento poblacional (r) por día en presencia y ausencia de los cladóceros alimentados con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* muerta a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). GL = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios; F = F-radio, ns = no significativo ( $p>0.05$ ), \*=  $p<0.05$ , \*\*= $p<0.01$ .

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P
<b><i>E. dilatata</i> + <i>Sa</i></b>					
Entre dietas	3	0.05	0.01	5.30	0.01*
Residual	12	0.03	0.003		
Total	15	0.08			
<b><i>E. dilatata</i> + <i>Cv</i></b>					
Entre dietas	2	0.003	0.001	8.67	0.008**
Residual	9	0.002	0.0002		
Total	11	0.005			
<b><i>E. dilatata</i> + <i>Cv</i> + <i>Sv</i></b>					
Entre dietas	1	4.6E-05	4.6E-05	0.15	0.70ns
Residual	6	0.001	0.0002		
Total	7	0.001			
<b><i>E. dilatata</i> + <i>Cv</i> muerta</b>					
Entre dietas	3	0.04	0.01	7.25	0.005**
Residual	12	0.02	0.001		
Total	15	0.06			

En presencia de *S. vetulus* se observa que *E. dilatata* obtuvo mayores abundancias que el control al alimentarlos con *S. acutus* sin mostrar diferencias estadísticamente significativas en abundancia o en la tasa de crecimiento ( $r$ ,  $p>0.05$ ), al alimentarlos con *C. vulgaris* logra mantener su población por 15 días en la capacidad de carga sin verse afectado por la presencia del cladóceros sin presentar diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ), mientras que con detrito de *C. vulgaris* mostró diferencias estadísticamente significativas en máxima abundancia ( $p>0.05$ , Fig. 19, 20 y 21, Tabla 11 y 12).

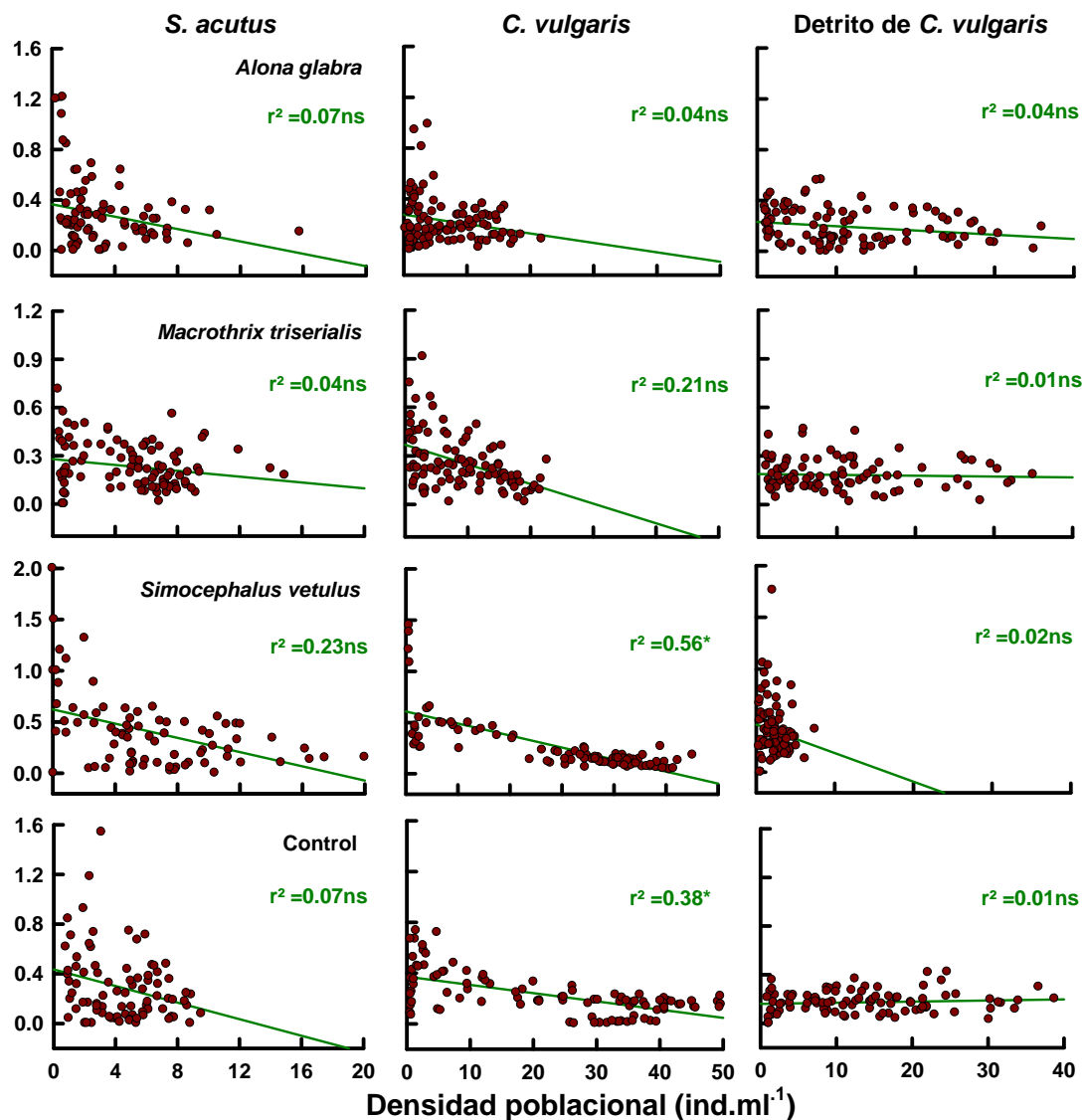


Figura 22. Relación huevo/hembra de *E. dilatata* sola y en presencia de los cladóceros alimentados con con *S. acutus*, *C. vulgaris* y *C. vulgaris* hervida a la misma concentración de carbono ( $3.16\mu\text{gC.ml}^{-1}$ ). Los promedios están basados en cuatro réplicas. ns = no significativo ( $p>0.05$ ), \* =  $p<0.05$ .

Se puede observar que al suministrar *S. acutus* la presencia de *A. glabra* y *M. triserialis* no influencio la producción de huevos de *E. dilatata*, mientras que en presencia de *S. vetulus* el rotífero produjo más huevos. Al adicionar al medio *C. vulgaris* se observa que la dieta afecta la producción de huevos. Con *C. vulgaris* muerta se observa poca y casi nula relación entre las variables (Fig. 21).

## DISCUSION

### Crecimiento poblacional

La transferencia de carbono y nutrientes en las redes tróficas es un proceso clave en todos los ecosistemas y se ha reconocido que su eficiente transferencia trófica por medio de la interface planta-herbívoro es muy dependiente de la calidad y la cantidad de alimento (Hessen, 1992, Persson *et al.* 2008). En el presente estudio se evaluó el crecimiento poblacional en laboratorio de un rotífero (*E. dilatata*) y tres cladóceros litorales-bentónicos (*A. glabra*, *M. triserialis* y *S. vetulus*) de un amplio rango de tallas (400  $\mu\text{m}$ , 800  $\mu\text{m}$  y 1800  $\mu\text{m}$  respectivamente) alimentados con tres dietas (*S. acutus*, *C. vulgaris* y detrito de *C. vulgaris*) que contenían la misma cantidad de carbono (3.16 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) pero a distintas concentraciones de partículas (1 x 10<sup>6</sup> cels. $\text{ml}^{-1}$  para *S. acutus* y 2 x 10<sup>6</sup> cels. $\text{ml}^{-1}$  para *C. vulgaris* y su detrito). Las clorofitas *Scenedesmus* y *Chlorella* son frecuentemente utilizadas para el análisis y mantenimiento del zooplancton bajo condiciones de laboratorio debido a que tienen buena calidad nutricional (Ahlgren *et al.*, 1992; Flores-Burgos *et al.*, 2004; Lucia-Pavón *et al.*, 2001; Nandini *et al.*, 2007) en comparación con las cianobacterias que llegan a ser tóxicas (Okumura, *et al.*, 2006); también se han realizado varios estudios donde se analiza el efecto del detritus en varias presentaciones sobre varios taxa de zooplancton (Pavón, 2000; Brillant y McDonald, 2002; Espinosa, 2007).

Diversos trabajos han demostrado que las especies de zooplancton llegan a tener crecimientos diferenciados dependiendo de la dieta suministrada (Enríquez, 2004; Zarattini y Mura, 2004; Peña-Aguado *et al.*, 2005; Brito, *et al.*, 2006) y de la concentración de alimento (Sarma y Nandini, 2002; Nandini y Sarma, 2003; Espinosa, 2007). De este modo encontramos que el zooplancton se puede mantener con varios tipos de alimento (eurífagos) como es el caso de *Moina macrocopa*, *Lecane* sp., y *Macrothrix* sp., pero también hay otros que son más restrictivos en su dieta (estenofagos), por ejemplo *Anuraeopsis fissa* que se alimenta básicamente de bacterias, *Brachionus dimidiatus* consume

cianobacterias, y *Anchistropus* que sólo depreda hidras (Dodson y Frey, 1991; Monakov, 2003; Lucía-Pavón *et al.*, 2001; Enríquez *et al.*, 2003).

