

Análisis del crecimiento y composición bioquímica del rotífero *Brachionus plicatilis* (Müller 1786), alimentado con biomasa de *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont, 1892

Analysis of the growth and biochemical composition of the rotifer *Brachionus plicatilis* (Müller 1786), fed with biomass of *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont, 1892

Berenice Licet¹ , Miguel Guevara² , Rorays Cortez³ , Leonor Brito³ , Mary Segnini³ 

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Sucre - Nueva Esparta, Venezuela.

²Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña (INFODOSU) Santo Domingo, República Dominicana.

³Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente, estado Sucre, Venezuela.

Correspondencia: Berenice Licet-Andr  dez **E-mail:** licetberenice@gmail.com

Original article | Artículo original

Palabras clave

Microalgas
dieta
productividad
componentes
energéticos.

RESUMEN | El rotífero *Brachionus plicatilis* es comúnmente empleado como dieta en el cultivo de larvas de peces e invertebrados. En este estudio, se evaluó el crecimiento y composición bioquímica de este rotífero, alimentado con biomasa de *Spirulina subsalsa*, para verificar si dicho alimento proporciona los nutrientes necesarios para su cultivo. Los cultivos se iniciaron con una densidad de 100 rot/mL y se le suministró 1,5 mg/L/día de biomasa de *S. subsalsa* disgregada en agua de mar, usando como control cultivos frescos de *Tetraselmis chuii* (1,5 mg/L/día), durante 10 días. Se cuantificó la fecundidad (número de huevos/hembra) y la densidad poblacional de rotíferos. Al final del ensayo, los rotíferos fueron cosechados y mantenidos a -20C hasta el momento de los análisis bioquímicos. La densidad poblacional al final del ensayo mostró diferencias significativas entre las dietas, alcanzando con *T. chuii* la mayor densidad poblacional (255  5 rot/mL), mientras que con *S. subsalsa* se obtuvo una densidad de 210  10 rot/mL. La productividad fue mayor (15.500  500 rot/L/día) cuando se utilizó como alimento a *T. chuii*; no obstante, con *S. subsalsa* se alcanzó 11.000  1000 rot/L/día. La mayor tasa de crecimiento se obtuvo con *T. chuii* (0,12  0,00026 rot/día) y fecundidad (1,47  0,15 huevos/hembra), en comparación con 0,10  0,0057 rot/día y 0,83  0,06 huevos/hembra obtenidos con *S. subsalsa*. Los valores de proteínas variaron entre 27-35%, los carbohidratos entre 9-12% y los lípidos entre 16 -25%, sin diferencia significativa entre dietas. Este estudio evidenció que las biombras obtenidas con *S. subsalsa* mostraron contenidos aceptables de los componentes bioquímicos, para ser utilizadas como dieta alternativa para el cultivo del rotífero *B. plicatilis*, y de esta manera garantizar un buen producto de alta calidad nutricional en las industrias acu  colas.

Keywords

Microalgae
diet
productivity
fecundity
energetic
components

ABSTRACT | The rotifer *Brachionus plicatilis* is commonly used as a diet in the culture of fish larvae and invertebrates. In this study, the growth and biochemical composition of this rotifer, fed with the biomass of *Spirulina subsalsa*, were evaluated to verify if said food provides the necessary nutrients for its culture. The cultures started with a density of 100 rot/mL and were fed 1.5 mg/L/day of *S. subsalsa* biomass disintegrated in seawater, using fresh cultures of *Tetraselmis chuii* (1.5 mg/L/day) as a control. for 10 days. Fecundity (number of eggs/female) and population density of rotifers were quantified. At the end of the trial, the rotifers were harvested and kept at -20   C until the time of biochemical analyses. The population density at the end of the trial showed significant differences between the diets ($P < 0.05$), with *T. chuii* reaching the highest population density (255  5 rot/mL), and 210  10 rot/mL with *S. subsalsa*. Productivity was higher (15,500  500 rot/L/day) when *T. chuii* was used as food, and 11,000  1000 rot/L/day when using *S. subsalsa*. The highest growth rate was obtained with *T. chuii* (0.12  0.00026 rot/day) and fecundity (1.47  0.15 eggs/female), compared to 0.10  0.0057 rot/day and 0.83  0.06 eggs/female obtained with *S. subsalsa*. Protein values varied between 27-35%, carbohydrates between 9-12%, and lipids between 16-25%, with no significant difference between diets. This study showed that the biomasses obtained with *S. subsalsa* showed acceptable contents of biochemical components, to be used as an alternative diet for the cultivation of the rotifer *B. plicatilis*, and in this way guarantee a good product of high nutritional quality in aquaculture industries.

INTRODUCCIÓN

Los rotíferos son uno de los organismos zooplanctónicos más utilizados en los últimos años en acuicultura marina y de agua dulce, debido a características como: tamaño pequeño, fácil cultivo, constante movimiento en el agua, rápido desarrollo y alto valor nutritivo (Jabeur *et al.* 2013, Heneash *et al.* 2015).

Las principales especies de rotíferos utilizados en la acuicultura son: *Brachionus plicatilis*, *B. calyciflorus*, *B. rubens*, *B. urceolaris* y *B. falcatus* (Prieto-Guevara y Espitia 2001), siendo el primero el más usado a partir de la década de los 60's para alimento de especies acuáticas, debido a que transfiere eficientemente los ácidos grasos poliinsaturados algales, sumamente importantes para el desarrollo favorable de las larvas de peces (Sánchez-Torres *et al.* 2008).

En la larvicultura marina, el uso de rotíferos como alimento mejora significativamente el rendimiento de la alimentación inicial de las larvas de peces y aumenta sus tasas de supervivencia. La producción de rotíferos, así como su calidad nutricional, depende de las condiciones de cultivo y del tipo de alimento que se le suministre (Polo *et al.* 1992; Planas y Cunha 1999, Alagawany *et al.* 2021, Lubzens 1987, Lubzens *et al.* 2001). Muchas especies de microalgas se han utilizado con éxito como alimento vivo para rotíferos, entre estas, las de los géneros: *Tetraselmis*, *Nannochloropsis*, *Dunaliella*, *Chaetoceros*, *Rhodomonas* e *Isochrysis* (Treece y Davis 2000, Dhert *et al.* 2001, Hoff y Snell 2001, Wikfors y Ohno 2001, Guevara *et al.* 2011, Pérez *et al.* 2018).

