



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

Efecto de la densidad y tipo del alimento (*Chlorella vulgaris* y
Scenedesmus acutus) sobre la dinámica poblacional del cladócero
Daphnia middendorffiana Fisher, 1851.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

DIEGO DE JESÚS CHAPARRO HERRERA

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. NANDINI SARMA.



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, MÉXICO.

2004.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*NOSOTROS
TENEMOS QUE SER
EL CAMBIO
QUE EL MUNDO
QUIERE VER*

M. GANDHI.

DEDICATORIA.

A MIS PADRES,

FELIPE DE J. CHAPARRO PITAYO y CRISTINA F. HERRERA GARCÍA.
por darme el apoyo y siempre inculcarme una superación y sobre todo al amor y dedicación de ustedes cuando más los necesite.

HERMANOS,

EFRÉN, DAVID, EDUARDO Y ÁNGEL
por formar parte importante de mi vida.

MI FAMILIA,

ABUELOS, TÍOS, PRIMOS, SOBRINOS.
por el apoyo, consejos y amor de todos, así también a uno de los principales impulsores de que escogiera una carrera profesional que en su momento me dio un valioso consejo que no lo he olvidado “ los estudios te abren muchas puertas” donde quiera que estés te la dedico PRIMO MARIO CONTADOR HERRERA †

Y A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS .

JUAN CARLOS, ALMA, GERARDO, SANDRA, MARIBELLE, RAFAEL, ANGÉLICA, GUSTAVO, SARA,
KARLA, KARINA, ABRAHAM.
por formar parte de esta etapa tan importante de mi vida, compartiendo experiencias, consejos y sobre todo por estar cuando mas se necesitaban.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo es la conclusión de una larga carrera, con el cual doy por terminada una etapa importante de mi vida.

Le estoy completamente agradecido a la Universidad Nacional Autónoma de México Campus Iztacala carrera de Biología, por darme la oportunidad de formar parte de ella.

Te doy gracias DIOS por que siempre estuviste conmigo y me diste todo lo que soy y tengo ahora, me diste un mundo sorprendente donde habitan en un microcosmos y un macrocosmos todo tipo de maravillas desde lo mas pequeñito hasta lo mas fascinante.

Entre las cosas maravillosas que me diste están mis padres, hermanos, abuelos, tíos, primos y sobrinos, gracias por sus consejos y apoyo. También, me enseñaste la amistad y el compañerismo con unos amigos geniales.

A mis profesores de la carrera les agradezco que compartieran sus conocimientos conmigo y me formaran académicamente, principalmente a:

La Dra. Nandini por aceptar guiarme y dirigirme en la etapa final de mi formación académica, realizando esta tesis. Así también por los consejos y el apoyo brindado como un amigo.

Al Dr. Sarma por el apoyo y observaciones que realizó en este trabajo confiando en mi y alentado para el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Pedro Ramírez por su valiosa participación apoyando y dedicando su tiempo en este trabajo, dando observaciones acertadas para que este proyecto fuera mejor .

Al M. en C. Gama por aceptar y formar parte de este proyecto, sus consejos para la realización de este trabajo fueron muy acertados.

Al Dr. Sergio Chazaro por aceptar formar parte de este proyecto dando consejos útiles para la conclusión de este y sobre todo gracias por su forma de ser.

Agradezco a mis compañeros que laboran en el Laboratorio de Zoología Acuática y al Vivario de la FES Iztacala así mismo a todas las personas que integran la generación 2000 - 2003 de Biología.

¡¡¡muchisimas gracias!!!

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1 PLANCTON	2
2.2 CLADÓCEROS	3
2.3 DAPHNIAS	5
2.4 <i>Daphnia middendorffiana</i> Fischer 1851	7
2.5 ALIMENTO (MICROALGAS)	7
3. ANTECEDENTES	11
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. OBJETIVOS	16
5.1 GENERAL	16
5.2 PARTICULARES	16
6. MATERIALES Y MÉTODO	17
6.1 DIETAS	17
6.2 FASE EXPERIMENTAL	18
6.3 FORMULAS	20
6.4 DIAGRAMA DE FLUJO	21
7. RESULTADOS	22
7.1 CRECIMIENTO POBLACIONAL	22
7.2 TABLA DE VIDA	23
7.3 GRAFICAS Y TABLAS	26
8. DISCUSIÓN	35
9. CONCLUSIONES	43
10. BIBLIOGRAFÍA	44
11. ANEXO	49

1. RESUMEN

Se llevo a cabo los experimentos de crecimiento poblacional de 30 días de duración así mismo de tabla de vida del Cladóceros *Daphnia middendorffiana*. Se utilizó las microalgas verdes *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus* en tres densidades baja, media, alta ($0.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$, $0.75 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$, $2.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ para *Chlorella vulgaris* y $0.142 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$, $0.426 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$, $1.278 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ en *Scenedesmus acutus*) como alimento. El aumento en las concentraciones de baja- media- alta vario significativamente en los dos tipos de dietas tanto para *Chlorella vulgaris* como para *Scenedesmus acutus*. La sobrevivencia maxima se obtuvo con la dieta de *Chlorella vulgaris*, de 83 días. La esperanza de vida vario entre 25 – 33% y de 10 – 30% para *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*. La reproducción neta fue alterado significativamente por el nivel y el tipo de dieta. La tasa de crecimiento poblacional (r) ó r final, vario entre 0.22 y 0.30 para *Chlorella vulgaris* y de 0.15 y 0.25 en *Scenedesmus acutus*. Las dietas de *Chlorella vulgaris* son una buena opción para el cultivo de *Daphnia middendorffiana* ya que en ellas se obtuvieron los mejores crecimientos poblacionales.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 PLANCTON

El plancton es la comunidad que vive suspendida en el seno del agua son transportados por las corrientes (movimiento pasivo), los organismos que lo componen se caracterizan por su tamaño pequeño, vida corta, reproducción rápida, así como su limitado poder de locomoción (Romano, 2000). La palabra "plancton" fue acuñada en 1887, por Víktor Hensen (Fincham, 1987). Los organismos planctónicos están adaptados tanto a hábitats marinos (haliplancton) como a ambientes de agua dulce (limnoplantón), en este último los componentes más representativos son las bacterias, algas, protozoos, rotíferos, cladóceros y copépodos (movimiento activo) (Barnes, 1989). Muchos de estos organismos tienen capacidad natatoria, pero debido a su pequeño tamaño el avance a través del agua es relativamente lento y presentan una distribución en manchas, determinadas por el movimiento de las corrientes. La mayoría de los organismos planctónicos son microscópicos, pero existe una gran variación de tamaño (Fincham, 1987). Estos organismos se dividen en dos grandes grupos: el fitoplancton y el zooplancton (Margalef, 1983). El zooplancton depende de la ingestión de otros organismos para su alimentación, principalmente bacterias y células del fitoplancton (Fincham, 1987), además constituyen la unidad básica de producción de materia orgánica en los ecosistemas acuáticos; siendo el zooplancton el eslabón vital a través del cual la energía alimenticia del fitoplancton pasa hacia los niveles tróficos superiores, y es considerado como importante fuente de alimento, por lo que juega un papel preponderante dentro de la dinámica de los ecosistemas dulceacuícolas (García, 1999).

El crecimiento del zooplancton y el reciclaje de los nutrientes son procesos dominantes en la operación de las redes tróficas pelágicas del alimento. (Dobberfuhl & Elser, 2000). Los ecosistemas acuáticos dependen del zooplancton debido al papel principal que desempeñan en la transferencia de energía de

productores primarios a los niveles tróficos más altos, un ejemplo son los cladóceros (Yurista & O'Brien, 2001).

2.2 CLADÓCEROS

Los cladóceros son organismos filtradores, pertenecientes al zooplancton que tienen de 4 a 6 pares de apéndices cefalotorácicos adaptados para la filtración y setas filtradoras que suelen estar dispuestas sobre el apéndice donde forman un peine bien definido. Presentan la ventaja de tener altos coeficientes de reproducción, amplia tolerancia ambiental, de ser fáciles de cultivar y mantener en laboratorio pueden ser enriquecidos antes de utilizarse como alimento, tienen la capacidad de alimentarse de fitoplancton y residuos orgánicos (Peña, 2003). Estos organismos son muy importantes en la transferencia de energía de los niveles tróficos bajos a los altos en los ecosistemas acuáticos (Aguilera, 2002), son crustáceos dulceacuícolas y marinos de pequeñas dimensiones que oscilan entre 0.2 –0.5 mm de longitud (Dodson & Frey, 1991), se conocen alrededor de 600 especies, en 11 familias donde el 90% son dulceacuícolas (De la Fuente, 1994). El cuerpo no está claramente segmentado, y la gran mayoría de las especies tienen la región abdominal y torácica cubierta por un caparazón generalmente bivalvo y que visto lateralmente tiene forma variada, ya sea oval, circular, elongada o angular (Dodson & Frey, 1991).

Dependiendo de las especies y de las condiciones ambientales, el número de huevos por camada, varía considerablemente, el número puede ir de 2 y 40 huevos, aunque frecuentemente oscila entre 10 y 20 (Margalef, 1983). La necesidad energética total de la formación de la biomasa depende sobre todo de dos factores: la composición bioquímica del producto final (tejido fino y huevos somáticos) y la composición bioquímica de la dieta (Thor et al, 2002).

Los cladóceros tienen una posición central en la cadena alimentaría acuática, y esto los coloca en un lugar importante por el impacto que ellos tienen sobre las

poblaciones de algas en la transformación del alimento dentro de su cuerpo y su reproducción (Aguilera, 2002). Para alimentarse, los cladóceros utilizan los bordes de los apéndices del tronco provistos de cerdas finas filtrantes, el proceso comienza cuando el agua es aspirada hacia el espacio que hay entre las extremidades a partir de la línea ventral media, y las cerdas filtrantes reúnen las partículas extrayéndolas de la corriente que ingresa. Al efectuar un golpe de remo hacia atrás, el agua es impulsada fuera del espacio entre las extremidades en dirección posterolateral y distalmente; las partículas de alimento reunidas son enviadas a un surco alimenticio ventral medio que se extiende en dirección anterior hacia la boca y que está limitado por pequeñas cerdas curvas. Presentan glándulas que se encuentran en las paredes del surco alimenticio secretando un material adhesivo a las partículas entrelazadas que son dirigidas a la boca por los apéndices vecinos, especialmente de las primeras maxílas (Hernández, 2002).

Muchos autores han demostrado que los cladóceros cultivados en concentraciones altas de alimento tienen una duración más corta del desarrollo post-embrionario que en los que se cultivan en niveles bajos de alimento. De manera semejante las investigaciones sobre la contribución del valor nutritivo del crecimiento del cladóceros y la fecundidad, han recibido particular atención durante períodos de la producción algal, porque estos filtradores pueden clarificar el agua. Sin embargo, cuando el alimento llega a ser cualitativo y/ o cuantitativamente escaso, los componentes de energía más ricos de su dieta pueden desempeñar un papel esencial en el mantenimiento de las actividades metabólicas de los organismos planctónicos (Picard & Lair, 2000).

Actualmente existe una amplia información de los cladóceros en diversas áreas tales como: características anatómicas externas e internas, morfología funcional, fisiología, adaptaciones fisiológicas, evolución, ciclo de vida, especiación, distribución, comportamiento ecológico, relaciones ecológicas, regulación de la población, rol funcional en el ecosistema, acuicultura y ecotoxicología entre otras (Dodson & Frey, 1991). Toda esta información disponible hace que sea posible

comparar su comportamiento en situaciones normales y bajo algún tipo de estrés (García, 2002). Los cladóceros son usados extensamente en bioensayos de toxicidad como organismos de prueba para cuantificar la toxicidad de efluentes y además es un indicador biológico en los ecosistemas acuáticos que reciben efluentes contaminados, tal es el caso de *Daphnias* sp. (García, 2002).

2.3 DAPHNIAS

Las daphnias son organismos filtradores (Picard & Lair, 2000) ocupan una posición importante en las tramas tróficas del agua dulce como alimento (Hartmann, Kunkel, 1991), este cladóceros es selectivo en cuanto al alimento, selecciona partículas pequeñas que pueden ingerir como las algas, las bacterias, los ciliados y los flagelados (Picard & Lair, 2000), las partículas ingeridas no exceden el tamaño de acoplamiento setular de su cuerpo, esto se ha observado con algunas partículas de algas esféricas. Otros factores que influyen en selección de la alimentación de las *Daphnias* son la composición química, acciones de otros miembros de la trama trófica así también de la deposición gravitacional (Hartmann & Kunkel, 1991).

Dominan durante el verano en numerosos lagos, los daphnidos tienen una sobrevivencia y reproducción en períodos donde hay una producción primaria baja, tienen una amplia gama de enzimas, que permiten la digestión de la mayoría de los compuestos bioquímicos de la materia orgánica. Puesto que el índice de filtración de las daphnias depende del tamaño de las partículas (Picard & Lair, 2000), se ha observado que las algas tienen diversos grados de asociación y de distribución dentro del comportamiento de las daphnias y dentro de su canal alimenticio (Hartmann & Kunkel, 1991). En Daphniidae tienen adaptados los apéndices del tronco, del tercero al cuarto para filtrar y las cerdas filtrantes están sobre los apéndices formando un peine bien definido (Aguilera, 2002).

La energía de las daphnias parece que se reduce por la escasez del alimento y las deficiencias del oxígeno en común, esta reducción de la energía podría ser el mecanismo que causa los efectos sinérgicos de las dos tensiones ambientales en la historia de vida de las daphnias (Hanazato, 1996).

Las algas nanoplanctónicas, son el componente más importante de la dieta natural de las daphnias (Picard *et al.*, 2000). Para las daphnias están implicados procesos básicos en la alimentación: corrientes de alimentación y transporte a la boca (ingestión). En estos pasos se presume que las probabilidades de la retención de las partículas funcionan a partir de la forma y tamaño de la partícula, dirección diferenciada, y diferencias en la manipulación de tiempo (Hartmann & Kunkel, 1991).

