



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

**EFFECTO DEL ALIMENTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS
DE CUATRO CLONES DEL ROTÍFERO DEPREDADOR *Eosphora najas*.**

TESIS QUE PARA OBTENER POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS
(LIMNOLOGÍA)

PRESENTA:

BIÓL. FLAVIANA SAIDA ZUÑIGA JUÁREZ

TUTOR PRINCIPAL:

DRA. NANDINI SARMA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM

COMITÉ TUTOR:

DR. PEDRO RAMÍREZ GARCÍA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM

DRA. MARÍA DEL ROSARIO SÁNCHEZ RODRÍGUEZ

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM

DR. ROBERTO RICO MARTÍNEZ

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

DR. GOPAL MURUGAN

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

CIUDAD DE MÉXICO, ENERO 2018



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.



**EFFECTO DEL ALIMENTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS
DE CUATRO CLONES DEL ROTÍFERO DEPREDADOR *Eosphora najas*.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
**MAESTRA EN CIENCIAS
(LIMNOLOGÍA)**

PRESENTA:
BIÓL. FLAVIANA SAIDA ZUÑIGA JUÁREZ

**TUTOR PRINCIPAL:
DRA. NANDINI SARMA**

COMITÉ TUTOR:
DR. PEDRO RAMÍREZ GARCÍA
DRA. MARÍA DEL ROSARIO SÁNCHEZ RODRÍGUEZ
DR. ROBERTO RICO MARTÍNEZ
DR. GOPAL MURUGAN

CIUDAD DE MÉXICO, ENERO 2018

Dedico este trabajo

A mis papis Efraín y Yolanda, gracias por su amor y apoyo.

A mi hermana Angy, que nunca me ha dejado sola y junto con chispa y Lyla hacen mis días alegres.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología por el aprendizaje profesional.

Al CONACYT por la beca otorgada durante mis estudios de maestría (711741)

A mi directora de Tesis Doctora Nandini Sarma por su apoyo, sus consejos y motivación.

A mis sinodales: Dra. Rosario Sánchez, al Dr. Pedro Ramírez, al Dr. Gopal Murugan y al Dr. Roberto Rico, a todos ellos por su tiempo, sus sugerencias y contribuciones para mejorar este trabajo.

A todos mis compañeros del Laboratorio Brenda, Aarón, Beto, Manuel, Mich, Toño, Jorge, Gerardo, Alma, Cristian, Ligia, Uriel, Cesar, Rosa y a todos los que trabajan en el Laboratorio de Zoología Acuática, por las enseñanzas y los ratos de diversión.

Contenido

Resumen	8
1. Introducción	9
1.1 <i>Eosphora najas</i>	16
1.2 Estudios realizados con <i>Eosphora najas</i>	17
2. Antecedentes	18
3. Justificación	21
4. Objetivos	22
4.1 General.....	22
4.2 Particulares.....	22
5. Hipótesis	23
6. Material y Métodos	24
6.01 material biológico y sitios de muestreo.....	24
6.1 crecimiento poblacional del depredador.....	28
6.2 Tabla de vida del depredador <i>Eosphora najas</i>	29
6.3 Comparación entre número de presas consumidas por dos depredadores.....	31
6.4 Preferencia alimentaria del depredador.....	31
6.5 Morfometría de las presas.....	32
6.6 Crecimiento poblacional de las presas	33
7. Resultados	35
7.1 Crecimiento poblacional del depredador.....	35
7.2 Tabla de vida del depredador <i>Eosphora najas</i>	47
7.3 Comparación entre número de presas consumidas por dos depredadores.....	61
7.4 Preferencia alimentaria del depredador.....	63
7.5 Morfometría de las presas.....	65
7.6 Crecimiento poblacional de las presas.....	69
8. Discusión	75
8.1 Crecimiento poblacional y tabla de vida del depredador <i>Eosphora najas</i>	75
8.2 Crecimiento poblacional y cambios morfométricos de las presas <i>Brachionus calyciflorus</i> y <i>Plationus patulus</i>	79
8.3 Preferencia alimentaria del depredador.....	81
9. Conclusiones	84
10. Literatura citada	86

Resumen

Los sistemas acuáticos presentan una alta diversidad de rotíferos, algunos de ellos con especies crípticas, estas especies son extremadamente similares (en morfología, fisiología y comportamiento) pero aisladas reproductivamente. Es frecuente que las especies crípticas se presenten en taxones en los que se han documentado amplias extensiones de distribución y tolerancia a diferentes condiciones del medio. Por otro lado también se habla de la diversidad clonal que, es el resultado de la influencia de factores genéticos y ecológicos en las especies y ha sido frecuentemente reportada en rotíferos partenogénicos y microcrustáceos. Es por ello que se decidió utilizar al rotífero depredador *Eosphora najas*. Se colectaron cuatro cepas de hábitats como ríos de agua dulce, un lago salino y un estuario, se comparó el crecimiento demográfico y la demografía de la tabla de vida de las cuatro cepas alimentadas con dos diferentes rotíferos como presa, *Brachionus calyciflorus* y *Plationus patulus*, a dos diferentes densidades (1 ind/ml y 5 ind/ml), se estudió la preferencia alimentaria de las cuatro cepas del depredador. Los resultados muestran que a mayor concentración de alimento (*B. calyciflorus*) la densidad poblacional y la tasa de incremento poblacional de los depredadores fueron mayores, mientras que, con *P. patulus* la densidad poblacional y la tasa de incremento poblacional de las cuatro cepas fueron bajas. Los depredadores prefirieron alimentarse de *B. calyciflorus* ya que es más fácil de capturar y perforar. Finalmente también se desarrollaron experimentos para conocer el efecto que ejerce el depredador sobre la demografía y morfología de las presas, se encontró que en presencia del depredador las presas tienen un crecimiento poblacional mayor aunque no fue significativo en comparación con el grupo control, los depredadores no tienen efecto sobre sus presas para que ellas logren desarrollar estructuras de defensa o puedan presentar algún cambio morfológico.

1. Introducción

Son varias las condiciones que a través del tiempo dieron origen a la diversidad, la cual se ha mantenido y ha tenido grandes cambios debido a diferentes eventos como lo son la diversificación genética, las dinámicas ecológicas (interacciones de poblaciones y comunidades en los ecosistemas) y las extinciones (Nuñez, 2003).

Debido a las diferentes condiciones ambientales, resultado de su posición geográfica, geología, topografía y variación de climas, México es uno de los países con mayor riqueza y diversidad biológica en el mundo (Flores-Villela & Navarro Sigüenza, 1993). En el país se cuenta con más de 10,000 cuerpos de agua epicontinentales, los cuales, son utilizados para diferentes funciones como lo son la agricultura, generación de energía eléctrica, abastecimiento industrial y doméstico, entre otros (Alcocer *et al.*, 2010). Estos sistemas contribuyen a la gran diversidad de México, y de acuerdo con Hutchinson (1967) las diferentes especies de rotíferos, cladóceros y copépodos constituyen una parte importante de la composición del zooplancton en las aguas dulces.

Los organismos zooplanctónicos presentan un problema de reconocimiento entre entidades biológicas (Ciros-Perez *et al.*, 2001), es decir, dentro del zooplancton existen las especies crípticas o especies gemelas que, son aquellas extremadamente similares (en morfología, fisiología y comportamiento) pero se encuentran reproductivamente aisladas entre sí (Mayr, 1996). Es frecuente que las especies crípticas se presenten en taxones en los que se han documentado amplias extensiones de distribución y tolerancia a diferentes condiciones del medio (Lee, 2000).

Las principales consecuencias de no reconocer este fenómeno de especiación críptica es que se puede subestimar la riqueza de especies, su historia evolutiva, así como entender las características ecológicas de cada especie (Barrera-Moreno, 2010). El grupo más estudiado de rotíferos

es el caso del complejo *Brachionus plicatilis* (Alcántara-Rodríguez *et al.* 2012), este rotífero es ampliamente utilizado en la acuicultura, y se sabe que alberga una gran cantidad de diversidad no resuelta, es decir, es una especie críptica. En la actualidad se han realizado investigaciones usando marcadores moleculares y pruebas de aislamiento reproductivo donde se ha demostrado que son diferentes especies las que conforman el complejo *plicatilis* (Gómez & Serra, 1995; Gómez & Snell, 1996; Serra *et al.* 1998; Gómez *et al.*, 2002; Suatoni *et al.*, 2006; Ciro-Pérez *et al.*, 2015).

Por otro lado, en los sistemas acuáticos, se considera que la depredación es considerada como un medio común y eficaz para estructurar las comunidades (Williams, 1988). Los depredadores, deben obtener materia y energía para mantener su metabolismo basal, formar nuevas sustancias corporales y reproducirse al igual que las presas, cada uno de ellos presenta alguna característica morfológica especializada de acuerdo a su tipo de alimentación. Por ejemplo, los rotíferos poseen un mastax, este contiene un juego de duras mandíbulas esclerotizadas o comúnmente llamado trofos, la forma de este último juega un papel muy importante en cuanto a la identificación taxonómica y también sirve para saber qué tipo de alimento consume cada especie o como es que lo hace (Fontaneto, 2008).

Existen 7 formas de trofos

1.- Maleado: fulcrum corto, unci 4-7 dientes grandes, rami y manubria muy fuertes, su acción principal es la de cortar y masticar, presente en la familia Brachionidae y Lecanidae.

2.- Maleoramado: Típico del orden Bdelloidea y de la familia Flosculariidae del orden Gnesiotrocha. Es parecido al maleado, excepto por que los rami poseen dientes muy fuertes y los unci tienen una serie de dientecillos.

3.- Uncinado: El unci tiene pocos dientes, uno de ellos está más desarrollado, el fulcrum es relativamente pequeño. Presente en la familia Collotheceidae.

4.- Cardado: Este tipo de trofos tiene la función de perforar y succionar, comúnmente encontrado en la familia Lindiidae.

5.- Incudado: El unci y el manubrium están muy reducidos, el ramus está desarrollado en forma de pinza. Este tipo de trofos se encuentra presente en la familia Asplanchnidae.

6.- Forcipado: Son semejantes a unas pinzas, el fulcrum y el manubrium son de mayor tamaño. El unci funciona como mandíbulas y toda la estructura puede ser proyectada hacia afuera para atrapar a la presa. Presente en la familia Dicranophoridae

7.- Virgado: Este tipo de trofos está especializado para perforar y bombear el fluido de las células vegetales o presas animales. El fulcrum es muy largo, los rami son placas anchas triangulares y el unci tiene uno o dos dientes, es típico en las familias Gastropodidae, Synchaetidae, Notommatidae y Trichocercidae.

Las familias donde se encuentran rotíferos depredadores son: Synchaetidae, Notommatidae, Trichocercidae, Gastropodidae, Dicranophoridae y Asplanchnidae (Nogrady, 1993). Diferentes géneros de rotíferos como *Ploesoma*, *Asplanchna*, *Asplanchnopus*, *Notommata*, *Resticula*, *Eosphora* y *Eothenia* son conocidos por ser depredadores obligados o facultativos (Koste, 1978).

Se sabe que algunas presas son capaces de detectar en el medio la presencia de depredadores potenciales a través de las kairomonas (Kats & Dill, 1998), moléculas orgánicas, no volátiles altamente solubles en agua, resistentes a pH extremos y a cambios de temperatura (Akkas *et al.*, 2010).

Las kairomonas son infoquímicos que juegan un papel importante en los procesos ecológicos y evolutivos ya que provocan una reacción fisiológica

o de comportamiento favorable para el receptor pero no para el emisor (Blanco-Metzler, 2004). Los rotíferos presentan neuronas quimiorreceptoras principalmente en su corona (Clement & Wurdak, 1991) por las cuales perciben a los infoquímicos y con ello pueden responder de diferente manera a cada tipo de señal recibida.

Los rotíferos están sujetos a la depredación por vertebrados e invertebrados, como es el caso de larvas de peces, larvas de insectos y los micro-invertebrados como copépodos, cladóceros y otros rotíferos (Gilbert, 1998). Se ha demostrado que los rotíferos depredadores tienen fuertes efectos sobre sus presas (Pavón-Meza *et al.*, 2008), la presencia de los depredadores afecta la morfología y rendimiento reproductivo de las presas (Blanco-Metzler, 2004).

En los sistemas acuáticos son muchos los factores que regulan la captura de las presas por los depredadores, por ejemplo: la baja visibilidad de la presa provoca las bajas tasas de encuentro con los depredadores. Estudios demuestran que la supervivencia de una especie depende de su capacidad para resistir o escapar a la depredación (Meyers & Strickler, 1984). Los rotíferos, en general, tienen diversas estrategias para evitar la depredación, algunos como *Hexarthra* y *Polyarthra*, tienen un movimiento de salto rápido que les permite escapar de la depredación (Kirk & Gilbert, 1988). Otros como *Sinantherina* tienen sustancias químicas de disuasión (Felix, Stevens & Wallace, 1995). En el caso de *Keratella* presenta una lorica más gruesa y rígida, siendo una defensa eficaz contra los ataques de los depredadores (Tollrian & Harvell, 1987). Muchas especies de *Brachionus* poseen espinas anteriores, posteriores y postero-laterales que son consideradas como un dispositivo anti-depredadores. Se ha visto que, en condiciones de cultivo *Brachionus havanaensis* (Pavón-Meza *et al.*, 2008) y *Plationus macracanthus* (Sarma *et al.*, 2011) han desarrollado largas espinas posteriores y por lo tanto, ofrecen una cierta resistencia a la

depredación. Existen otro tipo de estrategias para la supervivencia, por ejemplo, una alta tasa de reproducción. Es importante señalar que, las especies con espinas inducibles podrían mostrar una relación inversa en las variables demográficas en relación a las densidades del depredador (Tollrian, 1995). La estrategia de la presa para desarrollar estructuras de defensa contra los depredadores tiene también costos energéticos (Stemberger, 1988), al invertir en sus defensas, podría tener un alto costo (Tollrian, 1995). Por lo general los organismos solo pueden presentar una estrategia y no más ya que cuando un individuo que interviene con mayor energía para alguna función (supervivencia, reproducción, crecimiento, etc.) debe pagarlo dedicando menos energía en alguna otra estrategia ("trade-offs") (Lesica & Shelly, 1995). Cambios en los rangos reproductivos de las presas en presencia de un depredador explican la evolución de las relaciones entre presa y depredador (Tollrian, 1995), es decir, un incremento en el rango reproductivo en la presencia del depredador puede tener más efectos adversos desde un incremento en la disponibilidad de alimento ya que también aumentará la densidad del depredador causando una fuerte reducción en las abundancias de las presas (Dumont & Sarma, 1995).

Ciertos factores ambientales como la concentración y calidad del alimento, la temperatura, el estrés inducido por cambios en las condiciones abióticas, contaminantes o niveles crecientes de competiciones específicas tienen fuertes efectos sobre el número y/o la proporción de huevos (Sarma *et al.*, 2005), como resultado esto, causa cambios morfológicos y demográficos en los rotíferos (Sarma & Rao, 1987). La eficacia de los depredadores para lograr un equilibrio entre el crecimiento de su población y el agotamiento de las presas depende de varios factores (la naturaleza de los infoquímicos liberados por los depredadores,

la vulnerabilidad de las presas, su densidad y la tasa de reposición de la población a través de la reproducción (Sarma & Nandini, 2007).

Dentro del laboratorio se pueden realizar gran cantidad de estudios donde se puede conocer más sobre una especie y como es que reacciona bajo ciertos factores que se pueden controlar, para esto se pueden usar experimentos de crecimientos poblacionales, tablas de vida y preferencias alimentarias. Cuando se habla de crecimiento poblacional se hace referencia a el número de organismos que nacieron o murieron durante cierto tiempo, es decir, es el resultado de la diferencia entre cuantos nacen (tasa reproductiva) y cuantos mueren (tasa de pérdida) (Begon *et al.*, 1990). Esto solo nos sirve para conocer como es el crecimiento de una población bajo ciertos factores ambientales durante cierto tiempo.

En cambio las tablas de vida son una aproximación útil para entender las estrategias de historia de vida y la dinámica poblacional del zooplancton bajo diferentes condiciones ambientales. El análisis de las tablas de vida permite obtener el máximo aprovechamiento de los estudios de la dinámica poblacional, pues a partir del registro específico de la mortalidad y reproducción que ocurre en una población se pueden calcular la supervivencia y los valores de la frecuencia y cantidad de reproducción que, junto con las características de la historia de vida que una población presenta como respuesta a los factores bióticos y abióticos del medio en que se desarrolla (Snell & King, 1977).

El término preferencia se reserva para la selección que el depredador realiza entre los recursos que tiene disponibles. Al elegir, el depredador hace que haya presas preferidas y otras rechazadas. Es frecuente que se defina la preferencia como la selección que el depredador hace de unos recursos frente otros cuando todos ellos están igualmente disponibles (Ellis *et al.*, 1976). Existen numerosos índices de selección algunos solo son modificaciones de otros, en este caso se usa generalmente el índice de

“a” de Manly o de Chesson (1978). Este índice toma en cuenta que la disponibilidad de alimento varía a lo largo del tiempo, puesto que, a medida que se va produciendo el consumo, van quedando menos recursos disponibles.

1.1 *Eosphora najas* Ehrenberg

Eosphora najas Ehrenberg, es un rotífero monogononte; este rotífero depredador pertenece al orden Ploima y a la familia Notommatidae en la cual, se incluyen algunos géneros con el mayor número de especies (De Smet, 1998). Se alimenta principalmente de rotíferos monogonontes y bdelloideos aunque también puede llegar a sobrevivir consumiendo solo microalgas (Purriot, 1960). *Eosphora najas* (Figura 1) es un rotífero de cuerpo robusto y de forma ovoide, tiene una pequeña cola dividida en 3 segmentos, sus dedos son rectos y delgados (Harring & Myers, 1922), este rotífero presenta alta plasticidad ya que se colectó de zonas con salinidades de entre 3 y 6 gramos por litro, también se ha reportado en zonas de la Antártica (Velasco-Castrillón & Gibson, 2014).

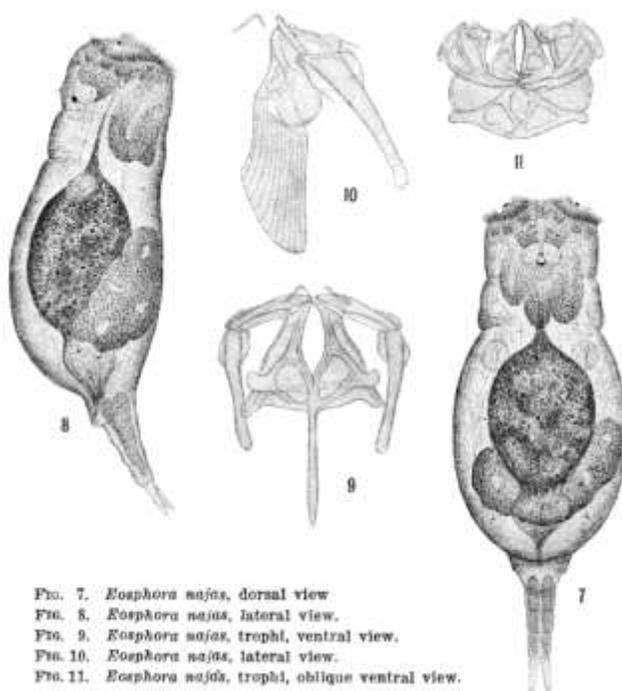


FIG. 7. *Eosphora najas*, dorsal view.
FIG. 8. *Eosphora najas*, lateral view.
FIG. 9. *Eosphora najas*, trophi, ventral view.
FIG. 10. *Eosphora najas*, trophi, lateral view.
FIG. 11. *Eosphora najas*, trophi, oblique ventral view.

Figura 1. *Eosphora najas*. (Tomado de Nogrady, 1993).

- Fig. 7. *Eosphora najas*, vista dorsal.
- Fig. 8. *Eosphora najas*, vista lateral.
- Fig. 9. *Eosphora najas*, vista ventral.
- Fig. 10. *Eosphora najas*, vista lateral.
- Fig. 11. *Eosphora najas*, vista ventral oblicua.

1.2 Estudios realizados con *Eosphora najas*

Desde el año 1960 al 2017 se han publicado 24,656 artículos de rotíferos y de esos, 1,944 son de México.

En el caso del rotífero depredador *Eosphora najas* solo se tiene registro de 10 artículos en todo el mundo, 8 son de diversidad y dos sobre depredación (Nandini *et al.*, 2014 y Purriot, 1960). Figura 2



Figura 2. Estudios publicados de *Eosphora najas*.
(Zuñiga, 2017)

2. Antecedentes

La investigación más extensa sobre polimorfismo controlado por kairomonas en los rotíferos fue descrita por primera vez por de Beauchamp en 1952. Desde entonces se ha tenido un gran interés por conocer más sobre los efectos de kairomonas sobre los rotíferos (Tollrian & Harvell, 1987), tal es el caso de Garza- Mouriño y colaboradores (2005) tomaron muestras del lago de Xochimilco, durante los años 2002-2003, y observaron los morfotipos de diferentes especies de la familia *Brachionidae*. Midieron la longitud del cuerpo, anchura y las longitudes de las espinas (anterior y posterior) de *Brachionus havanaensis*, *Keratella americana*, *K. cochlearis* y *K. tropica* y encontraron fuertes variaciones morfológicas, principalmente debido a la presencia de *Asplanchna*; también encontraron que otros depredadores invertebrados como copépodos ciclopoideos no tuvieron un impacto significativo sobre la familia *Brachionidae*, ya que estaban presentes en números muy bajos.