Tomando en consideración que la producción a gran escala de zooplancton, como *Brachionus plicatilis* (Müller 1786), requiere de grandes cantidades de microalgas vivas, lo cual encarece su cultivo (Lavens y Sorgeloos 1996), se ha hecho imprescindible la búsqueda de fuentes alimenticias alternas que permitan obtener producciones masivas con alto valor nutritivo y a menor costo. Un buen sustituto de las microalgas vivas viene a ser la biomasa preservada, bajo refrigeración, de las cianobacterias de los géneros *Spirulina* o *Arthrospira*. Estas cianobacterias aportarían a los rotíferos los nutrientes necesarios para su desarrollo, entre estos: proteínas (60-70%), lípidos (6 y 13%) y ácidos grasos: linoleico (20 a 30%), palmítico (55 a 70%), oleico (3 a 50%) y los poliinsaturados n-3 y n-6, 10 -20% (Ramírez y Olvera, 2006). Los estudios más relevantes que destacan el uso de biomasa de *Arthrospira platensis* como alimento de *B. plicatilis* incluyen a Jabeur *et al.*, (2013), quienes demostraron que el polvo de *A. platensis* produce un incremento en la densidad poblacional de este rotífero. Más recientemente, Zaki *et al.* (2021), obtuvieron las mayores producciones y tasas reproductivas de este organismo al suministrar 0.6 g de biomasa de esta cianobacteria por 20.000 rotíferos.

En Venezuela son escasos los estudios con relación al uso de biomasa de *Arthrospira* o *Spirulina* como alimento del zooplancton. En el presente estudio se evaluó una cepa nativa de *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont, 1892, aislada de la represa Clavellino, estado Sucre, con el objetivo de analizar el crecimiento y componentes bioquímicos del rotífero *B. plicatilis* alimentados con la harina de esta cianobacteria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Organismos experimentales

La cepa de *Spirulina subsalsa* fue aislada de la represa Clavellino, estado Sucre, Venezuela (10° 21' N, 63° 36' O), a partir de muestras de agua superficial (0-5 m de profundidad) con recolectores plásticos estériles de 350 mL de capacidad, entre 0-5 m de distancia de la orilla del embalse y posteriormente llevadas al Laboratorio de Biotecnología de Microalgas del Departamento de Biología Pesquera del Instituto Oceanográfico de Venezuela, en la Universidad de Oriente. En el laboratorio, las muestras de agua del embalse fueron diluidas en agua destilada previamente esterilizada (120 °C, 15 psi, 15 min). Posteriormente, las muestras fueron inoculadas con la ayuda de un asa de siembra en placas de Petri contentivas de 15 mL de medio sólido *Spirulina* (AIBA & OGAWA, 1977) e incubadas a temperatura de 25±1°C, iluminación de 39 µE/m² s y fotoperiodo 12:12, hasta la aparición de las colonias verdeazuladas. Estas últimas fueron tomadas con asa de siembra y resuspendidas en medio *Spirulina* líquido para su purificación. Una vez obtenidas, las colonias puras de la cianobacteria se colocaron en tubos de vidrios estériles con tapas de baquelita de 15 mL de capacidad, contentivos de 10 mL de medio líquido *Spirulina* y se mantuvieron en cámara de cultivo a las condiciones ambientales antes mencionadas. La pureza de la cepa se verificó mediante observaciones en el microscopio a 40X y siguiendo las claves taxonómicas propuesta por Aguiar (2013). La cepa aislada fue incorporada al Banco de Germoplasma de Algas del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, con el código BGAUDO 161.

Para la preparación del medio de cultivo se us   agua de grifo, filtrada y ozonizada, la cual fue enriquecida con el medio de cultivo T20BS contentivo de fertilizante agrícola Triple 20 (20:20:20), bicarbonato de sodio (4 g/L) y cloruro de sodio (1 g/L). Los inóculos para estos cultivos provenían de cultivos previamente aclimatados. Los cultivos se realizaron de forma discontinua, por triplicado, bajo condiciones de medio ambiente controlado (T: 30  1   C; iluminación: 3000 lux; agitación manual, fotoperiodo 12:12), durante 15 días. Se usaron frascos de vidrio, contentivos de 3 L del medio de cultivo. La densidad poblacional inicial fue de 0,5  0,025 mg/L, y desde el inicio del ensayo y cada 72 h se tomaron muestras de cada uno de los tratamientos para determinar el pH y el crecimiento poblacional según criterio de PELIZER & OLIVEIRA (2014). Cuando los cultivos alcanzaron la fase exponencial se cosecharon totalmente, filtrándolos en manga de permalina. La biomasa cosechada, después de varios lavados con agua acidulada (pH 4), se colocó en una estufa a 50  C hasta obtener masa constante. Luego de secada, se pulverizó en un mortero y la harina obtenida se reserv   para usarse como alimento en los ensayos de cultivos del rotífero *Brachionus plicatilis*.

La cepa de *Brachionus plicatilis*, fue aislada de las salinas de Araya, Venezuela (10  30' -10  40'' N - 63  32' -64  21'' W), siendo el tamaño de los rotíferos 220  40   m considerado como L (largo), por la longitud de lírica. Una muestra de este organismo está depositada en la colección de cultivos planctónicos del Laboratorio de Biotecnología de Zooplankton del Departamento de Biología Pesquera del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente.

Para el proceso de adaptabilidad, se tomaron muestras de rotíferos y se colocaron en una cámara de Bogorov, de donde se extra  an ejemplares entre 3 y 4 individuos, y se colocaban en tubos de ensayo con salinidad igual a la del medio (37 UPS). Los rotíferos estaban provistos de la microalga *Tetraselmis chuii* con una concentración de 3X10⁵ cel/ml. por 24 h, luego se revisaban los tubos de ensayos y se extra  an 2 o 4 rotíferos, esto se repitió hasta el 7 día hasta lograr la adaptación de los rotíferos a las condiciones de salinidad, temperatura y alimento.