Estudios con *E. dilatata* han demostrado que esta especie está bien adaptada al consumo de algas planctónicas (Nandini y Sarma, 2002); de acuerdo con los datos obtenidos *E. dilatata* es una especie eurífaga ya que se alimentó de detritus y de algas; dietas que se encuentran en el ambiente donde vive (King, 1967), inclusive se ha demostrado que se alimenta eficazmente con cianobacterias (Gulati *et al.*, 1987; Gulati *et al.*, 1993). Los valores de  $r$  obtenidos para esta especie van de 0.04 a 0.32 lo cual concuerda con valores reportados para ésta especie (Sarma *et al.*, 2001), estos valores mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ) dependiendo de la dieta, los valores de  $r$  más elevados se obtuvieron con la dieta de *C. vulgaris* ( $2 \times 10^6$  cels.ml<sup>-1</sup>) y su detrito; en un estudio de campo Gulati *et al.* (1987) citan que ésta especie ha incrementado notablemente su abundancia en respuesta a la eutrofización por lo que podría significar que al incrementar la concentración de partículas en el medio incrementa su abundancia lo cual concuerda con el presente estudio; por otro lado, Lampert y Sommer (2007) mencionan que un incremento en la densidad de alimento reduciría el tiempo de manejo (tiempo requerido para localizar, capturar, manejar, devorar y asimilar su presa) debido a que encuentra y captura las partículas alimenticias más eficientemente, de la misma manera pasaría con partículas alimenticias más pequeñas ya que son más fácilmente devoradas y asimiladas; Begon *et al.* (2006) mencionan que la preferencia alimenticia de los consumidores tiende a buscar presas que le dejen más ganancia energética por unidad de tiempo ocupado en consumirla. En un estudio sobre el tamaño de las partículas alimenticias Rothhaupt (1990) sugiere que existen diferentes mecanismos de alimentación sobre partículas pequeñas y sobre partículas grandes en los rotíferos. En la figura 3 se puede observar que *E. dilatata* presentó diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) en su máxima densidad poblacional al alimentarlo con *C. vulgaris* viva, mientras que al suministrar su detrito no mostró diferencias significativas en  $r$  ( $p > 0.05$ ); Ejsmont-Karabin *et al.* (1989) señalan que este rotífero asimila una gran cantidad

de nitrógeno (probablemente en forma de proteínas) a partir de su alimento, por otro lado Espinosa (2007) y Enríquez *et al.*, (2003) mencionan que la cantidad de nitrógeno y fósforo disminuye ligeramente al hervir el alga, mientras Sterner y Hessen (1994) mencionan que el crecimiento poblacional del zooplancton podría estar limitado debido a una reducción de N y P por lo que esta pudo haber sido la razón por la cual *E. dilatata* presentó este crecimiento diferenciado al consumir *C. vulgaris* y su detrito. Los datos concuerdan con respecto al análisis huevo-hembra realizado, donde se mostró que existe una mayor relación con la dieta de *C. vulgaris*.

Los grupos más grandes de cladóceros litorales están compuestos por Chydoridae, Macrothrisidae, *Sida* y *Simocephalus* (Masataka *et al.*, 2004), sin embargo el conocimiento acerca de sus dinámicas poblacionales es escaso (Muro-Cruz y Nandini, 2002; Nandini *et al.*, 2004; Masataka *et al.*, 2004; Enríquez *et al.*, 2004). ***Alona glabra*** es una especie perteneciente a la familia Chydoridae la cual mostró una mayor abundancia al alimentarla con detrito de *C. vulgaris* (más del doble en relación a las otras dietas). Sus valores de *r* variaron de 0.17 a 0.27 dependiendo de la dieta suministrada, lo cual concuerda con Enríquez *et al.*, (2003) que obtuvieron valores de 0.12 a 0.20 al alimentar la misma especie de cladóceros con *C. vulgaris*, detrito de *C. vulgaris*, *Saccharomyces cerevisiae* y detritus del campo, por otro lado Muro *et al.* (2002) obtuvieron valores de 0.12 a 0.15 con *C. vulgaris* a una menor concentración, en el presente estudio se obtuvieron mayores abundancias (80 ind.ml<sup>-1</sup>) que en los trabajos anteriores (50 ind.ml<sup>-1</sup> y 10 ind.ml<sup>-1</sup> respectivamente). La preferencia de esta especie por el detrito podría estar relacionada con el hecho de que éste cladóceros se encuentra en el fondo de los cuerpos de agua donde el principal recurso es el detrito, su biota acompañante y las algas perifíticas; Enríquez *et al.* (2003) observaron que *Chydorus sphaericus* (Chydoridae) obtuvo un máximo crecimiento poblacional y un valor de *r* más elevado que en los otros tratamientos al alimentar ésta especie con detrito de *C. vulgaris*, por otro lado Monakov (2003) menciona que el detrito es un recurso que generalmente va acompañado de bacterias y protozoos por lo que

estos grupos de organismos también estarían incluidos dentro de su dieta complementando sus necesidades metabólicas; Dumont y Negrea (2002) mencionan que el detrito podría llegar a tener el mismo valor calórico que las microalgas gracias a la gran cantidad de bacterias que trae consigo. Cladóceros pequeños como *Alona* sp. ó *Bosmina* sp. pueden alcanzar densidades más altas ( $100 \text{ ind. ml}^{-1}$ ), lo cual concuerda con los datos obtenidos para *A. glabra* donde alcanzo una densidad máxima similar ( $81 \pm 13 \text{ ind. ml}^{-1}$ , Sarma *et al.*, 2004).

***M. triserialis*** alcanzó mayores densidades al ser alimentado con *C. vulgaris*, los valores de crecimiento poblacional son similares a los presentados por Muro *et al.* (2002), sin embargo los valores de *r* fueron mayores para el tratamiento de detrito de *C. vulgaris* debido a que alcanzó su máxima densidad poblacional en menos tiempo (fig. 8). Enríquez-García *et al.* (2003) mostraron tendencias similares en un estudio de crecimiento poblacional de especies litorales y mencionan que el detrito de *C. vulgaris* tiene niveles más bajos de nitrógeno y fosforo que el alga viva, Elser *et al.* (2001) mencionan que algunas especies de zooplancton al recibir una dieta limitada en carbono y fosforo podrían ver afectadas algunas de sus variables como crecimiento y reproducción, Ferrao-Filho *et al.* (2003) señalan que *D. gessneri* fue afectada por una limitación de carbono y fosforo dependiendo de la época del año mientras que *C. cornuta* y *M. micrura* no fueron afectadas por esa limitación, en otro estudio donde se probó el efecto del detrito Nandini *et al.* (2007) mencionan que el detritus es menos nutritivo que el alga pero que bajo ciertas condiciones llega a ser un recurso muy importante que reduciría el impacto directo de los cladóceros sobre el fitoplancton.

Los animales obtienen una gran cantidad de compuestos esenciales para su desarrollo a partir de su alimento (proteínas, vitaminas, minerales, ácidos grasos, etc.), varios de estos compuestos no son sintetizados o no son suficientemente producidos por los animales y varían de diversas maneras dependiendo de las condiciones en las cuales se haya desarrollado el recurso (algas, bacterias,

---

detrito), de acuerdo a esto, el zooplancton se podría llegar a ver limitado por alguna o varias de estas sustancias (Hessen, 1992; Sterner y Schulz, 1998).

El género *Simocephalus* a menudo es dominante en la zona litoral y en la vegetación acuática subsumergida especialmente donde no hay peces (Orlova-Bienkowskaja, 2001). En la figura 11 se puede observar el crecimiento poblacional de ***S. vetulus*** donde al suplementar *S. acutus* se obtuvo la mayor densidad poblacional y el valor más alto de  $r$  (0.6, fig. 13) mientras que con *C. vulgaris* viva se obtuvieron los valores más bajos. Nandini *et al.*, (2007) mencionan que *S. vetulus* crece mejor con una dieta de *S. acutus*, además, las diferencias en sus variables de crecimiento poblacional pudieran deberse al tamaño del alimento. Hessen (1992) menciona que el tamaño del alimento también juega un papel importante en la alimentación del zooplancton, por otro lado Monakov (2003) menciona que especies más grandes de zooplancton pueden asimilar mejor especies más grandes de alimento, como en este estudio. Los resultados mostraron que las especies de zooplancton crecen en función de la densidad de alimento y de la calidad nutricional del mismo como lo mencionan Hurtado-Bocanegra *et al.*, (2002) al probar el efecto de la densidad de alimento sobre un rotífero (*Brachionus patulus*) y dos cladóceros (*Ceriodaphnia dubia* y *Moina macrocopa*) en competencia, donde encontró que al incrementar la concentración de partículas incrementaba la densidad poblacional de las especies seleccionadas.



### En interacción

La forma en la cual la competencia por recursos sería disminuida ha sido explorada en estudios de campo y experimentos de laboratorio: la partición de nicho a través de la alimentación selectiva, explotación de diversos recursos de diferentes maneras, uso de diferente espacio (en rocas, plantas, raíces, etc.) y con diferentes requerimientos con respecto al alimento suspendido, forma de la partícula, dimensión, textura, palatabilidad, tiempo de manejo y toxicidad (Gliwicz, 2003).