El género *Daphnia* es importante en la acuicultura dado que algunas especies son presas no evasivas con pocas espinas y fáciles para capturar por los depredadores (Nandini & Sarma, 2000). Ellos son afectados por la calidad y cantidad de alimento (DeMott & Gulati, 1999) y tienen cierta capacidad para regular la ingestión de partículas grandes y seleccionan partículas de alta calidad cuando son abundantes (DeMott, 1993). El tamaño y el tipo de alimentación de especies grandes de *Daphnia* los hacen especialmente eficientes como limpiadores de lagos y estanques (Aguilera, 2002). Los rasgos de la historia de vida de las daphnias están muy bien documentadas en estudios de las dinámicas pelágicas de la disponibilidad del alimento, su actividad de alimentación se ha estudiado extensivamente (Picard & Lair, 2000). Algunas especies no están muy bien estudiadas tal es el caso de *Daphnia middendorffiana* Fischer, 1851.

2.4 *Daphnia middendorffiana* Fischer 1851.

Daphnia middendorffiana Fischer, 1851, se localiza en regiones donde la temperatura varía entre los 10 y 26°C y en donde el proceso respiratorio es lineal en un diagrama de Arrhenius (Yurista, 1999). Los ambientes con los recursos más bajos tienen una baja reproducción. La *D. middendorffiana* Fischer, 1851, es una especie importante y a menudo dominante de los ecosistemas acuáticos árticos. Esta daphnia por lo general habita en cuerpos de agua oligotróficos, como especie trapezoidal que da lugar a una alta eficacia de la transferencia de la energía del nanoplancton a niveles tróficos más altos. La tasa máxima de ingestión para *D. middendorffiana* Fischer, 1851, ocurre alrededor de los 11°C a 20°C. Los niveles del recurso (alimento) pueden controlar la inducción de la producción del huevo de *D. middendorffiana* Fischer, 1851. La distribución de *Daphnia middendorffiana* en las charcas y los lagos árticos es gobernada por varios factores, principalmente la disponibilidad del recurso alimenticio, así mismo el tamaño de la población dentro de un sistema será dependiente del mismo recurso (Yurista & O'Brien, 2001).

2.5 ALIMENTO (MICROALGAS)

El seston natural es un ensamble de una amplia variedad de partículas que puedan tener diversas composiciones bioquímicas y estados fisiológicos, y es muy difícil cuantificar el papel de cada componente de medidas directas, particularmente bajo condiciones de la limitación del alimento (Picard & Lair, 2000). Durante la alimentación, los gastos energéticos crecientes son la suma de la demanda energética de los caminos bioquímicos particulares que transforman la materia ingerida en el tejido fino o los huevos somáticos. Si los componentes alimenticios requeridos están fácilmente disponibles en la dieta, entonces los costos energéticos son bajos. Pero si una cierta clase de transformación tiene que ocurrir antes de que la materia ingerida pueda ser utilizada, los costos energéticos aumentan (Thor et al., 2002). En todos los casos en los que el crecimiento

poblacional es mayor (concentración de organismos por mililitro) es posible asumir que la dieta es de mejor calidad para estas especies (Peña, 2003).

Los requisitos del crecimiento y de la reproducción pueden ser diferentes, dependiendo del carbono contenido en las algas. Los juveniles tienen altos valores en la síntesis de proteína, mientras que los adultos necesitan más lípidos para los huevos y el mantenimiento. Además se requiere material rico en fósforo como el RNA para el crecimiento somático, y más material rico en proteína se requiere para la reproducción. La limitación del fósforo en las algas puede conducir principalmente a un tamaño reducido en la madurez, mientras que la limitación del nitrógeno puede reducir principalmente la salida reproductiva. Los Cladóceros que se alimentan con productos altos en nitrógeno o fósforo limitan los valores del crecimiento somático, esto indica que el alimento desempeña un papel importante en el proceso somático del crecimiento. Se ha demostrado que la calidad más baja evidente de algas limita la reproducción (Jensen & Verschoor, 2003).

Un aspecto de vital importancia en el cultivo de peces es la alimentación, con la cual se deben proporcionar los nutrientes requeridos para el desarrollo de los organismos si bien el empleo de alimento vivo en las prácticas de acuicultura es tan antiguo como la acuicultura misma, el alimento vivo es indispensable en ciertas fases de desarrollo de los peces, particularmente en crías de casi todas las especies que se cultivan. En la acuicultura moderna, el alimento es uno de los principales elementos del costo de la producción y puede llegar a constituir el 50% o más (Peña, 2003).

El alimento vivo es indispensable, no solo por sus características nutricionales sino también por las conductas alimenticias presentes en la cría, por lo que en la última década convencidos de las ventajas que el alimento vivo representa, los grandes productores han buscado elevar el valor nutricional de las especies cultivadas para alimento mediante técnicas de enriquecimiento (Meza, 2000). A pesar de los muchos esfuerzos realizados por reemplazar a las microalgas por dietas

procesadas, la acuicultura depende todavía de la producción y utilización de alimento vivo para animales acuáticos. Las microalgas son el punto de partida para el inicio del flujo de energía en las cadenas alimenticias acuáticas. Estas son un componente esencial de la dieta del zooplancton, que a su vez, sirve como alimento vivo para juveniles de peces de agua dulce o marina. Los organismos zooplanctónicos comúnmente utilizados son los cladóceros entre otros (Peña, 2003).

El valor nutrimental de una microalga dependerá de su composición bioquímica. El grosor y tamaño de la pared celular también son características importantes ya que suelen estar relacionadas con su digestibilidad y calidad nutritiva. Generalmente, una sola especie de microalga es incapaz de satisfacer todos los requerimientos nutrimentales de la especie a la cual sirven como alimento, debido normalmente a la carencia de compuestos esenciales como aminoácidos o ácidos grasos (Jensen & Verschoor, 2003).

En las algas, los ácidos grasos ω 3 y ω 6 contienen 18 átomos de carbono estos son componentes importantes en las membranas tilacoidales fotosintéticas en los cloroplastos, donde se sintetizan ω 3 y ω 6, esto se presenta de vez en cuando en algas marinas (Ahlgren *et al.*, 1992). La limitación de los nutrientes en las algas hace que desarrollen paredes celulares más gruesas o una capa mucosa, que harán a las algas más difíciles de digerir. Las algas limitadas en nutrientes acumulan compuestos ricos en carbón tales como carbohidratos y ácidos grasos saturados, mientras que la síntesis de las proteínas y de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) declinan generalmente bajo limitación nutriente algal. Estos compuestos bioquímicos, PUFA han demostrado ser importantes para el crecimiento y la reproducción del zooplancton (Jensen & Verschoor, 2003). Por otro lado, estudios recientes han demostrado que algas muy nutritivas como *Chlorella* y *Scenedesmus* tienen elevados contenidos de ácidos grasos altamente insaturados (Peña, 2003).

El contenido de los ácidos grasos en *Chlorella vulgaris* es de 24.43 mg g⁻¹ peso seco siendo 13.70 mg g⁻¹ peso seco de ω₃ y 10.73 mg g⁻¹ peso seco de ω₆, en el caso de *Scenedesmus acutus* 27.48 mg g⁻¹ peso seco de contenido de ácidos grasos, el valor para ω₃ es de 18.53 mg g⁻¹ peso seco y para ω₆ es de 8.95 mg g⁻¹ peso seco (Ahlgren et al., 1992). Mediante el análisis bromatológico se determina la composición química de las dietas; pero la calidad nutritiva es posible determinarla por medio de la respuesta biológica de los organismos que las consumen, es decir, la calidad nutritiva de las dietas se puede ver reflejada en el crecimiento somático y poblacional de los cladóceros (Nandini & Rao, 1998).

Los tipos de alimentación del zooplancton generalmente son una variedad de artículos de diverso valor nutritivo, e incluso un solo tipo del alimento puede variar considerablemente en calidad (Jensen & Verschoor, 2003). En la acuicultura, los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA por sus siglas en inglés) ω₃ y ω₆ son esenciales para el desarrollo de las etapas larvales tempranas de muchos peces y crustáceos (Ahlgren, et al, 1992).

Las algas verdes, o *Chlorophyta*, componen el phylum más grande y más variado de algas. El almacenaje de almidón las caracteriza además por su color verde herboso, atribuible a los pigmentos de la clorofila a y b, α, β, a los carotenos de γ, y a varias xantofilas. El almidón que contiene se asocia con frecuencia a uno o varios pirenoides, regiones visibles del almacenaje dentro del cloroplasto. Entre las algas, las *chlorophytas* son las más relacionadas con las plantas superiores en sus pigmentos fotosintéticos (Craig, 1991).

Las proteínas, los aminoácidos, el carbón (c), el fósforo (p), y los contenidos totales de nitrógeno (n) también se presentan, en el valor nutritivo del fitoplancton no está determinado solamente por los lípidos (Ahlgren, et al, 1992). *Chlorella vulgaris* en el caso de lípidos, proteínas, carbón, nitrógeno y fósforo respectivamente tiene los siguientes valores 3.7%, 21.9%, 44.1%, 3.2%, 0% peso seco, en el caso de *Scenedesmus acutus* –respectivamente– los valores son los siguientes 10.6%, 32.0%, 46.7%, 3.9%, 0.55% (Ahlgren et al., 1992).

Las algas verdes se encuentran casi invariable en todos los cuerpos de agua, incluyen una mayor diversidad de la organización celular, de la estructura morfológica, y de procesos reproductivos que se encuentran en cualquier otra división algal. Estas exhiben una distribución extensa en términos de latitud, y los tipos predominantes varían grandemente con la calidad y las características físicas del cuerpo de agua, tales como su morfometría, movimientos del agua, las corrientes y el tiempo de retención (Craig, 1991).

3. ANTECEDENTES

Groeger et al. (1991) observaron la influencia del valor nutritivo en el crecimiento y la reproducción en *Daphnia*, el experimento consistió en medir el nivel alimenticio de *Scenedesmus obliquus* sobre *Daphnia pulex* observando que los animales crecieron más rápido y las crías fueron más grandes.

Craig (1991) estudió el crecimiento y estrategias reproductivas del fitoplancton de agua dulce, en donde observó que las poblaciones del fitoplancton se encuentran casi invariablemente en todos los cuerpos de agua, además tienen una mayor diversidad de la organización celular, de la estructura morfológica y de procesos reproductivos que se encuentran en cualquier otra división algal

Muller- Navarra et al (1996) estudiaron el patrón de limitación de alimento de la *Daphnia galeata* separando la cantidad del alimento y los efectos de su valor nutritivo, la limitación del alimento para este cladóceros fue medida cuando crecía en el seston natural del lago en una estación de crecimiento bajo condiciones estandarizadas en el laboratorio. Las daphnias crecieron con *Scenedesmus acutus* bajo las mismas condiciones y sus etapas de crecimiento fueron comparadas. Las etapas de crecimiento se relacionaron con diferentes medidas de alimento. Así, la calidad alimenticia del alga fue determinada sobre una

estación de crecimiento. Los índices de crecimiento de los animales revelaron que tenían alimento limitado durante los períodos largos del año.

El crecimiento poblacional y somático de cladóceros y rotíferos con relación al tipo de dieta (*Chlorella* y *Microcystis*) fue estudiado por Nandini et al (1998), y encontraron que para los cladóceros *Ceriodaphnia cornuta* y *Moina macrocopa* el tipo de alimento tuvo un efecto significativo sobre su crecimiento somático, observándose mayor efecto con *Chlorella*.

Nandini et al. (2000) estudiaron la tabla de vida demográfica y el crecimiento poblacional de *Daphnia laevis* utilizando el alga verde *Chlorella vulgaris* y la cianobacteria *Microcystis aeruginosa*. Las variables derivadas fueron: sobrevivencia, reproducción, promedio de la máxima duración de vida, edad específica de expectativa de vida, tasa reproductiva bruta, tasa reproductiva neta, tiempo de generación, esfuerzo de reproducción, distribución de edad estable y tasa de crecimiento poblacional. Con base en sus observaciones señalaron que las variables de sobrevivencia y también las variables reproductivas consideradas fueron afectadas significativamente por la densidad y tipo de alimento. A si mismo añadieron que los cladóceros alimentados con *Chlorella* alcanzaban su máxima abundancia poblacional antes que aquellos alimentados con la cianobacteria *Microcystis*.

Sarma et al. (2001) estudiaron el efecto de tres tipos de alimentos (*Chlorella vulgaris*, *Saccharomyces cerevisiae* y la mezcla) a diferentes densidades sobre el crecimiento poblacional de *B. calyciflorus* y *B. patulus* y encontraron que *Chlorella* fue un alimento superior a *S. cerevisiae* para estos rotíferos.

Picard et al, (2000) estudiaron la influencia de alimentos autótrofos y heterótrofos en la demografía de *Daphnia longispina*, observaron que los cladóceros cultivados en concentraciones altas de alimento tienen una duración más corta del desarrollo post-embrionario que en los cultivados con niveles bajos de alimento.

Aleatoriamente esta investigación contribuyó a determinar que los cladóceros son filtradores y que pueden clarificar el agua, sin embargo cuando el alimento llega a ser cualitativo y/ o cuantitativamente escaso, los componentes de energía más ricos de su dieta pueden desempeñar un papel esencial en el mantenimiento de las actividades metabólicas de los cladóceros.

Alva-Martínez et al. (2001), observó el crecimiento poblacional de tres especies de cladóceros (*Daphnia pulex*, *Moina macrocopa* y *Ceriodaphnia dubia*) utilizando una cianobacteria (*Microcystis aeruginosa*) y un alga verde (*Chlorella vulgaris*) como alimento, donde concluyó que los dos tipos diferentes de alga tienen una relación con la talla del cuerpo del cladóceros y su habilidad para consumir células de *M. aeruginosa*.