Gilbert en 2009 demostró que algunos rotíferos herbívoros (*Brachionus*, *Keratella* y *Lecane*) en presencia de depredadores invertebrados (copépodos Ciclopoideos y *Asplanchna*) aumentan el tamaño del cuerpo y la longitud de sus espinas. Trabajó con *Keratella tropica* que es un rotífero con cuatro espinas postero-laterales y utilizó dos depredadores, *Asplanchna brightwelli* y el competidor de interferencia *Daphnia pulex*, obtuvo la tabla de vida de *Keratella tropica* y encontró que no gasta energía en la inducción de defensas; asimismo comenta que *Asplanchna* induce la forma más exuberante en el rotífero *Keratella tropica*, mientras que *Daphnia* induce el desarrollo moderado de las espinas posteriores pero sin alargamiento de las espinas anteriores. La inducción de estos cambios está mediada por kairomonas.

La mayoría de los artículos publicados en el mundo donde se menciona a *Eosphora najas* solo hacen referencia a su presencia en la diversidad de

especies (Jyoti Arora & Mehra, 2009; Reza Malekzadeh Viayeh & María Spoljar, 2012; Velasco-Castrillón & John A. E. Gibson, 2014).

En México Sarma y Elías-Gutiérrez en 1999 reportan al género *Eosphora* en zonas litorales de cuerpos de agua en la Península de Yucatán. Rico-Martínez y Silva-Briano en el año de 1993 reportan a la especie *Eosphora najas* en el lago de Chapala, a 1520 msnm. Serranía Soto en el 2006, reportó a esta especie en el Arroyo El Pathecito, Hidalgo. En el año 2017 Nandini *et al.* reportan a *Eosphora najas* en el río la Antigua en el estado de Veracruz.

Solo hay dos artículos donde se usó como depredador a *Eosphora najas*, el primer artículo es de Pourriot en el año de 1960 donde hace referencia a pequeños experimentos que hizo de Beauchamp, en los cuales alimentó a este depredador con *Lepadella* y, donde también se menciona que puede consumir presas de mayor tamaño como *Euchlanis dilatata* y algunos bdeloideos. El otro trabajo de depredación con *Eosphora* es el de Nandini y colaboradores que, en el 2014 observaron los efectos directos e indirectos de 4 depredadores invertebrados (*Stenostomum leucops*, *Asplanchna girodi*, *Mesocyclops pehpeiensis* y *Eosphora najas*) sobre *Brachionus havanaensis*; ellos encontraron que de los 4 depredadores *S. leucops* fue quien tuvo el menor impacto en el crecimiento poblacional y variables de vida de la presa; *Asplanchna girodi* fue quien tuvo mayor efecto ya que ocasiono cambios morfométricos y demográficos sobre su presa, y el rotífero *Eosphora najas* no presentó cambios significativos sobre *B. havanaensis* pero se ha reportado que al igual que *Asplanchna* son depredadores voraces que son usados por los parasitólogos ya que son importantes eliminadores de helmintos. Por ejemplo *Eosphora ehrenbergi* rompe la cutícula de los tremátodos e ingiere sus larvas (Shigin 1981).

Hay pocas investigaciones enfocadas en conocer cuanta es la biodiversidad críptica existente pero, con ayuda de las herramientas de la

biología molecular, experimentos de entrecruzamiento y trabajos con diferentes técnicas de comparación morfométricas se han identificado en varios casos conjuntos de especies crípticas que presentan un aislamiento reproductivo (Ciros-Peréz *et al.*, 2001). El caso más conocido es el del rotífero monogononte *Brachionus plicatilis*, este rotífero presenta gran capacidad de adaptación a diferentes salinidades ya que se puede encontrar en hábitats de cuerpos de agua lacustres y en las zonas marinas costeras (Walker, 1981), por esta capacidad, se pensaba que todas las poblaciones constituían una sola especie. Actualmente, a este rotífero ya se le conoce como un conjunto de especies crípticas, que presentan poca variabilidad morfológica (Serra & Miracle, 1983). El debate sobre esta especie comenzó cuando 2 cepas con características morfológicas y ecológicas diferentes fueron reconocidas como los tipos L (grande) y S (pequeño)(Oogami, 1976). Desde entonces surgió la hipótesis de que debían ser reconocidos como especies separadas. Snell y Carrillo en 1984 examinaron 13 cepas de *B. plicatilis* obtenidas a nivel mundial, concluyendo que la principal causa para determinar a dichas especies era el tamaño. Serra & Miracle en 1987 apoyaron estas observaciones, informando que el tamaño en las poblaciones de *B. plicatilis* parecía estar en gran parte bajo control genético. Además, estos autores señalaron que el tamaño podría definirse a una estrecha gama de desviaciones biométricas a diferentes salinidades y temperaturas.

3. Justificación

Se han publicado una gran cantidad de trabajos relacionados a la depredación y los efectos que tienen los depredadores sobre la demografía de sus presas, la mayoría de estos trabajos se han realizado con copépodos, peces, y rotíferos; sin embargo en los sistemas acuáticos de México existe un amplio número de rotíferos depredadores de los cuales se tiene muy poca información sobre su ecología y el efecto que ejercen sobre sus presas. Desgraciadamente existe menor cantidad de información disponible sobre especies litorales (Balayla & Moss, 2003). Es por eso que se decidió realizar este trabajo de investigación mediante experimentos en laboratorio y usando cuatro cepas diferentes del rotífero depredador *Eosphora najas*, rotíferos litorales comunes en muchos cuerpos de agua mexicanos, para entender sus características ecológicas y saber que tan parecidos o diferentes son entre sí, ya que, morfológicamente son la misma especie pero provienen de diferentes cuerpos de agua. Con ello se pretende aportar nuevos datos sobre las especies poco estudiadas y no subestimar la riqueza de especies que hay en el país.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Estudiar el efecto del alimento a diferentes densidades sobre la demografía de cuatro cepas del rotífero depredador *Eosphora najas*.

4.2 Objetivos particulares

- ▶ Estudiar el crecimiento poblacional de cada cepa del depredador *Eosphora najas* con dos diferentes presas en dos densidades diferentes (*Plationus patulus* y *Brachionus calyciflorus*)
- ▶ Analizar la demografía de cada cepa del depredador a través de tablas de vida usando las presas ya mencionadas y con 2 densidades diferentes.
- ▶ Conocer la preferencia alimentaria de cada cepa del depredador *Eosphora najas*.
- ▶ Observar si las presas presentan cambios morfométricos al estar expuestas ante el depredador
- ▶ Estudiar el crecimiento poblacional de las presas al estar expuestos indirectamente ante el depredador.

5. Hipótesis

Si las cuatro cepas del depredador *Eosphora najas* morfológicamente son la misma especie entonces, se espera que al ser alimentadas con diferentes presas a dos densidades muestren variables demográficas muy parecidas.

Si el depredador *Eosphora najas* presenta efectos sobre sus presas (*Plationus patulus* y *Brachionus calyciflorus*), para reducir el riesgo de depredación estas presas invertirán energía, exhibiendo una respuesta morfológica y/o se notará un cambio en su tasa de crecimiento poblacional.

6. Material y métodos

6.01 Material biológico y sitios de muestreo

Las cepas del depredador *Eosphora najas* se recolectaron del río Amacuzac y del lago de Tequesquitengo (Morelos), Laguna Camarón (Mazatlán) y Jamapa (Veracruz). Las presas *Plationus patulus* y *Brachionus calyciflorus* se recolectaron de los canales de Xochimilco en la Ciudad de México y de Aguascalientes, México, respectivamente (Figura 17).

Se obtuvieron los cultivos de cada especie a partir de hembras partenogenéticas. En el laboratorio se les colocó en medio EPA (Agencia de Protección Ambiental, Weber, 1993) y como alimento se les agregó *Chlorella vulgaris* (1.0×10^6 céls/ml) a 20°C, en el caso del depredador se le dio como alimento *Brachionus calyciflorus*.



Figura 3. Río Amacuzac.

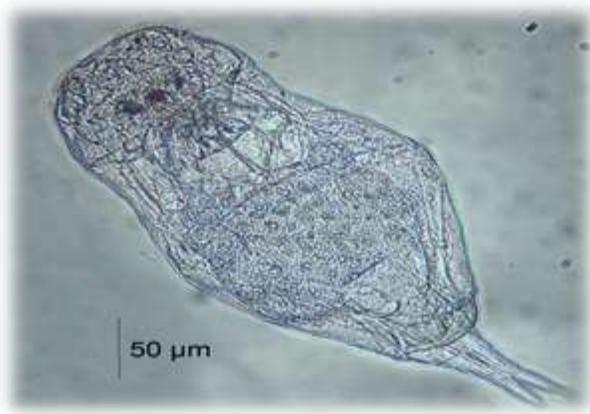


Figura 4. *Eosphora najas* de Amacuzac.

El río Amacuzac se encuentra en la porción sureste del estado de Morelos; tiene como límites al estado de Guerrero. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, el promedio de la temperatura se encuentra entre los 26 y 30°C (INEGI, 2017).



Figura 5. Tequesquitengo.

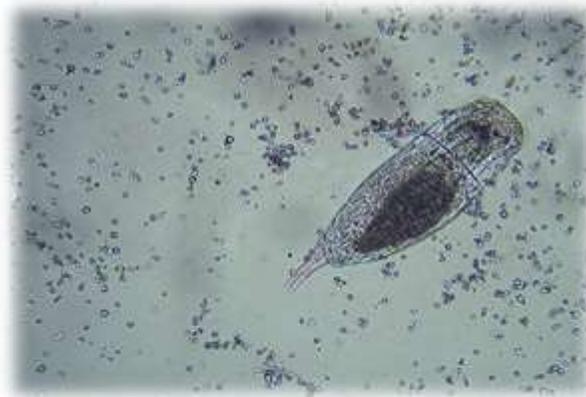


Figura 6. *Eosphora najas* de Tequesquitengo.

El lago de Tequesquitengo se localiza en el municipio de Jojutla en el estado de Morelos. Cuenta con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura oscila entre los 26 y 30°C (INEGI, 2017).



Figura 7. Laguna camarón.



Figura 8. *Eosphora najas* de Laguna Camarón.

Esta laguna se localiza justo en el puerto de Mazatlán, la temperatura se encuentra entre los 29 y 36°C. El clima es cálido húmedo (INEGI, 2017).



Figura 9. Río Jamapa.



Figura 10. *Eosphora najas* del río Jamapa.

El río Jamapa se localiza en los estados de Puebla y Veracruz desembocando en el Golfo de México, su clima es cálido subhúmedo, las temperaturas varían entre los 24 y 35°C (INEGI, 2017).



Figura 11. Xochimilco.



Figura 12. *Plationus patulus* de Xochimilco.

Xochimilco se localiza en la Ciudad de México, cuenta con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Su temperatura anual es de 12 a 18°C (INEGI, 2017).



Figura 13. Aguascalientes.



Figura 14. *Brachionus calyciflorus* de Aguascalientes.

Aguascalientes se encuentra ubicado en el centro de México; colinda al norte, noreste y oeste con Zacatecas; al sureste y sur con Jalisco. En términos generales, el clima en el estado de Aguascalientes es de carácter semiseco, con una temperatura media anual de 17.4°C y una precipitación pluvial media de 526 mm. El periodo de lluvias corresponde al verano; en las otras estaciones del año las lluvias que se registran son de baja intensidad (INEGI, 2017).

Lecane bulla y *Lepadella patela* se tomaron de cultivos monoclonales del laboratorio de zoología acuática en la FES Iztacala.



Figura 15. *Lecane bulla*.



Figura 16. *Lepadella patela*.

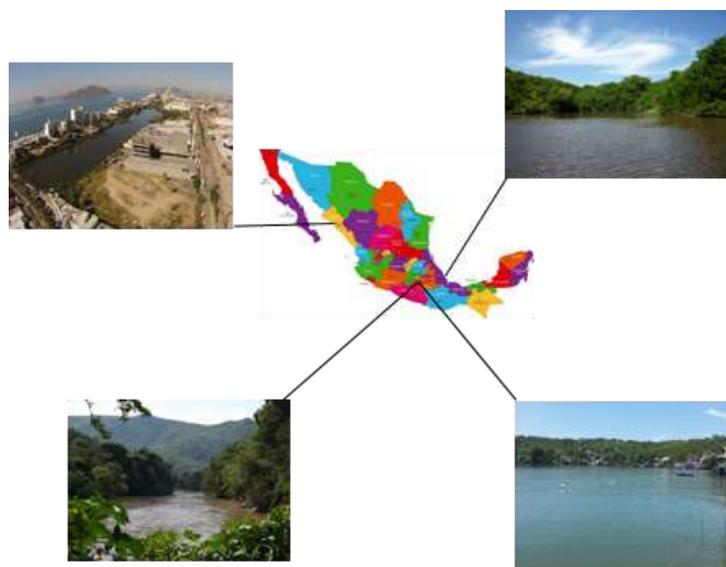


Figura 17. Lugares de muestreo de donde se obtuvo al depredador.

6.1 Crecimiento poblacional del depredador *Eosphora najas* alimentado con *Platyonus patulus* y *Brachionus calyciflorus*

Para conocer el efecto de la presa sobre cada cepa del depredador, fue necesario desarrollar un experimento de crecimiento poblacional por cada cepa del depredador. Se usaron dos especie presas por separado (*Platyonus patulus* y *Brachionus calyciflorus*) en concentraciones diferentes como alimento (1ind/ml y 5ind/ml), se obtuvieron 16 grupos experimentales, cada uno con cuatro repeticiones teniendo así 64 frascos. Se usaron frascos con 20ml de medio EPA y (0.5×10^6 céls./ml) de *Chlorella vulgaris*, dentro de cada frasco se colocaron dos depredadores (*Eosphora najas*) con la concentración de alimento antes mencionada. Los tratamientos experimentales se mantuvieron en incubadora a una temperatura de 20°C, esta fase experimental se dio por concluida después de que cada cepa alcanzara su densidad máxima y comenzaran a disminuir sus poblaciones. Diariamente se realizó un conteo de individuos

(depredadores) por frasco y se llevó a cabo una sustitución de medio con *Chlorella vulgaris* y de presas a la misma concentración.

De los resultados se derivó r (tasa de crecimiento) del depredador *Eosphora najas*, que se obtuvo durante la fase de crecimiento exponencial con la siguiente fórmula:

$$r = (\ln Pf - \ln Pi) / t$$

Donde Pf es la densidad final del depredador

Pi , es la densidad inicial

t es el tiempo en días (Lampert & Sommer, 1997).

Se obtuvo el día de densidad máxima y la densidad máxima de cada tratamiento. Se realizó una prueba ANOVA de una vía para saber si existían diferencias entre los diferentes tratamientos. Finalmente se hizo una prueba Tukey con el software Sigmaplot 11.0 para saber cuáles eran las diferencias encontradas.

6.2 Tabla de vida del depredador

Para poder conocer las diferencias entre las principales características demográficas de cada cepa del depredador y cuál es el efecto del alimento sobre las mismas, fue necesario realizar tablas de vida.

Primero, para obtener los neonatos que se utilizaron en este experimento, se colocó dentro de un frasco con medio EPA a hembras adultas para que depositaran sus huevos y estos eclosionaran casi al mismo tiempo; los neonatos que se seleccionaron tenían una edad de ± 12 hrs (Sarma *et al.*, 2003).

Se usaron dos especies presas por separado (*Platonus patulus* y *Brachionus calyciflorus*) en dos concentraciones (1ind/ml. y 5ind/ml). En frascos con 20ml de medio EPA y 0.5×10^6 céls./ml de *Chlorella vulgaris*, se colocaron 20

depredadores (*Eosphora najas*) con la concentración de alimento antes mencionada. Se tuvieron 16 tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, en total 64 frascos. Los tratamientos experimentales se mantuvieron en una incubadora a una temperatura de 20°C. Diariamente se contaron los adultos que vivieron de cada cohorte al igual que los neonatos, los adultos eran transferidos a frascos con nuevo medio EPA y *Chlorella* mientras que los neonatos era descartados. El experimento terminó hasta que el último individuo de cada cohorte murió.

De los datos derivados se obtuvo: (i) la edad específica supervivencia (l_x), (ii) fecundidad (m_x), (iii) esperanza de vida, (iv) promedio de vida; (v) la tasa bruta de reproducción, (vi) la tasa neta de reproducción, (vii) el tiempo de generación y (viii) la tasa de crecimiento de la población. Las fórmulas que se usaron fueron:

m_x	Número promedio de huevos/hembra
$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$	Tasa de reemplazo o tasa reproductiva neta
$T = \frac{\sum_{x=0}^{\infty} x l_x m_x}{R_0}$	Tiempo generacional
$\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x e^{-rx} = 1$	Ecuación de Lotka

Donde l_x es el porcentaje de supervivencia por día, m_x , la proporción de crías producidas por hembra por día, R_0 es el número medio de hijos por hembra, y r es la tasa de crecimiento de la población (Krebs, 1985).

Se realizó una prueba ANOVA de una vía para cuantificar las diferencias en la selección de historias de vida de las especies en diferentes tratamientos. Finalmente se realizó una prueba Post hoc (Tukey con el software Sigmaplot 11.0)

6.3 Comparación entre el número de presas consumidas por 2 depredadores diferentes

Se realizó un experimento para comparar el número de presas que consumen los depredadores *Eosphora najas* de la cepa de Tequesquitengo y *Asplanchna girodi*. Se colocó en ayuno a los depredadores durante dos horas, se tuvieron cuatro tratamientos diferentes, dos con el depredador *Eosphora najas* y dos con el depredador *Asplanchna girodi*. El primer tratamiento con *Eosphora najas* fue usando *Brachionus calyciflorus* como presa, se usaron frascos con 20ml de medio EPA y *Chlorella vulgaris* (0.5×10^6 céls./ml), dentro de cada frasco se colocaron dos individuos depredadores (*Eosphora najas*) y 50 organismos de *Brachionus calyciflorus*, se tuvieron cuatro réplicas de este tratamiento; cada 15 minutos se contaba el número de presas consumidas por el depredador. El segundo tratamiento con *Eosphora najas* fue similar al primero solo que esta vez se usó como presa a *Plationus patulus*. Se usaron frascos con 20ml. de medio EPA y *Chlorella vulgaris* (0.5×10^6 céls./ml), dentro de cada frasco se colocaron dos individuos depredadores (*Eosphora najas*) y 50 organismos de *Plationus patulus*, se tuvieron cuatro réplicas de este tratamiento; cada 15 minutos se contaba el número de presas consumidas por el depredador

Los tratamientos con *Asplanchna girodi* se realizaron de la misma manera que los del depredador *Eosphora najas*.

6.4 Preferencia alimentaria del depredador

Se realizaron los experimentos para conocer la preferencia alimentaria de cada cepa del depredador y conocer si existían o no diferencias entre cada cepa. Se puso en inanición durante dos horas a *Eosphora najas*, después, en un vaso de plástico se colocaron dos depredadores con 25 ml

de EPA y 0.5×10^6 células de *Chlorella vulgaris* y se agregaron 10 individuos de cada especie de presa (*Platyonus patulus*, *Lepadella patella*, *Lecane bulla* y *Brachionus calyciflorus*). Una vez colocadas las presas se dejó que los depredadores se alimentaran durante 30 minutos y finalmente se contó el consumo de las presas. Se tuvieron cuatro repeticiones por cada cepa del depredador. El número de presas ingeridas se determinó con base en las diferencias entre la densidad de presa inicial y la final (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2007). Se analizó el consumo de rotíferos y se delimitó la de mayor preferencia del depredador. Los resultados obtenidos tuvieron un grado de selectividad hacia sus presas consumidas, por lo que se aplicó el modelo del índice de alfa de Manly:

$$\alpha_i = (r_i / n_i) * 1 / \sum (r_j / n_j)^*, \text{ donde } \sum \alpha_i = 1.0.$$

Dónde: α_i = Índice de preferencia de alfa de Manly para el tipo de presa i

r_i, r_j = proporción de la especie de presa i o j en la dieta.

n_i, n_j = proporción de la especie de presa i o j en el medio.

i y j = 1, 2, 3.....m

m = número de especies de presas posibles.

Si $\alpha_i > 1/m$, entonces la especie de presa i es preferida en la dieta, $\alpha_i < 1/m$ la especie de la presa es evitada en la dieta.