Las interacciones poblacionales pueden ser clasificadas con respecto a si los participantes son afectados positivamente o negativamente por la interacción (Ricklefs y Miller, 1999), en la competencia existiría una disminución en la tasa de crecimiento poblacional de alguna de las especies involucradas por el uso de un recurso en común (Lampert y Sommer, 2007). Generalmente, en las interacciones competitivas entre rotíferos y cladóceros pelágicos los rotíferos son eliminados por los cladóceros (Gilbert, 1985; Hurtado-Bocanegra, *et al.*, 2002; Nandini y Sarma, 2002). En cuerpos de agua templados especies de mayor tamaño tienden a desplazar competitivamente a especies de menor tamaño a través de la competencia explotativa y/o por interferencia (Dodson, 1974; Macisaac y Gilbert 1988), sin embargo, otros estudios han demostrado que algunas especies de cuerpos de agua tropical y de hábitos litorales no presentan desplazamiento competitivo hacia especies más pequeñas (Enríquez, 2004; Nandini *et al.*, 2003; Nandini *et al.*, 2007).

Las especies de cladóceros probadas son encontradas con *E. dilatata* en el campo (Ramírez, *et al.*, 2002) con posible superposición de nichos (Nandini *et al.*, 2007; Enríquez, 2004). Los resultados de los experimentos de interacción de los cladóceros seleccionados están relacionados con el tipo de alimento suministrado y la presencia o ausencia de *E. dilatata*. Un gran número de estudios se han enfocado en combinar diferentes especies de zooplancton en microcosmos para determinar el reemplazamiento o la coexistencia de los diferentes taxa (Lampert, 2006). Varios de ellos han comparado especies de diferente tamaño basándose

en la hipótesis de tamaño-eficiencia asumiendo que las especies más grandes tienen superioridad sobre las más pequeñas para explotar los recursos disponibles, sin embargo no todos los estudios apoyan esta hipótesis (Lampert, 2006); existe otra propuesta en la cual las especies de mayor talla desplazarían a las más pequeñas, sin embargo el mecanismo por el cual lo hacen difiere. Gliwicz pero a partir de en el presente estudio se pudo observar que algunas adaptaciones de *E. dilatata* le permiten coexistir por un largo periodo con especies más grandes.

Independientemente de la dieta suministrada *E. dilatata* disminuyó la abundancia de *A. glabra* y *M. triserialis* sin llegar a excluirlos competitivamente; mientras que con *S. vetulus* obtuvo un mayor crecimiento. Éste rotífero de agua dulce comúnmente encontrado en la zona litoral, rica en nutrientes, de lagos y cuerpos de agua adhiere sus huevos directamente en la vegetación litoral (Walsh, 1989; Ejsmont-Karabin *et al.*, 1989) por lo que se verían influenciadas sus interacciones competitivas incrementando su "fitness" (Walsh, 1989), al adherir sus huevos a alguna superficie éstos ya no estarían expuestos y de esta manera no se verían afectados por competencia por interferencia por parte de los cladóceros lo que incrementaría su potencial reproductivo.

Allan (1973) en un estudio de competencia entre *Daphnia parvula* y *Holopedium gibberum* menciona que la partición de recursos reduce la intensidad de competencia debido a la selección de alimento por parte de alguna de las especies involucradas, esta selección podría estar dada por el tamaño del alimento, la forma o alguna sustancia química presente en este, además del comportamiento del consumidor (dónde y cómo se alimenta), el también observó que *H. gibberum* prefería estar en la parte más alta de la columna de agua debido a la cubierta gelatinosa de su caparazón, no así para *D. parvula* llevándolos a una partición de hábitat lo cual concuerda con los datos observados con respecto a *A. glabra* y *M. triserialis* los cuales preferían estar en la base de los microcosmos debido a las adaptaciones que poseen (Smirnov, 1992), además ramonean el

---

alimento algal sedimentado mas no el que se encuentra suspendido en la columna, sin embargo la alta tasa de crecimiento poblacional de *A. glabra* causó que disminuyera la cantidad de recurso disponible lo cual provoco competencia cuantificable con *E. dilatata*. Dodson (2005) menciona que especies similares tienden a evitar la competencia desarrollando adaptaciones ambientales que les permiten ser especializadas en un ambiente en particular llevándolas a una partición de hábitat el cual permite a los organismos con requerimientos similares coexistir dividiéndose los recursos de un lago.

Goldberg *et al.*, (1999) mencionan que la fuerza de la interacción (competencia o facilitación) varía en función a gradientes de productividad, por ejemplo, la intensidad de competencia es menor cuando incrementa la productividad de un sistema, así en un sistema altamente productivo la facilitación es más probable lo cual concuerda con algunos de los datos obtenidos ya que en el presente estudio usamos altas concentraciones de alimento como las que están presentes en sistemas altamente productivos. Semenchenko *et al.*, 2007 encontraron que la habilidad competitiva no depende directamente del tamaño del cuerpo, por ejemplo *S. vetulus* que es un competidor superior podría ser capaz de desplazar a otras especies bajo condiciones de competencia por alimento, también encontraron que *S. vetulus* coexistía con *D. longispina* en condiciones de eutrofización y sin depredadores, por lo que debería tener una mayor tasa intrínseca de crecimiento poblacional. De este modo las habilidades competitivas en cladóceros no dependen necesariamente del tamaño de la especie como dice la hipótesis de tamaño-eficiencia.

Varios casos de procesos de facilitación han sido reportados para varios grupos de organismos, por ejemplo Hertonsson *et al.*, (2008) al estudiar los efectos competitivos de un insecto (*Cloeon dipterum*) y un caracol (*Lymnaea peregra*) que se mantienen con algas perifíticas encontró que cuando estas especies se alimentaban por separado removían la misma cantidad de perifiton y alcanzaban ciertas abundancias, sin embargo cuando se colocaban las dos especies en el

---

mismo ambiente coexistían y alcanzaban mayores densidades que cuando se encontraban aislados debido a que el insecto al alimentarse no consumía todo el perifiton que removía y lo dejaba disponible para el caracol; Enríquez (2004) señala que especies litorales que crecen junto a *S. vetulus* resultan beneficiadas ya que obtuvieron mejores curvas de crecimiento que sus grupos controles, algo similar ocurre en este estudio, cuando *E. dilatata* crece con *S. vetulus*. Una razón podría ser que este cladóceros de gran tamaño generaba excretas y mudas que podían ser utilizadas por el rotífero que consume materia orgánica en descomposición; Dumont y Negrea (2002) mencionan que los daphnidos no digieren todas las células algales que consumen y alguien menciona que este fenómeno se intensifica cuando la concentración de alimento es alta, de este modo quedarían partículas algales nutritivas sin digerir disponibles para *E. dilatata*, también Levine (1999) y Sommer (1992) señalan que cuando los efectos competitivos directos de una especie sobre otra son menores que el efecto positivo indirecto dará como resultado una interacción facilitativa neta, además otras facilitaciones indirectas pueden ser mediadas por consumidores, patógenos o por depredación.

Crecimiento, reproducción y respiración son los tres principales procesos que consumen la energía del alimento asimilado (Sharma & Pant, 1984); Lane, (1975) y Lampert y Sommer, (2007) sugieren que el reparto de recursos es el segundo mayor mecanismo de coexistencia competitiva por el cual las especies involucradas aparecen juntas por partición o reparto de recursos disponibles; también cuando el zooplancton herbívoro difiere en sus estrategias alimenticias y modo de selección del alimento se daría la posibilidad de diferenciar el uso de los recursos disponibles (Rothhaupt, 1990); de este modo la evolución de distintos nichos es un mecanismo para evitar la competencia (Lampert y Sommer, 2007);

Semechenko *et al.*, (2007) estudiaron las relaciones bióticas que afectan la estructura de especies en el zooplancton alimentadas con diferentes concentraciones de alimento y encontraron que en un escenario sin depredadores

---

fue promovida la coexistencia cuando se incrementó la concentración de alimento, mientras con baja concentración de alimento solo una especie sobrevivía después de terminar la simulación. Cuando los depredadores estaban presentes el número de especies que coexistían incrementaba hasta 4 especies, indicando que la presión de la depredación facilitaba la coexistencia de especies. En la naturaleza las plantas influyen de algún modo u otro a los herbívoros y a los descomponedores, modelos de interacciones como la competencia son bien reconocidas sin embargo son pocos los estudios de facilitación (Levine, 1999).

En el presente trabajo nosotros observamos que el comportamiento de ovoposición de *E. dilatata* (Walsh, 1989) y su tamaño (250µm aprox.) reducen los efectos adversos de la competencia por interferencia con los cladóceros lo que le permite una coexistencia prolongada; en otros estudios se ha observado que otras especies de rotíferos tienen diferentes estrategias que les permiten coexistir con estos microcrustáceos o incluso con algunos depredadores por ejemplo, *Hexarthra mira* evita la competencia por interferencia realizando movimientos evasivos que le permiten alejarse rápidamente del aparato filtrador de los cladóceros (Anupama y Rao, 1998), por otro lado *Sinantharina socialis* se protege de dos maneras: Agrupándose en “colonias” lo cual incrementa su tamaño (hasta 4 mm) para evitar ser depredado por zooplancton y también produce algunas sustancias químicas con sabor desagradable que le protege contra larvas de peces y le permite coexistir con éstas (Snell, 1998).

La competencia ha sido frecuentemente usada para explicar la estructura de poblaciones en rotíferos y la partición del ambiente por especies (Snell, 1979). La disponibilidad de un recurso como el alimento a menudo limita la capacidad reproductiva de los organismos. El mecanismo fisiológico de obtener el mayor “fitness” consiste en la capacidad del organismo para conseguir más alimento o aprovecharlo mejor que los otros organismos, de este modo la mayor sobrevivencia a menudo requiere de estructuras morfológicamente especializadas y algún tipo de comportamiento (Lampert y Sommer, 2007) como el que se pudo

---

observar por parte de *E. dilatata* que fijaba sus huevos a las superficies lo que provoco que estos no fueran dañados por interferencia incrementando el “fitness” del rotífero.