Yurista et al (2001) observaron y analizaron el crecimiento, supervivencia y reproducción de *Daphnia middendorffiana* en varios lagos y charcas del Ártico, llegando a la conclusión de que los ambientes naturales diferencian del recurso. Las similitudes con los recursos más altos produjeron la reproducción más alta y el crecimiento en los ambientes con los recursos más bajos tenían la menor reproducción. En segundo lugar, el nivel del recurso fue observado para corroborar si influye en la historia de la vida de *D. middendorffiana* y se observó que el refugio de la depredación afecta perceptiblemente la distribución de *D. middendorffiana*. Los lagos que contienen peces disminuyen significativamente las poblaciones de *D. middendorffiana*.

Aguilera-Lara (2002) observó la dinámica poblacional de cuatro especies seleccionadas de cladóceros (cladóceros: Crustáceo) realizada en aguas residuales urbanas parcialmente tratadas. Llegando a la conclusión de que los cladóceros son filtradores y su alimentación consta principalmente de detritus, bacterias, algas y partículas de materia orgánica en general.

Enríquez -García y colaboradores (2003) realizaron el experimento de los efectos en diferentes tipos de alimento en el crecimiento de la población de rotíferos y de cladóceros litorales. En este trabajo se reportó que *Chlorella vulgaris* extensivamente es una dieta exclusiva para varios rotíferos y cladóceros pelágicos, así también demostraron que *Scenedesmus acutus* tiene niveles perceptiblemente más bajos de nitrógeno y de fósforo además tiene poco efecto en el índice de crecimiento de la población de *Daphnia magna*. Por otra parte, este cladóceros no puede sobrevivir con una dieta de alga congelada. Posteriormente demostraron que la densidad demográfica máxima, que una especie podría alcanzar bajo condiciones dadas es importante, particularmente al seleccionar los organismos para la acuicultura donde están las producciones de mayor interés.

Jensen y Verschoor (2003) observaron el efecto de las algas como valor nutritivo sobre las características de la historia de vida de *Brachionus calyciflorus* (rotífera), determinando que el valor nutricional de una microalga depende de su composición bioquímica, el grosor y tamaño de la pared celular, características importantes que suelen estar relacionadas con su digestibilidad y calidad nutritiva.

En el 2003, Peña-Aguado determinó el crecimiento poblacional de tres rotíferos y dos cladóceros planctónicos en relación con el tipo de dieta, como dieta utilizó algas como *Scenedesmus acutus*, *Chlorella vulgaris*, y levadura *Saccharomyces cerevisiae*, las especies utilizadas son *B. calyciflorus* y *B. rubens* (rotíferos), *C. dubia* y *M. macrocopa* (cladóceros). Observó que la calidad nutritiva de las dietas empleadas tiene un impacto real en los crecimientos poblacionales de los organismos, así mismo en general el alga *Chlorella vulgaris* sola dio buenos resultados, *Scenedesmus acutus* y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* resultaron de menor calidad.

Nandini y Sarma en el 2003 estudiaron los patrones de crecimiento poblacional en 7 especies de cladóceros (*Alona rectangula*, *Ceriodaphnia dubia*, *Daphnia laevis*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Moina macrocopa*, *Scapholeberis kingi* y

Simocephalus vetulus) usando como alimento al alga *Chlorella vulgaris* en diferentes concentraciones, observaron que las diferentes especies de cladóceros respondieron de manera semejante al aumento de concentración en el alimento dando lugar a valores altos de crecimiento y por tanto abundancia de las poblaciones, por el contrario observaron que los valores más bajos se registraron con bajas concentraciones de alimento.

4. JUSTIFICACIÓN

Se ha demostrado que el tipo de la dieta afecta la supervivencia y crecimiento del zooplancton. Los cladóceros tienen un papel importante en la transferencia de energía, dinámica de alimentos, estabilidad, productividad y aumento de la diversidad en las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos. El alimento vivo es indispensable en ciertas fases de desarrollo de los peces, particularmente en crías, de casi todas las especies que se cultivan. Por lo general *Daphnia middendorffiana* Fischer, 1851, habita en condiciones donde la temperatura oscila entre 10 –26°C, por tal motivo es fácil su manejo y estudio en condiciones de laboratorio en la Ciudad de México ya que la temperatura oscila entre 15 - 25°C. Dos algas verdes comúnmente encontradas, *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*, con lo que podemos estudiar las características demográficas de *D. middendorffiana* Fischer, 1851. El valor nutrimental de una microalga depende de su composición bioquímica, el grosor y tamaño de la pared celular también son características importantes ya que suelen estar relacionadas con su digestibilidad y calidad nutritiva. Otro factor importante en la determinación de una buena alga son los ácidos grasos poliinsaturados; ω 3 y ω 6 que son esenciales para el desarrollo de las etapas larvales tempranas de muchos crustáceos. El contenido de los ácidos grasos en *Chlorella vulgaris* es de 24.43 mg g⁻¹ peso seco y en el caso de *Scenedesmus acutus* 27.48 mg g⁻¹ peso seco. *C. vulgaris* y *S. acutus* son las microalgas con los valores mas altos de ácidos grasos poliinsaturados; el tipo nutritivo de las dietas se puede ver reflejado en el crecimiento poblacional y patrones de tabla de vida, a diferentes concentraciones, baja, media y alta para ver el tipo de estrés que tienen las poblaciones en las limitaciones del alimento.

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

Estudiar diferentes aspectos de la dinámica poblacional y tabla de vida del cladóceros *Daphnia middendorffiana* Fischer 1851, expuesta a varias concentraciones y dos tipos de alimento (*Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*).

5.2 PARTICULARES

- Analizar el efecto del tipo y concentración de alimento con diferentes dietas de algas en la supervivencia y parámetros reproductivos de *Daphnia middendorffiana*.
- Comparar la tasa de crecimiento poblacional obtenida de tabla de vida y experimentos de dinámica poblacional de *Daphnia middendorffiana* tanto con *Chlorella vulgaris* como con *Scenedesmus acutus*.
- Establecer el efecto del tipo y densidad de alimento algal en el crecimiento de *Daphnia middendorffiana*.
- Evaluar el impacto del tipo de alga en la tabla de vida del cladóceros.
- Distinguir que variables son más sensibles a tales condiciones.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se utilizó la especie del cladóceros *Daphnia middendorffiana* Fischer, 1851, proveniente del Lago Espejo de los Lirios del municipio de Cuautitlan Izcalli Estado de México, la cepa del cladóceros se mantiene en cultivo en el Laboratorio de Zoología Acuática de la FES Iztacala UNAM.

Los cladóceros se mantuvieron en EPA, que es una solución de agua destilada y sales disueltas (NaHCO_3 0.095 g/lt, CaSO_4 0.06g/lt, MgSO_4 0.06 g/lt, KCL 0.002 g/lt) como medio de cultivo, el cual se cambiaba cada 24 horas.

6.1 DIETAS

Como dietas se utilizaron 2 tipos de algas *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus* las cuales se mantuvieron en cultivo con un medio basal de Bold. El contenido del peso seco de *Chlorella vulgaris* esta compuesto por 24.43 % de ácidos grasos, 3.7% lípidos, 21.9% proteínas, 44.1% carbón, 3.2% nitrógeno para el caso de *Scenedesmus acutus*, peso seco, está compuesto por 27.48% de ácidos grasos, 10.6% lípidos, 32.0% proteínas, 46.7% carbón, 3.9% nitrógeno y 0.55% fósforo (Ahlgren *et al.*, 1992), en base del peso seco, 1×10^6 células de *C.vulgaris*, equivale a 0.546×10^6 células de *Scenedesmus acutus* (Flores-Burgos et al, 2003) .

Los cultivos se mantenían en botellas de 2 litros a una temperatura de 25 ± 1 °C, con aeración constante y luz difusa en forma continua; la concentración inicial osciló entre 0.5 y 1.0×10^6 cels ml^{-1} , dejando que su crecimiento llegara a la fase exponencial aproximadamente de 25×10^6 cels. ml^{-1} que se alcanzó entre los 7 y 10 días (Enríquez-García, 2002). Al término de estos días se les retiró el aire y se mantuvieron en refrigeración durante 7 días para que las células de las algas se sedimentaran, transcurrido este tiempo las botellas que contenían las algas se decantaron y se les colocó en una botella para su uso. La conservación de la cosecha de algas puede durar 14 días en refrigeración de 3 ± 1 °C.

Para saber la concentración de células de *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus* en los experimentos se hizo un conteo de alga con la ayuda de una cámara de Neubauer y un microscopio óptico.

6.2 FASE EXPERIMENTAL

Se utilizaron vasos de plástico transparente de 50 ml en los cuales se utilizó la alimentación como tratamientos, se aplicó diariamente en 3 concentraciones diferentes para los dos tipos de algas las cuales fueron las siguientes: *Chlorella vulgaris* A) 0.25×10^6 cels.ml⁻¹, B) 0.75×10^6 cels.ml⁻¹, c) 2.25×10^6 cels.ml⁻¹; las concentraciones de algas fue tomado de acuerdo a su peso seco por ejemplo 0.25 de *Chlorella vulgaris* es igual a 0.142 de *Scenedesmus acutus* (Flores-Burgos et al, 2003) A) 0.142×10^6 cels.ml⁻¹, B) 0.426×10^6 cels.ml⁻¹, c) 1.278×10^6 cels.ml⁻¹. También se preparo un control con sólo EPA. (A) baja, B) media, C) alta, respectivamente)

La fase experimental se dividió en 2 etapas:

A) Tabla de vida.- Se colocaron 10 individuos adultos de *Daphnia middendorffiana* en los recipientes de plástico conteniendo 50 ml de la concentración con las algas. Se realizaron 4 réplicas de cada concentración del alga y el control, que hicieron un total de 16 vasos. El conteo se realizó con ayuda de un microscopio estereoscópico donde se eliminaron los neonatos que eclosionaban, dejando solo a los adultos hasta que terminó el último día de vida de cada uno. Se cuantificó por la técnica de conteo Individual utilizando un microscopio estereoscópico. El conteo de los organismos se realizaba diariamente cambiando el medio de cultivo por uno reciente. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de laboratorio a una temperatura ambiente.

B) Crecimiento poblacional.- Se colocaron 5 neonatos y 5 adultos de *Daphnia middendorffiana* en los recipientes de plástico conteniendo 50 ml de la concentración de las algas. Se cuantificó por la técnica de conteo Individual utilizando un microscopio estereoscopio (cuando la población fue menor de 400 organismos), a partir del día cero hasta el total de días en que se observó una significativa disminución de la población de cladóceros. Cuando el conteo individual llegó a los 400 organismos se utilizó una pipeta automática con una alícuota de 1 ml, contando los individuos y multiplicándolos por la cantidad de muestra en el recipiente (50 ml). El conteo de los organismos se realizó diariamente cambiando el medio de cultivo por uno reciente. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de laboratorio a una temperatura ambiente. Se finalizó cada experimento hasta que las poblaciones declinaron su crecimiento.

6.3 FORMULAS

Los resultados de las pruebas demográficas se analizaron con las siguientes formulas (Krebs, 1985):

Tabla de vida.

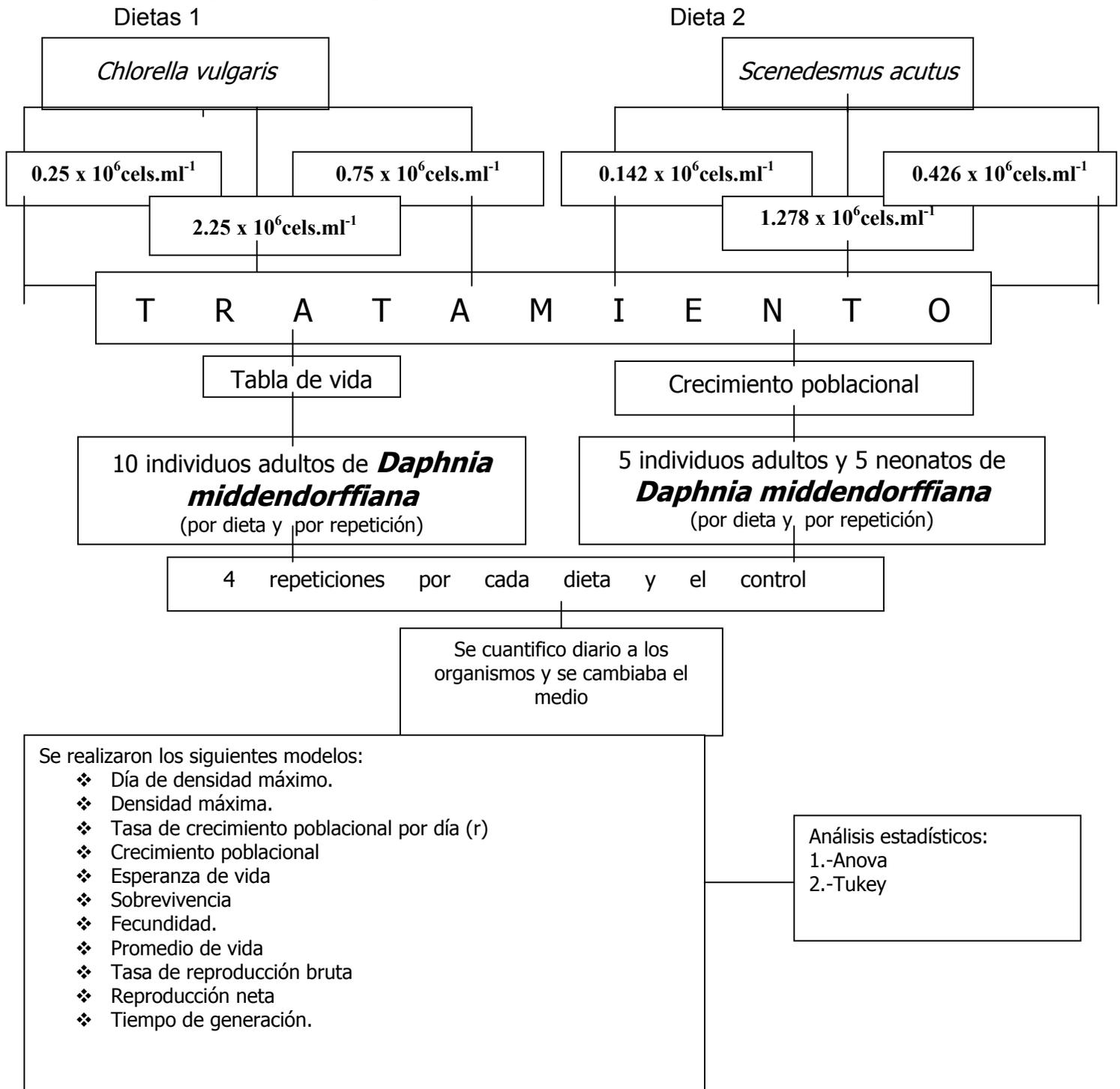
- Tasa reproductiva bruta = $\sum_0^{\alpha} m_x$
donde: m_x = fecundidad
- Tasa reproductiva neta $R_o = \sum_0^{\alpha} l_x m_x$
donde: l_x = supervivencia
 m_x = fecundidad
- Tiempo de generación (T) = $\frac{\sum l_x m_x \cdot x}{R_o}$
donde: l_x = supervivencia
 m_x = fecundidad
 x = edad
- Tasa de incremento poblacional (r) =
 $\sum_{x=0}^n e^{-rx} l_x m_x = 1$
donde: $e = 2.718$
 x = edad
 $l_x m_x = R_o$