Condiciones de cultivo

Una vez que los ejemplares alcanzaron su proceso de adaptación, los cultivos de *B. plicatilis* se realizaron en una sala climatizada (25  1   C) en matraces de 500 mL de capacidad, conteniendo 250 mL de agua de mar (37 ppm) filtrada y esterilizada, con una densidad de siembra de 100 rot/mL, a los cuales se le suministraron 1,5 mg/L/día de biomasa de *S. subsalsa* disgregada en agua de mar. Los cultivos se efectuaron por triplicado durante 10 días y estuvieron provistos de aireación continua (50 mL/min). Los cultivos controles fueron realizados en idénticas condiciones, usando como alimento cultivos frescos de la microalga *T. chuii* (1,5 mg/L/día), la cual es de uso común en los cultivos de rotíferos. La intensidad lumínica en el laboratorio fue de 2500 Lux. Cabe resaltar, que la temperatura del cultivo fue de 27  2   C en el laboratorio, con un fotoperiodo 12/12 h (oscuridad y luz). Diariamente se cuantificó la fecundidad (número de huevos/hembra) y la densidad poblacional de rotíferos, utilizando una cámara de Bogorov y una lupa estereoscópica. Con los datos de densidad poblacional se determinaron los parámetros poblacionales. Al final del ensayo (10 días), los rotíferos fueron cosechados y mantenidos en refrigeración a -20  C hasta el momento de los análisis bioquímicos.

Parámetros poblacionales

Con los datos de densidad poblacional diaria se realizaron curvas del incremento de la población (densidad poblacional vs días de cultivo). A partir de esta curva se determinó la fase de crecimiento exponencial, para luego calcular la tasa instantánea de crecimiento y la productividad (rot/L/día), de acuerdo con Navarro y Yúfera (1998).

Tasa instantánea de crecimiento (r):

$$r = \frac{\ln(N_t) - \ln(N_0)}{t}$$

Donde:

r= tasa instantánea de crecimiento (rot/día)

No y Nt= número inicial y final de rotíferos en la fase de crecimiento exponencial, respectivamente.

t= tiempo en días.

Fecundidad al final del ensayo

$$F = \frac{\text{Números de huevos totales}}{\text{Hembras totales}}$$

Donde:

F= fecundidad (número de huevos/hembra)

Productividad (rot/L/día)

$$P = \frac{D_{\text{máx}} - D_0}{t}$$

Donde:

P= productividad (rot/L/día)

D_{máx}= densidad máxima de rotíferos alcanzada al final de la fase de crecimiento exponencial.

D₀= densidad inicial de rotíferos.

t= tiempo en días.

Composición bioquímica de los rotíferos

Los análisis bioquímicos se realizaron al final del ensayo (10 días), por métodos espectrofotométricos e incluyeron proteínas, lípidos y carbohidratos totales. Las proteínas totales se estimaron por el método de Lowry *et al.* (1951), los lípidos totales por el de Bight y Dyer (1959), mientras que la cuantificación de los carbohidratos totales se realizó mediante un ensayo cuantitativo basado en la carbonización de la materia orgánica (Pande *et al.* 1963) y los carbohidratos se determinaron según Dubois *et al.* (1956).

Pigmentos fotosintéticos

En cuanto al contenido de clorofila *a* se realizó de acuerdo con la metodología de Jeffrey y Humphrey (1975): Clorofila *a* (µg/mL) = 11,93 (A₆₆₄) - 1,93 (A₆₄₇) y los carotenoides totales se determinaron mediante la ecuación propuesta por Strickland y Parsons (1972): carotenoides totales (µg/mL)= 4 (A₄₈₀).

RESULTADOS

Parámetros poblacionales

Crecimiento poblacional

En la figura 1, se observa la densidad poblacional del rotífero *B. plicatilis* cuando fue alimentado con *T. huii* y *S. subsalsa*. La fase de crecimiento exponencial se observó entre los días 4-10. La densidad poblacional al final del ensayo mostró diferencias significativas entre las dietas evaluadas ($P < 0,05$), siendo *T. chuii* el alimento que propició la mayor densidad poblacional (255 ± 5 rot/mL); por su parte, la dieta a base de *S. subsalsa* permitió obtener densidades de rotíferos de 210 ± 10 rot/mL.

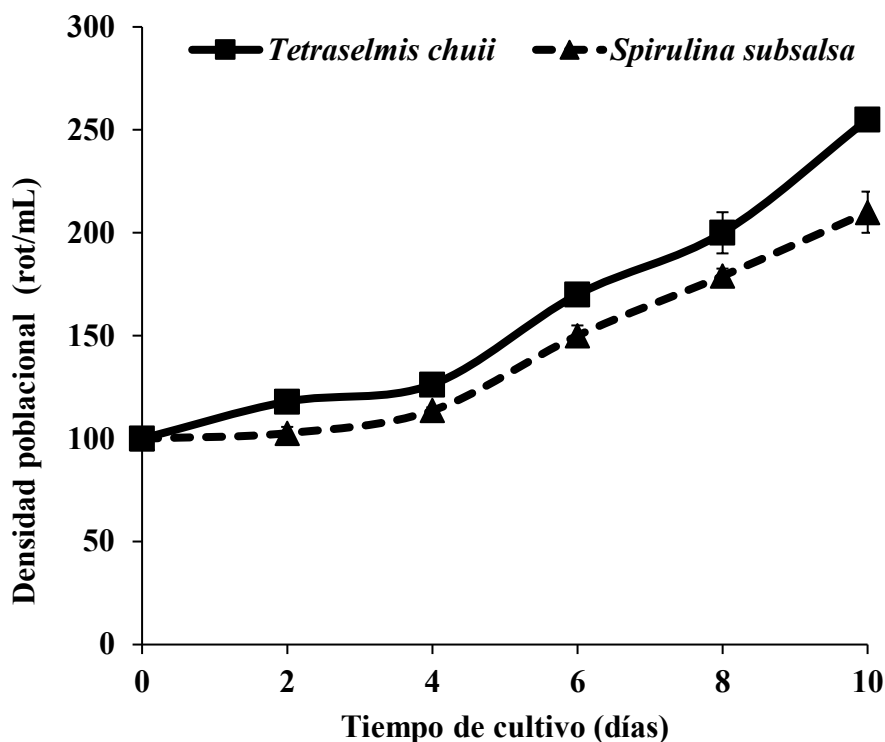


Figura 1. Crecimiento (rotíferos/mL) del rotífero *Brachionus plicatilis* alimentado con *Tetraselmis chuii* y *Spirulina subsalsa* durante 10 días de cultivo.

Figure 1. Growth (rotifers/mL) of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed with *Tetraselmis chuii* and *Spirulina subsalsa* during 10 days of culture

Productividad

Las productividades obtenidas en los cultivos de *B. plicatilis* mostraron diferencias significativas (Prueba t de Student 7,0; $P < 0,01$) entre las dietas evaluadas. Este parámetro fue mayor (15.500 ± 500 rot/L/día) cuando se utilizó como alimento a *T. chuii*; no obstante, *S. subsalsa* permitió obtener productividades de 11.000 ± 1000 rot/L/día (Fig. 2).