6.5 Morfometría de las presas

Para saber si existen diferencias en cuanto al tamaño de las espinas y de la lorica de las presas cuando están en contacto ante el depredador, fue necesario medir varios individuos después de haber estado varios días ante el depredador. Las presas (*Brachionus calyciflorus* y *Platyonus patulus*) se colocaron en contacto directo con las cuatro cepas de los depredadores

durante 8 días, después se colocaron en formol al 4% y se tomaron las medidas en un microscopio. Finalmente se realizó una prueba ANOVA para saber si existen diferencias significativas en las medidas de las espinas y lorica entre cada uno de los tratamientos (los datos fueron procesados con el software Sigmaplot 11.0)

6.6 Crecimiento poblacional de las presas expuestas ante el depredador

Para conocer el número de presas que se tienen en una población durante cierto tiempo y expuestas a sus depredadores, se desarrolló un experimento de crecimiento poblacional. Se tuvo un grupo control de cada presa (*Brachionus calyciflorus* y *Plationus patulus*), para ello se utilizaron frascos con 20 ml. de medio EPA y (0.5×10^6 céls./ml) de *Chlorella vulgaris*, se colocaron dos individuos de cada especie presa por separado y cada uno con cuatro replicas. En el caso de las presas en presencia del depredador dentro de cada frasco se colocó una red de 50 μ m donde se agregaron dos depredadores (*Eosphora najas*) y 15 individuos de *Brachionus calyciflorus* para alimentarlos; fuera de la red se colocaron dos individuos de la presa *Brachionus calyciflorus*. Lo mismo se realizó con *Plationus patulus*, dentro de cada frasco se colocó una red de 50 μ m donde se agregaron dos depredadores (*Eosphora najas*) y 15 individuos de *Plationus patulus* para alimentarlos; fuera de la red se colocaron dos individuos de la presa *Plationus patulus*. Los tratamientos experimentales se mantuvieron en incubadora a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, esta fase experimental se dio por concluida después de que las poblaciones disminuyeron en su totalidad. Diariamente se realizaba un conteo de individuos (presas) por frasco y se hacía una sustitución de medio con *Chlorella vulgaris* a la misma concentración.

De los resultados se obtuvo r (tasa de crecimiento) de las presas *P. patulus* y *Brachionus calyciflorus*, que se obtuvo durante la fase de crecimiento exponencial con la siguiente fórmula:

$$r = (\ln Pf - \ln Pi) / t$$

Donde Pf es la densidad final de las presas, Pi , es la densidad inicial, y t es el tiempo en días (Lampert & Sommer, 1997).

Se realizó una prueba ANOVA de una vía saber si existían diferencias entre los diferentes tratamientos. Finalmente se realizó una prueba Tukey (datos procesados con el software Sigmaplot 11.0).

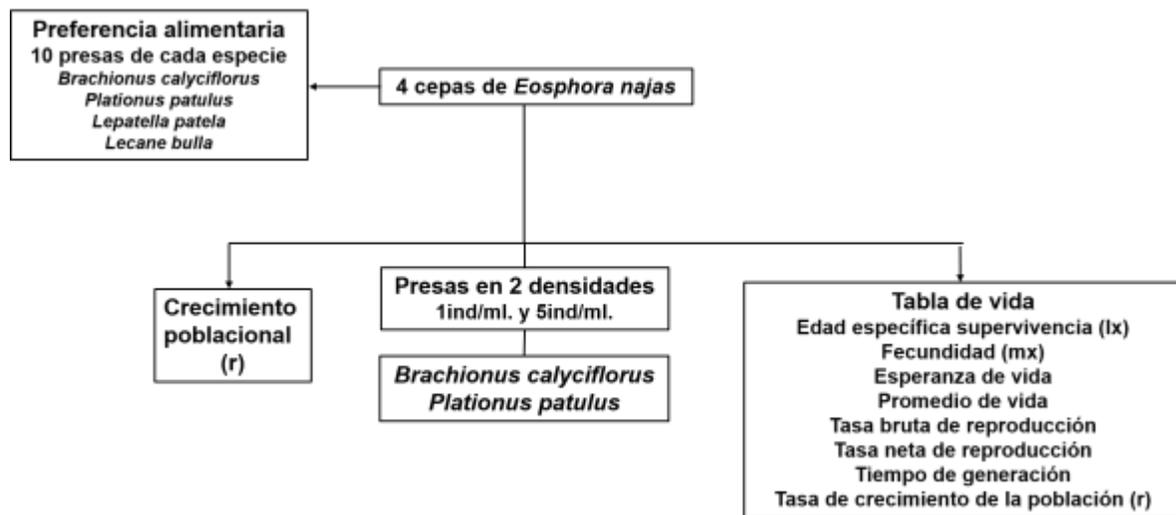


Figura 18. Esquema de experimentos realizados con las 4 cepas de los depredadores

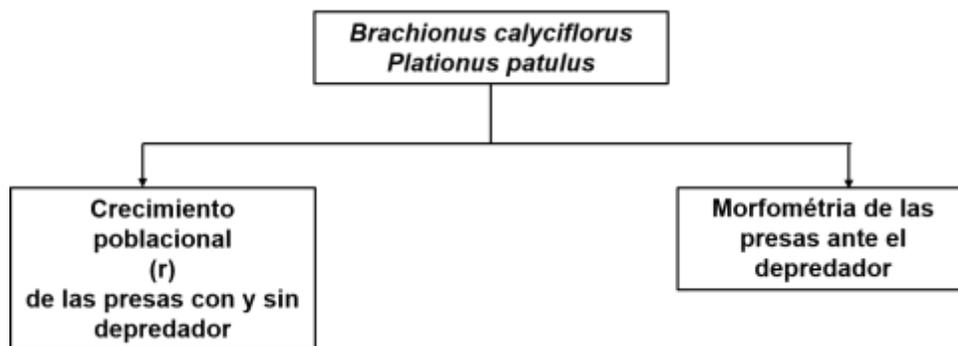


Figura 19. Esquema de experimentos realizados con las presas

7. Resultados

7.1 Crecimiento poblacional de los depredadores

En la figura 20 se observan las curvas de crecimiento poblacional de las cuatro cepas del depredador *Eosphora najas* alimentado con dos concentraciones de *Brachionus calyciflorus* (1ind/ml. y 5ind/ml). Con mayor concentración de alimento se observa que la población comienza a crecer exponencialmente a partir del día siete. Las densidades máximas (230-265 ind/ ml) se dieron a mayor concentración de alimento y estas se alcanzaron el día 26.

A menor concentración de alimento (1ind/ml) las densidades poblacionales del depredador fueron menores (30-36 ind/ml). No se observa un crecimiento exponencial pero, la población trató de mantenerse durante el tiempo que duró el experimento.

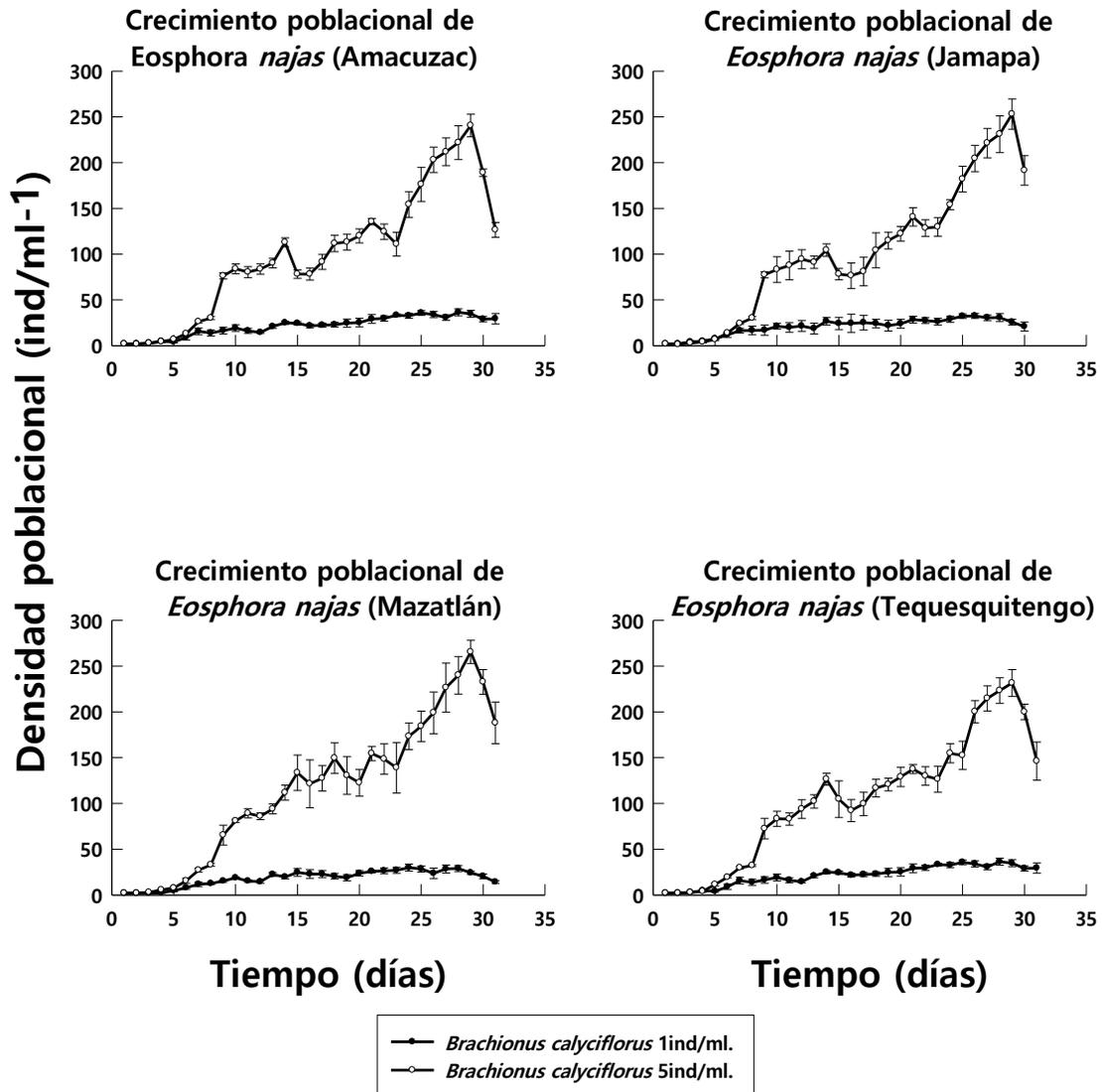


Figura 20. Curvas de crecimiento poblacional del rotífero depredador *Eosphora najas* alimentado con *Brachionus calyciflorus* a 2 densidades diferentes. Los puntos muestran los valores promedio de 4 replicas \pm EE.

La figura 21 muestra la gráfica del incremento poblacional de las cuatro cepas del depredador alimentado con *Brachionus calyciflorus*, existen diferencias significativas entre las dos concentraciones de alimento ($p < 0.001$ ANOVA).

A mayor concentración de alimento el incremento poblacional es mayor a 0.13 ind/ml mientras que a menor concentración de alimento el incremento poblacional solo fue de 0.06 ind/ml a 0.08 ind/ml.

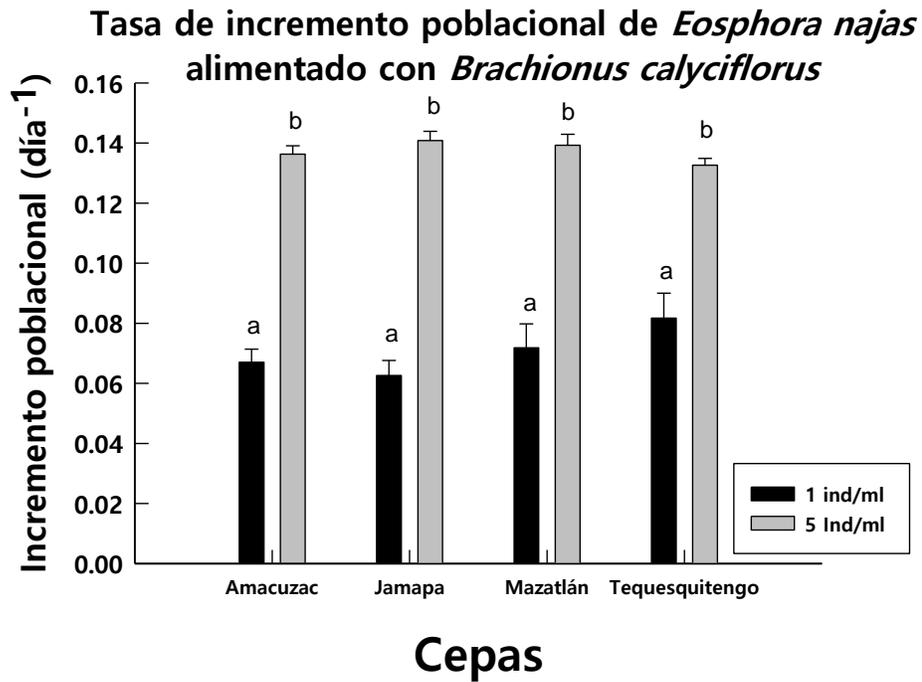


Figura 21. Tasa de incremento poblacional (r) de *Eosphora najas* alimentado con *Brachionus calyciflorus* a 2 densidades diferentes. Se muestran los valores promedio de 4 replicas \pm EE. Letras indican diferencias entre los tratamientos.

La figura 22 muestra las gráficas del día de densidad máxima y densidad máxima de los depredadores al ser alimentados con *Brachionus calyciflorus* a dos densidades diferentes (1ind/ml y 5 ind/ml). Se observa que a mayor densidad de alimento las cuatro cepas de los depredadores tardaron más tiempo en alcanzar la máxima densidad poblacional ya que, esto sucedió hasta el día 27 y 28. Para los depredadores alimentados con menor densidad de alimento la máxima densidad poblacional se dio entre el día 21 y 25. Se encontró diferencia significativa ($p= 0.047$, ANOVA) entre la cepa de Tequesquitengo alimentada con mayor densidad de alimento y la cepa de Jamapa alimentada con menor concentración de alimento. Esta figura también muestra que a mayor densidad de alimento se tiene mayor densidad poblacional con las 4 cepas del depredador, se obtuvo una densidad mayor a 232 ind/ml. A menor densidad de alimento se presenta una densidad poblacional de los depredadores menor, no se rebasaron los 40 ind/ml. Existen diferencias significativas ($p=0.013$ ANOVA) entre las densidades de alimento pero no entre las cepas de los depredadores.

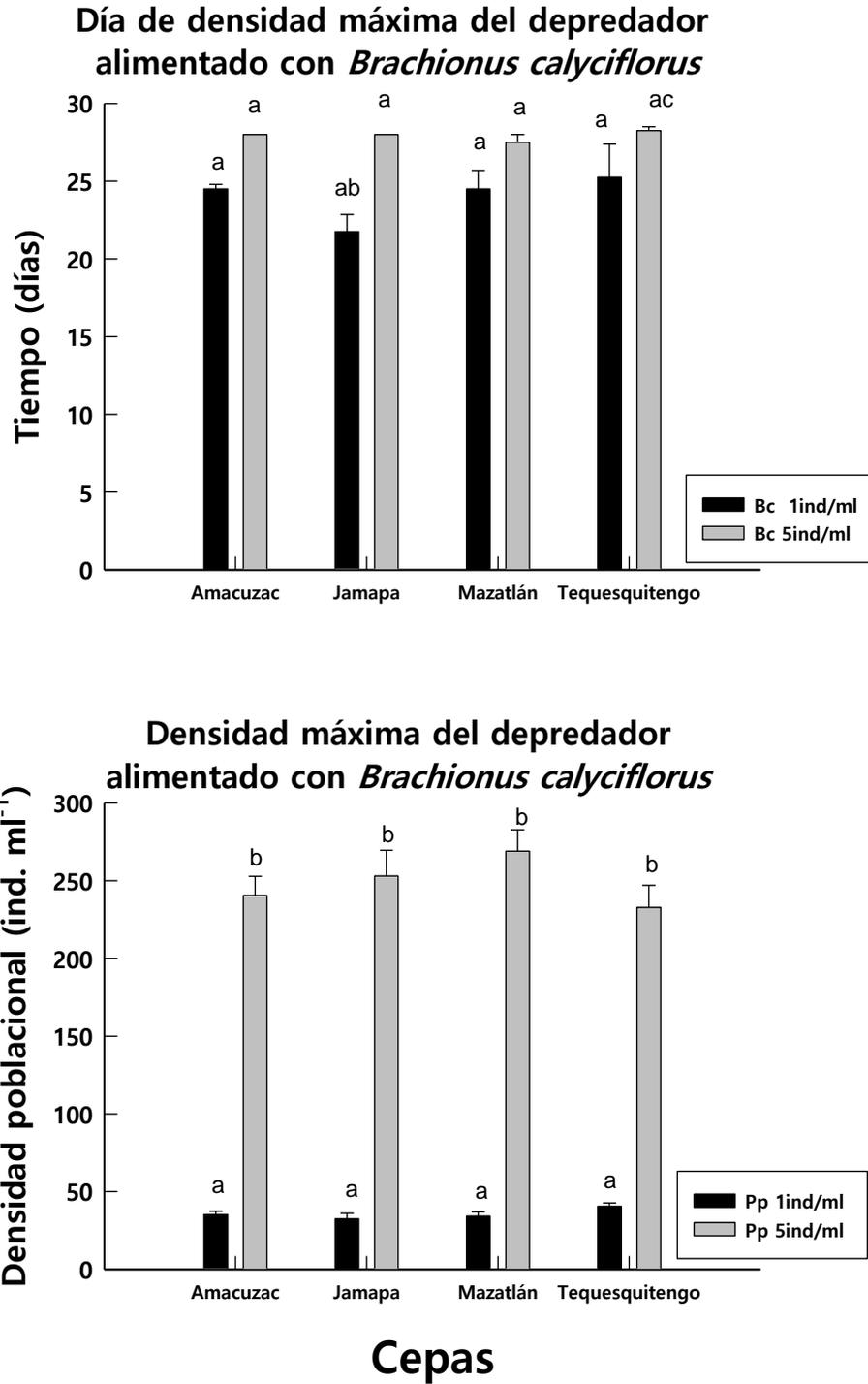


Figura 22. Día de densidad máxima y densidad máxima del depredador alimentado con 2 presas a diferente densidad. Se muestran los valores promedio de 4 replicas \pm EE. Letras indican diferencias entre las cepas.

Se muestra el crecimiento poblacional de las cuatro cepas del depredador (Figura 23) alimentado con *Platonus patulus* en dos densidades diferentes (1ind/ml y 5ind/ml). Las gráficas muestran que hay un ligero aumento de la población a menor concentración de alimento. No se observa una curva donde haya un máximo de densidad ya que con las dos concentraciones de alimento la población de los depredadores aumentó y disminuyó a través de los días. La densidad máxima de los depredadores no logró superar los 10 individuos por mililitro en ninguna de las dos concentraciones de alimento. Los resultados son muy diferentes a los que se obtuvieron con *Brachionus calyciflorus* ya que el incremento poblacional fue mínimo.

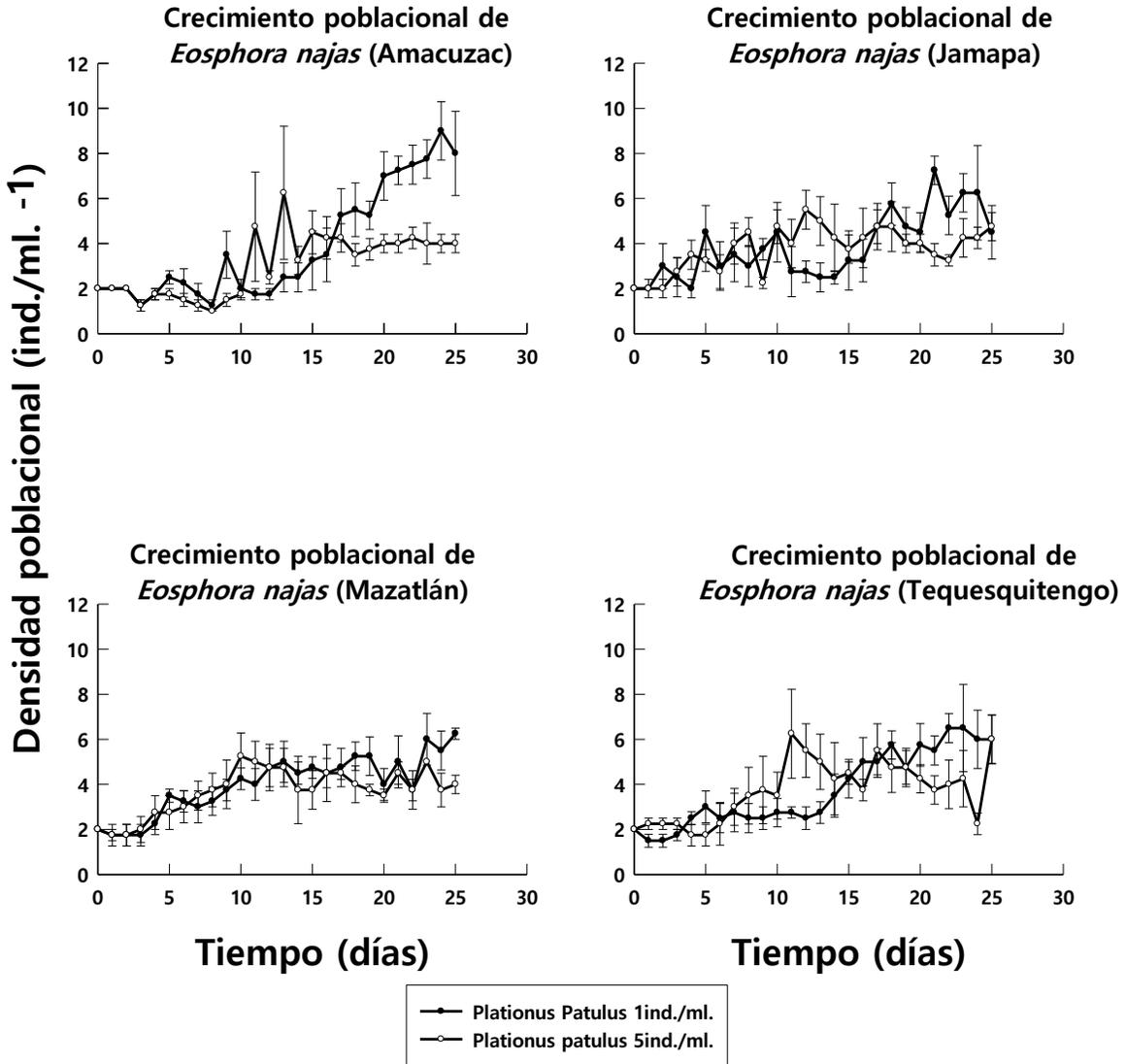


Figura 23. Curvas de crecimiento poblacional del rotífero depredador *Eosphora najas* alimentado con *Plationus patulus* a 2 densidades diferentes. Los puntos muestran los valores promedio de 4 replicas \pm EE.