Crecimiento poblacional

$$\frac{\ln N_t - \ln N_0}{t}$$

donde : N_0 = densidad inicial
 N_t = densidad al tiempo t

6.4 DIAGRAMA DE FLUJO.



7. RESULTADOS

7.1 CRECIMIENTO POBLACIONAL

El día de densidad máxima fue alterado significativamente por el nivel y el tipo de alimento, la variación entro en el rango de 57 -50% y de 68-4% para *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus* respectivamente figura 1A. Esta variación estuvo relacionada con la densidad de alimento: por ejemplo para ambos casos de alimento las concentraciones bajas obtuvieron las densidades máximas a corto plazo, mientras que conforme aumentaba la concentración se tardaban más tiempo en llegar a la densidad máxima.

En la figura 1B se observa que la densidad máxima fue alterada significativamente por el nivel y tipo de alimento la variación se registro entre 76-62% y de 80-66% para *C. vulgaris* y *S. acutus* respectivamente. La densidad máxima de *D. middendorffiana* estuvo relacionada con la densidad del alimento: los resultados mas altos fueron registrados en las concentraciones altas para los dos tipos de algas.

Para el caso de la tasa de crecimiento poblacional fue afectado significativamente por el nivel y el tipo de alimento. La variación se obtuvo entre 22 – 19% para los dos tipos de alimento *Chlorella* y *Scenedesmus*. Al igual que las anteriores variaciones (día de densidad máximo y densidad máxima) esta relacionada con la densidad de alimento a mayor densidad mayor es la tasa de crecimiento poblacional (r) figura 1C.

En este estudio se demostró claramente el efecto de densidad que tienen las dos algas seleccionadas como alimento a diferentes concentraciones en el crecimiento poblacional de *Daphnia middendorffiana*. Las tendencias en el crecimiento poblacional de *Daphnia middendorffiana* con los dos diferentes tipos de algas (*Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*) con tres diferentes concentraciones de alimento como lo muestra la Figura 2, donde se indica de manera significativa que

Chlorella vulgaris tiene un mayor crecimiento en las poblaciones. Por otro lado de manera independiente al aumentar la concentración de alimento para cada alga, se aumento la tasa de crecimiento poblacional como fue el caso de las concentraciones $2.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ para *Chlorella vulgaris*, y $1.278 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ para *Scenedesmus acutus*, donde hubo un incremento significativo ($p < 0.01$ Anova, Tabla 1) Por lo antes mencionado en este trabajo se observo que la importancia de la disponibilidad de alimento en el medio es importante, dando por resultado que *Chlorella vulgaris* tiene una mayor reacción en las dinámicas poblacionales de *D. middendorffiana*.

7.2 TABLA DE VIDA

En lo que respecta a las curvas de sobrevivencia edad especifica (Figura 3) de *Daphnia middendorffiana* alimentado con *Chlorella vulgaris*, esta registró el mayor numero de días llegando a un total de 83 a una concentración baja, y la menor sobrevivencia se registró para *Scenedesmus acutus* con una concentración media. Así se pudo observar que el nivel y tipo alimenticio altero significativamente la sobrevivencia de *D.middendorffiana*. esta variación estuvo relacionada inversamente con la densidad de alimento para el caso de *C. vulgaris* donde a mayor densidad menor fue la sobrevivencia.

Las curvas de esperanza de vida (Figura 3) de *Daphnia middendorffiana* bajo las 2 algas a diferentes concentraciones de alimento indican un patrón semejante. La esperanza de vida fue alterado significativamente por el nivel y el tipo alimenticio. La variación oscilo de 25 – 33% y de 10 – 30% para *Chlorella* y *Scenedesmus* respectivamente, además esta variación estuvo relacionada inversamente con la densidad de alimento: a mayor densidad, menor esperanza de vida para ambos tipos de alimento figura 4.

En cuanto a la fecundidad (Figura 5) de *Daphnia middendorffiana* fue alterada significativamente por las concentraciones y el tipo de alimento. Esta diferencia fue registrada entre 17 y 6 – 12% para ambos casos de alimento *C. vulgaris* y *S. acutus* respectivamente, estos resultados estuvieron relacionados dependiendo el aumento de la concentración y el tipo de alimento para el caso de *C. vulgaris* la concentración baja registro los niveles mas altos de fecundidad (neonatos /hembras /día) mientras que las concentraciones media y alta registraron niveles similares bajos de fecundidad con lo que respecta *S. acutus* el nivel mas alto de fecundidad lo registro la concentración media y el nivel mas bajo fue para la concentración baja. Por otro lado cabe mencionar que el nivel de concentración que registro más rápido los niveles más altos fueron las altas concentraciones para los 2 tipos de alimento, *C. v* y *S. a*.

Para la prueba de Tabla de vida, se analizaron los siguientes parámetros: Promedio de vida, tasa de reproducción bruta, Reproducción neta, Tiempo de generación y r.

Uno de los parámetros de tabla de vida que fue alterado significativamente por el nivel y el tipo de alimento ($p < 0.05$ Anova, Tabla 2), fue el Promedio de vida donde la variación oscilo entre el rango de 6 y 4 – 7% para *C.vulgaris* y *S. acutus* respectivamente (figura 6, promedio de vida) estos porcentajes estuvieron relacionados con la densidad del alimento, tanto para *C. vulgaris* como para *S. acutus* el mayor promedio de vida fue registrado en las concentraciones altas.

Por otro lado la Tasa de reproducción bruta vario entre 20 –28% y 22 – 44% respectivamente para *C. v* y *S. a*, las bajas concentraciones para ambos tipos de alimento registraron la menor tasa de reproducción bruta, los mayores resultados de la tasa de reproducción bruta vario significativamente dependiendo el tratamiento y el tipo de alimento ($p < 0.05$ Anova, Tabla 2) por ejemplo *C.v* registro el valor mas alto en la concentración media, aleatoriamente *S. a* incremento los resultados conforme se incrementaban los tratamientos.

La reproducción neta otro parámetro de tabla de vida que se analizó al Cladóceros *D. middendorffiana*, en este parámetro se observó que fue alterado significativamente por el nivel y el tipo de dieta ($p < 0.001$, Anova, Tabla 2). La diferencia osciló en 21 –71% y 43 – 74% para *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus* respectivamente (ver Figura 6), estos resultados estuvieron relacionados con la densidad de alimento, conforme aumentaba la densidad aumentaba la reproducción neta para ambos tipos de dietas (C. v y S. a).

Daphnia middendorffiana en su tiempo de regeneración varió significativamente ($p < 0.05$, Anova, Tabla 2) dependiendo de la cantidad y tipo de alimento. Esta diferencia se observó en *Chlorella* entre 14 – 20 %, mientras que para *S. acutus* osciló entre 9 –14% (ver figura 6). Además se pudo observar que la variación de los resultados estuvo relacionada inversamente con la densidad de alimento: a mayor densidad menor fue el tiempo generacional para ambos tipos de alimento.

El último parámetro analizado de Tabla de vida de *D. middendorffiana* ,fue la tasa de crecimiento poblacional (r) ó r final, en donde se observó al igual que los demás resultados que fue alterado significativamente ($p < 0.001$ anova tabla 2) por el nivel y el tipo de alga. Esta variación fue entre 20 –27% para *Chlorella vulgaris* y de 17- 37% en *Scenedesmus acutus* (figura 6). Estos resultados se relacionan con la densidad de alimento para el caso de *Chlorella vulgaris* la mayor tasa de crecimiento poblacional fue en la concentración media mientras que para *Scenedesmus acutus* conforme aumentaba la densidad mayor era la tasa de crecimiento poblacional.

7.3 GRAFICAS Y TABLAS

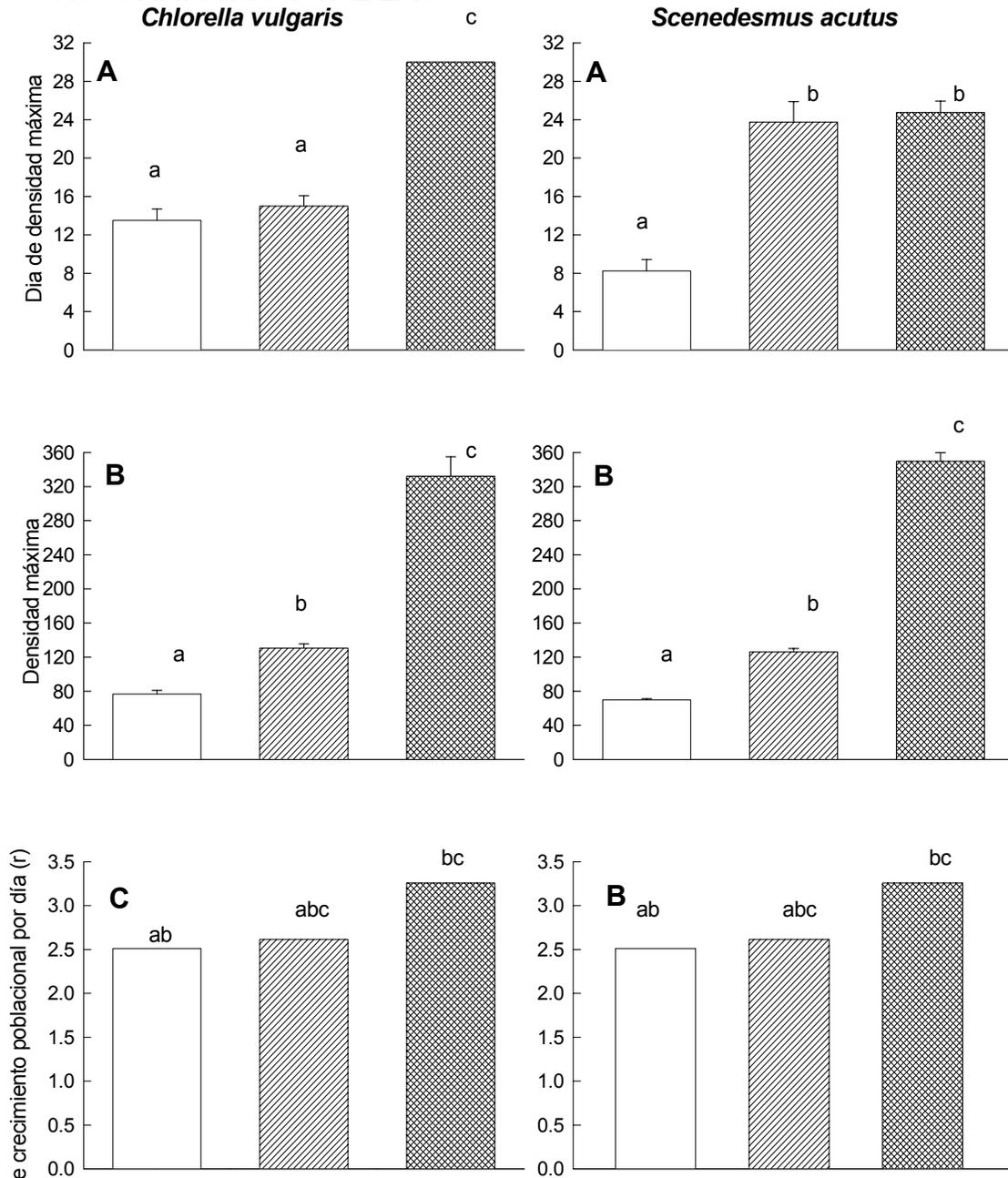
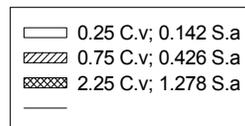


Fig. 1 Aspectos de dinámica poblacional de *D. middendorffiana*, con dos tipos de algas verdes (*Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*) a tres concentraciones de alimento:

A) Día de densidad máxima

B) Densidad máxima

C) Tasa de crecimiento poblacional por día (r)
abc) prueba de tukey (ver anexo)



FUENTE DE VARIACIÓN	gl	sc	cm	f
A) <i>Chlorella vulgaris.</i>				
1) <u>Densidad máxima</u>				
Entre grupos	2	145163.156	72581.58	98.28***
Dentro del grupo	9	6646.500	738.50	
Total.	11	151809.656		
2) <u>Día de densidad</u>				
Entre grupos	2	666.000	290.33	96.68***
Dentro del grupo	9	31.000	380.33	
Total.	11	697.000		
3) <u>“r” Tasa de crecimiento.</u>				
Entre grupos	2	0.007	0.00	6.54**
Dentro del grupo	9	0.005	0.00	
Total.	11	0.012		
B) <i>Scenedesmus acutus.</i>				
1) <u>Densidad máxima</u>				
Entre grupos	2	187690.156	93845.08	370.64***
Dentro del grupo	9	2278.750	253.19	
Total.	11	189968.906		
2) <u>Día de densidad</u>				
Entre grupos	2	684.667	342.33	37.46***
Dentro del grupo	9	82.250	9.14	
Total.	11	766.917		
3) <u>“r” Tasa de crecimiento.</u>				
Entre grupos	2	0.038	0.02	22.67***
Dentro del grupo	9	0.008	0.00	
Total.	11	0.046		

Tabla 1. Pruebas de anova. (Crecimiento Poblacional)

B) *Scenedesmus acutus* y *Chlorella vulgaris* (Densidad máxima, Día de densidad máxima, (r) Tasa de crecimiento) de *Daphnia middendorffiana*
 (***) =p <0.001; ** =p<0.01; * =p<0.05; ns= no significativo)

Crecimiento poblacional.