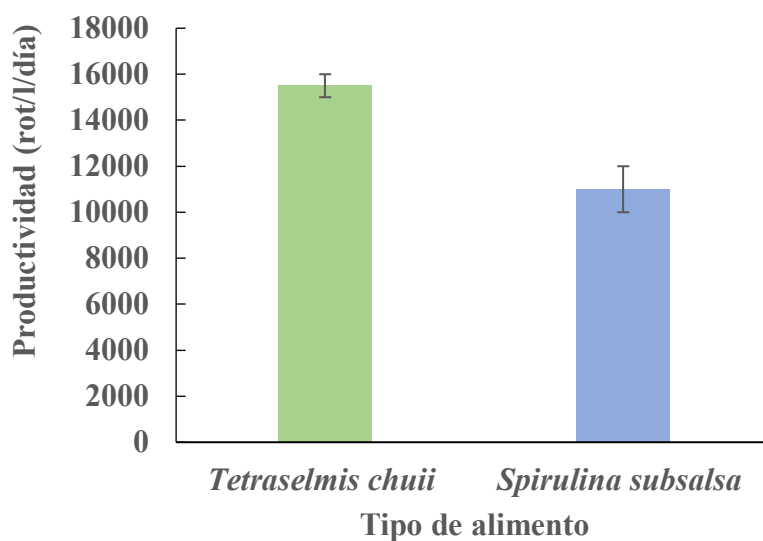


Figura 2. Productividad (rotíferos/L/día) del rotífero *Brachionus plicatilis* alimentado con *Tetraselmis chuii* y *Spirulina subsalsa* durante 10 días de cultivo.

Figure 2. Productivity (rotifers/L/day) of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed with *Tetraselmis chuii* and *Spirulina subsalsa* during 10 days of culture

Tasa de crecimiento y fecundidad

Las tasas de crecimiento (Fig. 3) y la fecundidad (Fig. 4) de *B. plicatilis* mostraron diferencias significativas (Prueba t de Student 5,53 y 6,86, respectivamente; $P < 0,05$) entre las dietas evaluadas, siendo *T. chuui* el alimento que ocasionó las mayores tasas de crecimiento ($0,12 \pm 0,0026$ rot/día) y fecundidad ($1,47 \pm 0,15$ huevos/hembra). En tanto que, con *S. subsalsa* como alimento, *B. plicatilis* obtuvo una tasa de crecimiento y una fecundidad de $0,10 \pm 0,0057$ rot/día y $0,83 \pm 0,06$ huevos/hembra, respectivamente.

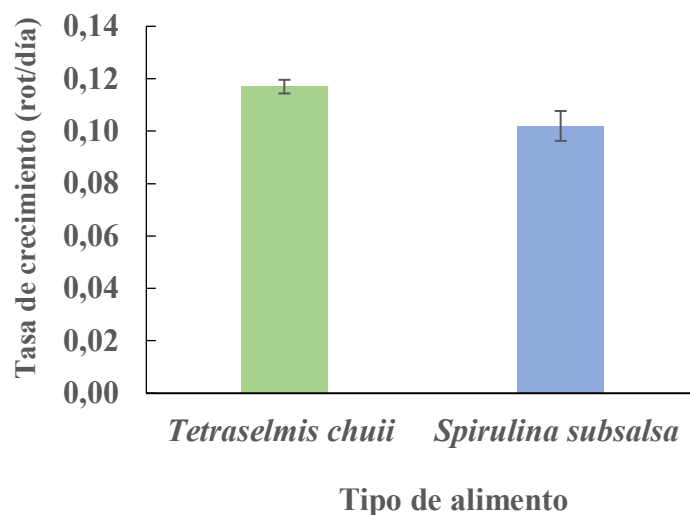


Figura 3. Tasa de crecimiento de *Brachionus plicatilis* alimentado con *Tetraselmis chuui* y *Spirulina subsalsa* durante 10 días de cultivo.
Figure 3. Growth rate of *Brachionus plicatilis* fed with *Tetraselmis chuui* and *Spirulina subsalsa* during 10 days of culture.

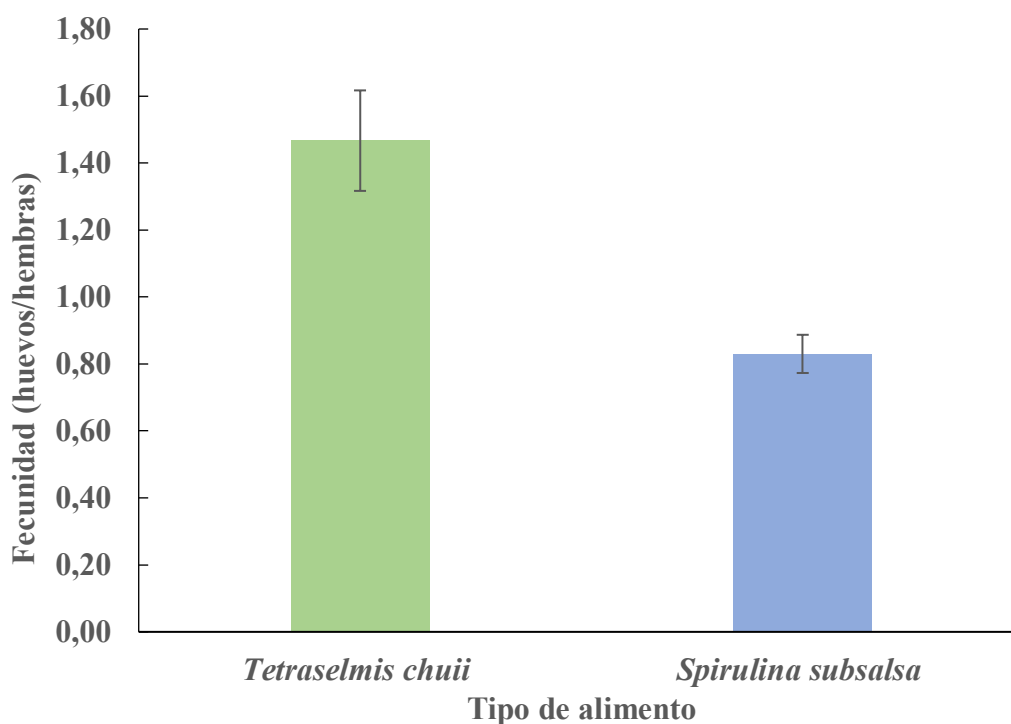


Figura 4. Fecundidad de *Brachionus plicatilis* alimentado con *Tetraselmis chuui* y *Spirulina subsalsa* durante 10 días de cultivo.
Figure 4. Fecundity of *Brachionus plicatilis* fed with *Tetraselmis chuui* and *Spirulina subsalsa* for 10 days of culture.