La figura 24 muestra la gráfica del incremento poblacional de las cuatro cepas del depredador alimentado con *Platonus patulus*. El incremento poblacional del depredador de Amacuzac alimentado a menor concentración de alimento (1 ind/ml) es ligeramente más alta que con las otras tres cepas, por lo tanto, se encontró diferencia significativa ($p=0.024$, ANOVA). A menor concentración de alimento existe una tasa de incremento poblacional más alta (0.07) y a mayor concentración de alimento la tasa de incremento poblacional es menor (0.04). A pesar de que con el depredador de Amacuzac se tiene la tasa de crecimiento poblacional más alta al alimentarlo con *Platonus patulus*, es un incremento mínimo en comparación con la mayor tasa alcanzada por los depredadores alimentados con *Brachionus calyciflorus* que es casi el doble.

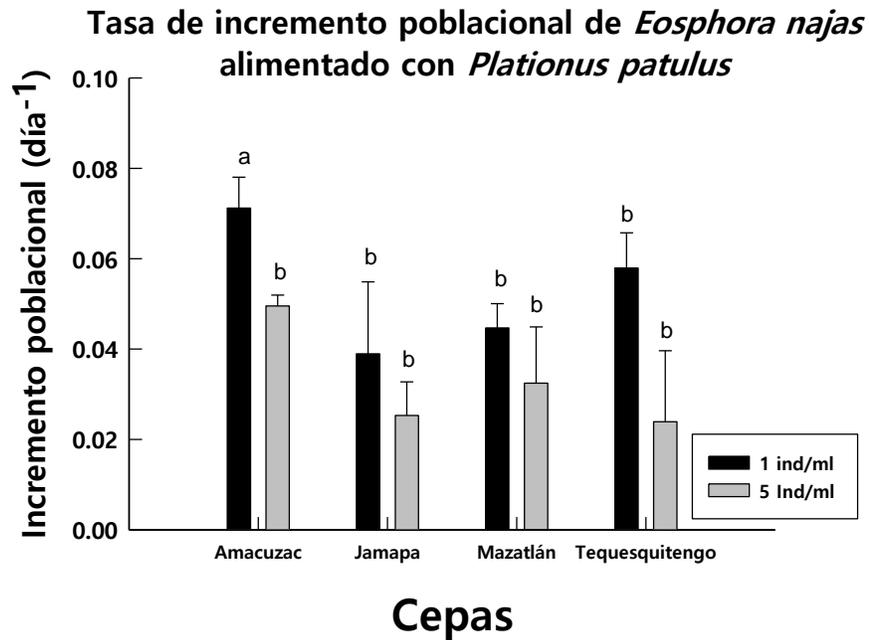


Figura 24. Tasa de incremento poblacional (r) de *Eosphora najas* alimentado con *Platonus patulus* a 2 densidades diferentes. Se muestran los valores promedio de 4 repeticiones \pm EE. Letras indican diferencias entre los tratamientos.

La figura 25 muestra los días en los cuales se obtuvo la máxima densidad poblacional entre las cuatro cepas de los depredadores fueron entre el día 11 y el 24; a menor densidad de alimento se tardó más tiempo en alcanzar una densidad poblacional máxima, encontrando diferencias significativas entre las 4 cepas ($p=0.013$, ANOVA).

Esta figura también muestra que la máxima densidad de los depredadores alimentados con *P. patulus* solo fue de 7 a 10 ind/ml. Existe diferencia significativa ($p= 0.013$, ANOVA) entre la cepa de Amacuzac alimentada con menor concentración de alimento (1ind/ml) y la cepa de Tequesquitengo alimentada a mayor concentración de alimento (5ind/ml).

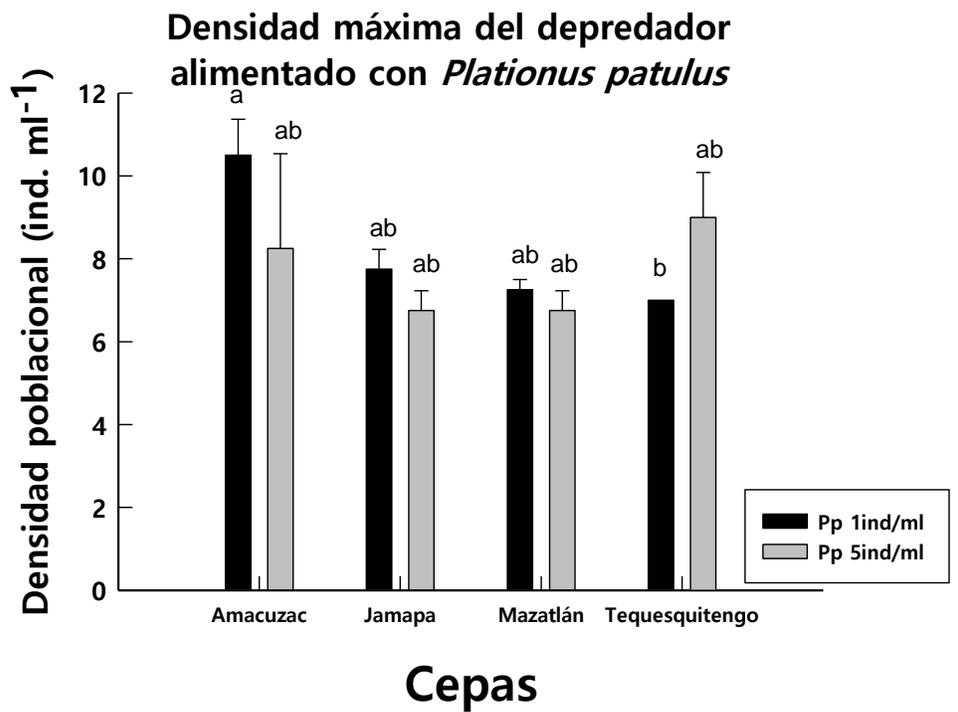
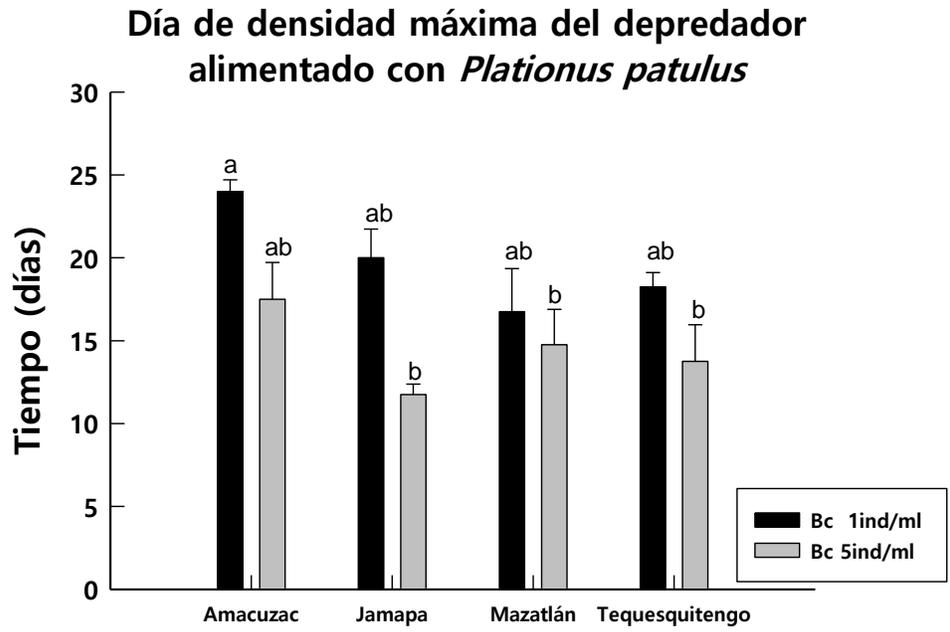


Figura 25. Día de densidad máxima y densidad máxima del depredador alimentado con 2 presas a densidad diferente. Se muestran los valores promedio de 4 repeticiones \pm EE. Letras indican diferencias entre las cepas.

7.2 Tabla de vida de los depredadores.

La supervivencia de las cuatro cepas del depredador *Eosphora najas* alimentado con *Brachionus calyciflorus* a dos densidades diferentes (1ind/ml y 5ind/ml) se ve representada en la figura 26. Se observa que a mayor concentración de alimento la supervivencia es mayor mientras que, a menor concentración de alimento la población cae más rápidamente, aun así las 4 cepas alcanzaron la supervivencia hasta el día 24.

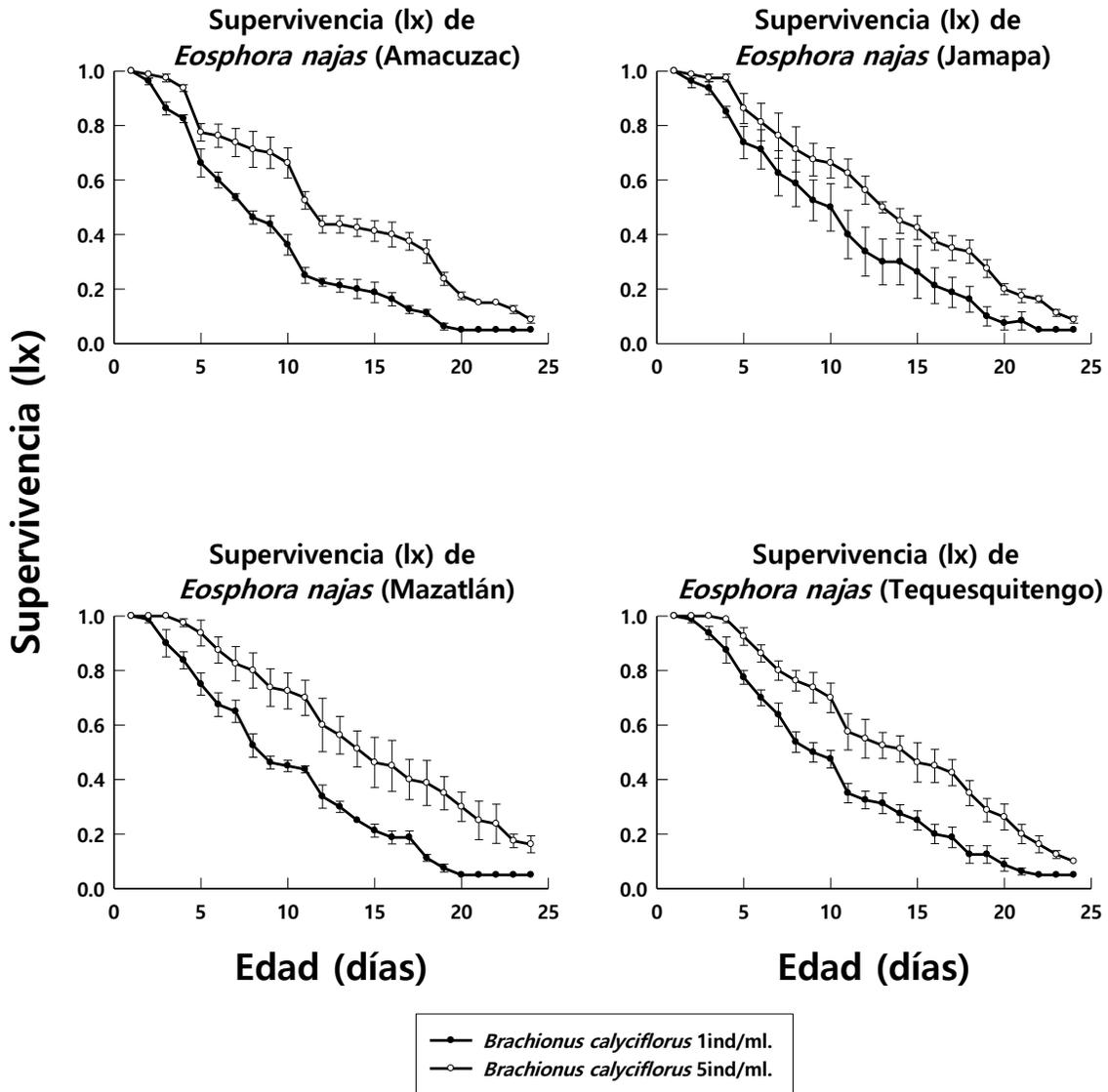


Figura 26. Curvas de supervivencia de *Eosphora najas* alimentado con *Brachionus calyciflorus*. Se muestran los valores promedio de 4 replicas \pm EE.

En la figura 27 podemos observar las curvas de supervivencia de las cuatro cepas del depredador alimentadas con *Platonus patulus* a dos densidades de alimento (1ind/ml y 5ind/ml.), no se muestra una diferencia muy marcada entre las dos concentraciones de alimento, a partir del día 2 podemos observar como la supervivencia de los depredadores disminuyó drásticamente. A mayor concentración de alimento la supervivencia solo se dio hasta el día 11 mientras que, a menor concentración de alimento la supervivencia se dió hasta el día 12, excepto en el caso de la cepa de Jamapa donde, la supervivencia fue igual en las 2 concentraciones de alimento. La supervivencia fue menor en comparación con los tratamientos de *Brachionus calyciflorus*.

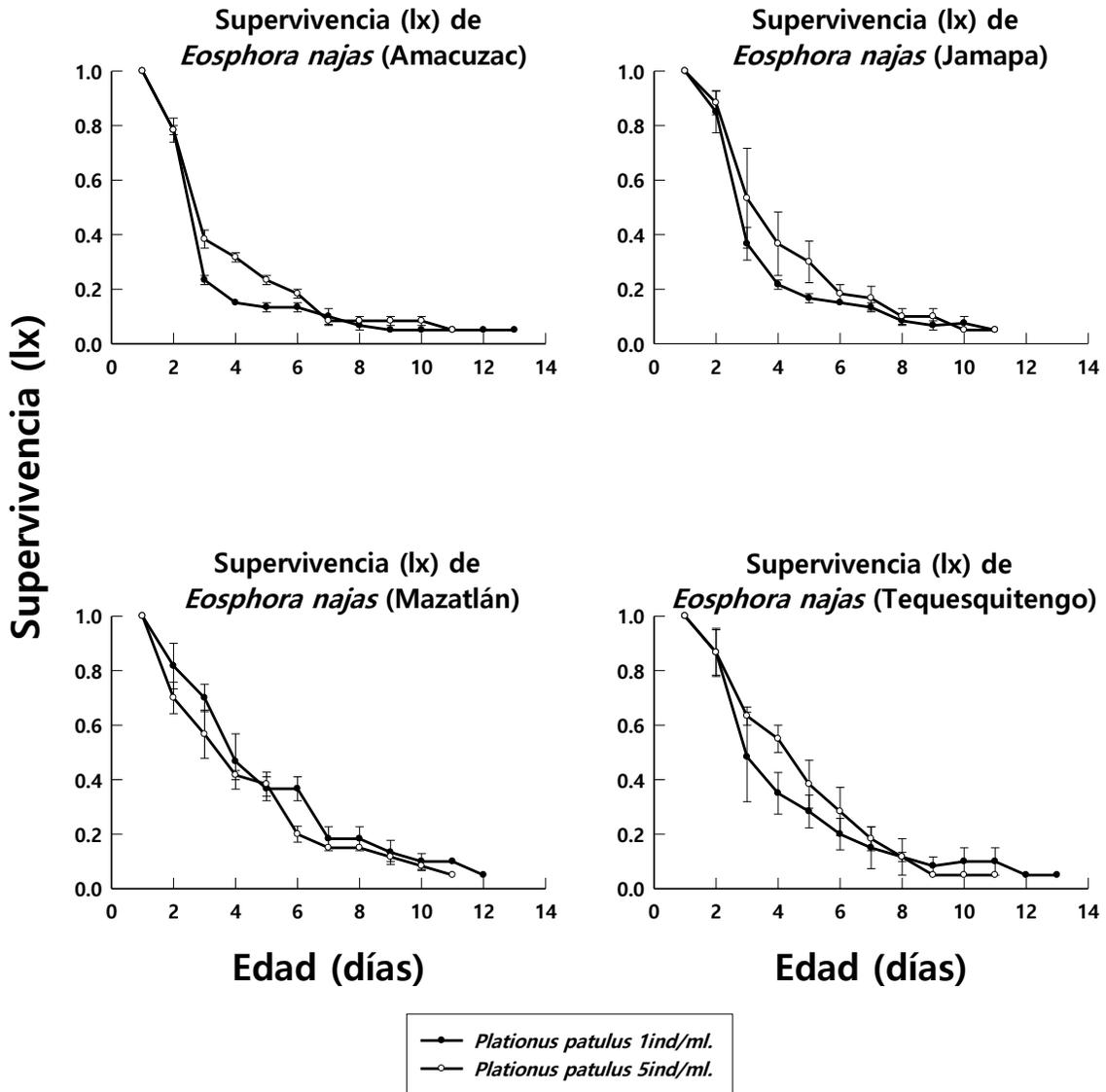


Figura 27. Curvas de supervivencia de *Eosphora najas* alimentado con *Plationus patulus*. Se muestran los valores promedio de 4 replicas \pm EE.

La figura 28 muestra las curvas de fecundidad de las cuatro cepas de *Eosphora najas* alimentadas con *Brachionus calyciflorus* a dos densidades diferentes (1ind/ml y 5ind/ml), se observa que hay una mayor fecundidad cuando hay mayor cantidad de alimento y los días donde las cepas del depredador alcanzaron una mayor fecundidad fue entre el día 15 y el 20, periodo en que las curvas de crecimiento poblacional de los depredadores alimentados con *Brachionus calyciflorus* comenzaron a crecer para llegar a su máximo crecimiento.

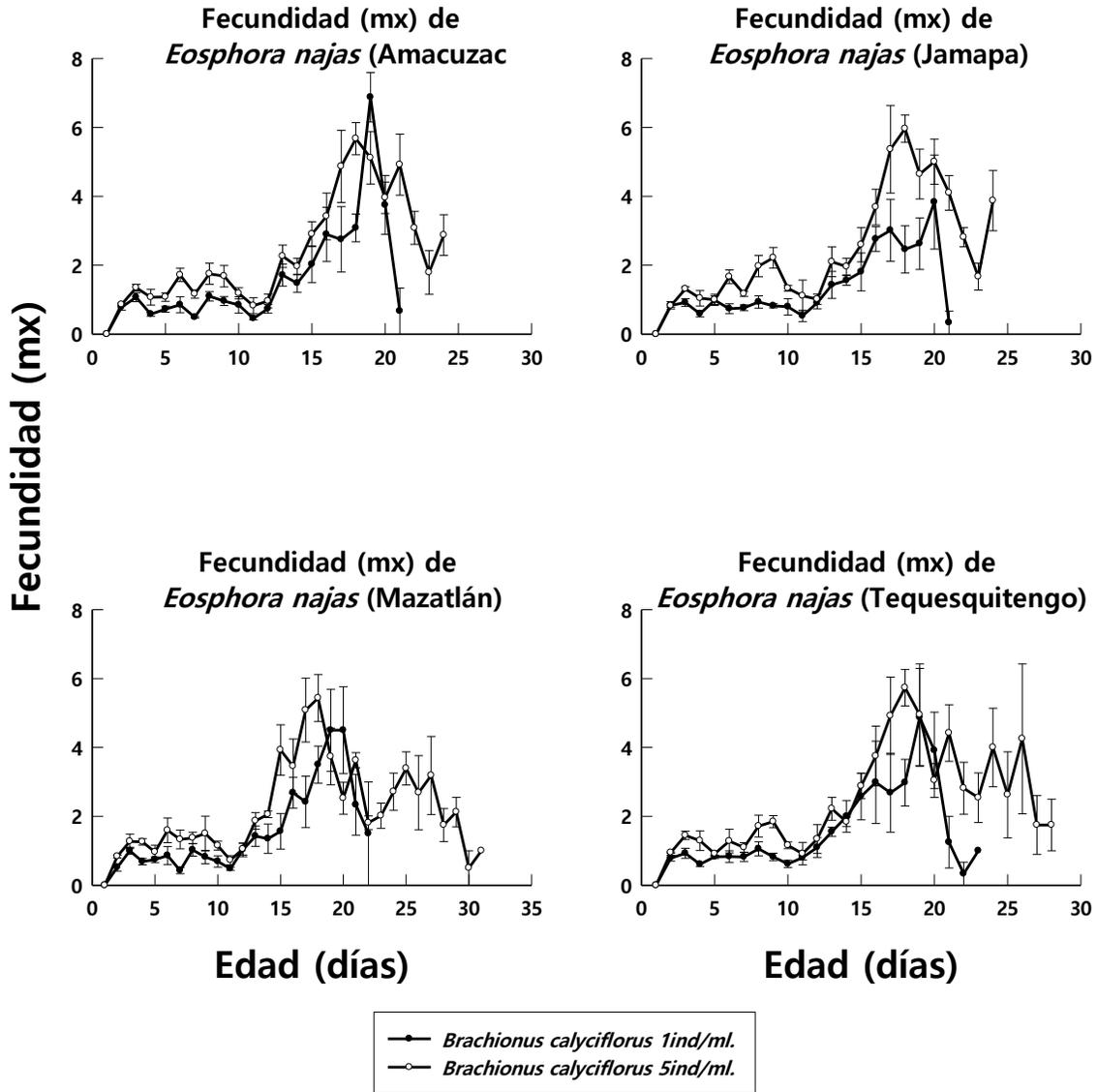


Figura 28. Curvas de fecundidad de *Eosphora najas* alimentado con *Brachionus calyciflorus*. Se muestran los valores promedio de 4 replicas \pm EE.