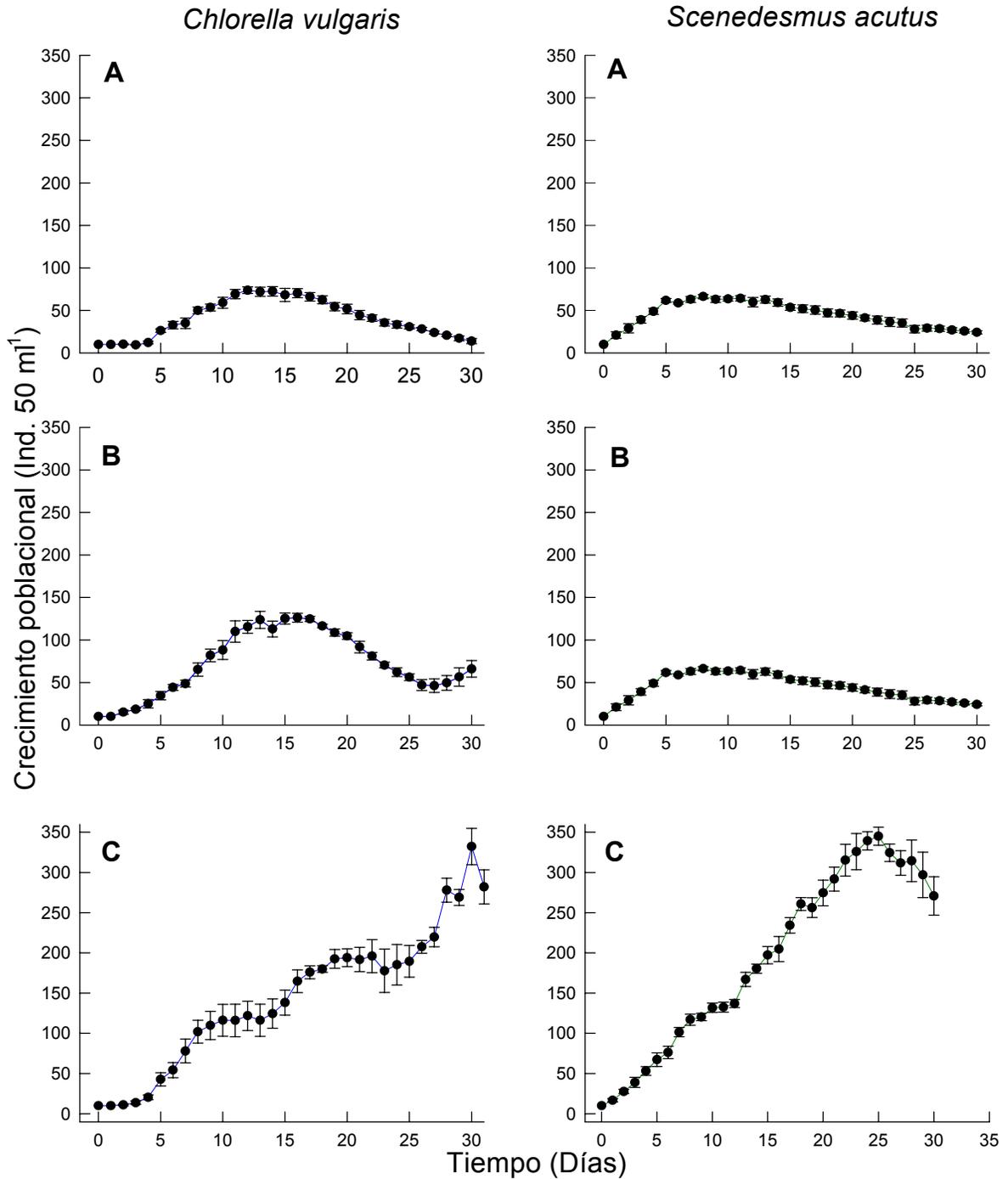


Fig. 2. Crecimiento poblacional de *D. middendorffiana* a diferentes concentraciones de alimento con dos algas verdes (*Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*). Los valores están dados por el promedio \pm e error estándar de cuatro repeticiones. Las concentraciones son las siguientes:
A) 0.25 *C. vulgaris*; 0.142 *S. acutus*.
B) 0.75 *C. vulgaris*; 0.426 *S. acutus*.
C) 2.25 *C. vulgaris*; 1.278 *S. acutus*.

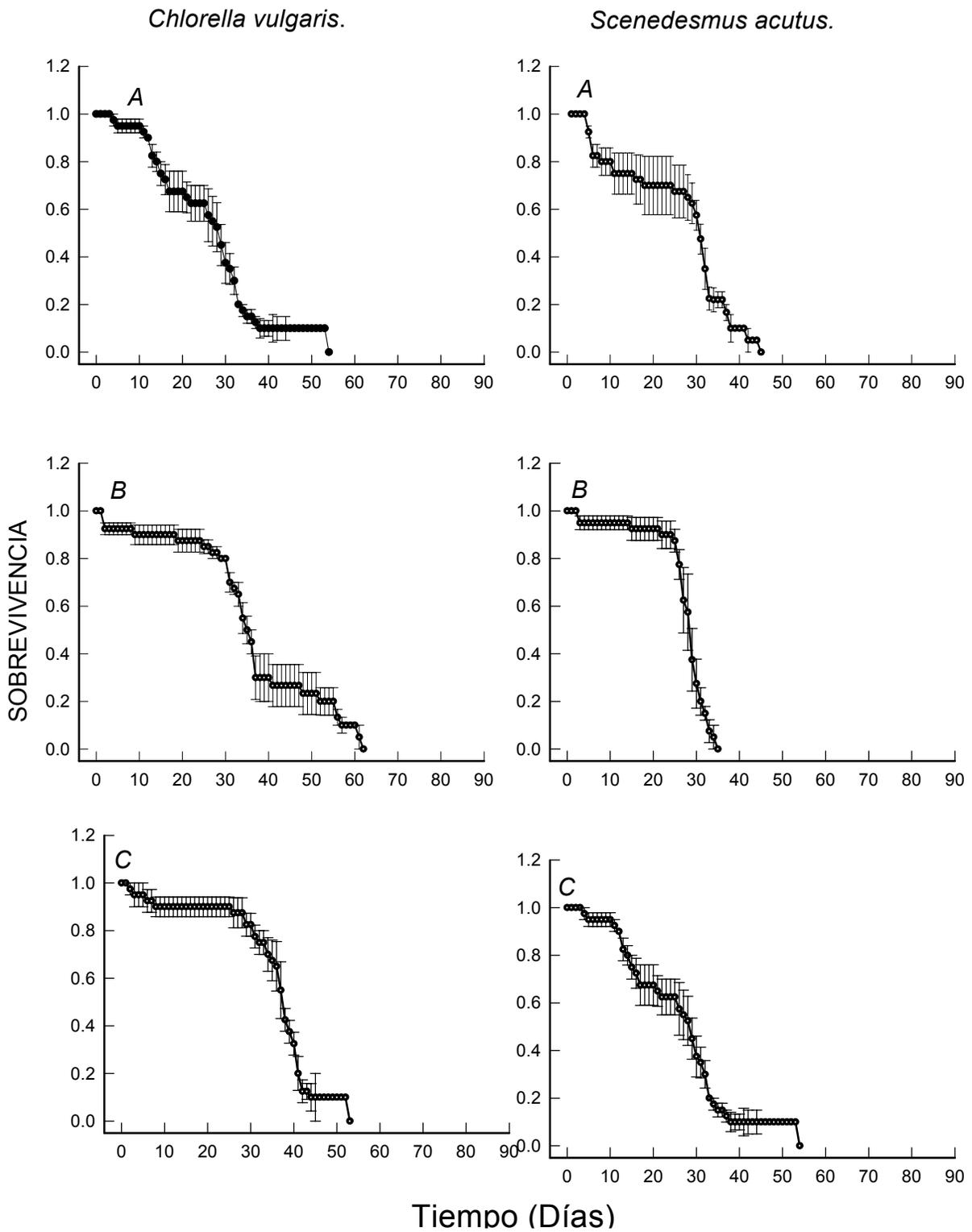


Figura 3: Sobrevivencia de *Daphnia middendorffiana* con dos algas como alimento a tres concentraciones cada una (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*). *Chlorella vulgaris* A) $0.25 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, B) $0.75 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, c) $2.25 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$; *Scenedesmus acutus* A) $0.142 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, B) $0.426 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, c) $1.278 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$.

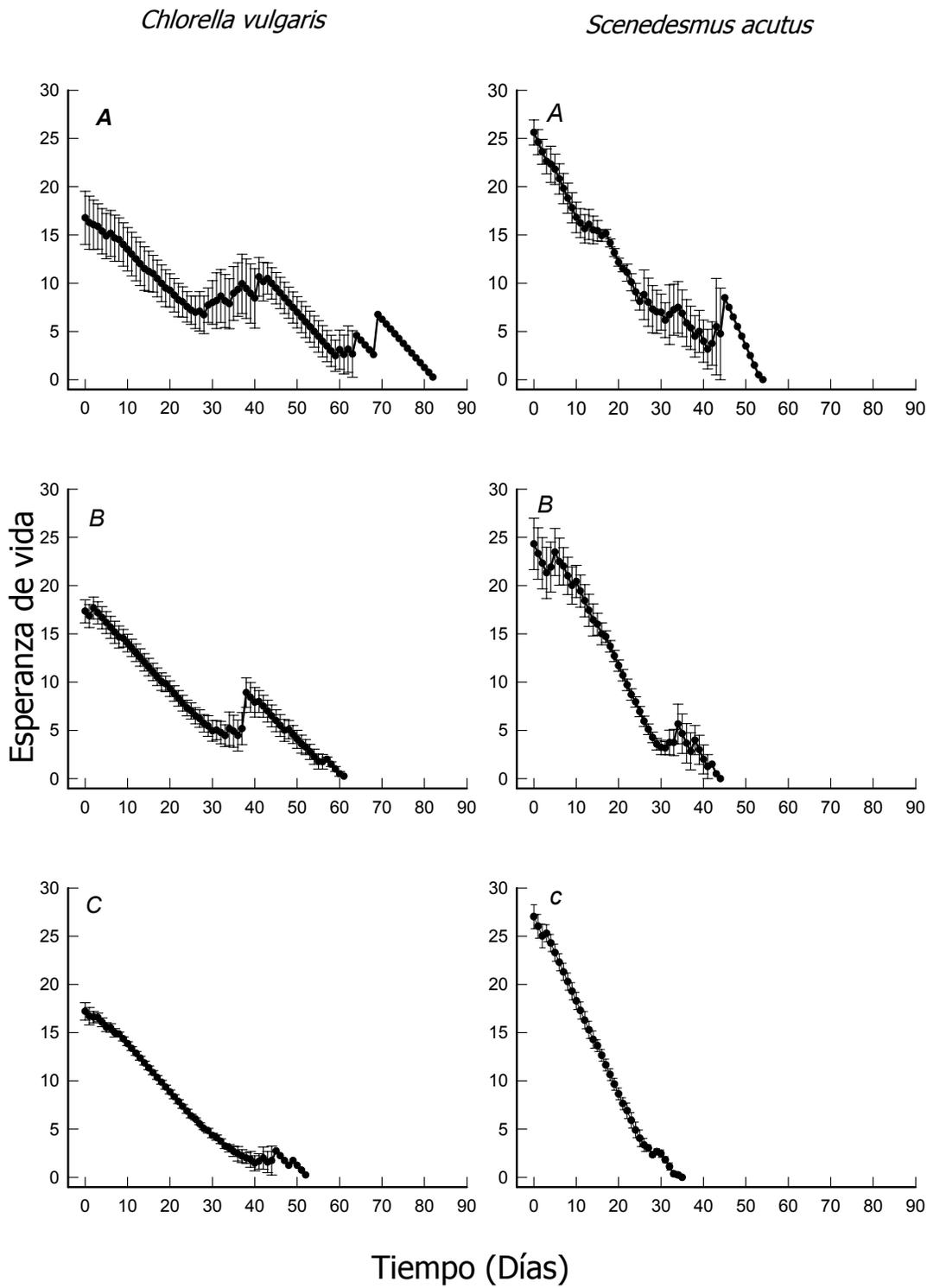


Figura 4: Esperanza de vida de *Daphnia middendorffiana* con dos algas como alimento a tres concentraciones cada una (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*). *Chlorella vulgaris* A) $0.25 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, B) $0.75 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, c) $2.25 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$; *Scenedesmus acutus* A) $0.142 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, B) $0.426 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, c) $1.278 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$.