Componentes químicos

Los contenidos de proteínas, lípidos y carbohidratos de *B. plicatilis* no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en las diferentes dietas evaluadas (Fig. 5). Esto es de mucha importancia, dado que se evidencia que el uso de *S. subsalsa* puede garantizar una calidad nutricional de *B. plicatilis* similar a la obtenida cuando se usa la clorofita *T. chuii*. Los valores de proteínas variaron entre 27-35%, los carbohidratos entre 9-12% y los lípidos entre 16 -25%.

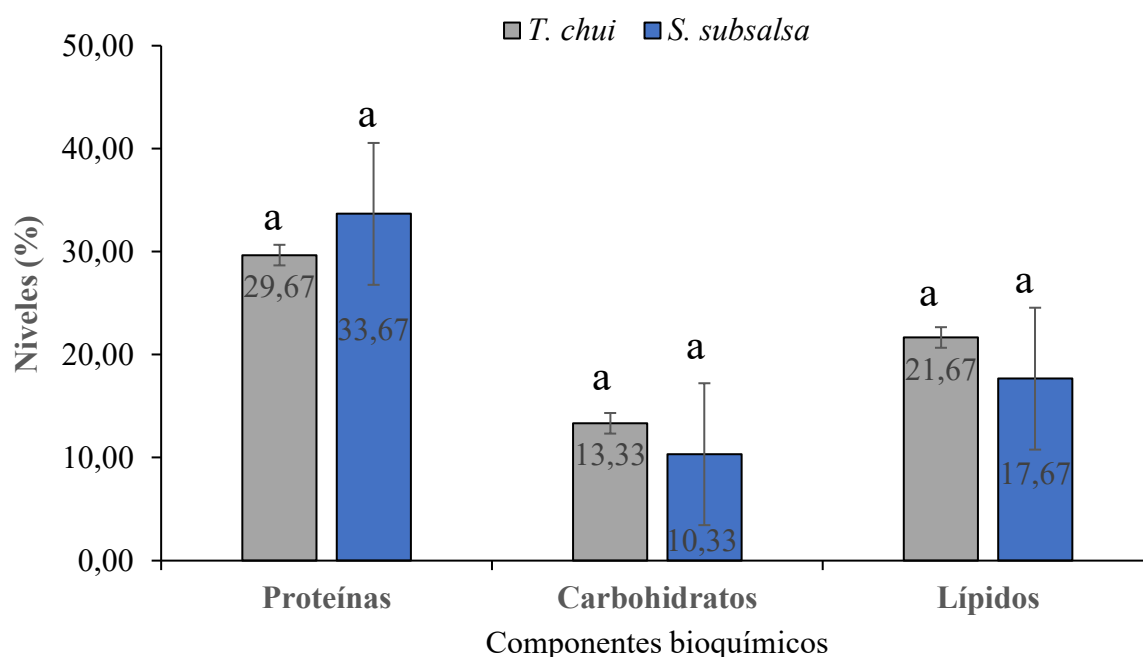


Figura 5. Contenidos de proteínas, lípidos y carbohidratos (%; media $\pm$ DE) de *Brachionus plicatilis* alimentados con *Tetraselmis chuii* o *Spirulina subsalsa*. Letras diferentes en cada renglón representan diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figure 5. Contents of proteins, lipids and carbohydrates (%; mean $\pm$ SD) of *Brachionus plicatilis* fed with *Tetraselmis chuii* or *Spirulina subsalsa*. Different letters in each row represent significant differences ($P < 0.05$).

DISCUSIÓN

En esta investigación se evidenció que el uso de biomasa de *S. subsalsa* como alimento del rotífero *B. plicatilis* es una alternativa viable para obtener producciones masivas de este zooplankton con una calidad nutricional similar a la mostrada cuando se us   microalgas unicelulares, como *T. chuii*.

Con respecto a las densidades poblacionales de *B. plicatilis*, Román-Reyes et al. (2014) obtuvieron 215 rot/ mL al utilizar como alimento biomasa de la cianobacteria *Spirulina*, similares a las del presente trabajo (210 rot/ mL). Por su parte, Rajendiran et al. (2007) alimentaron al rotífero *B. calyciflorus* con biomasa de *A. platensis* y reportaron una producción de individuos de $149,70 \pm 7,12$ indiv/mL, densidades más bajas que las mostradas en esta investigación. En contraste, Zaki et al. (2021) encontraron el mayor incremento poblacional (54.000.000 rot/mL) y un número significativamente mayor de hembras ovadas de *B. plicatilis* (9.000.000 rot/mL), al ser alimentadas con la biomasa de *A. platensis*.

Otras investigaciones relacionadas con el uso de biomasa de microalgas, en forma de polvos o pastas, como alimento de *B. plicatilis* han brindado excelentes resultados. Tal es el caso de Guevara et al. (2011), quienes al alimentar a *B. plicatilis* con pastas de *Rhodomonas salina* obtuvieron densidades poblacionales entre 316-326 rot/mL. Otros autores como Rueda (1996) mostraron que al alimentar a los rotíferos *B. plicatilis* con polvo de *Arthrospira* sp., obtuvieron densidades poblacionales de 79,0 rot/mL, valores que fueron menores a los hallados en este estudio, cuando los rotíferos fueron alimentados con *S. subsalsa* pulverizada.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de este estudio demuestran que *B. plicatilis* puede ser alimentado con *S. subsalsa*, ya que favorece su reproducción; de manera similar que la amplia variedad de alimentos que se emplean para tal fin, que van desde microalgas vivas hasta dietas inertes como levadura de pan y de cerveza, protozoarios, bacterias, detritos, pastas y polvos de microalgas, entre otros (Guevara *et al.* 2011, Yin *et al.* 2013).