Estos resultados muestran que los efectos de la calidad de alimento jugarían un papel importante en la estructuración de comunidades ya que pudimos observar que las respuestas fueron diferenciales dependiendo de la dieta utilizada.

---

## CONCLUSIONES

- Se pudo observar un largo periodo de coexistencia entre las especies seleccionadas y también se encontraron procesos facilitativos.
- Los experimentos realizados mostraron que las especies de zooplancton seleccionadas crecen diferencialmente dependiendo de la dieta suministrada y de la presencia o ausencia de otro competidor.
- El resultado de la interacción entre *E. dilatata* y los cladóceros está en función de la dieta suministrada, de sus hábitos alimenticios y de su comportamiento de ovoposición.

---

## PROPUESTAS PARA FUTUROS PROYECTOS

- Realizar estudios de tabla de vida de los tratamientos probados para discutir que variables de sus historias se ven más afectadas por la presencia de otra especie o por el impacto de alguna dieta, además de aproximarnos más a conocer que estrategias utilizan para sobrevivir.
- Realizar estudios de tasas de filtración de las especies seleccionadas para conocer la magnitud de impacto al ambiente a través del forrajeo.
- Realizar el mismo experimento en condiciones de limitación de alimento con el fin de conocer las concentraciones umbrales de alimento de las especies seleccionadas.
- Analizar el efecto de la depredación sobre las especies seleccionadas para conocer su impacto en la naturaleza y saber si está relacionada a su coexistencia en campo.



## LITERATURA CITADA

- Abrantes, N., Antunes, S. C., Pereira M. J. & F. Goncalvez. 2006. Seasonal succession of cladocerans and phytoplankton and their interactions in a shallow eutrophic lake (lake Vela, Portugal). *Acta oecologica* 29: 54-64.
- Acharya, K., Kyle, M. & J. J. Elser. 2004. Effects of stoichiometric dietary mixing on *Daphnia* growth and reproduction. *Oecologia* 138: 333-340.
- Ahlgren, G., Gustafsson, I. B. & M. Boberg. 1992. Fatty acid content and chemical composition of freshwater microalgae. *Journal of phycology* 28: 37-50.
- Ali, M. M., Mageed, A. A. & M. Heikal. 2007. Importance of aquatic macrophyte for invertebrate diversity in large subtropical reservoir. *Limnologica* 37: 155-169.
- Allan, J. D. 1973. Competition and the relative abundances of two cladocerans. *Ecology* 54: 484-498.
- Allan, J. D. 1974. Balancing predation and competition in cladocerans. *Ecology* 55: 622-629.
- Anónimo. 1985. Methods of Measuring the acute Toxicity of Effluents to Freshwater and Marine Organisms. US Environment Protection Agency. EPA/600/4-85/013.
- Anumapa, K. & R. T. Rao. 1998. Does the evasive behaviour of *Hexarthra* influence its competition with cladocerans? *Hydrobiologia* 387/388: 409-419.
- Arsenault R. & O. Norman. 2002. Facilitation versus competition in grazing herbivore assemblages. *Oikos* 97: 313-318.
- Balayla, D. J. & B. Moss. 2003. Spatial patterns and population dynamics of plant-associated microcrustacea (Cladocera) in an English shallow lake (little mire, Cheshire). *Aquatic ecology* 37:417-435.
- Begon, M., Colin, R. & J. L. Harper. Ecology: From individuals to ecosystems. Cuarta edición. Blackwell publishing. Reino unido.
- Borowitzka, M.A. & L. J. Borowitzka. 1988. Micro-algal Biotechnology. Cambridge University Press, London.

- Brillant, M.G. S. & MacDonald, B.A. 2002. Postingestive sorting of living and heat-killed *Chlorella* within the sea scallop *Placopecten magellanicus*. *Journal Experimental Marine Biology Ecology* 290: 81–91.
- Brito, D.; Milani, N. & Pereira, G. 2006. Tasa de filtración e ingestión de *Simocephalus vetulus* (Müller, 1776) (Crustacea: Cladocera) alimentado con *Selenastrum capricornutum* Printz, 1914 y *Chlorella vulgaris* Beijerinck, 1890. *Interciencia* 31: 10.
- Cervantes, H. A. 2005. Análisis limnológico de dos sistemas cársticos (cenotes) de la península de Yucatán, México con énfasis en la variación espacial y temporal del zooplancton. Tesis doctoral. El colegio de la frontera sur. México.
- Conde-Porcuna, J. M., Ramos-Rodríguez E. & R. Morales-Baquero. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas. *Ecosistemas* 13: 23-29.
- Danielsdottir, M. G., Brett, M. T. & G. B. Arhonditsis. 2007. Phytoplankton food quality control of planktonic food web processes. *Hydrobiologia* 589: 29-41.
- Davidson, D. W., Inouye, R. S. & J. H. Brown. 1984. Granivory in a desert ecosystem: experimental evidence for indirect facilitation of ants by rodents. *Ecology* 65: 1780-1786.
- DeMott, W. R. 1986. The role of taste in food selection by freshwater zooplankton. *Oecologia* 69: 334-340.
- Demott, W. R. & D. M. Müller-Navarra. 1997. The importance of highly unsaturated fatty acids in zooplankton nutrition: evidence from experiments with *Daphnia*, a cyanobacterium and lipid emulsions. *Freshwater biology* 38: 469-664.
- Dodson, S. I. 1974. Zooplankton competition and predation: An experimental test of the size-efficiency hypothesis. *Ecology* 55: 605-613.
- Dodson S. I. & D. G. Frey. 1991. Cladocera and other Branchiopoda. In: Thorp JH, Covich AP (eds) *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. 2<sup>nd</sup> edición. Academic Press. USA.

- Dodson, S. 2005. Introduction to limnology. McGraw-hill. USA.
- Duggan, I. C., Green, J. D. Thompson, K. & J. S. Shiel. 2001. The influence of macrophytes on the spatial distribution of littoral rotifers. *Freshwater biology* 46: 777-786.
- Dumont, H. J. 1994. Ancient lakes have simplified pelagic food webs. *Hydrobiologia* 44: 223-234.
- Dumont, H. J. & S. V. Negrea. 2002. Introduction to the class branchiopoda. Backhuys publishers. Belgium.
- Elias-Gutierrez, M & S.S.S. Sarma. 1998. Phylum: Rotifera. In Enciclopedia de Quintana Roo. Vol 1.
- Elías, G, M., Suarez, M. E., Gutiérrez A. M., Silva. B. M., Granados, R. J. & E. T. Garfias. 2008. Cladóceros y copépodos de las aguas continentales de México. UNAM. México.
- Elser, J. J., Hayakawa, K. & J. Urabe. 2001. Nutrient limitation reduces food quality for zooplankton: *Daphnia* response to seston phosphorus enrichment. *Ecology* 82: 898-903.
- Elsmont-Karabin, J., Gulati, R. D. & J. Rooth. 1989. Is food availability the main factor controlling the abundance of *Euchlanis dilatata lucksiana* Hauer in a shallow hypertrophic lake? *Hydrobiologia* 186/187: 29-34.
- Enríquez, G. C. 2004. Estudio de campo y laboratorio de la dinámica poblacional de los rotíferos y cladóceros de la zona litoral del lago Huetzalin, Xochimilco. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en ciencias biológicas. México.
- Enríquez-García, Nandini, S. & S. S. S. Sarma. 2003. Food type effects on the population growth patterns of littoral rotifers and cladocerans. *Acta Hydrochimica Hydrobiologica* 31: 120-133.
- Espeland, E. K. & K. J. Rice. 2007. Facilitation across stress gradients: the importance of local adaptation. *Ecology* 88: 2404-2409.
- Espinosa, R. C. A. 2007. Efecto de diferentes dietas (*Chlorella vulgaris* y *Selenastrum capricornutum*) sobre el crecimiento poblacional de los rotíferos *Brachionus rubens*, *Brachionus angularis* y *Brachionus patulus*

- (Rotifera: Brachionidae). Tesis de licenciatura. Facultad de estudios superiores Iztacala. Universidad nacional autónoma de México.
- Feniova, I. Y., Budaev, S. V. & Y. Y. Dgebuadze. 2006. Simulation of cladoceran survival strategy under conditions of food depletion. *Russian journal of ecology* 37: 28-34.
- Fernández, R. 2010. La capacidad de consumo y los efectos demográficos de microcrustáceos alimentados con cianoprocariontes. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en ciencias del mar y limnología. México.
- Fernández-Araiza, M.A., Sarma, S.S.S. & S. Nandini. 2005. Combined effects of food concentration and temperature on competition among four species of *Brachionus* (Rotifera). *Hydrobiologia* 546: 519-534.
- Ferrao-Filho, A., Arcifa, M. & C. Fileto. 2003. Resource limitation and food quality for cladocerans in a tropical Brazilian lake. *Hydrobiologia* 491: 201-210.
- Fileto, C., Arcifa, M. S., Ferrao-Filho, S. & L. H. S. Silva. 2004. Influence of phytoplankton fractions on growth and reproduction of tropical cladocerans. *Aquatic ecology* 38: 503-514.
- Flores-Burgos, J., Sarma, S. S. S. & S. Nandini. 2004. Population growth of zooplankton (rotifers and cladocerans) fed *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* in different proportions. *Acta hydrochimica Hydrobiologica* 31: 240-248.
- Gallagher, E. D., Jumars, P. A. & D. D. trueblood. 1983. Facilitation of soft-bottom benthic succession by tube builders. *Ecology* 64: 1200-1216.
- Garcia, G. G., Nandini, S. & S. S. S. Sarma. 2004. Effect of cadmium on the population dynamics of *Moina Macrocopa* y *Macrothrix triserialis* (Cladocera). *Environ. Contam. Toxicol.* 72: 717-724.
- Gilbert, J. J. 1985. Competition between rotifers and *Daphnia*. *Ecology* 66: 1943-1950.
- Gilbert, J.J. 1988. Suppression of Rotifer populations by *Daphnia*: A review of the evidence, the mechanisms, and the effects on zooplankton community structure, *Limnology Oceanography* 33: 1286-1303.