Chlorella vulgaris

Scenedesmus acutus

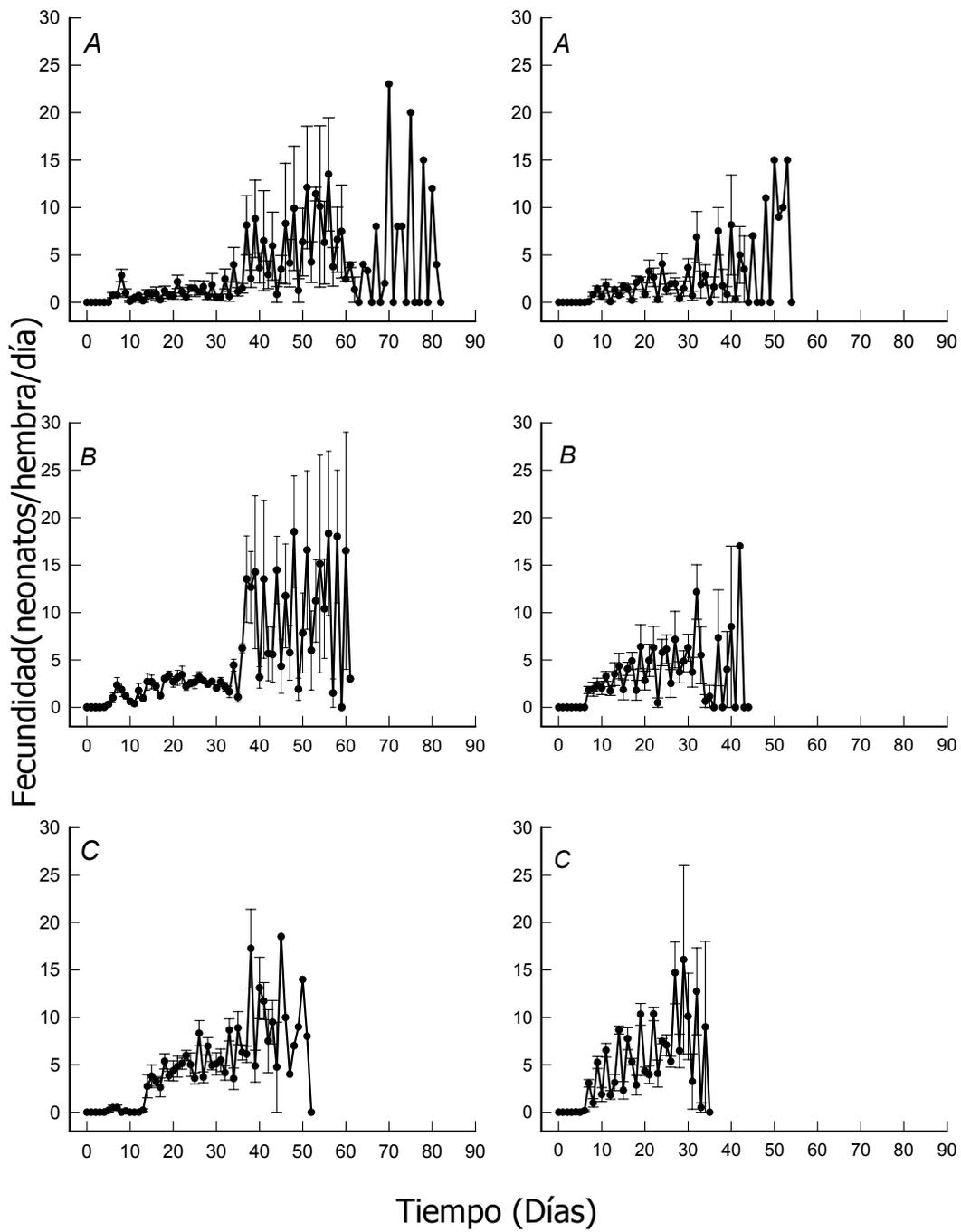


Figura 5: Fecundidad de *Daphnia middendorffiana* con dos algas como alimento a tres concentraciones cada una (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*). *Chlorella vulgaris* A) $0.25 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, B) $0.75 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, c) $2.25 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$; *Scenedesmus acutus* A) $0.142 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, B) $0.426 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$, c) $1.278 \times 10^6 \text{ cels.ml}^{-1}$.

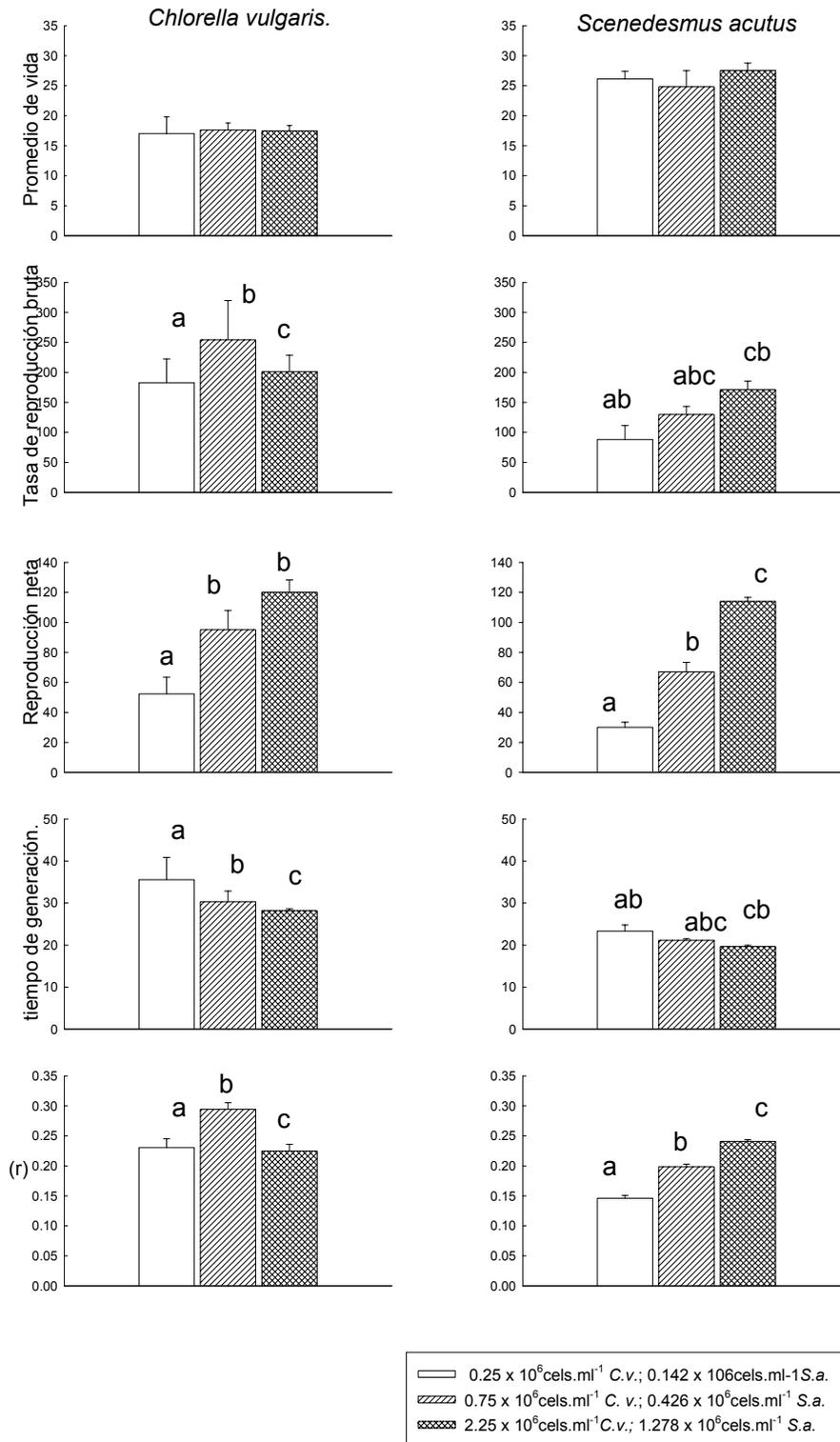


Figura 6: Tabla de vida del cladocero *Daphnia middendorffiana* con dos tipos de algas como dieta (*Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*) analizando promedio de vida, tasa de reproducción bruta, reproducción neta, tiempo de generación y r . abc) prueba de Tukey (ver anexo)

Tabla 2. Pruebas de anova. (Tabla de vida)

A) *Chlorella vulgaris* (Promedio de vida, Tasa de reproducción bruta, Reproducción neta, Tiempo de Generación, (r) Tasa de crecimiento) de *Daphnia middendorffiana*
 (***) =p <0.001; ** =p<0.01; * =p<0.05; ns= no significativo)

FUENTE DE VARIACIÓN	gl	sc	cm	f
A) <i>Chlorella vulgaris.</i>				
1) <u>Promedio de vida</u>				
Entre grupos	2	0.721	0.36	0.03 ns
Dentro del grupo	9	118.054	13.12	
Total.	11	118.775		
2) <u>Tasa de reproducción bruta</u>				
Entre grupos	2	10957.125	5478.56	0.62ns
Dentro del grupo	9	79419.875	8823.88	
Total.	11	90372		
3) <u>Reproducción neta</u>				
Entre grupos	2	9396.109	4698.05	9.98***
Dentro del grupo	9	4236.375	470.71	
Total.	11	13632.484		
4) <u>Tiempo de generación.</u>				
Entre grupos	2	115.311	57.66	1.24 ns
Dentro del grupo	9	416.988	46.33	
Total.	11	532.299		
5) <u>(r) tasa de crecimiento</u>				
Entre grupos	2	0.012	0.01	9.72***
Dentro del grupo	9	0.006	0.00	
Total.	11	0.017		

FUENTE DE VARIACION	gl	sc	cm	f
B) <i>Scenedesmus acutus.</i>				
1) <u>Promedio de vida</u>				
Entre grupos	2	14.587	7.29	0.53ns
Dentro del grupo	9	123.203	13.69	
Total.	11	137.790		
2) <u>Tasa de reproducción bruta</u>				
Entre grupos	2	13790.109	6895.05	5.51**
Dentro del grupo	9	11258.813	1250.98	
Total.	11	25048.922		
3) <u>Reproducción neta</u>				
Entre grupos	2	14144.422	7072.21	92.18***
Dentro del grupo	9	690.500	76.72	
Total.	11	14834.922		
4) <u>Tiempo de generación.</u>				
Entre grupos	2	27.428	13.71	4.27*
Dentro del grupo	9	28.897	3.21	
Total.	11	56.325		
5) <u>(r) tasa de crecimiento</u>				
Entre grupos	2	0.018	0.01	144.85***
Dentro del grupo	9	0.001	0.00	
Total.	11	0.019		

Tabla 2. Pruebas de anova. (Tabla de vida)

B) *Scenedesmus acutus* (Promedio de vida, Tasa de reproducción bruta, Reproducción neta, Tiempo de Generación, (r) Tasa de crecimiento) de *Daphnia middendorffiana*
 (***) =p <0.001; ** =p<0.01; * =p<0.05; ns= no significativo)

8. DISCUSIÓN

Los cladóceros en virtud de su tamaño pequeño y tiempos de generación cortos, responden rápidamente a los cambios de densidades en el alimento utilizando, en este caso las algas. Una de las variables más importantes afectadas cambiando niveles del alimento es el nivel de la reproducción (Dodson y Frey, 1991). El enfoque de estos estudios ecológicos están basados principalmente en los géneros *Moina* y *Ceriodaphnia*, las características de estos géneros no son comparables con el género *Daphnia* la cual está presente en regiones templadas por lo que es muy difícil mantenerlas en regiones tropicales, donde las anteriores dominan. Además, los estudios realizados con *Daphnia* generalmente utilizan las especies *Daphnia magna*, *D. pulex* o *D. laevis* las que predominan en los cuerpos de agua templados (Aguilera, 2002). Sin embargo los cuerpos de agua situados en altitudes templadas de países tropicales cuentan también con especies del género *Daphnia* incluyendo otras especies como *Daphnia middendorffiana*.

Daphnia middendorffiana se localiza en regiones donde la temperatura varía entre los 10 a 26°C, y a una altitud de 1500 msnm, donde el proceso respiratorio es lineal (Yurista, 1999) por tal motivo esta especie es idónea para estudiar su comportamiento en las altitudes y temperaturas de la Ciudad de México. Además es una especie que en los ambientes con los recursos más bajos tienen una baja reproducción. La *Daphnia middendorffiana* es una especie importante y a menudo dominante de los ecosistemas acuáticos oligotróficos, como especie trapezoidal que da lugar a una alta eficacia de la transferencia de la energía del nanoplancton a niveles tróficos más altos. (Yurista & O'Brien, 2001).

Muy pocos estudios ecológicos han utilizado en sus modelos a la especie *Daphnia middendorffiana*. Los pocos estudios encontrados, para evaluar características ecológicas de *Daphnia middendorffiana*, utilizan el método de crecimiento poblacional. El método de crecimiento poblacional, nos puede decir si existe una adaptación en corto tiempo, de los organismos a las condiciones del experimento.