Las curvas de fecundidad de las cuatro cepas alimentadas con *Platonus patulus* en dos concentraciones (1ind/ml y 5ind/ml) están representadas en la figura 29, se muestra una baja fecundidad en las dos concentraciones de alimento. El número de neonatos por hembra es muy bajo en todas las cepas en comparación con las gráficas donde se usó como alimento a *Brachionus calyciflorus*. Se observa que ligeramente es más alta la fecundidad con menor concentración de alimento.

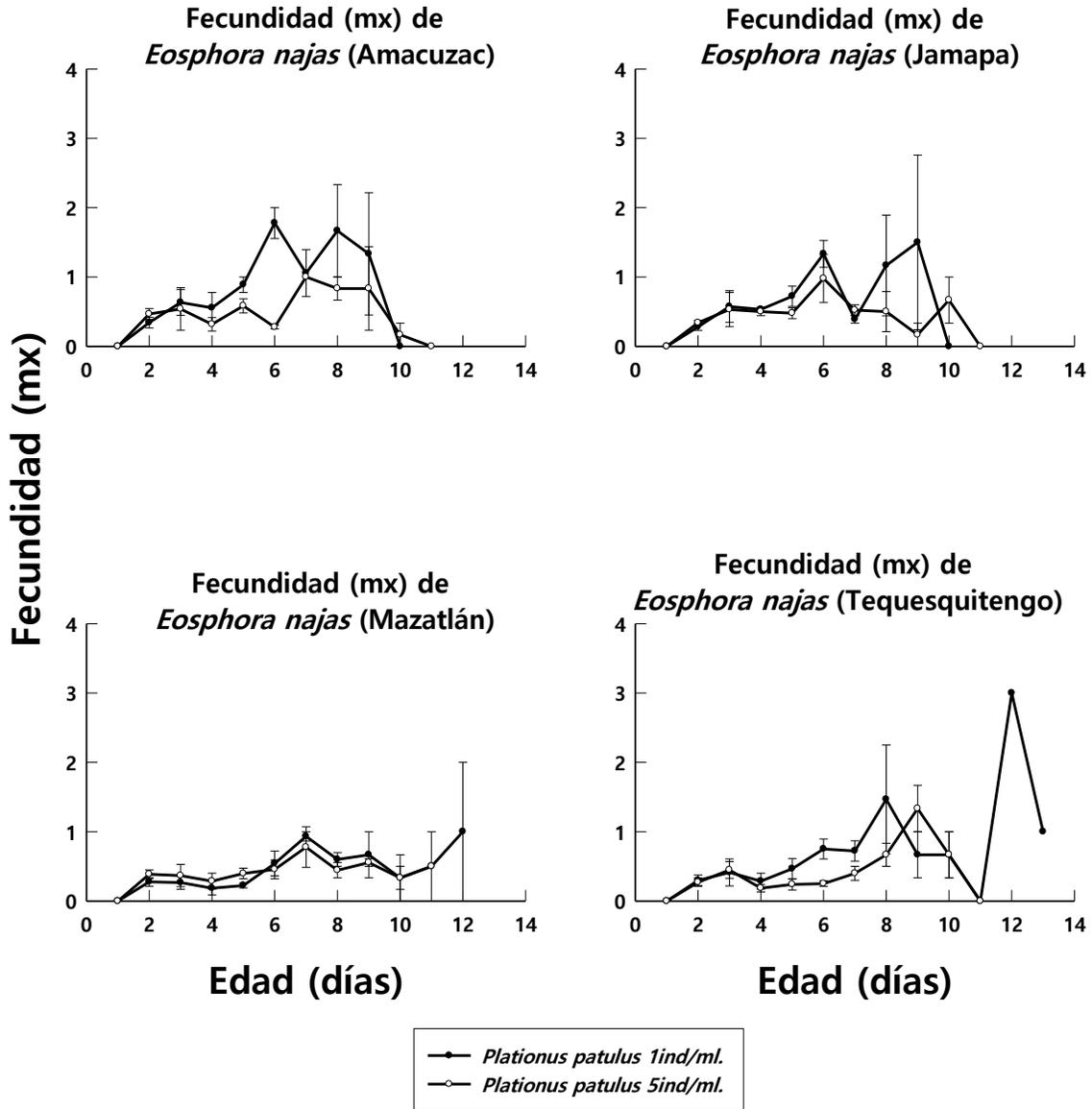


Figura 29. Curvas de fecundidad de *Eosphora najas* alimentado con *Plationus patulus*. Se muestran los valores promedio de 4 replicas \pm EE.

La figura 30 muestra algunos de los parámetros de la tabla de vida de las cuatro cepas del depredador *Eosphora najas* alimentado con dos concentraciones de *Brachionus calyciflorus*.

El promedio de vida de las cepas alimentadas con menor concentración de alimento es de ocho a casi diez días mientras que, con mayor concentración de alimento el promedio de vida es de 12 a 14 días. A pesar de esto solo se encontró una diferencia significativa ($p=0.001$, ANOVA) entre la cepa de Amacuzac alimentada con menor concentración de alimento y la cepa de Mazatlán alimentada con mayor concentración de alimento.

Se observa que la esperanza de vida de los depredadores alimentados con baja concentración de alimento es de siete a nueve días y, para los depredadores alimentados con mayor concentración de alimento es de 12 a 14 días. La única diferencia significativa ($p=0.001$, ANOVA) se dió entre el depredador de Jamapa alimentado con una alta concentración de alimento y el depredador de Amacuzac alimentado a una baja densidad de alimento.

En cuanto a la tasa bruta de reproducción se observa que a mayor concentración de alimento (5ind/ml) hay mayor número de neonatos que a menor concentración de alimento (1ind/ml). Existen diferencias significativas ($p<0.001$, ANOVA) entre las dos concentraciones de alimento.

La tasa neta de reproducción muestra que, a mayor concentración de alimento se tienen más neonatos al día y, a menor concentración de alimento el número de neonatos es reducido. Se tienen diferencias significativas entre las dos densidades de alimento ($p=0.017$, ANOVA) y, también se encontró una diferencia entre la cepa de Amacuzac y Tequesquitengo a menor densidad de alimento.

El tiempo generacional es mayor cuando las cepas de los depredadores son alimentadas con mayor densidad de alimento (5 ind/ml), el tiempo es de 11 a 12 días mientras que para las cepas alimentadas con menor concentración de alimento el tiempo generacional solo es de ocho a nueve días. Se tienen diferencias significativas entre las dos densidades de alimento ($p < 0.001$, ANOVA).

Finalmente la tasa de incremento poblacional de las cuatro cepas del depredador es mayor cuando se tienen mayor concentración de alimento (5 ind/ml), se tiene un incremento que va de 0.6 a 0.7; a menor concentración de alimento el incremento es menor, solo de 0.4 a 0.5. Se tienen diferencias significativas entre las dos concentraciones de alimento ($p < 0.001$).

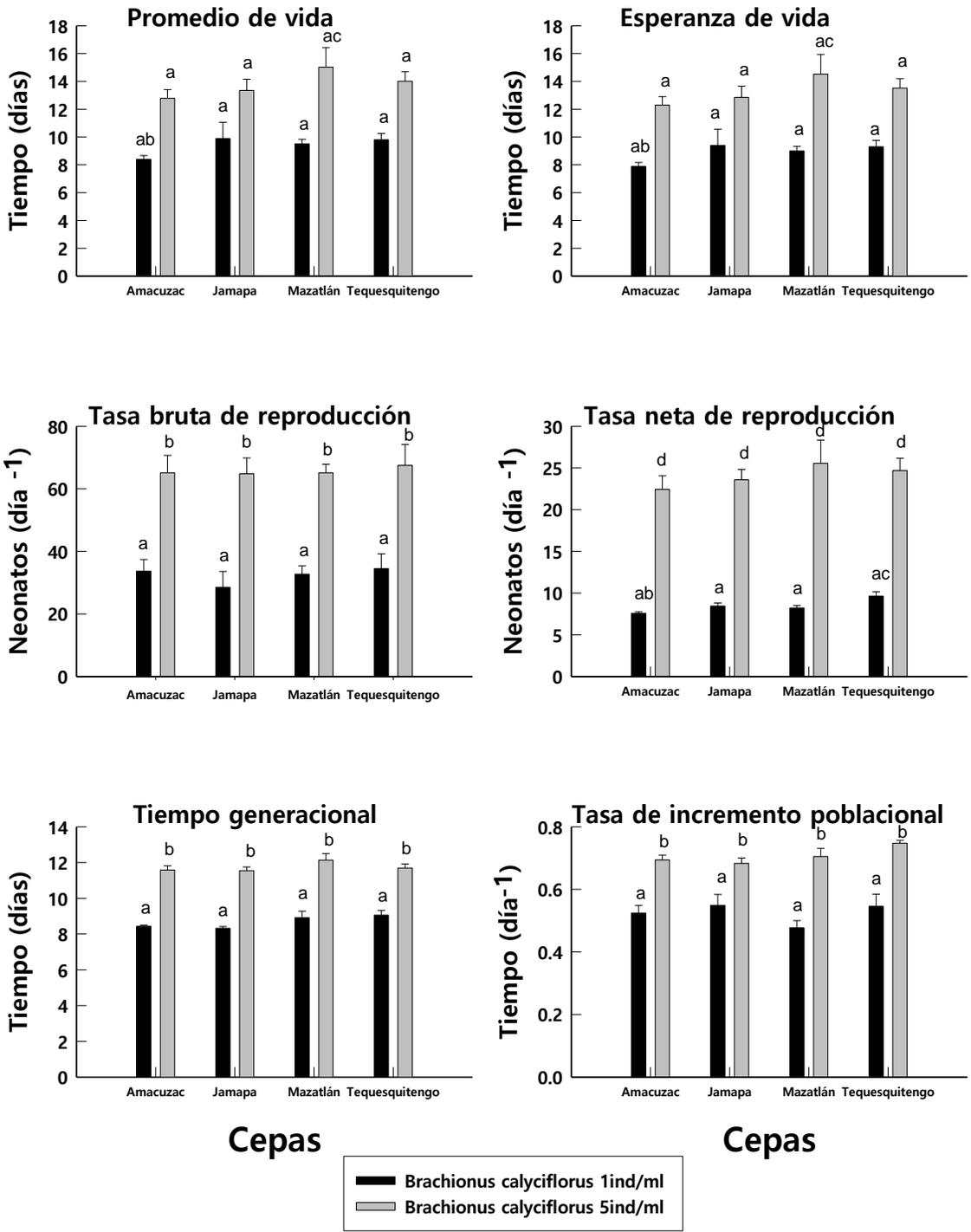


Figura 30. Parámetros de tabla de vida de *Eosphora najas* alimentado con *Brachionus calyciflorus* a 2 densidades diferentes. Se muestran los valores promedio de 4 repeticiones \pm EE. Letras indican diferencias entre las cepas.

La figura 31 muestra algunos de los parámetros de la tabla de vida de las cuatro cepas del depredador *Eosphora najas* alimentado con dos concentraciones de *Platonus patulus*.

El promedio de vida de las cepas alimentadas con menor concentración de alimento es de dos a cuatro días mientras que, con mayor concentración de alimento el promedio de vida es de tres a cuatro días. A pesar de esto solo se encontró una diferencia significativa ($p=0.043$, ANOVA) entre la cepa de Amacuzac alimentada con menor concentración de alimento y la cepa de Mazatlán alimentada también con menor concentración de alimento.

Se observa que la esperanza de vida de los depredadores alimentados con baja concentración de alimento es de dos a tres días y, para los depredadores alimentados con mayor concentración de alimento es de dos a cuatro días. La única diferencia significativa ($p=0.043$, ANOVA) se dió entre el depredador de Amacuzac y el depredador de Mazatlán alimentado a una baja densidad de alimento.

En cuanto a la tasa bruta de reproducción se observa que a menor concentración de alimento (1 ind/ml) hay mayor número de neonatos que a mayor concentración de alimento (5 ind/ml). No existen diferencias significativas entre las dos concentraciones de alimento.

La tasa neta de reproducción muestra que se tienen menos neonatos al día en las dos concentraciones de alimento, el número de neonatos solo es de un por día. No existen diferencias significativas entre las dos densidades de alimento.

El tiempo generacional es mayor cuando las cepas de los depredadores son alimentadas con menor densidad de alimento (1 ind/ml), el tiempo es de cuatro días mientras que para las cepas alimentadas con mayor concentración de alimento el tiempo generacional solo es de tres días. A pesar de esto no se tienen diferencias significativas.

Finalmente la tasa de incremento poblacional de las cuatro cepas del depredador es igual entre las dos concentraciones de alimento, es decir, no se tienen diferencias significativas y el incremento es muy bajo ya que va de $6.5667e-3$ a 0.04 .

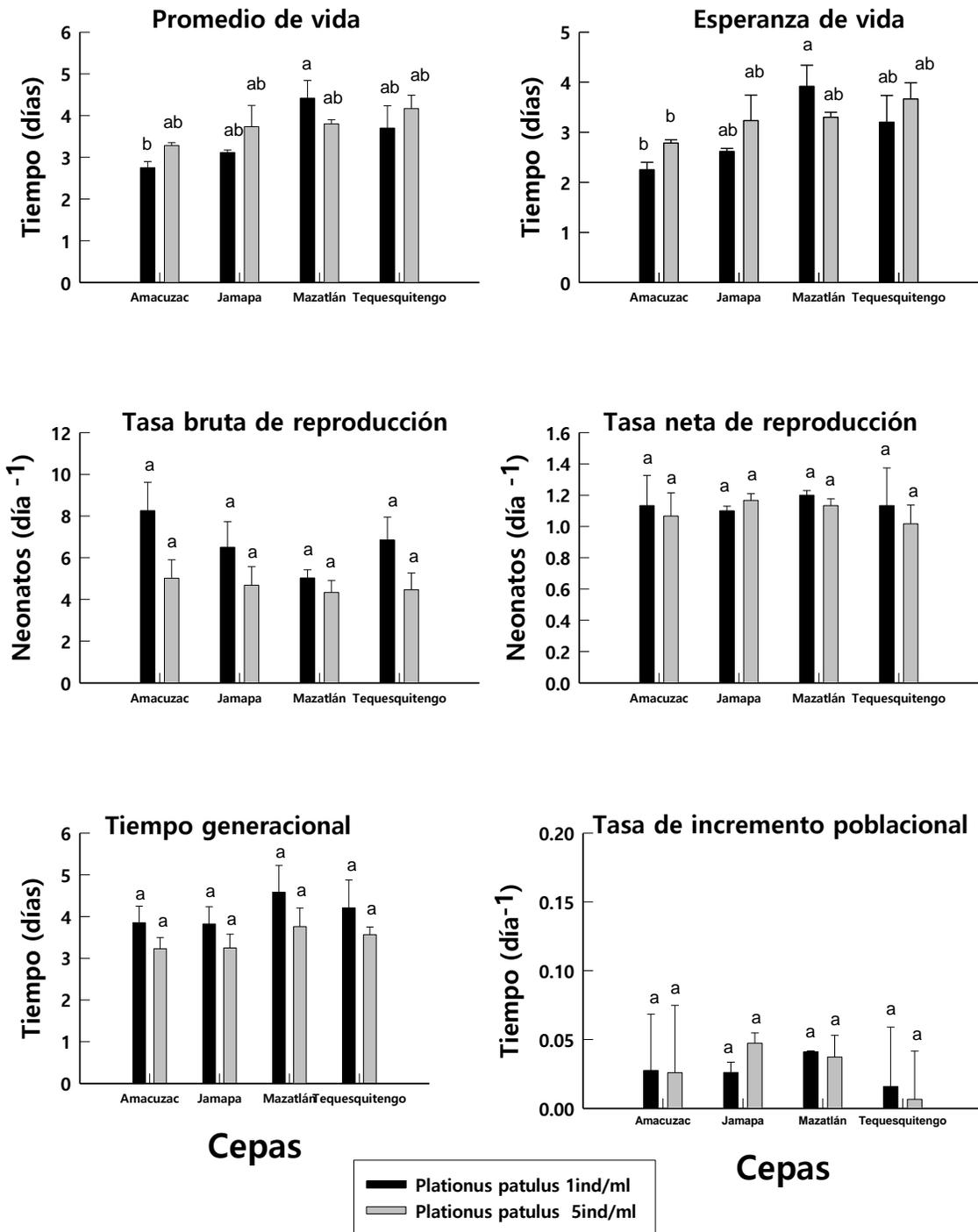


Figura 31. Parámetros de tabla de vida de *Eosphora najas* alimentado con *Plationus patulus*. Se muestran los valores promedio de 4 repeticiones \pm EE. Letras indican diferencias entre las cepas.

7.3 Comparación entre el número de presas consumidas por 2 depredadores diferentes

Se observa que tanto el depredador *Asplanchna girodi* como el depredador *Eosphora najas* consumieron mayor número de *Brachionus calyciflorus* que de *Plationus patulus* (Figura 32). *Asplanchna* es más voraz ya que en menor tiempo ya había consumido más presas que *Eosphora najas*. La presa menos consumida por los dos depredadores fue *P. patulus* ya que en una hora *Asplanchna* ya había consumido 22 *Brachionus calyciflorus* y en ese mismo tiempo solo consumió 15 *P. patulus*. En el caso de *Eosphora* en una hora fue capaz de consumir 10 *B. calyciflorus* y tan solo un *Plationus patulus*.

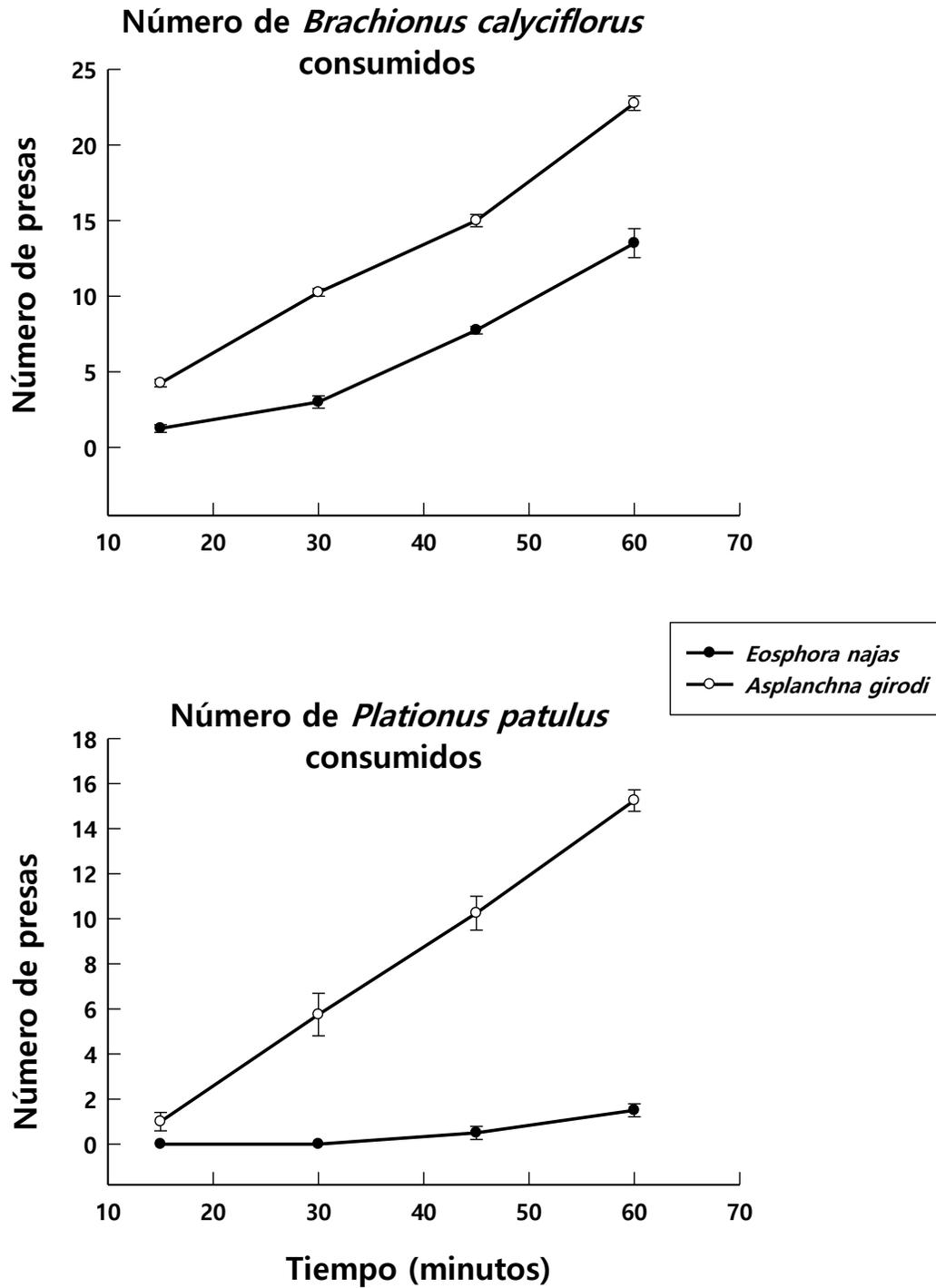


Figura 32. Número de presas consumidas durante una hora por los depredadores *Eosphora najas* y *Asplanchna girodi*. Los puntos muestran los valores promedio de 4 replicas \pm EE.