La composición bioquímica de *B. plicatilis* al ser alimentado con *S. subsalsa* fue similar a la obtenida cuando se empleó *T. chuii*. Estudios realizados sobre la alimentación de *B. plicatilis* con harina de *Spirulina* sp., mostraron una variación en su composición bioquímica, presentando un contenido de proteínas de 65-69%, carbohidratos de 17,5-23,8% y lípidos de 6,5-7,0% (Roman-Reyes *et al.* 2014), siendo mayores que el contenido de proteínas y carbohidratos mostrados en este trabajo. De igual manera, Zaki *et al.* (2021) mostraron que al usar harina de *A. platensis* para alimentar a *B. plicatilis*, alcanzaron un contenido de proteínas (52%), carbohidratos (14%) y lípidos (8,5%). Este estudio evidenció que las biomásas obtenidas con *S. subsalsa* mostraron contenidos aceptables de los componentes bioquímicos, para ser utilizadas como dieta alternativa para el cultivo del rotífero *B. plicatilis*, y de esta manera garantizar un buen producto de alta calidad nutricional en las industrias acuícolas.

Las diferencias observadas en los parámetros poblacionales mostrados en esta investigación, con respecto a los que previamente fueron publicados, probablemente pueden estar relacionados con las condiciones de cultivos y principalmente el tipo de cepa de *S. subsalsa* empleada en este trabajo, en comparación con los resultados mostrados con los autores antes mencionados cuando utilizaron *Spirulina* sp. y *A. platensis*.

La producción de alimento vivo es considerada un componente básico del proceso productivo en criaderos marinos y también sigue siendo uno de los obstáculos más importantes para el desarrollo de la acuicultura marina. *Brachionus plicatilis* es la especie de zooplancton que de manera mayoritaria es utilizado como alimento en las primeras etapas del desarrollo de larvas de camarones marinos y peces. La reducción del costo de producción de este en los criaderos marinos se considera uno de los principales objetivos para el desarrollo de una industria de acuicultura marina (Heneash *et al.* 2015).

CONCLUSIONES

Spirulina subsalsa se presenta como una opción para ser usada como alimento del rotífero *Brachionus plicatilis*, ya que permite obtener densidades poblacionales de rotíferos comparables a las observadas cuando se utilizó como alimento *Tetraselmis chuii*. Adicionalmente, las biomásas obtenidas con *S. subsalsa* y *T. chuii* mostraron similares contenidos de proteínas, lípidos y carbohidratos. Estos resultados sugieren que la dieta a base de harina de *S. subsalsa* puede ser empleada como dieta alternativa para el cultivo del rotífero *B. plicatilis*.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

DECLARACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS EN EL USO DE SERES VIVOS

Los procedimientos utilizados en el estudio siguieron los lineamientos de la investigación responsable para ensayos con animales vivos (Kilkenny *et al.* 2010).

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

BL: Diseño y desarrollo de la investigación, análisis de datos, preparación de la primera versión y edición del manuscrito. MG: Conceptualización y diseño de la investigación, análisis de datos. RC: Desarrollo de la investigación análisis de datos. LB: Revisión del manuscrito y edición final. MS: Revisión del manuscrito y edición final.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente, por habernos facilitado las instalaciones para la realización del estudio.

REFERENCIAS

- Abdel S. H., Abdel F.A., Abou-Zeid A. E., Ashour M. (2008). Population growth rate, fecundity, filtration, and ingestion rate of marine rotifer *Brachionus plicatilis* fed with motile and immotile microalgae. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 34:426–439.
- AGUIAR, T. 2013. Cianobact  rias marinhas bentónicas filamentosas do litoral do Estado da Bahia, Brasil (Tesis de maestría). Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil. 147 pp.
- AIBA, S. & T. OGAWA. 1977. Assessment of growth yield of a blue-green alga: *Spirulina platensis*, in axenic and continuous culture. *J. General Microb.* 102: 179-182.
- Alagawany M., Taha A. E., Noreldin A., El-Tarabily K.A., Abd El-Hack M.E. (2021). Nutritional applications of species of *Spirulina* and *Chlorella* in farmed fish: A review. *Aquaculture* (542):736-841.
- Alvarez-Lajonch  re L., Sánchez-Téllez J. (2013). Análisis financiero de una producción piloto del rotífero, *Brachionus rotundiformis*, con una dieta artificial. *Revista de Investigaciones Marinas* 33(2):28-36.
- Anaya Y. (2019). Evaluación del enriquecimiento del Rotífero *Brachionus plicatilis*. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur. México.
- Babadzhanov A., Abdusamatova N., Yusupova F., Faizullaeva. L., Mezhlumyan, N., Malikova M. (2004). Chemical composition of *Spirulina platensis* cultivation in Uzbekistan. *Chemistry of Natural Compounds* 40:276-279.
- Blight E., Dyer W. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37:911- 917.
- Bermúdez J., Lodeiros C., Morales E. (2002). Producción de biomasa de la microalga marina *Chroomonas* sp., en función del pH, intensidad luminosa y salinidad. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 31:167–187.
- Cabrera T., Hee J., Sungchul C., Sung H. (2005). Effects of microalgae and salinity on the growth of three types of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Revista Ciencia y Tecnología* 8(2):70–75.
- Carvajal A. (2008). Producción en masa del rotífero *Brachionus plicatilis* alimentado con 4 diferentes microalgas, para su uso como alimento vivo de larvas de peces marinos. Tesis de pregrado. Universidad de Guadalajara, Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México.
- Castell  -Orvay F. (2013). Piscicultura marina en Latinoamérica. Bases científicas y técnicas para su desarrollo. Edicions Universitat Barcelona, España.
- Contreras M. (2016). Variación de la composición bromatológica del rotífero *Brachionus plicatilis* (Müller, 1786) por efecto de la alimentación con nuevas especies de microalgas marinas. Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México.
- Cruz I. (2019). Evaluación de microalgas endémicas para el cultivo y enriquecimiento de presas vivas y su aplicación en la primera alimentación de *Seriola rivoliana*. Tesis de Doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur. México.
- Danessi E., Rangel-Yagui C., Carvalho J., Sato S. (2002). An investigation of the effect of replacing nitrate by urea in the growth and production of chlorophyll by *Spirulina platensis*. *Biom. Bionerg.* 23:261-269.
- Dhert P., Rombaut S., Sorgeloos G. P. (2001). Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europa. *Aquaculture* 200(1-2):129-146.