Algunos parámetros como densidad máxima y día de densidad máxima solo pueden obtenerse usando este método. La tasa de crecimiento total de la población se relaciona con los procesos de la asignación de la energía en cladóceros. Para cualquier especie dada, la abundancia máxima de la población se relaciona directamente con el tamaño de cuerpo y el alimento disponibles. En los niveles dados del alimento, especies más grandes tienen densidad menos numérica que los taxa más pequeños aunque ésta puede no ser necesariamente cierto con respecto al índice del crecimiento de la población (Nandini & Sarma, 2003) esto se verifica en este experimento donde generalmente los Daphnidos son de tallas grandes, y *Daphnia middendorffiana* tiene una talla donde las hembras extienden su tamaño a partir de 1.9 hasta 2.7 milímetros. Por lo tanto, cualquier generalización basada en el estudio intenso de un género puede torcer el cuadro real obtenido con respecto al estudio de varios géneros. Por ejemplo, mucho del trabajo sobre la hipótesis del alimento del umbral se ha concentrado en el género *Daphnia* (Lampert & Sommer, 1997). Sin embargo otros géneros tales como *Moina*, *Ceriodaphnia*, y *Simocephalus* son componentes igualmente importantes de cuerpos de agua dulce global, éstos se han considerado raramente (Nandini & Sarma, 2003). En el mejor de los casos, la información disponible en estos géneros es fragmentaria y por el contrario en el caso de *Daphnia middendorffiana* por los resultados obtenidos en este trabajo se puede decir que es una especie adaptable y completa en cuanto a la información aporta y que nos pueda favorecer para su uso como alimento en la producción de peces ya que el crecimiento poblacional de esta especie, en general, es mejor a niveles de alimento alto. De acuerdo con la hipótesis de la eficacia del tamaño, especies más grandes son más eficientes y recogen así cantidades más altas de alimento por unidad de su biomasa que los taxa más pequeños (Brooks & Dodson, 1965).

En el actual trabajo donde se utilizó a *Daphnia middendorffiana* se pudo observar que tuvo su valor mas alto de crecimiento poblacional cuando fue alimentada con *Chlorella vulgaris* en su densidad alta (2.25×10^6 céls. ml^{-1}) donde la población alcanzo su mayor crecimiento (333 individuos por 50 ml^{-1}); esto difiere de algunos

trabajos realizados anteriormente con *Daphnia pulex* donde el crecimiento mayor fue en concentraciones medias (0.75 a 1×10^6 céls. ml^{-1}) con *Chlorella vulgaris* (Nandini & Sarma, 2000).

Con lo que respecta a *Scenedesmus acutus* al igual que *C. vulgaris* el valor mas alto de crecimiento poblacional se registró en la densidad alta del alga (1.278×10^6 céls. ml^{-1}), donde la población alcanzó su máximo crecimiento de 350 individuos en 50 ml^{-1}). En comparación con los dos tipos de dietas, Flores-Burgos et al. 2003, utilizaron las mismas dietas que en el presente estudio. Ellos determinaron que las concentraciones de alga equivalentes en biomasa, inducen diferencias en cuanto al crecimiento poblacional de algunos cladóceros, en este caso ellos utilizaron *Ceriodaphnia dubia* y *Moina macrocopa*. Al igual que en el estudio de Flores-Burgos (*Ceriodaphnia dubia* y *Moina macrocopa*) se observó que en este estudio que *D. middendorffiana* alcanzó diferentes tamaños poblacionales siendo que las equivalencias de densidades en biomasa de las microalgas eran semejantes. De acuerdo con la hipótesis de la eficacia del tamaño, especies más grandes son más eficientes y recogen así cantidades más altas de alimento por unidad de su biomasa que los taxa más pequeños como son *C. dubia* cladóceros de tamaño pequeño ($<1.2 \text{ mm}$).

La tasa de crecimiento poblacional puede ser mas baja que la derivada de tabla de vida, ya que en esta última los organismos neonatos son normalmente eliminados de la cohorte original, así se reduce al mínimo la competencia. La mayoría de los trabajos con enfoque en niveles de alimento eligen densidades algales bajas para evitar posibles problemas asociados a concentraciones del alimento (Nandini & Sarma, 2003). Las densidades demográficas máximas de los cladóceros usados aquí están dentro de la gama documentada en varios estudios. Un aumento en números de las *Daphnias* con el aumento de niveles del alimento conduce a los cambios en valores de r . En el actual estudio, las *D. middendorffiana* alimentadas con *Chlorella* tenían un índice más alto del aumento de la población tan bien como

una abundancia más alta de la población. Las diferencias se podían atribuir a la calidad alimenticia de la dieta.

Las graficas de abundancia muestran puntos finales donde el cladóceros *D. middendorffiana* está dentro del rango 5 a 50 ind. ml⁻¹ reportados por Nandini y Sarma (2003). Estos autores reportaron que especies grandes como *D. laevis* y *Simocephalus* alcanzaron menos de 10 ind. ml⁻¹ como su abundancia máxima, cuando se alimentaban con *Chlorella* a una densidad entre 0.05 hasta 1.6 x 10 céls ml⁻¹, por otro lado en este trabajo *D. middendorffiana* alcanzó una abundancia de alrededor de 7 ind. ml⁻¹, lo cual es comparable con los datos disponibles de dichos autores

D. middendorffiana en las graficas (figura 1) se observa la respuesta de los dos tipos de alga: Independientemente de la concentración del alga, cuando el organismo fue alimentado con *Scenedesmus acutus* tardó mas tiempo para alcanzar su abundancia máxima, ocurrió lo contrario para *C. vulgaris*, con la cuál alcanzó su máxima abundancia alrededor de 5 días antes. La densidad máxima fue mayor cuando el organismo se alimentó con *Chlorella*, alcanzando valores poblacionales mucho mas altos que con *Scenedesmus*. A lo mencionado antes se podría decir que varios factores pueden intervenir en estos resultados, la calidad nutricional es uno de los factores que afecta la densidad, lo cual tiene una influencia significativa sobre el crecimiento de los cladóceros (Gulati & DeMott, 1998). Por otro lado este trabajo utilizó dos especies de microalgas comunes y fáciles de manejar en condiciones de laboratorio estas microalgas fueron cultivadas bajo las mismas condiciones, se podría decir que con pocas diferencias en la calidad nutricional. Otro factor que influye en la asimilación del alimento por parte de *D. middendorffiana* es la morfología de *Chlorella* y *Scenedesmus*, el tamaño y la forma de las microalgas tiene una influencia sobre la supervivencia y el crecimiento de los cladóceros, ya que *Scenedesmus* es más grande que *Chlorella* lo cual posiblemente es un factor responsable en las abundancias máximas de *Daphnia middendorffiana*. Como se puede ver una consecuencia de

la morfología de las microalgas es la digestibilidad que también afecta la supervivencia y reproducción (fecundidad) de los cladóceros.

Entre las variables de tabla de vida de los cladóceros, los parámetros relativos a la supervivencia son usualmente menos sensibles a los cambios en la concentración de alimento, y las variables relativas a la reproducción son más vulnerables (Nandini y Sarma 2000).

En fecundidad se obtuvo que los individuos alimentados con *Chlorella* alcanzaron un número mayor en diferentes tiempos. *Scenedesmus* causó una menor reproducción de *D. middendorffiana* en las densidades baja y media. *Chlorella* y *Scenedesmus* en la densidad alta causaron una disminución en la fecundidad. Por otro lado, la densidad alta de *Scenedesmus* causó una menor fecundidad. Esto se debe a que existe un decremento en la supervivencia y en la producción de neonatos con el incremento en el esfuerzo de recolectar el alimento (Dodson & Frey, 1991). Se podría decir que las concentraciones altas de alimento pueden llevar a la inanición de ciertos cladóceros, ya que gastan mucha energía en la limpieza de sus apéndices obstruidos por el alimento de la que adquiere al consumir el mismo (Porter et al., 1982. Nandini & Sarma, 2003). Ya que como son organismos filtradores, el alga se atora, satura y bloquea los apéndices filtradores.

La supervivencia al igual que fecundidad fue mayor cuando el organismo se alimentó con *Chlorella vulgaris*, sumándose que esto puede deberse a que la forma esférica de *Chlorella* permite al cladóceros tener una mayor captura al momento de filtrar su alimento, debido a la forma alargada de las células de *Scenedesmus*, la filtración se torna más difícil. También la calidad nutricional de las algas y la digestibilidad de las células por los cladóceros podría ser uno de los factores que influyen en los patrones de crecimiento. El estudio de este trabajo no implicaba la valoración de la calidad nutricional de las algas, aunque por datos del trabajo de Flores- Burgos et al. (2003) se apoya el trabajo de *D. middendorffiana* de que hay grandes diferencias nutrimentales entre las dos algas.

La tasa de crecimiento poblacional se obtuvo del análisis del crecimiento poblacional y de la tabla de vida demográfica, independientemente de la concentración y el tipo de alga, la tasa resultante del crecimiento poblacional fue igual a las derivadas a través del estudio de la tabla de vida demográfica. En general *D. middendorffiana* tuvo valores más altos de r alimentada con *Chlorella* que alimentada con *Scenedesmus* (Figura 1 y 6) así, los valores son semejantes a los reportado para este género de cladóceros (Hanazato, 1996).

La tabla de vida nos proporciona información para obtener la mortandad, la tasa de reproducción, edad específica, tasa de reproducción bruta, tasa de reproducción neta y tiempo generacional, entre otros. Los parámetros como sobrevivencia, promedio de vida, expectativa de vida al nacer, fecundidad, tasa reproductiva y tiempo generacional, proveen ideas valiosas acerca de cuales condiciones ambientales son las más convenientes para el zooplancton (Nandini y Sarma, 2003).

Se ha observado que el promedio de vida de especies tropicales como *Moina* pueden ser de alrededor de 15 días (García, 2002), también algunos géneros como *Ceriodaphnia* aunque viven en condiciones tropicales tienen un promedio de vida alrededor de 30 días (Hernández V., 2002): sin embargo, especies de *Daphnia* normalmente tienen una duración de vida entre 30 y 60 días. Aunque *D. middendorffiana* llegó hasta 83 días saliéndose del rango reportado para daphnias 60 días (*Daphnia ambigua*) (Tavera-Briseño, 2004). Se ha observado que la sobrevivencia del cladóceros está dentro de un rango de 5 a 50 ind. ml⁻¹, por ejemplo Nandini et al (2003) cultivaron siete especies de cladóceros con tamaño entre 500 hasta 1800 μm , observado una relación inversa entre el tamaño del cladóceros y su sobrevivencia. Reportaron que especies grandes como *D. laevis* y *Simocephalus* alcanzaron su sobrevivencia entre 30 y 60 días, cuando fueron cultivados a una densidad de *Chlorella* entre 0.05 hasta 1.6 x 10 céls ml⁻¹, en este

trabajo *D. middendorffiana* (tamaño alrededor 1900 a 2700 μm) es una especie de tamaño grande, por lo tanto alcanzó una abundancia de alrededor 83 días.

La tasa de reproducción bruta osciló entre un intervalo de 20-28 % y entre 22-44 % para *Chlorella* y *Scenedesmus*, respectivamente. Los datos obtenidos en este trabajo de reproducción bruta variaron, dependiendo del tipo de concentración de alimento. La concentración de *Scenedesmus acutus* tuvo una diferencia marcada entre las concentraciones sobre esta variable, los mismo con *Chlorella vulgaris*. Como ya se menciona previamente esto puede ser ocasionado por las diferencias en el tamaño del alga a la digestibilidad, y al valor nutrimental de las algas (Ahlgren G., et al., 1992).

La tasa reproductiva neta es por lo general menor que la tasa reproducción bruta dependiendo del patrón de mortandad de la población. La tasa reproductiva neta de este trabajo varió entre 50 y 120 ind./hembra siendo mas con *Chlorella vulgaris* (figura 6). Los cladóceros generalmente tienen un intervalo de tasa reproductiva neta entre 1-51 neonatos por hembra (Sarma *et al.*, en prensa).

El tiempo generacional significativamente fue influenciado por las densidades los dos tipos de dietas. Varió aproximadamente entre 22 y 45 días dependiendo del alimento y de su concentración. El tiempo generacional para otros géneros de cladóceros, varía entre 4 y 43 días (Sarma *et al.*, en prensa), lo cual incluye los resultados de este trabajo dentro de este intervalo.

El uso de las algas verdes es muy común en este tipo de experimentos, ya que estas son fáciles de cultivar en condiciones de laboratorio. Estas algas fueron seleccionadas bajo las siguientes características: *Chlorella vulgaris* tiene la cualidad de ser fácilmente cultivable, un tamaño adecuado (4-6 μm) para que los organismos puedan consumirla, taxonómicamente es una especie conocida y se ha utilizado como organismo para el cultivo y la evaluación de trabajos ecológicos, normalmente no presenta sistema de defensa ante sus depredadores. Además es

un alga muy común en los cuerpos de agua y en ausencia del zooplancton alcanza altas abundancias. (Nandini y Sarma, 2003), en el caso de lípidos, proteínas, carbón, nitrógeno y fósforo respectivamente tiene los siguientes valores 3.7%, 21.9%, 44.1%, 3.2%, 0% en peso seco (Ahlgren et al. 1992). *Scenedesmus acutus* se utilizó debido a que presenta características igualmente convenientes: puede coexistir en conjunto con *Chlorella*, tiene un tamaño mas grande que *Chlorella* (4 –50 μm) lo cual también permite usarla mayormente para los cladóceros, incluyendo *Daphnia*. En la naturaleza presenta mecanismos de defensa, ya que puede cambiar su morfología o formar colonias para evitar su depredación, pero cuando es cultivada en el laboratorio (en ausencia del depredador) no cambia su morfología y no forma colonias lo cual permite su uso para ser comparada con otras microalgas, los valores en lípidos, proteínas, carbón, nitrógeno y fósforo son los siguientes respectivamente 10.6%, 32.0%, 46.7%, 3.9%, 0.55% (Ahlgren et al. 1992) además cuando se cultiva en condiciones controladas mantiene una calidad nutricional semejante a *Chlorella*.

Estos estudios son importantes para aportar información acerca de la historia de vida de los organismos acuáticos empleados, en particular de los cladóceros. Esta información puede utilizarse de diversas maneras, por ejemplo en la producción de alimento vivo con fines comerciales, o en estudios de ecología.

9. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que:

Se demostró claramente el efecto de densidad que tienen 2 algas como alimento a diferentes concentraciones en el crecimiento poblacional de *Daphnia middendorffiana*, ya que se encontraron diferencias significativas en el análisis de las graficas.