7.4 Preferencia alimentaria de los depredadores

La figura 33 muestra la preferencia alimentaria que tuvieron las cuatro cepas de depredadores *Eosphora najas*, la preferencia en los cuatro casos fue de *Brachionus calyciflorus*. En el caso del depredador de Mazatlán se observa que también hay preferencia por *Lepadella patella* y *Lecane bulla*; el depredador de Tequesquitengo también muestra una preferencia por *Lepadella* pero ya no por *Lecane*. Finalmente ninguna de las cuatro cepas de los depredadores prefirió a *Plationus patulus* y, aunque en el caso del depredador de Jamapa se muestra una pequeña barra, no es suficiente como para que se considere preferencia ya que, ésta permanece por debajo de 0.25.

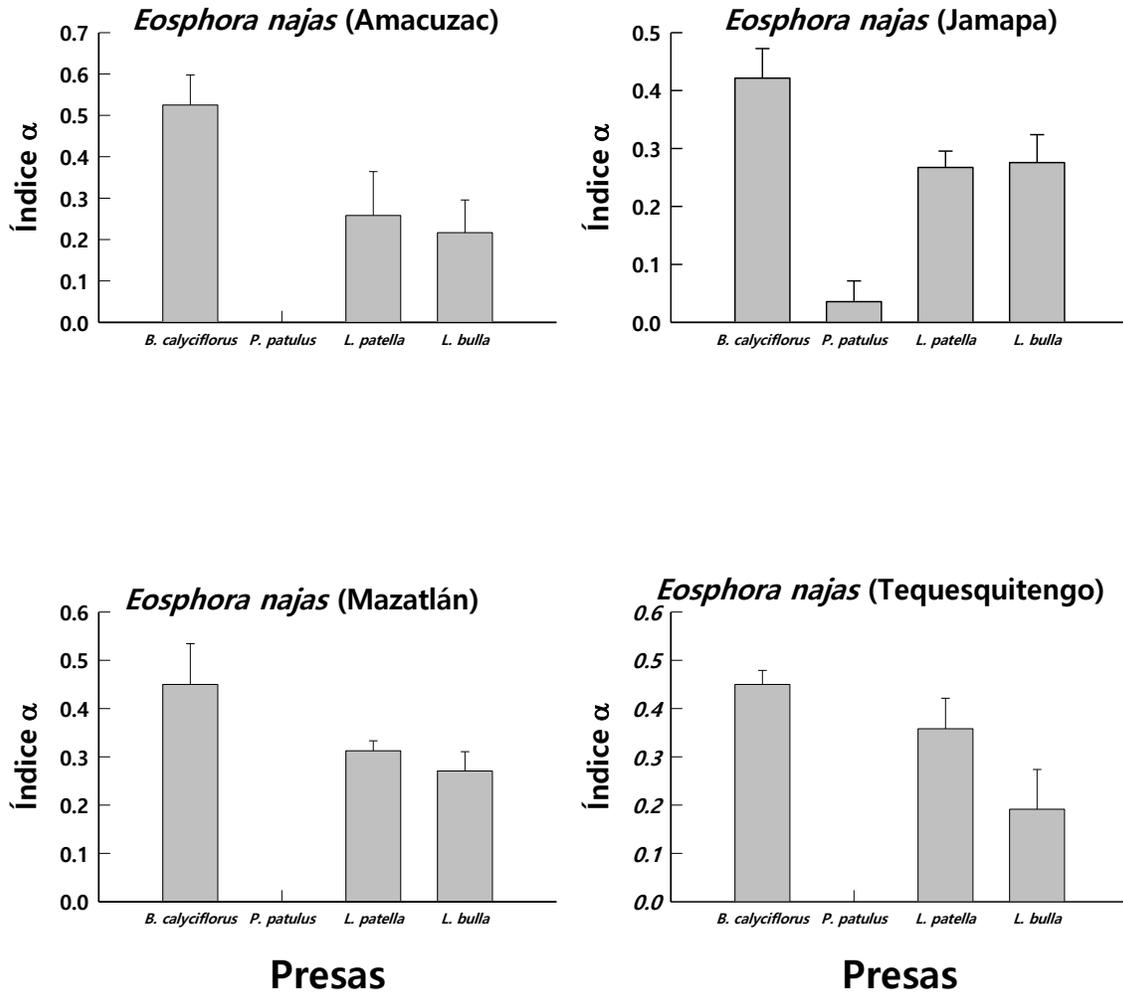
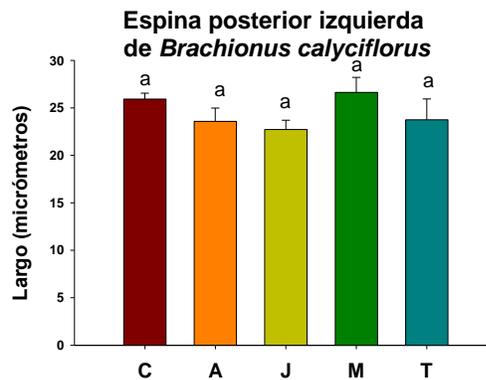
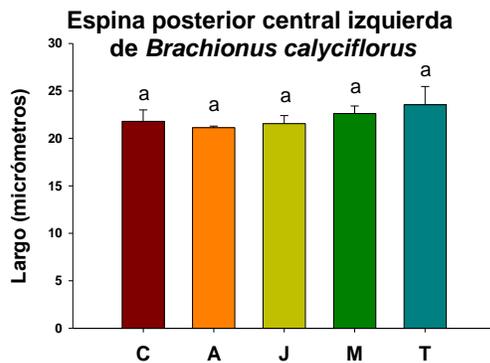
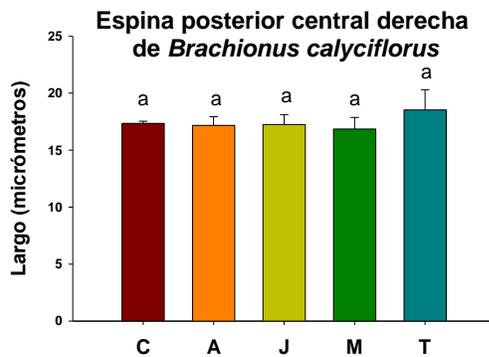
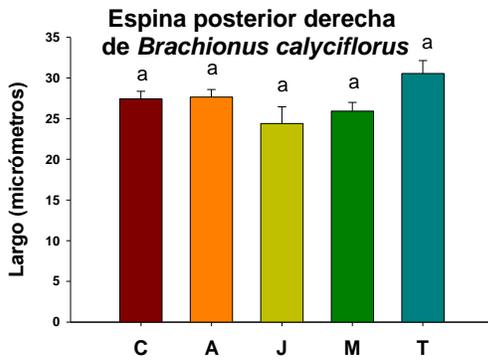
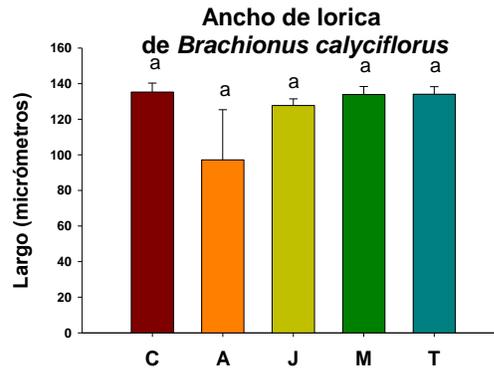
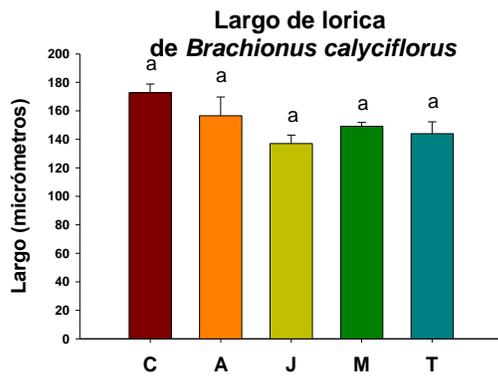


Figura 33. Preferencia alimentaria del depredador *Eosphora najas* alimentado con 4 presas: *Brachionus calyciflorus*, *Platius patulus*, *Lepadella patella* y *Lecane bulla*. Se muestran los resultados de 4 replicas \pm EE.

7.5 Morfometría de las presas

La morfometría de la presa *Brachionus calyciflorus* al estar en contacto con el depredador se ve representada en la figura 34. Esta gráfica muestra que no existen diferencias significativas entre el largo de la lorica ($p=0.766$, ANOVA); ancho de la lorica ($p<0.050$, ANOVA); espina posterior derecha ($p=0.300$, ANOVA); espina posterior central derecha ($p=0.236$, ANOVA); espina posterior central izquierda ($p=0.127$, ANOVA) y espina posterior izquierda ($p=0.328$, ANOVA) del grupo control contra las presas que estuvieron en contacto con el depredador.

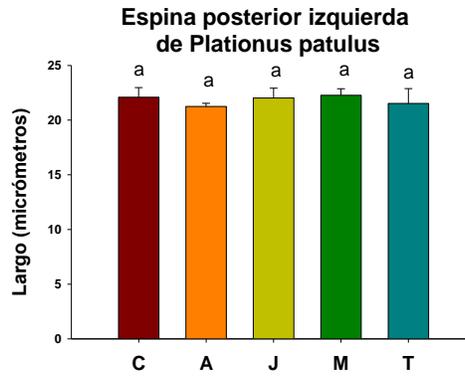
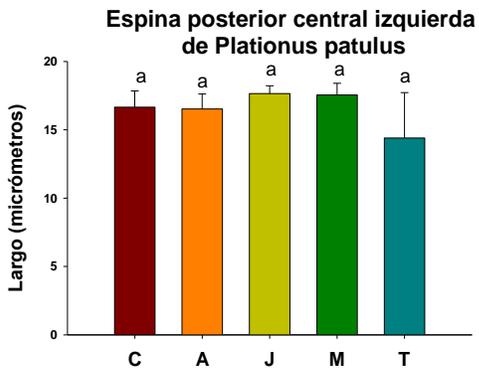
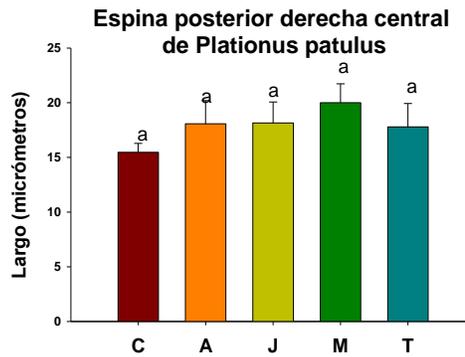
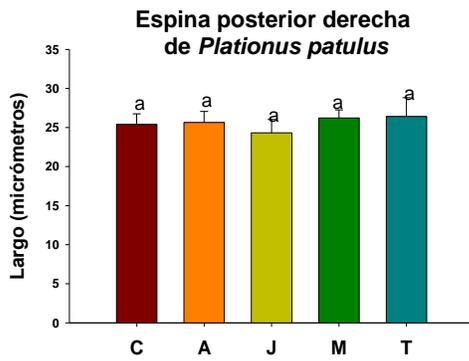
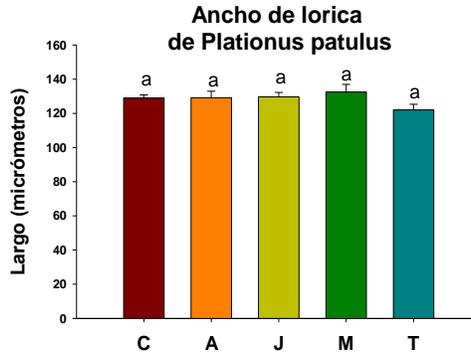
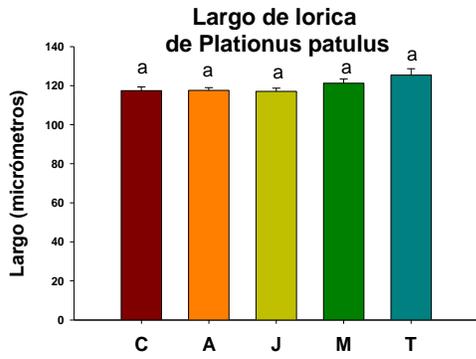


Cepas de *Eosphora najas*

Cepas de *Eosphora najas*

Figura 34. Datos morfométricos de *Brachionus calyciflorus*. Se muestran los valores promedio de cuatro replicas y el error estandar. Letras indican diferencias entre las cepas

La figura 35 muestra la morfometría de la presa *Plationus patulus* al estar en contacto con el depredador. Esta gráfica muestra que no existen diferencias significativas entre el largo de la lorica ($p=0.897$, ANOVA); ancho de la lorica ($p=0.914$, ANOVA); espina posterior derecha ($p=0.751$, ANOVA); espina posterior central derecha ($p=0.742$, ANOVA); espina posterior central izquierda ($p=0.799$, ANOVA) y espina posterior izquierda ($p=0.486$, ANOVA) del grupo control contra las presas que estuvieron en contacto con el depredador.



Cepas de *Eosphora najas*

Cepas de *Eosphora najas*

Figura 35. Datos morfométricos de *Plationus patulus*. Se muestran los valores promedio de cuatro replicas y el error estandar. Letras indican diferencia entre las cepas

7.6 Crecimiento poblacional de las presas

La figura 36 muestra las curvas de crecimiento poblacional de las presas (*Brachionus calyciflorus* y *Platonus patulus*), en presencia y ausencia del depredador, se puede observar que *Brachionus calyciflorus* presenta un crecimiento ligeramente mayor cuando está en presencia del depredador, a partir del día cinco es cuando comienza su crecimiento exponencial. En presencia del depredador se alcanza antes la densidad máxima en comparación con el grupo control.

En el caso de *Platonus patulus* la curva de crecimiento es mayor en presencia del depredador, a partir del día cinco comienza el crecimiento de *P. patulus* en forma exponencial hasta el día 14 que alcanza su máxima densidad. La densidad máxima se alcanza al estar en presencia del depredador y el grupo control se tarda más días en llegar a su máximo.

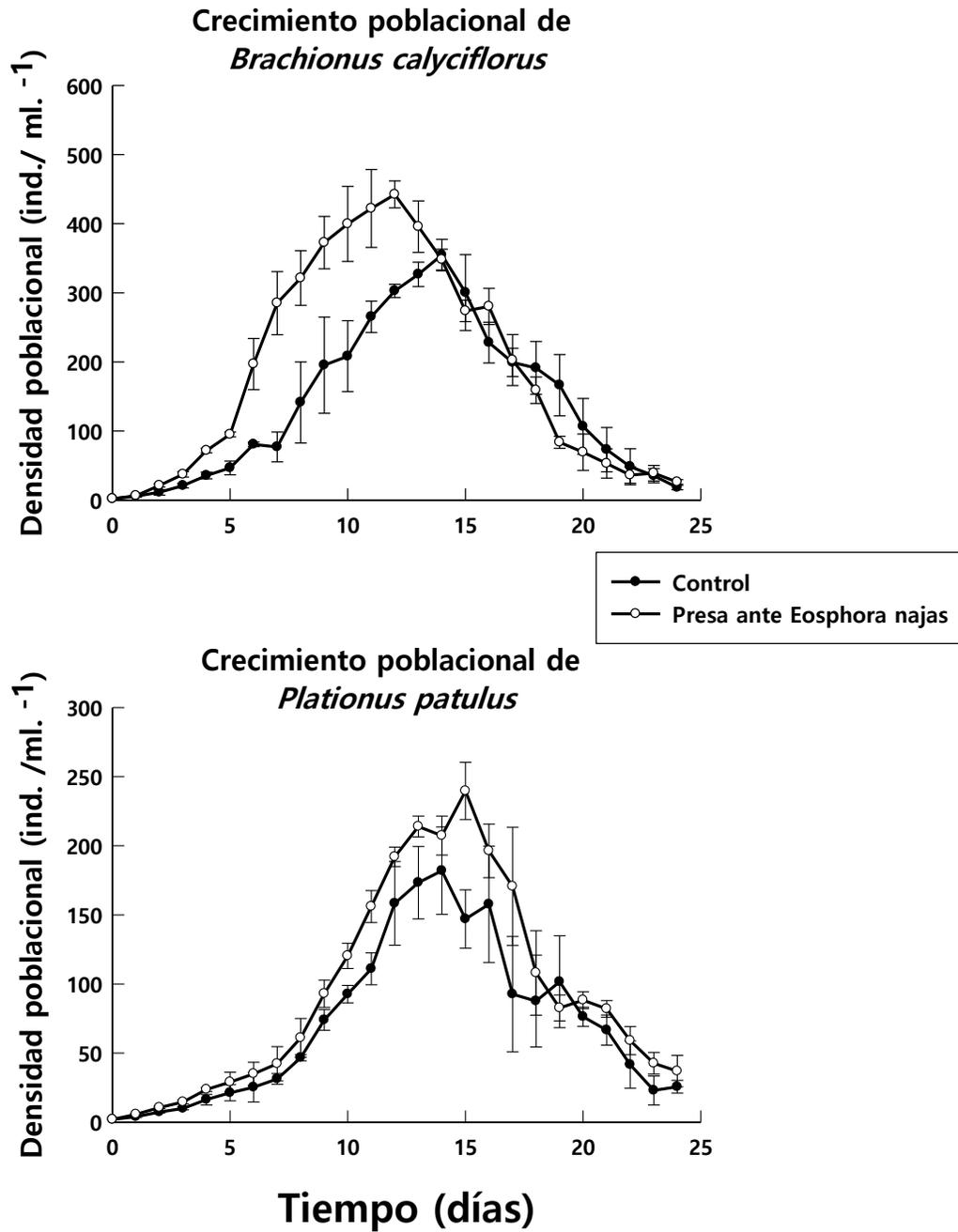


Figura 36. Curvas de crecimiento poblacional de las presas. Se muestra el control y a las presas en la presencia indirecta del depredador *Eosphora najas*. Los puntos muestran los valores promedio de 4 replicas \pm EE.

El incremento poblacional de las presas se ve representado en la figura 37, podemos observar que en el caso de *Brachionus calyciflorus* no existen diferencias significativas ($p=0.971$; ANOVA) entre el grupo control y las presas que estuvieron en contacto indirecto con el depredador. La tasa de incremento se encuentra arriba de 0.25.