- Dubois M., K. Gilles., J. Halmilton., Rebers. P. & F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 2:350-356.
- Ferreira L. S. (2008). Estudio de la intensidad luminosa en cultivo de *Arthrospira (Spirulina) platensis* en reactor tubular utilizando sulfato de amonio como fuente de nitrógeno por proceso discontinuo de alimento. Tesis de maestría. Universidad de São Paulo, Brasil. <https://doi.org/10.11606/D.9.2008.tde-26012009-191840>
- Frolov A., Pankov S., Geradze K., Pankova S., Spektorova L. (1991). Influence of the biochemical composition of food on the biochemical composition of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 97(2/3):18 I-202.
- Gatesoupe F., Robin J. (1981). Commercial single-cell proteins either as sole source or in formulated diets for intensive and continuous production of rotifers (*Brachionus plicatilis*). *Aquaculture* 25:1-15.
- Glencross B. (2009). Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews Aquacult.* 1:71–124.
- Guevara M., Bastardo L., Cortez R., Arredondo-VEJA B., Romero L., Gómez P. (2011). Pastas de *Rhodomonas salina* (Cryptophyta) como alimento para *Brachionus plicatilis* (Rotifera). *Rev. Biol. Trop.* 4:1503-1515.
- Hagiwara A., Jung M., Sato T., Hirayama K. (1995). Interspecific relations between the marine rotifer *Brachionus plicatilis* and zooplankton species contaminating in the rotifer mass culture tank. *Fish. Sci.* 61:623-627.
- Hagiwara A., Suga K., Akazawa A., Kotanie T., Sakakura Y. (2007). Development of rotifer strains with useful traits for rearing fish larvae. *Aquaculture* 268:44-52.
- Heneash A., Ashour M., MATAR M., (2015). Effect of Un-live Microalgal diet, *Nannochloropsis oculata* and *Arthrospira (Spirulina) platensis*, comparing to yeast on population of rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Mediterr. Aquac. J.* 7:48–54.
- Hoff, A., SNELL T. (2001). Plancton culture manual. 5th ed. Florida Aqua Farms., USA.
- Hung M. (1989). Ensayo de cultivo de una cepa del rotífero *Brachionus plicatilis* aislada en Venezuela. *Rev. Latinoam. Acuacult.* 40:83-I 12.
- Jabeur C., Merghni A., Kamoun F. (2013). Feeding rotifers *Brachionus plicatilis* with microalgae cultivated in Tunisia. *J. Environ. Sci. Tox. Food Technol.* 4:105-112.
- Jeeja P., Joseph I., Raj R. (2011). Nutritional composition of rotifer (*Brachionus plicatilis* Muller) cultured using selected natural diets. *Indian J. Fish.* 58:59-65.
- Jeffrey S., Humphrey G. F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1, and c2 in higher plants, algae and natural populations. *Biochemie und physiologie der pflanzen* 167(2):191-194.
- Kilkenny C., Browne W. J., Cuthill I. C., Emerson M., Altman D. G. (2010). Improving bioscience research reporting: The Arrive guidelines for reporting animal research. *PLoS Biol* 8: 1–5. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000412>
- Lavens, P., Sorgeloos P. (1996). Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fish. Tech. Pap. 361. FAO, Rome.
- Lowry O., Rosebrough N., Farr A., Randall R. (1955). Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265-275.
- Lubzens E. (1987). Raising rotifers for use in aquaculture. *Hydrobiol.* 147:245-255.
- Lubzens E., Zamora O., Barr Y. (2001). Biotechnology and aquaculture of rotifers. *Hydrobiologia.* (446/447):337-353.

- Lubzens E., Zamora O. (2007). Production and Nutritional Value of Rotifers. In: St  ttrup J. G., McEvoy L. A. (Eds), Live Feeds in Marine Aquaculture. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, pp. 300-303.
- Maehre H., Hamre K., Elvevoll E. (2013). Nutrient evaluation of rotifers and zooplankton: Feed for marine fish larvae. *Aquac. Nut.* 19(3):301-311.
- Maldonado L., Mendoza A., Valencia D., Bautista J., Francia J., Baltazar P. (2013). Efecto de la temperatura sobre el crecimiento poblacional del Rotífero *Brachionus rotundiformis* (Tschugunof, 1921) cultivado con tres dietas. XXII Reunión Científica ICBAR, agosto. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.
- Marshall R., Mckinley S., Pearce C. (2010). Effects of nutrition on larval growth and survival in bivalves. *Rev. Aquacult.* 2:33-55.
- Masha B., Moosavi J., Montajami S. (2013). Assessment of the effect of *Spirulina platensis* as supplemental feed on growth performance and survival rate in angel fish (*Pterophyllum scalare*). *J. Fish. Int.* 8:74-77.
- Navarro N., Y  fera M. (1998). Influence of the food ration and individual density on production efficiency of semicontinuous cultures of *Brachionus* fed microalgae dry powder. *Hydrobiology* (387/388):483-487.
- Nieves, M., Domenico, V., López, R., Cisneros, A. & P. Pi  a, 2000. Cultivo de microalgas con medios enriquecidos. *Hidrobiologia* 10(1):6.
- Nogrady T., Wallace R. Snell T. (1993). Rotifera. Vol. 1. Biology, Ecology and Systematics. SPB Academic Publishing, The Hague, Netherlands.
-   nal U.,   elik I., Erg  n S. (2010). The performance of a small-scale, high-density, continuous system for culturing the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 34:187-195.
- Oliveira S., NOVA T. (2015). Rotíferos como indicadores da qualidade da água na til  pia (*Oreochromis niloticus*) com utiliza  o de   guas salobras. *Acta Fish. Aquat. Res.* 3(1):65-76.
- Ortega-Salas A., Reyes C., Reyes-Bustamante H. (2013). Population and cyst production of the rotifer *Brachionus plicatilis* (Monogonta: Brachionidae) fed with different diets. *Cuadernos de Investigación UNED* 5:2.
- Pande, S., Khan, R., Venkitesubra T. (1963). Microdetermination of lipids and serum total fatty acids. *Anal. Biochem.* 6:415-423.
- Patil V., K  llqvist T., Olsen E., Vogt G., Gislerod H. (2007). Fatty acid composition of 12 microalgae for possible use in aquaculture feed. *Aquacult Int.* 15:1-9. A methos to estimate the biomass of *Spirulina platensis* cultivated on a solid medium. *Brazilian J. Microbiol.* 45(3):933-936.
- Pelizer, L. & Oliveira I. (2014). A methos to estimate the biomass of *Spirulina platensis* cultivated on a solid medium. *Brazilian J. Microbiol.* 45(3):933-936.
- Pérez-Legas P., Guzmán-Ferm  n B., Moha-León J., Ortega-Clemente L., Valadez-Rocha V. (2018). Effects of the biochemical composition of three microalgae on the life history of the rotifer *Brachionus plicatilis* (Alvarado strain): an assessment. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 54:20.
- Polo A., Yufera M., Pascual E. (1992). Feeding and growth of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae in relation to the size of the rotifer strain used as food. *Aquaculture* 103:45-54.
- Planas M., Cunha I. (1999). Larviculture of marine fish: problems and perspectives. *Aquacult.* 177:171-190.