- Gliwicz, Z. M. 1990. Food threshold and body size in cladocerans. *Nature* 343: 638-640.
- Gliwicz, Z. M. & H. Stibor. 1993. Egg predation by copepods in *Daphnia* brood cavities. *Oecologia* 95: 295-298.
- Gliwicz, Z. M. 2003. Between hazards of starvation and risk of predation: The ecology of offshore animals. Publisher international ecological institute nordbunte. Germany.
- Goldberg, D. E., Rajaniemi, T., Gurevitch, J & A. Stewart-Oaten. 1999. Empirical approaches to quantifying interaction intensity: competition and facilitation along productivity gradients. *Ecology* 80: 1118-1131.
- Gulati, R. D., J. Rooth, & Ejsmont-Karabin, J. 1987. A laboratory study of feeding and assimilation in *Euchlanis dilatata lucksiana*. *Hydrobiologia* 147: 289-296.
- Hertonsson, P., Abjörnsson, K. & C. Brönmar. 2008. Competition and facilitation within and between a snail and mayfly larva and the effect on the grazing process. *Aquatic ecology* 42: 669-677.
- Hessen, D. O. 1992. Nutrient element limitation of zooplankton production. *The American naturalist* 140: 799-814.
- Hessen, D. O, 1993. The role of mineral nutrients for zooplankton nutrition: Reply to the comment by Brett. *Limnology Oceanography* 38: 1340-1343.
- Hurtado-Bocanegra, M. D., Nandini, S. & S. S. S. Sarma. 2002. Combines effects of food level and inoculation density on competition between *Brachionus patulus* (Rotifera) and the cladocerans *Ceriodaphnia dubia* and *Moina macrocopa*. *Hydrobiologia* 468: 13-22.
- King, C. E. 1967. Food, age and the dynamics of a laboratory population of rotifers. *Ecology* 48: 111-128.
- Krebs C. J. 1985. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper and Row. USA.
- Lampert, W. 2006. Daphnia: model herbivore, predator and prey. *Polish journal of ecology* 54: 607-620.

- Lampert, W. & U. Sommer. 2007. Limnoecology: The ecology of lakes and streams. Oxford university press. USA.
- Lane, P. A. 1975. The dynamics of aquatic systems: A comparative study of the structure of four zooplankton communities. *Ecological monographs* 45: 307-336.
- Levine, J. M. 1999. Indirect facilitation: Evidence and predictions from a riparian community. *Ecology* 80: 1762-1769.
- López, C. B., Cloern, J. E., Schraga, T. S., Little, A. J., Lucas, L. V & J. K. Thompson. 2006. Ecological values of shallow-water habitats: implications for the restoration of disturbed ecosystems. *Ecosystems* 9: 422-440.
- Lucía-Pavón, E., Sarma S. S. S. & S. Nandini. 2001. Effect of different densities of live and dead *Chlorella vulgaris* on the population growth of rotifers *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus patulus*. *Revista Biología Tropical* 49: 895-902.
- Margalef, R., 1983. Limnology. Ed. Omega. España.
- Martínez-Jerónimo, F. & A. Gutiérrez-Valdivia. 1991. Fecundity, reproduction and growth of *Moina macrocopa* fed different algae. *Hydrobiologia* 222: 49-55.
- Maclsaac, H. J. & J. J. Gilbert. 1991. Discrimination between exploitative and interference competition between cladocera y *Keratella cochlearis*. *Ecology* 72: 924-937.
- Masataka, S., Takayuki, H., Azumi, S & N. Ryoji. 2004. Migration from plant to plant: an important factor controlling densities of the epifithic cladoceran *Alona* (Chydoridae, Anomopoda) on lake vegetation. *Limnology* 5: 17-23.
- McCauley, E. 1984. The estimation of the abundance and biomass in zooplankton in samples. A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters. Blackwell Sci. Publ. Inglaterra.
- Monakov, A. V. 2003. Feeding of freshwater invertebrates. Kenobi productions. Belgica.
- Muro-Cruz, G., Nandini S. & S. S. S. Sarma. 2002. Comparative life table demography and population growth of *Alona rectangula* and *Macrothrix*

- triserialis* (Cladocera: Crustacea) in relation to algal (*Chlorella vulgaris*) food density. *Journal Of freshwater Ecology* 17: 1-11.
- Nandini, S. & S. S. S. Sarma. 2002. Competition between the Rotifers *Brachionus patulus* and *Euchlanis dilatata*: Effect of Algal Food Level and Relative Initial Densities of Competing Species. *Russian Journal of Ecology* 33: 291–295.
- Nandini, S., Muro-Cruz, G. & S.S.S. Sarma. 2002a. Competition between littoral cladocerans *Macrothrix triserialis* and *Alona rectangula* (Cladocera) in relation to algal food level and inoculation density. *Journal of freshwater ecology* 17: In press.
- Nandini, S., Sarma S. S. S. & M. D. Hurtado-Bocanegra. 2002b. Effect of four species of cladocerans (Crustacea) on the population growth of *Brachionus patulus* (Rotifera). *Acta hydrochimica* 30: 101-107.
- Nandini, S. & S. S. S. Sarma. 2003. Population growth of some genera of cladocerans (Cladocera) in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) levels. *Hydrobiologia* 491: 211-219.
- Nandini, S.; Enriquez-Garcia, C. & S. S. S. Sarma. 2007a. A laboratory study on the demography and competition of three species of littoral cladocerans from lake huetzalin, Xochimilco, Mexico. *Aquatic ecology* 41: 547-556.
- Nandini, S., Sarma, S. S. S., Amador-López, R. J. & S. Bolaños-Núñez. 2007b. Population growth and body size in five rotifer species in response to variable food concentration. *Journal of freshwater ecology*. In press.
- Neil, W. E. 1981. Impact of *Chaoborus* predation upon the structure and dynamics of a crustacean zooplankton community. *Oecologia* 48: 164-177.
- Nogrady, T.R.L., Wallace, T. Snell & Ricci, C. 2006. Rotifera, Biology, Ecology y Systematics. 2<sup>nd</sup> edition. Kenobi productions & Backhuys publishers. Belgium.
- Sarma, S.S.S. 1991. Rotifers and Aquaculture. *Environment & Ecology* 9: 414-428.
- Norkko, A., Hewitt, J. E., Thrush, S. F & G. A. Funell. 2006. Conditional outcomes of facilitation by a habitat-modifying subtidal bivalve. *Ecology* 87: 226-234.

- Norlin, I. J., Bayley, S. E. & L. C. M. Ross. 2006. Zooplankton composition and ecology in western boreal shallow-water wetlands. *Hydrobiologia* 560: 197-215.
- Okumura, D. T., Sotero-Santos, Takenaka, R. A. & O. Rocha. 2007. Evaluation of cyanobacteria toxicity in tropical reservoirs using crude extracts bioassay with cladocerans. *Ecotoxicology* 16: 263-270.
- Ostroumov, S. A. 2005. Some aspects of water filtering activity of filter-feeders. *Hydrobiologia* 542: 275-286.
- Pavón, Meza, L. 2000. Efecto *Chlorella vulgaris* viva y muerta sobre el crecimiento poblacional de *Brachionus calyciflorus* PALLAS y *B. patulus* (MÜLLER) (Rotifera: Brachionidae) bajo condiciones de laboratorio. Tesis de maestría. U.N.A.M. Instituto de ciencias del mar y limnología. México.
- Persson, J. Vrede, T. & S. Holmgren. 2008. Responses in zooplankton populations to food quality and quantity changes after whole lake nutrient enrichment of an oligotrophic sub-alpine reservoir. *Aquatic sciences* 70: 142-155.
- Preisser, E. L., Dugaw, C. J., Dennis, B. & D. R. Strong. 2006. Plant facilitation of a belowground predator. *Ecology* 87: 1116-1123.
- Rand, T. A. 2004. Competition, facilitation and compensation for insect herbivory in an annual salt marsh forb. *Ecology* 85: 2046-2052.
- Ragan, M. C. & R. W. Lawrence. 1997. Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology* 78: 1958-1965.
- Ramírez, G. P., Nandini, S. Sarma, S. S. S., Robles, V. E., Cuesta, I. & M. A. Hurtado. 2002. Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir Valle de Bravo (México). *Hydrobiología* 467: 99-108.
- Rettig, J. E., Schuman, L. S. & J. K. McCloskey. 2006. Seasonal patterns of abundance: do zooplankton in small ponds do the same thing every spring-summer? *Hydrobiologia* 556: 193-207.
- Ricklefs, R. E. & G. L. Miller. 1999. Ecology. 4ta edición. Freeman and company. USA.
- Rothhaupt, K. O. 1990. Differences in particle size-dependent feeding efficiencies of closely related rotifer species. *Limnology and oceanography* 35: 16-23.