En el caso de *Platonus patulus* tampoco se obtuvieron diferencias significativas ($p=0.969$; ANOVA) entre el grupo control y las presas que estuvieron en contacto indirecto con el depredador. La tasa de incremento se encuentra arriba de 0.25

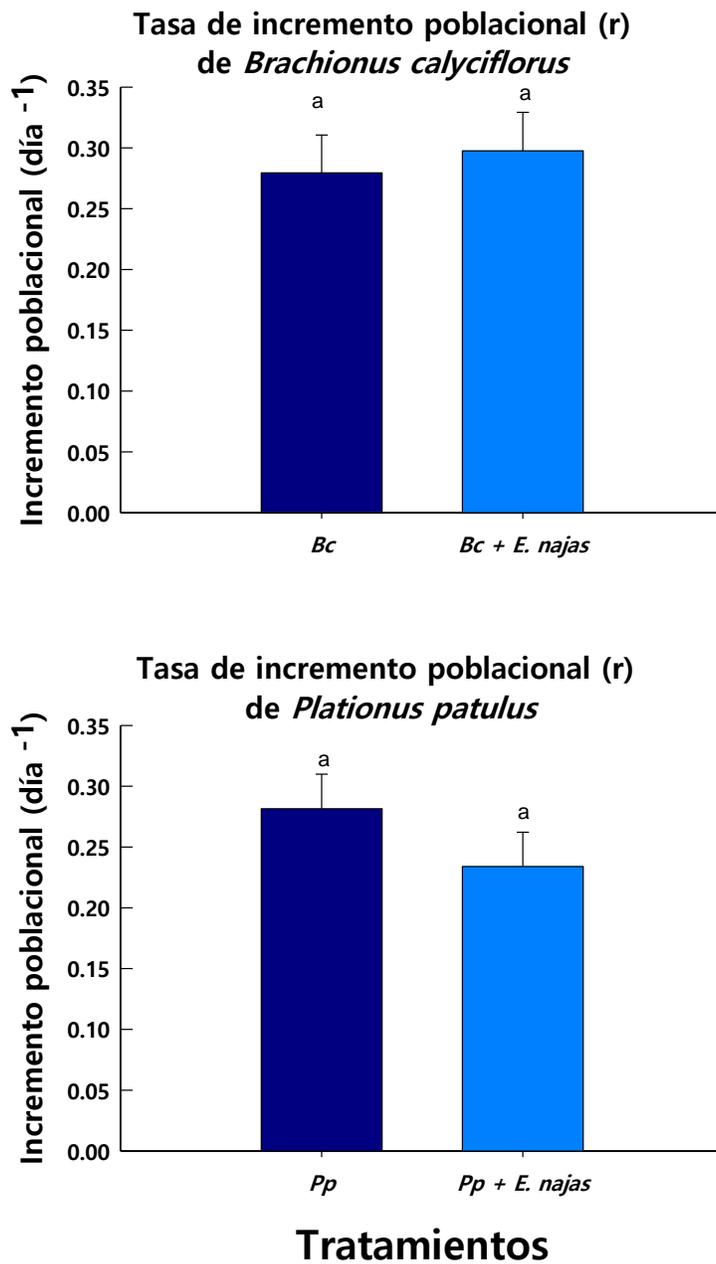
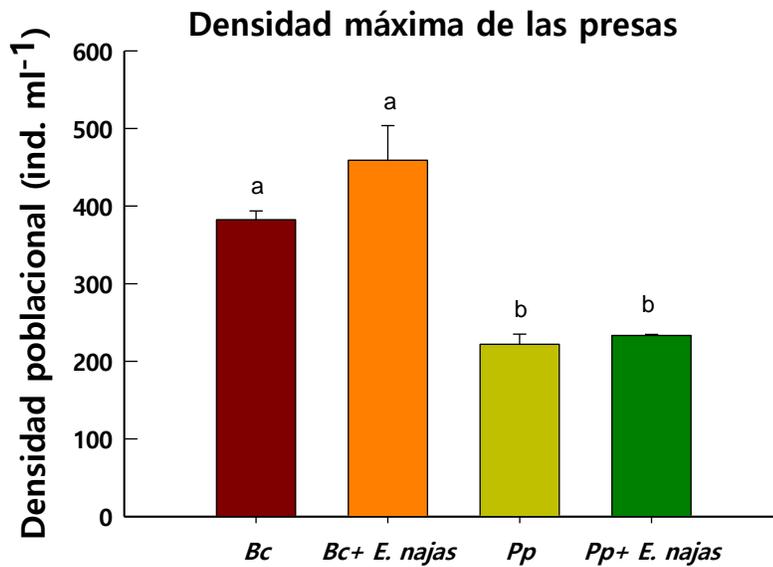
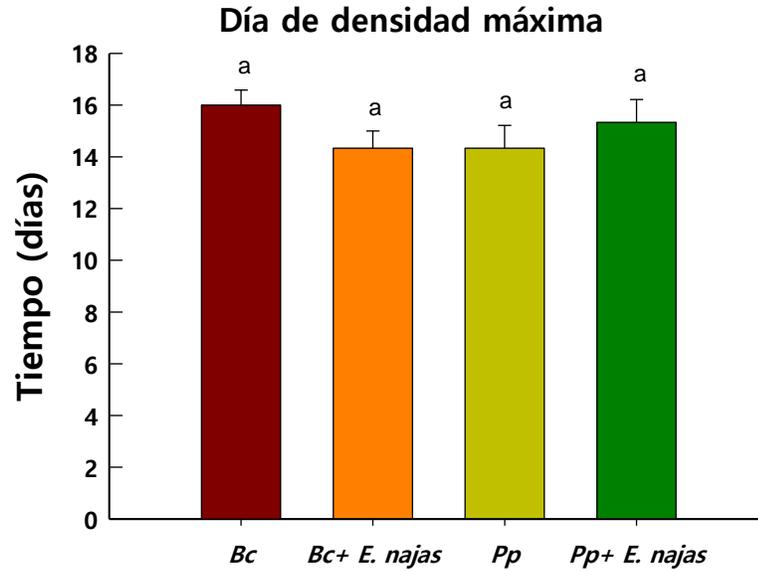


Figura 37. Tasa de incremento poblacional (r) de las presas expuestas ante el depredador. Se muestran los valores promedio de 4 repeticiones \pm EE. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos

La densidad máxima se presentó entre el día 14 al día 16, no se encontraron diferencias significativas ($p=0.468$, ANOVA) tanto en los grupos control como en las presas que estuvieron en contacto indirecto con el depredador (Figura 38).

En cuanto a la densidad máxima de las presas se puede ver que en presencia indirecta del depredador se tiene un ligero aumento de densidad poblacional tanto con *B. calyciflorus* y *P. patulus* pero, a pesar de eso no se tienen diferencias significativas ($p<0.050$) contra los grupos control. La máxima densidad para *B. calyciflorus* ante el depredador es de 459 ind/ml mientras que para *P. patulus* ante el depredador es de 233 ind/ml.



Tratamientos

Figura 38. Día de densidad máxima y densidad máxima de las presas ante la presencia indirecta del depredador y grupos control. Se muestran los valores promedio de 4 repeticiones \pm EE. Letras diferentes indican diferencias entre los tratamientos.

8. Discusión

8.1 Crecimiento poblacional y tabla de vida de los depredadores

Los rotíferos se reproducen rápidamente (cada 12 horas) y en muchos de los casos la reproducción sigue un patrón de distribución normal (Sarma & Rao, 1991). La abundancia numérica de una especie del zooplankton depende de la disponibilidad de alimento, la temperatura y el tamaño corporal. En el caso de las cuatro cepas de los depredadores se obtuvieron curvas de tipo sigmoideal cuando se alimentaron con *Brachionus calyciflorus*. No se encontraron diferencias entre el crecimiento de poblacional de las cuatro cepas, se esperaba que por ser de diferentes zonas geográficas los depredadores se comportaran o presentaran crecimientos poblacionales diferentes al ser alimentados con diferentes presas ya que podían presentar adaptaciones locales (Vaillant *et al.*, 2013) y responder diferente a cada tipo de alimento. Las poblaciones que se encuentran sometidas a una selección natural pueden producir uno o más genotipos especializados, adaptados a condiciones locales (Tobler *et al.*, 2008) pero esto no sucedió con ninguna de las cuatro cepas de los depredadores ya que todas mostraron el mismo crecimiento poblacional. Por lo anterior se infiere que, las cuatro cepas si son la misma especie y todas responden de la misma manera en las mismas condiciones. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Weisse, (2013) quien uso dos clones de *Cephalodella* [Familia Notommatidae, Segers, 2007. (misma familia del depredador *Eosphora najas*)] y realizó experimentos donde los expuso ante diferentes estresores (pH, temperatura y diferentes densidades de alimento), obtuvo tablas de vida y obtuvo resultados similares con las dos cepas en cuanto a sus tasas de incremento y concentraciones de alimento que mejor consumieron.

El crecimiento poblacional del depredador se ve reducido al alimentarse con *P. patulus*; por el contrario, es mayor cuando se usa como alimento a

B. calyciflorus. El depredador no se alimentaba de *P. patulus* por que tienen una lorica más gruesa y cuenta con diez espinas anteriores que le sirven de defensa, es más complicado perforarla con su trofos que es virgado (Koste, 1978). Esto ocasionaba que estas presas también comenzaran a reproducirse y alimentarse del alga que estaba en el medio generando competencia entre el depredador y *P. patulus* ya que el depredador puede llegar a sobrevivir con solo consumir algas (de Beauchamp, 1952) y *P. patulus* es un buen competidor, de hecho, es mejor competidor que *B. calyciflorus* (Sarma et al., 1999). Como consecuencia la supervivencia de los depredadores alimentados con *P. patulus* era menor que con la presa *B. calyciflorus*.

La fecundidad de los depredadores se veía beneficiada cuando consumían *B. calyciflorus*, ya que, al tener una lorica más flexible (Koste, 1978) es más fácil de perforar y succionar su contenido, de esta manera el depredador no gastaba energía en conseguir su alimento y podía invertirla más en generar más huevos (Lesica & Shelly, 1995). Es por ello que, a mayor densidad de alimento mayor es la fecundidad de los depredadores (Sarma et al., 2005).

La esperanza de vida del depredador es mucho más alta que en otros rotíferos depredadores, principalmente del género *Asplanchna*; al ser alimentado con *B. calyciflorus* fue mayor (13-14 días) que cuando se alimentó con *P. patulus* (3-4 días), esto es muy diferente a lo encontrado en otros depredadores como es el caso de *Asplanchna*, generalmente tiene una vida corta (menos de 10 días). Dumont & Sarma (1995) han observado que la esperanza de vida media de *A. girodi* es de aproximadamente 6 días.

El tiempo generacional de los rotíferos es muy variado, el caso de los Brachionidos muestran tiempos de generación intermedios de aproximadamente una semana (Sarma & Rao, 1991). El tiempo de

generación también está relacionado con el tamaño corporal del zooplancton. Existe una disminución en el tiempo de generación con aumento de la disponibilidad de alimento (Sarma & Rao, 1991). Esto se debe al hecho de que el aumento de la concentración de alimentos disminuye el período juvenil (pre-reproductivo) (Walz, 1995), lo que acelera la tasa de producción de recién nacidos y la tasa neta de reproducción (Sarma y Rao, 1991). Un valor más alto de la tasa neta de reproducción da como resultado una disminución del tiempo de generación (Krebs, 1985), en el presente trabajo no se cumple con lo anterior ya que, el tiempo generacional es mayor cuando el depredador se alimentó con *B. calyciflorus* y su tasa de incremento poblacional también es alta, pero en el caso de las presas alimentadas con *P. patulus* el tiempo generacional como la tasa de incremento poblacional fueron bajas. Gillooly (2000) analizó el tiempo generacional de varias especies de zooplancton y concluyó que este parámetro está positivamente relacionado con el tamaño de los rotíferos; en este caso esta regla tampoco se cumple porque *Eosphora najas* es de menor tamaño que *Asplanchna*, en un trabajo realizado por Sarma *et al.*, (2003) el tiempo generacional de *Asplanchna* alimentado con diferentes concentraciones de *B. calyciflorus* y *P. patulus* fue de seis días, más bajo que el obtenido con *Eosphora najas*. La tasa bruta de reproducción y la tasa neta de reproducción son más altas cuando hay mayor densidad de alimento esto, concuerda con lo que encontró Weithoff (2015) quien estudió a *Cepahodella hoodi* (rotífero de la familia Notommatidae) y encontró que crece mejor al ser alimentado con altas concentraciones de alimento. En este trabajo encontramos que cuando el depredador se alimenta de *B. calyciflorus* la tasa bruta y la tasa neta de reproducción son mayores debido a que para este depredador es más fácil capturar y perforar la lorica de *B. calyciflorus* y entre mayor sea

la concentración de alimento en el medio mayor son las tasas de reproducción.

Se tiene registro de aquellos géneros de rotíferos depredadores que presentan tasas de incremento poblacional (r) superiores a 0.5- y 1.5 por día, dependiendo de la concentración de la presa (Sarma *et al.*, 1998), en este trabajo se encontraron datos similares cuando se alimentó al depredador *Eosphora najas* con *Brachionus calyciflorus*, hasta en la densidad de alimento más baja se obtuvo un incremento poblacional mayor de 0.5.

Cuando el depredador *Eosphora* es alimentado con *P. patulus* la población no crece al contrario, a mayor densidad de alimento la densidad poblacional del depredador es menor, esto podría ser a que *Eosphora* es un competidor débil al igual que *Cephalodella* (Wuntram W, 2015) ya que cuando solo tienen una sola fuente de alimento y les cuesta trabajo consumirlo llega a presentar baja afinidad y como resultado se tienen incrementos poblacionales muy bajos (Kamjunke *et al.*, 2004). Se ha observado que en campo organismos de la familia Notommatidae presentan tasas de incremento muy bajas, esto debido a las condiciones a las que se encuentran sometidos cuando las condiciones están abajo del óptimo de los organismos; dentro de estas especies se tiene reporte de *Cephalodella* sp. (Weithoff *et al.*, 2010). En este trabajo obtuvimos resultados muy parecidos ya que entre mayor densidad de alimento la tasa de incremento poblacional de los depredadores alimentados con *B. calyciflorus* es más alta en cambio, al tener menor concentración de alimento y al no poder consumirlo las tasas fueron bajas (tal es el caso de *E. najas* alimentado con *P. patulus*).

8.2 Crecimiento poblacional y cambios morfométricos de las presas

Se observó que los *B. calyciflorus* y *P. patulus* comenzaron a reproducirse y al paso de los días la población aumentó rápidamente mostrando la forma típica de crecimiento sigmoideal en los tratamientos con depredador y en los grupos control. De diversos estudios sobre rotíferos, se sabe que los miembros de la familia *Brachionidae*, con una longitud del cuerpo de 75 a 250 micras pueden alcanzar densidades de 50 a 2000 ind.ml⁻¹ cuando se cultivan en concentraciones de alimento de entre 0.5 y 4.5x10⁶ cels.ml⁻¹ (Dumont & Sarma, 1995). En este estudio al igual que en el realizado por Zamora-Barrios (2015), la población control de *B. calyciflorus* alcanzó densidades que caen dentro del intervalo mencionado (335 ind/ml) y, en cuanto *Plationus patulus*, en estos experimentos se obtuvieron densidades menores a las registradas por Zamora-barrios *et al.* (2015), pero aun así se localizan dentro de lo esperado.

Sarma y colaboradores en el año 2011 realizaron un trabajo en el cual usaron diferentes depredadores (peces, *Ambistoma* y renacuajos) y ellos encontraron que *P. patulus* presenta un mayor crecimiento poblacional al estar ante estos depredadores; en este experimento se observó que, las dos especies de presa (*P. patulus* y *B. calyciflorus*) tienen un mayor crecimiento al estar expuestos ante el depredador aunque no se encontró diferencia significativa de la presa *P. patulus* con el grupo control y en presencia indirecta del depredador. Por lo contrario Nandini *et al.* (2014) realizaron un trabajo en el cual colocaron a la presa (*B. havanaensis*) ante el contacto indirecto de diferentes depredadores (*Asplanchna girodi*, *Eosphora najas*, *Stenostomum leucops* y *Mesocyclops pehpeiensis*) y ellos encontraron que el crecimiento poblacional fue muy similar entre los grupos control y los grupos en donde la presa estuvo en contacto indirecto con los depredadores, es decir, los depredadores no afectaron el crecimiento poblacional de la presa aunque si otras variables como su

promedio de vida, esperanza de vida, las tasas de reproducción y la morfometría de la presa.

La densidad poblacional de las presas (*Brachionus calyciflorus* y *Plationus patulus*) al estar expuesto indirectamente ante una cepa del depredador se comportan igual, en comparación con los grupos control, es decir, no existieron diferencias significativas y esto podría deberse a que *Eosphora najas* no presenta efecto sobre sus presas como lo hace *Asplanchna*. Sarma *et al.*, (2011) encontraron que al estar expuestos los rotíferos *P. macracanthus* y *Brachionus calyciflorus* ante el depredador *Asplanchna brightwellii* las presas desarrollaron espinas más grandes, la densidad poblacional disminuyó significativamente y las variables reproductivas también fueron afectadas debido a la presencia de Kairomonas. Stemberger & Gilbert (1985) mencionan que las estructuras de defensa y máximos rangos reproductivos pueden ser inversamente correlacionados. Por ejemplo *Synchaeta pectinata* y *Brachionus calyciflorus* presentan rangos máximos de crecimiento poblacional ($r=0.87/\text{día}$ a 20°C), pero tienen lorica delgada y son muy vulnerables a la depredación por copépodos. En este caso se observa que las presas no presentan una tasa de crecimiento tan elevada cuando se encuentran ante el depredador y esto podría deberse a que *Eosphora* no consume alimento en grandes cantidades.

Cuando los depredadores capturan, consumen y dañan algunas presas se liberan productos químicos y tienen el potencial de proporcionar información sobre la depredación. Por ejemplo, la presa puede distinguir entre diferentes especies de depredadores y producir defensas específicas dependiendo del grado de ataque (Iyengar & Harvell, 2002). En los resultados obtenidos no se encontró que las presas (*Brachionus calyciflorus* y *Plationus patulus*) presentaran algún tipo de defensa que pudiera evitar la depredación, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al

tamaño de las espinas entre los grupos control y los grupos que estuvieron en contacto indirecto con el depredador. Esto podría deberse a que el depredador no libera ningún tipo de kairomona al consumir estas presas (de Beauchamp, 1952) o no es lo suficientemente voraz como el caso de *Asplanchna*. Gama-Flores *et al.* (2011) observó un mayor tamaño en la espina postero-lateral de *Brachionus calyciflorus* del 4 al 24% usando como depredador a *Asplanchna girodi*. En otro trabajo realizado por Sarma *et al.* (2010) encontraron un mayor aumento en las espinas postero-laterales de *B. calyciflorus* que en las de *B. macracanthus* usando el mismo depredador. En este trabajo se comprueba lo afirmado por de Beauchamp (1952), *Eosphora najas* no induce el crecimiento de espinas en *Brachionus calyciflorus*, pero además los resultados muestran que tampoco se induce el crecimiento de espinas y/o lorica en *Plationus patulus* a pesar de que, se ha llegado a mencionar que *P. patulus* también responde rápidamente a la presencia de aleloquímicos en el medio (Nandini *et al.*, 2011) En este caso tampoco se observó eso con ninguna de las cuatro cepas del depredador.

8.3 Preferencia alimentaria del depredador

Rotíferos *Brachionidos* son el tipo de alimento que más prefieren muchas especies de *Asplanchna* (Stemberger & Gilbert, 1987) debido a que no son coloniales, tienen un el tamaño adecuado para poder ser consumidos (75-350µm), altos rangos de crecimiento, normalmente presentan abundancias altas y pueden coexistir con los depredadores (Nogrady, Wallace & Snell, 1993).

Como ya se mencionó anteriormente, *Brachionus calyciflorus* cuenta con una lorica flexible (Koste, 1978) esto facilita la ingestión para *Eosphora najas* ya que, este depredador presenta un trophi de tipo virgado con el cual perfora y bombea el fluido de sus presas (Nogrady, 1993). Se obtuvo un

resultado muy similar con las cuatro cepas, ya que *Eosphora najas* prefirió a *B. calyciflorus*. En un estudio realizado por Conde-Porcuna & Sarma (1995) encontraron que *Asplanchna* prefiere consumir más a *Keratella cochlearis* que a *Brachionus calyciflorus* debido a que el tamaño de las espinas influye mucho sobre la preferencia del depredador y, como en presencia de *Asplanchna* las espinas de *B. calyciflorus* son de mayor tamaño (Gilbert, 1966) es más complicado poder capturar o ingerir estas presas. En el caso de este estudio se obtuvieron resultados diferentes debido a que *Brachionus calyciflorus* no desarrolló espinas que evitaran su consumo y por esta razón las cuatro cepas de *Eosphora najas* pudieron consumir más fácilmente a esta presa. Este estudio también concuerda con lo encontrado por Santos-Medrano y colaboradores (2016) donde ellos usaron al depredador *Asplanchna brightwellii* y lo alimentaron con diferentes especies de presa (cladóceros, protozoos y rotíferos) realizaron experimentos para determinar la preferencia alimentaria de este depredador y llegaron a la conclusión de que *Asplanchna* prefiere alimentarse del rotífero *Brachionus calyciflorus*.

De Beauchamp (1952) reporta que *E. najas* era capaz de alimentarse de *Lepadella* aunque tiempo después también observó que este rotífero depredador podía comer rotíferos de un tamaño mayor como *Euchlanis*. En estos experimentos se puede observar que las cuatro cepas del depredador prefirieron consumir después de *B. calyciflorus* a *Lepadella patella* y a *Lecane bulla*. Finalmente en el caso de la presa *P. patulus* fue el rotífero que no consumieron tres de las cepas del depredador (Amacuzac, Mazatlán y Tequesquitengo). Solo la cepa de Jamapa pudo consumir un individuo de este rotífero, esto pudo deberse a que fue más fácil de capturar ya que, por lo general los depredadores no consumen en grandes cantidades a esta presa por el tipo de lorica que presentan, es dura y con 10 espinas anteriores y 4 posteriores (Koste, 1978). Esto se puede

comparar con el experimento realizado para ver el número de presas que eran consumidas por *Asplanchna* y por *Eosphora* durante una hora, se observó que el depredador *Asplanchna* prefirió consumir a *B. calyciflorus* y comió pocos *P. patulus* durante una hora. Lo mismo paso con *Eosphora* pero en menor cantidad que *Asplanchna* esto debido a que, *Asplanchna* es uno de los rotíferos depredadores más voraces (Gilbert, 1980).