- Person-Le Ruyet J. (1975). Techniques d'élevage en masse d'un rotifère (*Brachionus plicatilis* Müller) et d'un crustacé branchiopode (*Artemia salina* L.). 10th European Symposium on Marine Biology, Ostend, Belgium, 1:331-343.
- Prieto-Guevara M., Espitia P. (2001). Proporción óptima de alimento en el mantenimiento de la cepa del rotífero *Brachionus patulus* (Müller, 1786), bajo condiciones de laboratorio. MVZ-Córdoba. 6:37-42.
- Prieto-Guevara M. J. (2006). Alimento vivo y su importancia en acuicultura. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción acuícola* 2(2):1-3.
- Rajendiran A., Subramanian P. (2007). Mass production of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus*, under different diets and regimes. *J. Appl. Aquacult.* 19(3):101-111.
- Ramírez L., Olvera R. (2006). Uso tradicional y actual de *Spirulina* sp. (*Arthrospira* sp.) *Interciencia* 31(9):657-663.
- Rehberg-Haas S., Meyer S., Lippemeier S., Schulz C. (2015). A comparison among different *Pavlova* sp. products for cultivation of *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 435:424-30.
- Rioboo C., Prado R., Herrero C., Cid A. (2007). Population growth study of the rotifer *Brachionus* sp. fed with triazine-exposed microalgae. *Aquat. Toxicol.* 83:247-253.
- Román-Reyes J. C., Castañeda-Rodríguez D. O., Castillo-Ureta H., Bojórquez-Domínguez R., Rodríguez-Montes de Oca G. (2014). Dinámica poblacional del rotífero *Brachionus ibericus* aislado de estanques para camarón, alimentado con diferentes dietas. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42(5):1159-1168.
- Rosales R., (2012). Efecto de la temperatura, la salinidad y sus interacciones sobre el crecimiento poblacional del rotífero nativo *Brachionus* sp. Cayman, cepa Chilca, Perú. Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Rosas J., Cabrera T., Millán J. (1998). Efecto de la dieta en el crecimiento poblacional del rotífero, *Brachionus plicatilis* M. 1786 Cepa Us. 50. Proceedings of the Fiftieth-Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute. November, 1997, Mérida, pp. 634-639.
- Rueda J. (1996). Efecto nutricional de tres microalgas y una cianobacteria en el cultivo del rotífero *Brachionus plicatilis* Müller 1786. *Cienc. Mar.* 22:313-328.
- Sánchez-Torres H., Juscamaita-Morales J., Vargas-Cárdenas J., Oliveros-Ramos R. (2008). Producción de la microalga *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd en medios enriquecidos con ensilados biológico de pescado. *Ecología Aplicada* 7(1-2):149-158.
- Sarma S., Gulati R., Nandini S. (2005). Factors affecting egg-ratio in planktonic rotifers. *Hydrobiology* 546:361-373.
- Sayegh F., Radi, N., Montagnes D. (2007). Do strain differences in microalgae alter their relative quality as a food for the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 273:665-678.
- Snell T., Moffat B., Janssen C., Persoone G. (1991). Acute toxicity tests using rotifers: IV. Effects of cyst age, temperature, and salinity on the sensitivity of *Brachionus calyciflorus*. *Ecotoxicol. Environ. Safety.* 21(3):308-317.
- Seychelles L., Audet C., Tremblay R., Fournier R., Pernet F. (2009). Essential fatty acid enrichment of cultured rotifers (*Brachionus plicatilis*, Müller) using frozen-concentrated microalgae. *Aquacult. Nutrit.* 15:431-439.
- Srivastava A., Hamre K., Stoss J., Chakrabarti R., Tonheim S. (2006). Protein content and amino acid composition of the live feed rotifer (*Brachionus plicatilis*): with emphasis on the water-soluble fraction. *Aquaculture* 254:534-543.
- Sokal, R., Rohlf F. (1995). *Biometry: The principles and practice of Statistics in Biological Research* (3rd Edition). W. H. Freeman and Co., New York.

- Treece G., Davis D. (2000). Culture of small zooplankters for the feeding of larval fish. SRAC Publication No. 701, Southern Regional Aquaculture Centre.
- Vallejo A., Newmark F., Ciales M. (1993). Efecto de la salinidad sobre el crecimiento poblacional y el rendimiento del Rotífero *Brachionus plicatilis* (cepa ci  naga grande de Santa Marta). *An. Inst. Invest. Mar Punta Bet  n*, Santa Marta. Colombia. 22:112-121.
- Viayeh R., Mohammadi H., Shafiei A. (2010). Population growth of six Iranian *Brachionus* rotifer strains in response to salinity and food type. *Int. Rev. Hydrobiology* 95:461-470.
- Wikfors, G. Ohno M. (2001). Impact algae research in Aquaculture. *J. Phycol.* 37(6):968-974.
- Wullur S., Sakakura Y., A. Hagiwara. (2009). The minute monogonont rotifer *Proales similis* de Beauchamp: culture and feeding to small mouth marine fish larvae. *Aquaculture* 293:62  67.
- Yin, X., Zhao W. (2008). Studies on life history characteristics of *Brachionus plicatilis* O.F. Müller (Rotifera) in relation to temperature, salinity, and food algae. *Aquat. Ecol.* 42:165-176.
- Yin X., Min W., Lin H., Chen W. (2013). Population dynamics, protein content, and lipid composition of *Brachionus plicatilis* fed artificial macroalgal detritus and *Nannochloropsis* sp. diets. *Aquaculture*. (380-383):62-69.
- Y  fera M., Pascual E., Guinea J. (1993). Factors influencing the biomass of rotifer *Brachionus plicatilis* in culture. *Hydrobiology* (255/256):159-164.
- Zaki M., Ashour M., Heneash A., Mabrouk M., Alprol A., Khairy H., Nour A., Mansour A., Hassanien H., Gaber A. (2021). Potential applications of native cyanobacterium isolate (*Arthrospira platensis* NIOF17/003) for biodiesel production and utilization of its byproduct in marine rotifer (*Brachionus plicatilis*) production. *Sustainability* 13:17-69.