- Sarma, S.S.S. 1991. Rotifers and Aquaculture. *Environment and ecology* 9: 414-428.
- Sarma, S.S.S. 1996. Rotifer culture systems. In: International workshop on rotifer culture systems. UNAM Campus Iztacala. México.
- Sarma, S.S.S., Iyer, N., & H.J. Dumont. 1996. Competitive Interactions between herbivorous Rotifers: Importance of food concentration and initial population density. *Hydrobiologia* 331: 1-7.
- Sarma, S. S. S. & Nandini, S. 2002. Comparative Life table demography and population growth of *Brachionus macracanthus* DADAY, 1905 and *Platylabus quadricornis* Ehrenberg 1832 (Rotifera: Brachionidae) in relation to algal (*Chlorella vulgaris*) food density. *Acta Hydrochimica Hydrobiologica* 30: 128-140.
- Sarma, S. S. S. & S. Nandini. 2004. Competition between *Ceriodaphnia dubia* and *Moina macrocopa*: A population growth study. *Advances in fish and wildlife ecology and biology* 3: 90-101.
- Sarma, S. S. S., Dumont, H. J. & S. Nandini. 2004. Interactions between the anomopod cladocerans *Ceriodaphnia dubia*, *C. cornuta*, *Simocephalus vetulus* and *S. serrulatus*, the aphanoneurid worm *Aelosoma* sp., and the fish *Skiffia lermae*: predation or competition or both? *Hydrobiologia* 526: 147-156.
- Sarma, S. S. S., Gulati, R. D. & S. Nandini. 2005a. Factors affecting egg-ratio in planktonic rotifers. *Hydrobiologia* 546: 361-373.
- Sarma, S. S. S., Nandini, S. & R. D. Gulati. 2005b. Life history strategies of cladocerans: comparisons of tropical and temperate taxa. *Hydrobiologia* 542: 315-333.
- Schindler, J. E. 1971. Food quality and zooplankton nutrition. *Journal of animal ecology* 40: 589-595.
- Semenchenko, V. P., Razlutskiy, V. I., Feniova, I. Yu. & D. N. Aibulatov. 2007. Biotic relations affecting species structure in zooplankton communities. *Hydrobiologia* 579: 219-231.

- Sharma, P. C. & M. C. Pant. 1984. An energy budget for *Simocephalus vetulus* (O. F. Muller) (Crustacea: Cladocera). *Hydrobiologia* 111: 37-42.
- Shurin, J. B. & E. G. Allen. 2001. Effects of competition, predation and dispersal on species richness at local and regional scales. *The American naturalist* 158: 624-637.
- Sigee, D. C. 2005. Freshwater microbiology: Biodiversity and dynamic interactions of microorganisms in the aquatic environment. John Wiley & sons, Ltd. Reino unido.
- Smirnov, N. N. 1992. The macrothricidae of the world. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. SPB Academic Publishing.
- Smirnov, N. N. 1996. Cladocera: The Chidorinae and Saycinae of the world. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. SPB Academic Publishing.
- Snell, T. W. 1979. Intraspecific competition and population structure in rotifers. *Ecology* 60: 494-502.
- Snell, T. W. 1998. Chemical ecology of rotifers. *Hydrobiologia* 387/388: 267-276.
- Snell, T. W. 2007. Workshop on rotifers in ecotoxicology. *Hydrobiologia* 593: 227-232.
- Sommer, U. 1992. Phosphorus-limited *Daphnia*: Intraspecific facilitation instead of competition. *Limnology and oceanography* 37: 966-973.
- Steiner, C. F., Darcy-Hall, T. L., Dorn, N. J., Garcia, E. A., Mittelbach, G.G. & J. M. Wojdak. 2005. The influence of consumer diversity and indirect facilitation on trophic level biomass and stability. *Oikos* 110: 556-566.
- Sterner, R. W. & D. O. Hessen. 1994. Algal nutrient limitation and the nutrition of aquatic herbivores. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 25: 1-29.
- Sterner, R. W. & K. L. Schulz. 1998. Zooplankton nutrition: recent progress and a reality check. *Aquatic ecology* 32: 261-279.
- Stone, L. & A. Roberts. 1991. Conditions for a species to gain advantage from the presence of competitors. *Ecology* 72: 1964-1972

- Thorp, J. H. & A. P. Covich. 1991. Ecology and classification of north American freshwater invertebrates. Academic press. United states of America.
- Timotius, K.H. & F. Goltenboth, 1995. Tropical limnology. Salatiga. Indonesia.
- Valiente-Banuet A. & M. Verdú. 2008. Temporal shifts from facilitation to competition occur between closely related taxa. *Journal of ecology* 96: 489-494.
- Van Der Wal, R., Van Wijnen, H., Van Wieren, S., Beucher, O. & D. Bos. 2000. On facilitation between herbivores: how Brent geese profit from Brown hares. *Ecology* 81: 969-980.
- Verdú D. M. 1997. Ecología Evolutiva. UNAM, campus Iztacala. México.
- Walsh, E. J. 1989. Ovoposition behaviour of the littoral rotifer *Euchlanis dilatata*. *Hydrobiologia* 186-187: 157-161.
- Wetzel G. R., 1981. Limnology. Ed. Omega. España.
- Wallace, R. & T. Snell. 1991. Rotifers. In: Thorp JH, Covich AP (eds) Ecology and classification of North American freshwater invertebrates, 2<sup>nd</sup> edición. Academic Press. USA.
- Wilkins, S. D. & S. D. Cooper. 1982. Competition among cladocera. *Ecology* 63: 1004-1015.
- Zarattini, P. & Mura, G. 2004. The effects of food type on length-weight growth, sexual differentiation and survival in *Chirocephalus ruffoi* (Anostraca) cultured under standard conditions. *Journal of crustacean biology* 24: 225–231.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### ➤ Cultivo y cosecha de microalgas

La cepa de *Scenedemus acutus* (*Scenedesmus acutus* f. *alternans* Hortobagyi (No. 72) de la universidad de Texas) y *Chlorella vulgaris* se cultivaron en el Medio Bold (Borowitzka y Borowitzka, 1988), con Ph de 7.5, el cual es enriquecido con bicarbonato de sodio (Sarma, 1996) en botellas plásticas de dos litros. Los cultivos se mantienen a T° de  $25 \pm 1^\circ \text{C}$ , con aireación constante y luz difusa en forma continua.

Para la cosecha de la microalga, los cultivos se dejan crecer de una concentración inicial entre  $0.5$  y  $1.0 \times 10^6$  cels. $\text{ml}^{-1}$  hasta su fase exponencial (aproximadamente  $25 \times 10^6$  cels. $\text{ml}^{-1}$ ), lo cual dura entre 7 y 10 días, con el fin de garantizar una gran cantidad de células y su buen estado nutricional, cuando se tiene la concentración adecuada, se retira la aireación de las botellas y se mantienen en el refrigerador durante aproximadamente cuatro días para permitir la sedimentación de las células y posteriormente hacer el decantado de las botellas.



Lamina 5. Muestra el cultivo de microalgas antes (izquierda) y después de la cosecha (derecha).

## Anexo 2

### ➤ Preparación del medio EPA

El medio EPA se prepara disolviendo 95 mg de NaHCO<sub>3</sub>, 60 mg de CaSO<sub>4</sub>, 60 mg de MgSO<sub>4</sub>, 4 mg de KCL por litro de agua destilada (Anon. 1985).