La preferencia del depredador no solo depende de las defensas que presente la presa sino también de en qué parte de la columna de agua se encuentre, las presas *L. patella* y *L. bulla* son litorales al igual que el depredador mientras que, *Patulus* y *B. calyciflorus* son pelágicos.

9. Conclusiones

- Las curvas del crecimiento poblacional de los cuatro clones del depredador *Eosphora najas* fueron similares al usar las dos especies presas a diferentes concentraciones. Cuando se usó a *B. calyciflorus* a mayor concentración la densidad poblacional de los depredadores fue mayor, mientras que, a menor concentración de *B. calyciflorus* la densidad poblacional disminuyó. La densidad poblacional de las cuatro cepas del depredador fue igual cuando se usó a *P. patulus* como presa en las dos concentraciones.
- Las variables demográficas de la tabla de vida de las cuatro cepas del depredador se comportaron de la misma manera por cada presa. Cuando las cuatro cepas de los depredadores se alimentaron con mayor concentración de *B. calyciflorus* las variables de tasa neta de reproducción, tasa bruta de reproducción y la tasa de incremento poblacional fueron más altas que cuando la concentración de *B. calyciflorus* fue menor. Las variables de tasa neta de reproducción, tasa bruta de reproducción y la tasa de incremento poblacional fueron bajas cuando se alimentó a las cuatro cepas del depredador con *P. patulus* en las dos concentraciones.
- El depredador prefiere alimentarse de *B. calyciflorus* ya que presenta una lorica delgada y es más fácil de perforar para poder succionar su contenido mientras que la lorica de *P. patulus* es más gruesa y con un gran número de espinas.
- El depredador no ejerce ningún efecto sobre la morfología de las presas y debido a ello no se mostró algún cambio en cuanto al tamaño de la lorica o espinas de las presas.
- En presencia del depredador las presas presentan un crecimiento poblacional mayor aunque no fue significativo en comparación con el grupo control.

Es necesario seguir realizando este tipo de estudios ya que existen muchas especies de las cuales se desconoce su ecología y taxonomía, este trabajo es solo un pequeño aporte con el cual se espera sentar las bases para futuros trabajos de esta índole ya que también es necesario realizar más estudios incluyendo otros parámetros como la temperatura, usar otras especies como alimento, y si es posible usar más cepas del depredador para corroborar o comparar los resultados. Finalmente es importante apoyarse de otras herramientas como es el caso de la biología molecular para obtener un mayor conocimiento de las diferentes especies que se encuentran en los sistemas acuáticos, particularmente cuando se infiere la presencia de especies crípticas.

10. Literatura citada

- Akkas, S.B., Kepenek, A.O., Beklioglu, M. & Severcan, F. 2010. Molecular approach to chemical characterization of fish-exuded kairomone: a Fourier transform infrared spectroscopic study. *Aquatic Sciences* 72: 71-83.
- Alcántara-Rodríguez, J. A., J. Ciros-Pérez, E. Ortega-Mayagoitia, C. R. Serrania-Soto & E. Piedra-Ibarra. 2012. Local adaptation in populations of a *Brachionus* group *plicatilis* cryptic species inhabiting three deep crater lakes in Central México. *Freshwater Biology* 57: 728-740.
- Alcocer J. A., Fernando W. Bernal Brooks. 2010. Limnology in México. *Hidrobiología* 644: 15-68.
- Aranguiz-Acuña, A., Ramos-Jiliberto, R. *et al.* 2010. Benefits, costs and reactivity of inducible defenses: an experimental test with rotifers. *Freshwater Biology* 55: 2124-2122.
- Balayla, D. J. y B. Moss. 2003. Spatial patterns and population dynamics of plant-associated microcrustacea (Cladocera) in a English shallow lake (little mire, Cheshire). *Aquatic ecology* 37:417-435.
- Barrera-Moreno, O. A. 2010. Análisis de las poblaciones de los copépodos *Leptodiaptomus* cf. *Sicilis* (Copepoda: Calanoida) en los lagos de la Cuenca Oriental, México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias del Mar y Limnología. México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 71.
- Begon, M.; Harper, J. L. & Townsend, C. L. 1990. Ecology. Individuals populations and communities. 2th. Edition. Blackweell Scientific Publications. London.
- Blanco-Metzler, H. 2004. Las feromonas y sus usos en el manejo integrado de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 71: 112-118.
- Chesson, J. 1978. Measuring preference in selective predation. *Ecology* 59: 211-215.
- Ciros-Pérez, J., Gómez, A. & Serra, M. 2001. On the taxonomy of three sympatric sibling species of the *Brachionus plicatilis* (Rotifera) complex from Spain, with the description of *B. ibericus* n. sp. *Journal of Plankton Research*. 23: 1311-1328.
- Ciros-Pérez, J., E. Ortega-Mayagoitia & J. Alcocer. 2015. The role of ecophysiological and behavioral traits in structuring the zooplankton assemblage in a deep, oligotrophic, tropical lake. *Limnology and Oceanography* 60: 2158-2172.
- Clement, P. & E. Wurdak. 1991. Rotifera. In: Microscopic Anatomy of Invertebrates. Wiley-Liss.: 219–297.
- Conde-Porcuna, J. M. & Sarma. S. S. S. 1995. Prey selection by *Asplanchna girodi* (Rotifera): the importance of prey defence mechanisms. *Freshwater Biology* 33: 341-348.
- De Beauchamp, PP. 1952. Un facteur de la variabilité chez les Rotiferes du genre *Brachionus*. *Compt. Rend.* 234: 573-75.

- De Smet, W. H. 1998. *Cephalodella segersi* n.sp. (Notommatidae, Monogononta), a new rotifer from Belgium, with notes on *C. catellina* (O.F. Muller, 1786), *C. fluviatilis* (Zavadovsky, 1926) and *C. maior* Zavadovsky, 1926 stat. nov *Hydrobiologia*, 367: 1-13.
- Dominguez-Dominguez O., S. Nandini y S.S.S. Sarma. 2007. Larval feeding behavior of the endangered fish golden bubblebee goodeid, *Allotoca dugesi*, implications for conservation of an endangered species. *Fisheries Management and Ecology* 9: 285-291.
- Dumont, H. J. & S. S. S. Sarma, 1995. Demography and population growth of *Asplanchna girodi* (Rotifera) as a function of prey (*Anuraeopsis fissa*) density. *Hydrobiologia* 306: 97–107.
- Ellis, J. E.; Wiens, C. F.; Rodell, C. F.; Anway, J. C. 1976. A conceptual model of diet selecton as an ecosystem. *Journal of Theoretical Biology* 60: 93-108.
- Felix A., Stevens M.E. & Wallace R.L. 1995. Unpalatability of a colonial rotifer, *Sinantherina socialis* to small zooplanktivorous fishes. *Invertebrate Biology* 114: 139– 144.
- Fontaneto D., H. De Smet W. y Giulio M. 2008. Identification key to the genera of marine rotifers worldwide. *Meiofauna Marina* 16: 75-99.
- Flores-Villela, O. & A. G. Navarro-Sigüenza. 1993. Un análisis de los Vertebrados Terrestres Edémicos de Mesoamérica en México. *Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.* 44:387-395.
- Gama-Flores, J. L; Huidobro-Salas, M. E.; Sarma, S. S. S. & Nandini, S. 2011. Effects of predator (*Asplanchna*) type and density on morphometric responses of *Brachionus calcyflorus* (Rotifera). *Allelopathy Journal* 27(2): 289-300.
- Garza-Mouriño, G., M. Silvia-Briano., Nandini, S., Sarma, S. S. S & M. E. Castellanos-Paez. 2005. Morphological and morphometrical variations of select species of Brachionidae: a seasonal sudy from Lake Xochimilco (Mexico). *Hydrobiology* 546: 169-179.
- Gilbert, J. J. 1966. Rotifer ecology and embryological induction. *Science* 151: 1234–1237.
- Gilbert, J.J. 1980. Female Polymorphism and sexual Reproduction in the Rotifer *Asplanchna*: Evolution of Their Relationship and Control By Dietary Tocopherol. *The American Naturalist* 116 (3): 409-431.
- Gilbert, J.J. 1998. Kairomone-induced morphological defenses in rotifers. Pages 127-141 *En: Tollrian R., and C.D. Harvell (eds.), The ecology and evolution of inducible defense.* Princeton University Press. U. S. A.
- Gilbert, J.J. 2009. Predator-specific inducible defenses in the rotifer *Keratella tropica*. *Freshwater Biology* 54: 1933-1946.
- Gilbert, J.J. 2011. Induction of different defences by two enemies in the rotifer *Keratella tropica*: response priority and sensitivity to enemy density. *Freshwater Biology* 56: 926–938.

- Gillooly, J.F. 2000. Effect of body and temperature on generation time zooplankton. *Journal of Plankton Research* 22: 241-251.

- Gómez., A. & M. Serra, 1995. Behavioral reproductive isolation among sympatric strains of *Brachionus plicatilis* Müller 1786: insights into the status of this taxonomic species. *Hydrobiología* 313: 111-119.

- Gómez., A. & T. W. Snell. 1996. Sibling species in the *Brachionus plicatilis* species complex. *Journal of Evolutionary Biology* 9: 953-964.

- Gómez., A., M. Serra, G. R. Carvalho & D. H. Lunt. 2002. Speciation in ancient cryptic species complexes: evidence from the molecular phylogeny of *Brachionus plicatilis* (Rotifera). *Evolution* 56: 1431-1444.

- Harring HK, FJ Myers. 1922. The rotifer fauna of Wisconsin. Trans. WI Acad. Sci. Arts Lett. 20: 553-662, pls. 51-61.

- Iyengar, E. V. & Harvell, C. D. 2002. Specificity of cues inducing defensive spines in the bryozoan *Membranipora membranacea*. *Marine Ecology Progress Series* 225: 205-218.

- Jyoti Arora & N. K. Mehra. 2009. Seasonal dynamics of zooplankton in a shallow eutrophic, man-made hyposaline lake in Delhi (India): role of environmental factors. *Hydrobiologia*. 626: 27-40.

- Kamjunke N., Gaedke U., Tittel J., Weithoff G. & Bell E.M. 2004. Strong vertical differences in the plankton composition of an extremely acidic lake. *Archiv für Hydrobiologie*, 161, 289–306.

- Kats, L. B & L. M. Dill. 1998. The scent of death: chemosensory assessment of predation risk by prey animals. *Ecoscience* 5: 361– 394.

- Kirk K.L. & Gilbert J.J. 1988. Escape behavior of *Polyarthra* in response to artificial flow stimuli. *Bulletin of Marine Science* 43: 551–560.

- Koste, W. 1978. Rotatoria: Die Radertiere Mitteleuropas. Gebruder Borntraeger. Berlin Stuttgart. 672pp.

- Krebs, C. J. 1985. The experimental Analysis of Distribution and abundance 3rd end. Harper and Row, New York.

- Lee, C. E. 2000. Global phylogeography of cryptic copepod species complex and reproductive isolation between genetically proximate “populations”. *Evolution* 54: 2014-2027.

- Lesica, P. & Shelly, J. S. 1995. Effects of reproductive mode on demography and life history in *Arabis fecunda* (Brassicaceae) *American Journal of Botany*. 82(6): 752-762.

- Mayr, E. 1996. What is a species, and what is not? *Philosophy of science* 63 (2) : 262.

- Meyers, D. G & J.R Strickler. 1984. Trophic interactions within aquatic ecosystems. AAAS Selected Symp. Ser., 85. Westview Press, Boulder, Colorado. 478pp.
- Nandini, S., Pérez-Chavez, R & Sarma S. S. S. 2003. The effect of prey morphology on the feeding behavior and population growth of the predatory rotifer *Asplanchna sieboldi*: a case study using five species of *Brachionus* (Rotifera). *Freshwater Biology* 48: 2131–2140.
- Nandini, S., Sarma, S.S.S. & Dumont, H.J. 2011. Predatory and toxic effects of the turbellarian (*Stenostomum cf leucops*) on the population dynamics of *Euchlanis dilatata*, *Plationus patulus* (Rotifera) and *Moina macrocopa* (Cladocera). *Hydrobiologia* 662: 171-177.
- Nandini, S., F.S. Zúñiga-Juárez and Sarma S.S.S. 2014. Direct and indirect effects of invertebrate predators on population level responses of the rotifer *Brachionus havanaensis* (Rotifera). *International Review of Hydrobiology* 99: 107-116.
- Nandini, S., Sarma, S. S. S. & Gulati, R. D. 2017. A seasonal study reveals the occurrence of exotic rotifers, the river Antigua, Veracruz, close to the gulf of México. *River Res. Applic.* DOI: 10.1002/rra. 3140.
- Nogrady, T, Wallace R.L. y Snell T. W. 1993. Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World Rotifera. Vol. 1. Biology, Ecology and Systematics. SBP Academic Publishers, The Hague, The Netherlands. 142p.
- Nogrady T., Wallace R.L. & Snell T.W. 1993. Rotifera. Volume 1: Biology, Ecology and Systematics. SPB Academic Publishing bv, Amsterdam, 123 pp
- Nuñez, I., Gonzales-Gaudio, E. y Barahona, A. 2003. Biodiversity: History and context of a concept. *Interciencia*. 28: 387-393.
- Oogami, H. 1976. On the morphology of *Brachionus plicatilis*. Newsletter from Izu Branch, Shizuoka. *Prefectural Fish-eries Research Center* 184: 2-5.
- Pavón-Meza, E. L., Sarma S. S. S & Nandini, S. 2008. Combined effects of temperature, food availability and predator's (*Asplanchna girodi*) allelochemicals on the demography and population growth of *Brachionus havanaensis* (Rotifera). *Allelopathy Journal* 21: 95-106.
- Pourriot, R. 1960. Recherches sur la Biologie de Rotifère *Eosphora najas* Ehrenberg. *Hydrobiologia* 16: 309.
- Reza Malekzadeh Viayeh & Maria Spoljar. 2012. Structure of rotifer assemblages in shallow waterbodies of semi-arid northwest Iran differing in salinity and vegetation cover. *Hydrobiologia* 686: 73-89.
- Rico-Martínez, R. & Silva-Briano, M. 1993. Contribution to the knowledge of the rotifer of México. *Hydrobiologia*. 255/256: 467-474.
- Santos-Medrano, G. E. Robles-Vargas, D. Hernández-Flores, S. Rico-Martínez, R. 2016. Life table demography of *Asplanchna brightwellii* Gosse, 1850 fed with five different prey items. *Hydrobiologia* 796: 169-179.

- Sarma, S. S. S & T. R. Rao. 1987. Effect of food level on body size and egg size in a growing population of the rotifer *Brachionus patulus* Muller. Archiv für *Hydrobiology* 111: 245–253.
- Sarma, S. S. S & T. R. Rao. 1991. The combined effects of food and temperature on the life history parameters of *Brachionus patulus* Muller (Rotifera) Int. Revue ges. *Hydrobiology* 2: 76 255-239.
- Sarma S. S. S & Manuel Elías-Gutierrez. 1999. A survey on the rotifer (Rotifera) fauna of the Yucatan Peninsula (México). *Rev. Biol. Trop.* 187-196.
- Sarma S. S. S.; E. Lucía Pavón-Meza & Nandini S. 2003. Comparative population growth and life table demography of the rotifer *Asplanchna girodi* at different prey (*Brachionus calyciflorus* and *Brachionus havanaensis*) (Rotifera) densities. *Hydrobiology* 491: 309-320.
- Sarma, S.S.S., R.D. Gulati & Nandini, S. 2005. Factors affecting egg-ratio in planktonic rotifers. *Hydrobiology* 546: 361-373.
- Sarma, S.S.S & Nandini, S. 2007. Small prey size offers immunity to predation: A case study on two species of *Asplanchna* and three brachionid prey (Rotifera). *Hydrobiology* 593: 67-76.
- Sarma S. S. S.; Lara Resendiz Rafael Alejandro & Nandini S. 2011. Morphometric and demographic responses of brachionid prey (*Brachionus calyciflorus* Pallas and *Plationus macracanthus* (Daday)) in the presence of different densities of the predator *Asplanchna brightwellii* (Rotifera: Asplanchnidae). *Hydrobiologia* 662: 179-187.
- Segers H. 2007. Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa*, 1564: 1–104.
- Serra, M. & M. R. Miracle. 1983. Biometric analysis of *Brachionus plicatilis* ecotypes from Spanish lagoon. *Hydrobiologia*. 104: 279-291.
- Serra, M. & M. R. Miracle. 1987. Biometric variation in three strains of *Brachionus plicatilis* as a direct response to abiotic variables. *Hydrobiologia*. 147: 83-89.
- Serra, M., A. Gómez & M. J. Carmona. 1998. Ecological genetics of *Brachionus* sympatric sibling species. *Hydrobiologia* 387: 373-384.
- Serranía-Soto, Carmen. R. 2006. Diversidad de Rotíferos Monogonontos de la parte central de México. Tesis de Maestría en ciencias (sistemática). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 74p.
- Shigin, A. A., 1981. Freshwater biocenosis components as helminth eliminators. Itogi nauki i tekhniki. Seriya: Zooparasitologiya, vol.7. Populational and biocenotic aspects of the helminth studies pp 89-133 (in Russian).
- Snell, T. W. & King C. E. 1977. Lifespan and Fecundity Patterns in Rotifers: The Cost of Reproduction. *Evolution*. 31 (4): 882-890.

- Snell, T. W. & K. Carrillo. 1984. Body size variation among strains of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 37: 359-367.
- Stemberger, R. S & Gilbert, J. 1985. Evolutionary responses mediated by chemicals. Pages 235 *In*: Tollrian R., & C.D. Harvell (eds.), *The ecology and evolution of inducible defense*. Princeton University Press, Princeton.
- Stemberger, R. S. 1988. Reproductive costs and hydrodynamic benefits of chemically induced defenses in *Keratella testudo*. *Limnology. Oceanographic* 33: 593-606.
- Suatoni, E., S. Vicario, S. Rice, T. Snell & A. Caccone. 2006. An analysis of species boundaries and biogeographic patterns in a cryptic species complex: the rotifer-*Brachionus plicatilis*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 41: 86-98.
- Tobler, M., Riesch, R., Garcia de León, F. J. & Schlupp, M. P. 2008. A new and morphologically distinct population of cavernicolous *Poecilia Mexicana* (Poeciliidae: Teleostei). *Environmental Biology of Fishes* 82: 101-108.
- Tollrian, R. & Harvell, C. 1987. Kairomone-induced morphological defenses in rotifers. Princeton University. Press- U. S. A. 127-141.
- Tollrian, R., 1995. Predator-induced morphological defenses: costs, life history shifts, and maternal effects in *Daphnia pulex*. *Ecology* 76: 1691–1705.
- Vaillant, J. J., Bock, D. G., Haffner, G. D. & Cristescu, M. E. 2013. Speciation patterns and processes in the zooplankton of the ancient lakes of Sulawesi Island, Indonesia. *Ecology and Evolution* 3 (9): 3083-3094.
- Velasco-Castrillón, Alejandro & John, A. E. Gibson. 2014. A review of current Antarctic limno-terrestrial microfauna. *Polar Biol.* 37: 1517-1531.
- Walz, N. 1995. Rotifer populations in plankton communities: Energetics and life history strategies. *Experientia* 51: 437-453.
- Walker, K. F. 1981. A synopsis of ecological information on the saline lake rotifer *Brachionus plicatilis* müller, 1786. *Hydrobiologia* 81: 159-1167.
- Weisse, T., Laufenstein, N. & Weithoff, Guntram. 2013. Multiple environmental stressors confine the ecological niche of the rotifer *Cephalodella acidophila*. *Freshwater biology.* 58, 1008-1015.
- Weithoff G., Moser M., Kamjunke N., Gaedke U. & Weisse T. 2010. Lake morphometry strongly shapes the plankton community structure in acidic mining lakes. *Limnologica* 40: 161–166.
- Weithoff, Guntram. 2015. On the ecology of the rotifer *Cephalodella hoodi* from an extremely acidic lake. *Freshwater Biology.* 50: 1464-1473.
- Weber, C. 1993. Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms, 4th ed. United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, EPA/600/4-90/027.

- Williams, D.D. 1998. Temporary ponds and their invertebrate communities. *Aquatic Conservation: Marine and freshwater Ecosystems* 7: 105-117.
- Zamora Barrios, C. A., Nandini, S. & Sarma. S. S. S. 2015. Effect of crude extracts of *Dolichospermum planctonicum* on the demography of *Plationus patulus* (Rotifera) and *Ceriodaphnia cornuta* (Cladocera). *Ecotoxicology* 24: 85-93.
- <http://www.mapserver.inegi.gob.mx/geografiaespañol/datos>