Las tendencias en el crecimiento poblacional de *Daphnia middendorffiana* con los dos diferentes tipos de algas (*Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*) demuestra que con *Chlorella vulgaris* tiene un mayor crecimiento en las poblaciones, aunque presento su densidad máxima con *Scenedesmus acutus* siendo ambas dietas favorables para *Daphnia middendorffiana*.

Al aumentar la concentración de alimento para cada alga, se aumento la tasa de crecimiento poblacional como fue el caso de las concentraciones altas para *Chlorella vulgaris* y para *Scenedesmus acutus*.

Aunque *Scenedesmus acutus* es mas grande en tamaño, *Daphnia middendorffiana* creció mejor con *Chlorella vulgaris* en terminos de su tasa de crecimientos poblacional.

10. BIBLIOGRAFÍA

-Aguilera, D. 2002. Dinámica poblacional de cuatro especies seleccionados de cladóceros (cladóceros: crustacea) realizada en aguas residuales urbanas parcialmente tratadas” Tesis Licenciatura, UNAM, FES Iztacala. Pp 10-12.

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

-Alva- Martínez A., Sarma S., S., S. & Nandini S. 2001. Comparative population dynamics of three species of cladocera in relation to different levels of *Chlorella vulgaris* and *Microcystis aeruginosa*. *Crustaceana* 74 (8): 749-764.

-Barnes, R. D. 1989. Zoología de los invertebrados. 5ª edición. Nueva editorial interamericana. México. 261-270 p.

-Brooks, J., L., & Dodson S. 1965. Predation , body- size and composition of plankton. *Science* 150: 28- 35 p.

-Craig D., S.1991. Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Edt. Cambridge University Press. USA. Pp. 175-219.

-Dobberfuhr D. & Elser J. 1999. Use of dried algae as a food source for zooplankton growth and nutrient release experiments. *Journal of plankton Research*, vol.21, 957-970.

-Enriquez G., C., S. Nandini, S. S. S. Sarma, “ Food type effects on the population growth patterns of littoral rotifers and cladocerans. *Hydrobiology*. 31 (2003)2, 1-14.

-Fincham A., A., 1987. Biología marina básica. Ediciones omega. Barcelona España. Pp. 19, 25.

-Flores-Burgos J, Sarma SSS & Nandini S 2003 Population growth of zooplankton (rotifers and cladocerans) fed *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* in different proportions. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica 31(3): 240-248.

-García, A., E. 1999. “ Análisis de la asociación de rotíferos en sistemas temporales y permanentes localizados en el centro-sur de México” . Tesis Licenciatura, UNAM, FES Iztacala. Pp 6-7.

-García, G. 2002.”Interacciones entre diferentes concentraciones de alimento y varios niveles de cadmio sobre el crecimiento poblacional de los cladóceros *Moina macrocopa* y *Macrothrix triserialis*: pruebas de toxicidad aguda y crónica”. Tesis Licenciatura, UNAM, FES Iztacala. Pp. 6-8.

-Groeger W., A., Schram D., M & Marsolf G., R. 1991. Influence of food quality on growth and reproduction in Daphnia. Freshwater Biology (1991) 26, 11-19.

-Gulati, R. D., & DeMott, 1997. The role of food quality for zooplankton: remarks on the state of the art, perspectives and priorities. freshwater Biology 38: 753- 768.

-Hanazato T. 1996. Combined effects of food shortage and oxygen deficiency on life history characteristics and filter screens of Daphnia. Journal of Plankton Research, vol. 18, 757-765.

-Hartmann, H., J., Kunkel., D., D. 1991. “Mechanisms of food selection in daphnia”. Hidrobiología 225: 129-154, 1991.

-Hernández, V., M., 2002." Estudio de la capacidad de aprovechamiento de aguas residuales como medio de cultivo para las especies *Moina macrocopa*, *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia dubia* y *Alona rectangula* (cladocera) por medio de un estudio demográfico de tablas de vida" Tesis Licenciatura, UNAM, FES Iztacala. Pp. 13-16, 24-28.

-Jensen T., C., and Verschoor A., M., 2003. Algal food quality effects on life history characteristics of brachionus calyciflorus (rotifera). University of Oslo. Noruega.

-Lampert, W. & Sommer U., 1997. The ecology of lakes and streams. Oxford University Press, New York, Limnoecology, 1- 382.

-Margalef, R., 1983. Limnología. Ed. Omega. Barcelona, España. 1010 p.

-Meza, O., R. 2000. " Eficiencia de diferentes tipos de alimento vivo en el pez convicto *Cichlasoma nigrofasciatum* (Gunter)" Tesis Licenciatura, UNAM, FES Iztacala. Pp 1-2.

-Muller-Navarra D., and Lampert W. 1996. Seasonal pattern of food limitation in *Daphnia galeata*: separating food quantity and food quality effects. Journal of Plankton Research, Vol 18, 1137-1157

-Nandini, S.& T. R. Rao, 1998. Somatic and population growth in selected cladoceran and rotifer species offered the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* as food. Aquat. Ecol. 31: 283–298.

-Nandini S., & Sarma S., S., S. 2000. Lifetable demography of four cladoceran species in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) density. Hydrobiologia. 435: 117-126.

-Nandini S., & Sarma S., S., S. 2003. Population growth of some genera of cladocerans (Cladocera) in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) levels *Hydrobiologia* 491(1): 211-219; Jan 2003.

-Nandini S., & Sarma S., S., S. & Ramírez- García P. 2000. Life table demography and population growth of *Daphnia laevis* (cladocera, anomopoda) under different densities of *Chlorella vulgaris* and *Microcystis aeruginosa*. *Crustaceana* 73(10): 1273-1286.

-Peña F, 2003. Crecimiento poblacional de tres rotíferos y dos cladóceros planctónicos en relación con el tipo de dieta. Tesis maestría. UNAM.

-Picard., V., & Lair., N. 2000. "The influence of autotrophic and heterotrophic foods on the demography of *Daphnia longispina* under starved, semi-natural and enriched conditions"., *Journal of Plankton Research* Vol.22 no.10 pp.1925-1944, 2000.

-Romano, B., C. 2000. "Copépodos (crustacea: Calanoidea, cyclopoidea) en diversos sistemas acuáticos temporales y permanentes de los Estados de Michoacán y Jalisco, un enfoque taxonómico" Tesis Licenciatura, UNAM, FES Iztacala. Pág. 3.

- Sarma, S., S., S., Nandini, S., & Gulati, R., D. En prensa. "Life history strategies of cladocerans: comparison between tropical vs temperate taxa".

-Tavera- Briseño K., 2004. "Efecto de la densidad y tipo de alimento (*Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*) sobre la dinámica poblacional de *Daphnia ambigua* (Crustacea: Cladocera)". Tesis Licenciatura, UNAM, FES Iztacala.

-Thor, P. , Cervetto, G., Besiktepe, S., Ribera-Maycas, E., Tang, K.W., y Dam, H.G., 2002 "Influence of two different green algal diets on specific dynamic action

and incorporation of carbon into biochemical fractions in the copepod *Acartia tonsa*”, „Journal of Plankton Research Vol.24 no.4 pp.293-300, 2002.

-Yurista., P. 1999.” A model for temperature correction of size-specific respiration in *Bythotrephes cederstroemi* and *Daphnia middendorffiana*”, „Journal of Plankton Research, Vol 21, 721-734, Copyright © 1999 by Oxford University Press.

-Yurista P., M. & O’Brien W., J. 2001. Growth survivorship and reproduction of *Daphnia middendorffiana* in several Arctic Lakes and Ponds. Journal of Plankton Research. V23(7): 733- 744.

11. ANEXO

Tabla 1a. Prueba de Tuckey para encontrar diferencias entre las medias de densidad máxima de *Daphnia middendorffiana* con dos tipos diferentes de alimento (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*) algas. (0=control, 1= $0.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v;) $0.142 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a, 2= $0.75 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v; $0.426 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a, 3= $2.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v;) $1.278 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a) En negritas Diferencias verdaderamente significativas.

	<i>Chlorella vulgaris</i>			<i>Scenedesmus acutus</i>		
	1	2	3	1	2	3
1		.049729	.000183	1	.001860	.000183
2	.049729		.000185	2	.001860	.000183
3	.000183	.000185		3	.000183	.000183

Tabla 2a. Prueba de Tuckey para encontrar diferencias entre las medias de día de densidad máxima de *Daphnia middendorffiana* con dos tipos diferentes de alimento (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*) algas. (0=control, 1= $0.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v;) $0.142 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a, 2= $0.75 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v; $0.426 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a, 3= $2.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v;) $1.278 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a) En negritas Diferencias verdaderamente significativas.

	<i>Chlorella vulgaris</i>			<i>Scenedesmus acutus</i>		
	1	2	3	1	2	3
1		.513679	.000183	1	.000305	.000245
2	.513679		.000184	2	.000305	.887882
3	.000183	.000184		3	.000245	.887882

Tabla 3a. Prueba de Tuckey para encontrar diferencias entre las medias de la r de crecimiento poblacional de *Daphnia middendorffiana* con dos tipos diferentes de alimento (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*) algas. (0=control, 1= $0.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v;) $0.142 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a, 2= $0.75 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v; $0.426 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a, 3= $2.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v;) $1.278 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a) En negritas Diferencias verdaderamente significativas.

	<i>Chlorella vulgaris</i>			<i>Scenedesmus acutus</i>		
	1	2	3	1	2	3
1		.846825	.032601	1	.906948	.033012
2	.846825		.077165	2	.906948	.063761
3	.032601	.077165		3	.033012	.063761

Tabla 4a. Prueba de Tuckey para encontrar diferencias entre las medias de Promedio de vida de *Daphnia middendorffiana* con dos tipos diferentes de alimento (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*) algas. (0=control, 1= $0.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v;) $0.142 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a, 2= $0.75 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v; $0.426 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a, 3= $2.25 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ C.v;) $1.278 \times 10^6 \text{cels.ml}^{-1}$ S.a) En negritas Diferencias verdaderamente significativas.

	<i>Chlorella vulgaris</i>			<i>Scenedesmus acutus</i>		
	1	2	3	1	2	3
1		.972750	.984155	1	.874641	.856441
2	.972750		.998494	2	.874641	.576641
3	.984155	.998494		3	.856441	.576641

Tabla 5a. Prueba de Tuckey para encontrar diferencias entre las medias de Reproducción bruta de *Daphnia middendorffiana* con dos tipos diferentes de alimento (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*) algas. (0=control, 1= 0.25×10^6 cels.ml⁻¹ C.v;) 0.142×10^6 cels.ml⁻¹ S.a, 2= 0.75×10^6 cels.ml⁻¹ C.v; 0.426×10^6 cels.ml⁻¹ S.a, 3= 2.25×10^6 cels.ml⁻¹ C.v;) 1.278×10^6 cels.ml⁻¹ S.a) En negritas Diferencias verdaderamente significativas.

		<i>Chlorella vulgaris</i>			<i>Scenedesmus acutus</i>		
		1	2	3	1	2	3
1			.553430	.959733	1	.268312	.022109
2	.553430			.713345	2	.268312	.275249
3	.959733	.713345			3	.022109	.275249

Tabla 6a. Prueba de Tuckey para encontrar diferencias entre las medias de tiempo de generación de *Daphnia middendorffiana* con dos tipos diferentes de alimento (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*) algas. (0=control, 1= 0.25×10^6 cels.ml⁻¹ C.v;) 0.142×10^6 cels.ml⁻¹ S.a, 2= 0.75×10^6 cels.ml⁻¹ C.v; 0.426×10^6 cels.ml⁻¹ S.a, 3= 2.25×10^6 cels.ml⁻¹ C.v;) 1.278×10^6 cels.ml⁻¹ S.a) En negritas Diferencias verdaderamente significativas.

		<i>Chlorella vulgaris</i>			<i>Scenedesmus acutus</i>		
		1	2	3	1	2	3
1			.545237	.321537	1	.239680	.042237
2	.545237			.897053	2	.239680	.509459
3	.321537	.897053			3	.042237	.509459

Tabla 7a. Prueba de Tuckey para encontrar diferencias entre las medias de r Tabla de vida de *Daphnia middendorffiana* con dos tipos diferentes de alimento (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*) algas. (0=control, 1= 0.25×10^6 cels.ml⁻¹ C.v;) 0.142×10^6 cels.ml⁻¹ S.a, 2= 0.75×10^6 cels.ml⁻¹ C.v; 0.426×10^6 cels.ml⁻¹ S.a, 3= 2.25×10^6 cels.ml⁻¹ C.v;) 1.278×10^6 cels.ml⁻¹ S.a) En negritas Diferencias verdaderamente significativas.

		<i>Chlorella vulgaris</i>			<i>Scenedesmus acutus</i>		
		1	2	3	1	2	3
1			.013519	.942673	1	.000190	.000183
2	.013519			.008314	2	.000190	.000255
3	.942673	.008314			3	.000183	.000255

Tabla 7a. Prueba de Tuckey para encontrar diferencias entre las medias de reproducción neta de *Daphnia middendorffiana* con dos tipos diferentes de alimento (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*) algas. (0=control, 1= 0.25×10^6 cels.ml⁻¹ C.v;) 0.142×10^6 cels.ml⁻¹ S.a, 2= 0.75×10^6 cels.ml⁻¹ C.v; 0.426×10^6 cels.ml⁻¹ S.a, 3= 2.25×10^6 cels.ml⁻¹ C.v;) 1.278×10^6 cels.ml⁻¹ S.a) En negritas Diferencias verdaderamente significativas.

		<i>Chlorella vulgaris</i>			<i>Scenedesmus acutus</i>		
		1	2	3	1	2	3
1			.049916	.004424	1	.000704	.000183
2	.049916			.286299	2	.000704	.000256
3	.004424	.286299			3	.000183	.000256