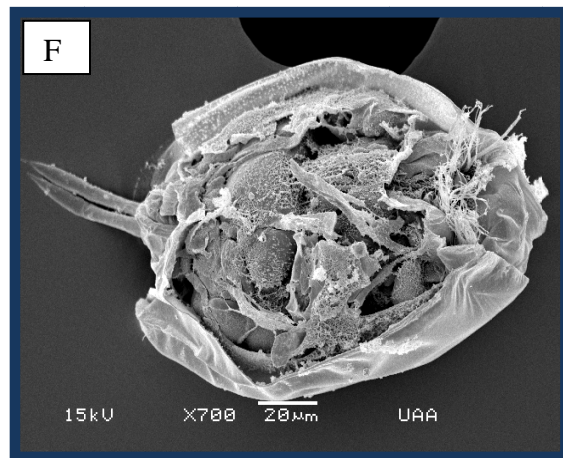
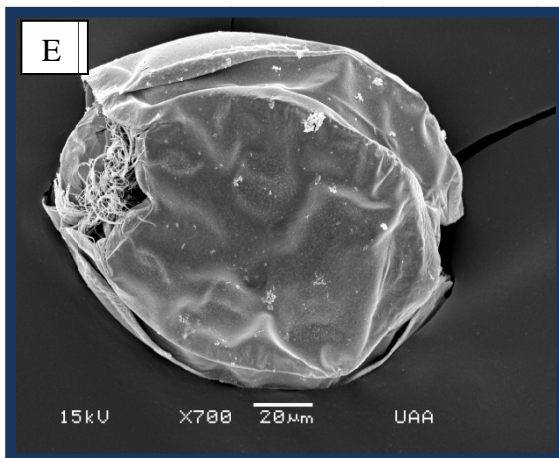
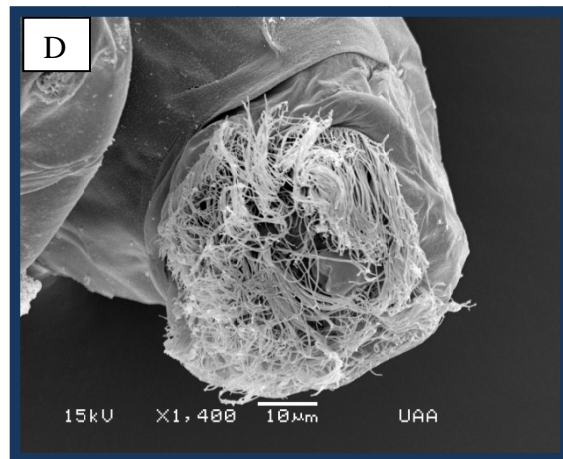
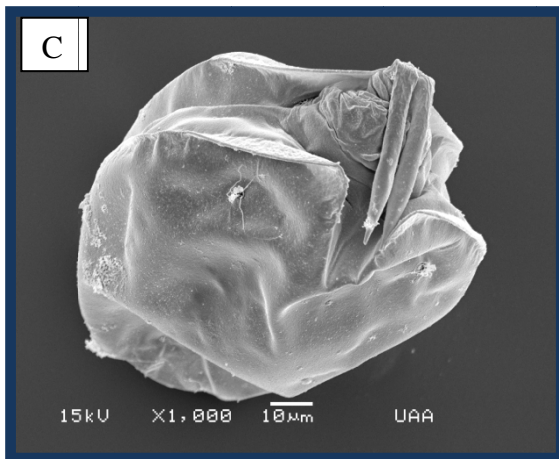
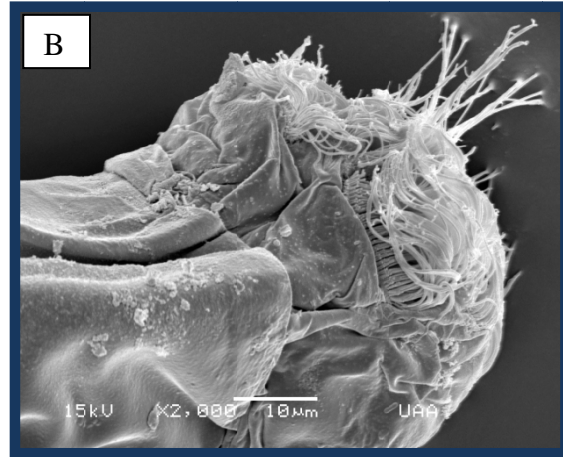
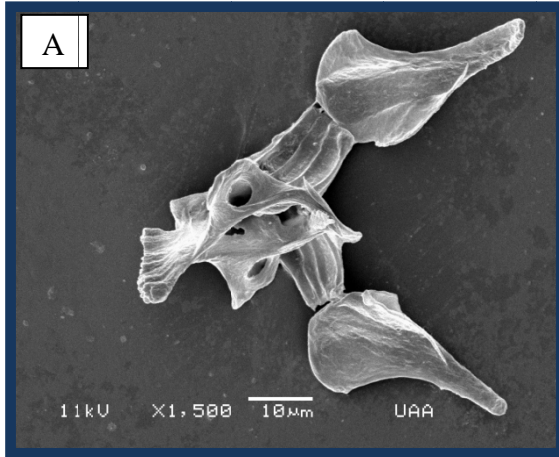
## Anexo 3

### ➤ Preparación de muestras para el microscopio electrónico de barrido

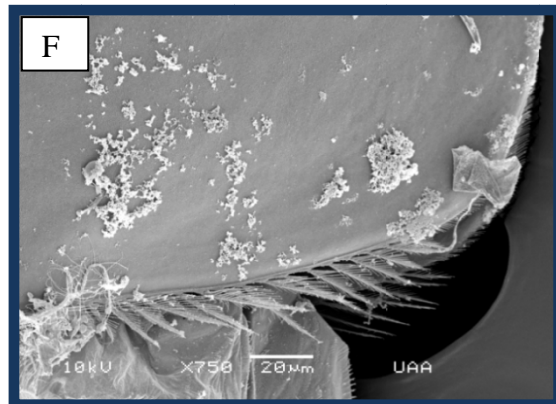
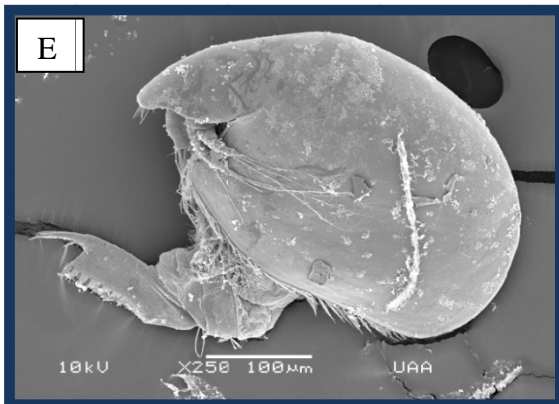
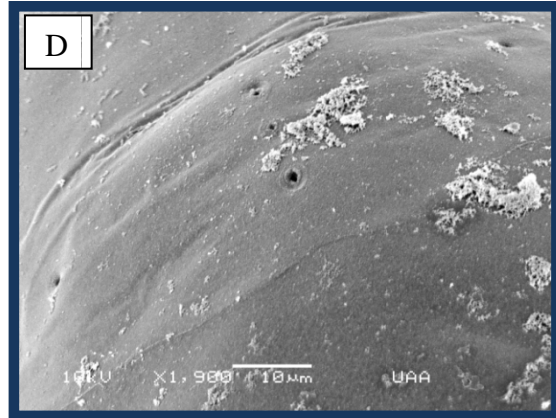
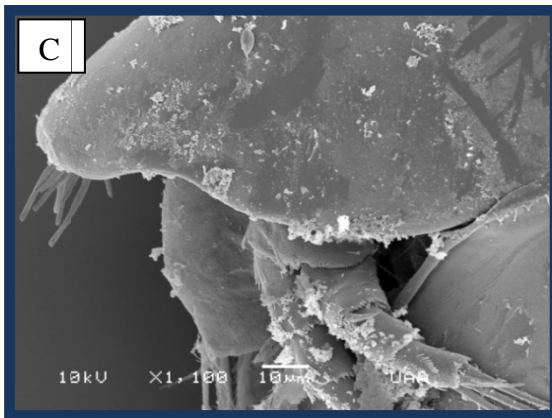
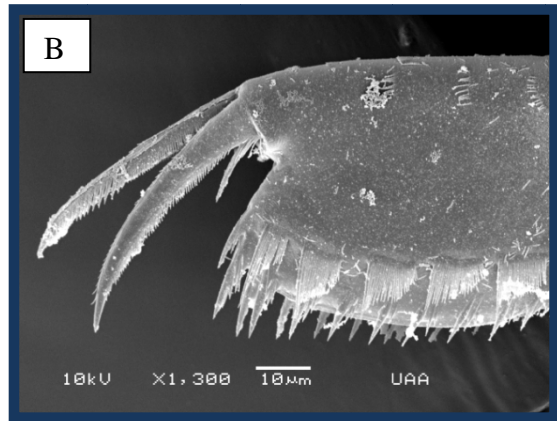
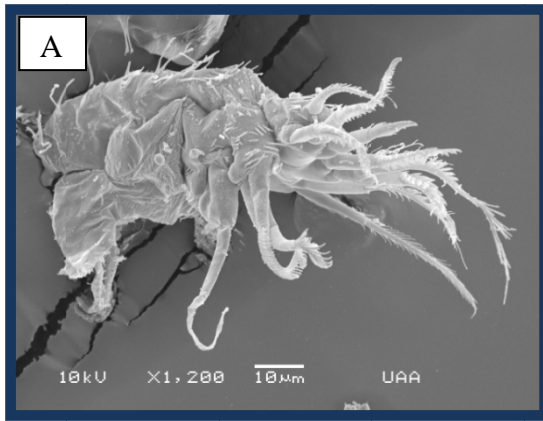
Se fijaron los organismos en formol al 4% y se dejaron un día, después se colocaron en una red de nylon de diferente tamaño de abertura de malla dependiendo del tamaño del organismo a analizar y se deshidrataron en alcoholes graduales (60%, 70%, 80%, 90%, 96% y 100%) haciendo el cambio cada 10 minutos hasta el alcohol al 100%, posteriormente cuando el material está completamente deshidratado se procede a extraer el alcohol hasta lo que se llama el punto crítico que es realizado con un equipo especializado (Elías et al., 2008)

#### Anexo 4

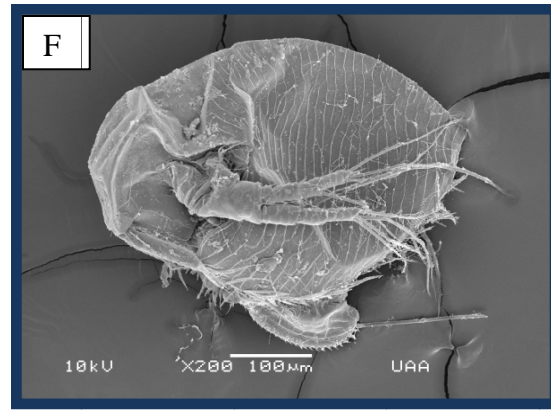
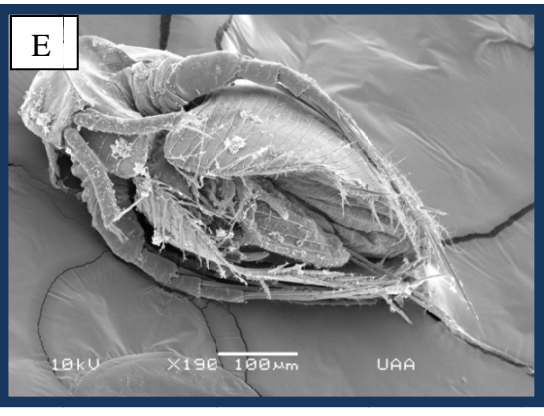
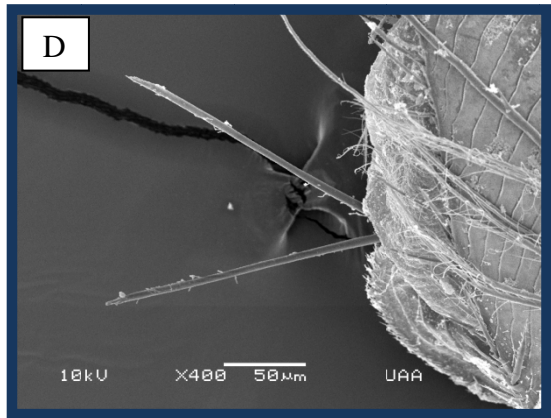
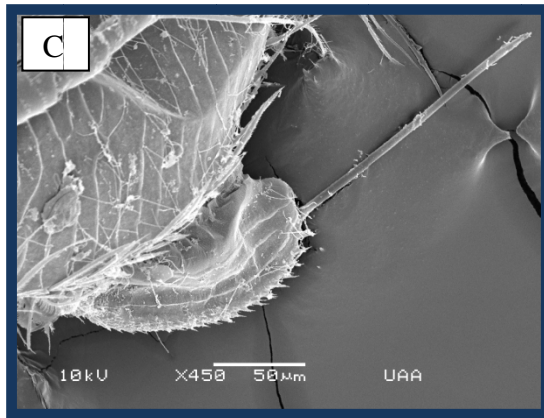
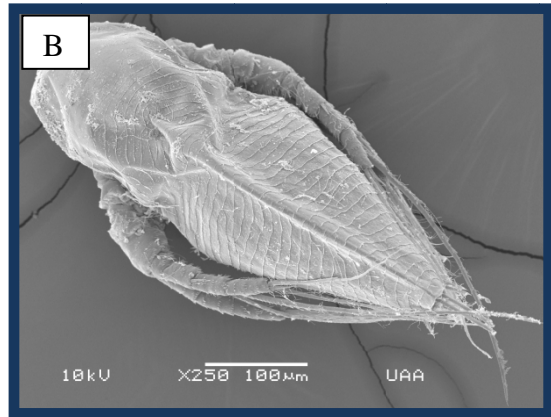
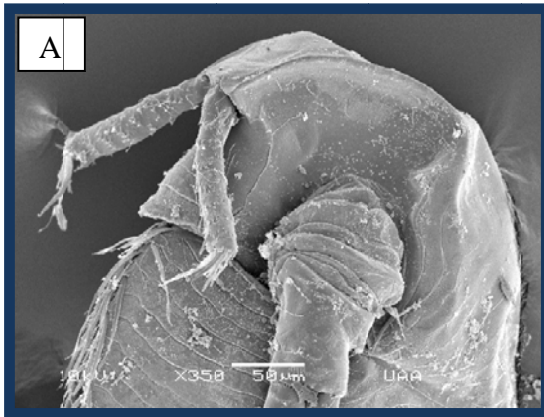
- Fotografías en microscopio electrónico de barrido de las especies de zooplancton utilizadas.



Lamina 6. Fotografías de microscopio electrónico de barrido de *E. dilatata*. A: Trofi, B: Corona en vista lateral, C: Espinas caudales, D: Corona, vista anterior, E: Placa ventral, F: Diseción placa ventral.

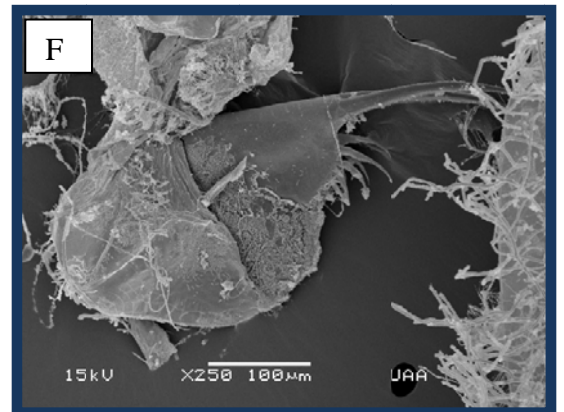
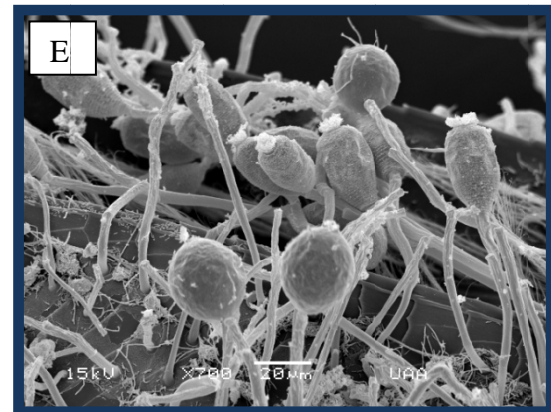
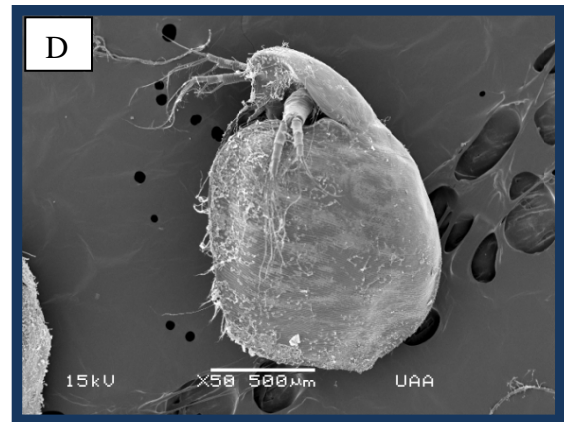
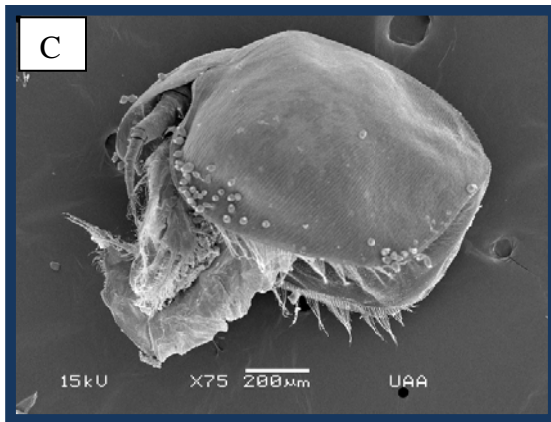
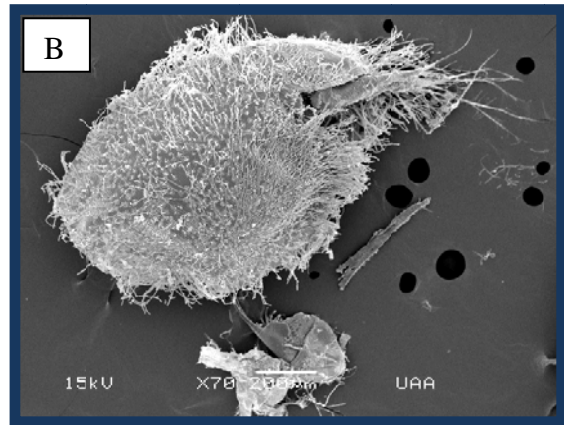
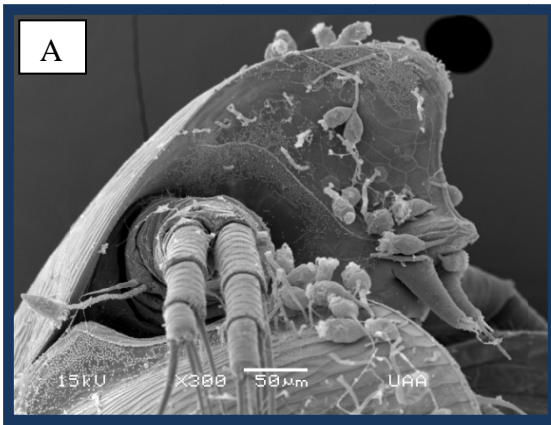


Lamina 7. Fotografías de microscopio electrónico de barrido de *A. glabra*. A: 1er apéndice, B: Postabdomen y garra postabdominal, C: Rostro y labro, D: Poros cefálicos y laterales, E: Habito, F: Setas posteriores ventrales.



Lamina 8. Fotografías de microscopio electrónico de barrido de *M. triserialis*. A: Cabeza, 1er par de antenas, B: Habito en vista dorsal, C: Postabdomen, D: Seta natatoria, E: Habito en posición ventral, F: Habito en posición lateral.





Lamina 9. Fotografías de microscopio electrónico de barrido de *S. vetulus*. A: Cabeza, 1er par de antenas, B: Habito en vista lateral con epibiontes, C: Habito en vista posterior, D: Habito en vista lateral, E: epibiontes, F: Postabdomen y garra postabdominal.