

Comportamiento reproductivo de *Alona* sp. y *Diaphanosoma* sp. (*Crustacea: cladocera*) bajo diferentes fotoperiodos*

Marcela Muñoz Peñuela**, Angélica María Otero Paternina***,
Víctor Mauricio Medina Robles****, Pablo Emilio Cruz Casallas*****

Resumen

Introducción. En los últimos años el zooplancton nativo se ha convertido en una fuente alternativa de alimento en los procesos de larvicultura y alevinaje de peces, entre los cuales los cladóceros constituyen el grupo más utilizado por su reducido tamaño, rápido desarrollo, facilidad de cultivo, susceptibilidad a la depredación, alto contenido de enzimas digestivas y buen contenido nutricional. **Objetivo.** Determinar el comportamiento reproductivo de dos especies de cladóceros nativos de la Orinoquia colombiana (*Alona* sp. y *Diaphanosoma* sp.) en laboratorio bajo diferentes condiciones de fotoperiodo, midiendo algunas variables de eficiencia reproductiva. **Materiales y métodos.** Ejemplares recién eclosionados se colocaron individualmente en cajas multiceldas de 6 mL, las cuales fueron ubicadas en cabinas aisladas con iluminación controlada, para proporcionar 0, 6, 12 o 24 h de luz. De cada tratamiento se realizaron 12 réplicas. Cada 6 h y durante un período de 15 días continuos, cada individuo fue observado bajo estereoscopio con el fin de determinar la presencia de huevos o embriones en su cámara incubatriz, para posteriormente calcular las variables reproductivas. **Resultados.** No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables evaluadas en ninguna de las dos especies. **Conclusiones.** Bajo las condiciones experimentales utilizadas, se observó que el fotoperiodo no tiene influencia sobre los aspectos reproductivos medidos en el presente estudio en *Alona* sp. y *Diaphanosoma* sp.

Palabras clave: alimento vivo, cladóceros, fotoperiodo, reproducción.

Reproductive behavior of *Alona* sp. y *Diaphanosoma* sp. (*Crustacea: cladocera*) under different photoperiods

Abstract

Introduction. In recent years, native zooplankton has become an alternative source of food in the fish larviculture and nursery processes. Cladocerans are the most used group given their small size, fast development, easy cultivation, susceptibility to predation and high content of digestive enzymes and nutrients. **Objective.** To determine the reproductive behavior of two native cladoceran species from the Colombian Orinoquia (*Alona* sp. and *Diaphanosoma* sp.) in laboratory and under different photoperiod conditions, measuring some reproductive efficiency variables. **Materials and methods.** Just born individuals were put, individually, in 6 mL multicell boxes, which were put into isolated cabins with controlled illumination in order to provide light during 0, 6, 12 or 24 hours. 12 replicates of each treatment were performed. Every 6 h and during 15 days in a row, every individual was observed with the microscope in order to determine the presence of eggs or embryos in the incubation chamber and, later, calculate the reproduction variables. **Results.** No significant differences were found between treatments for the

* Artículo derivado del proyecto "Evaluación de aspectos reproductivos de zooplancton nativo bajo diferentes fotoperiodos como estrategia para su producción a escala comercial", en el marco del convenio 106 del 2010, suscrito entre el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y la Universidad de los Llanos.

** Bióloga Marina, auxiliar de investigación del Grupo sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos – GRITOX de la Universidad de los Llanos.

*** Profesional en Acuicultura, M.Sc. en Acuicultura, auxiliar de investigación del Grupo sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos – GRITOX de la Universidad de los Llanos.

**** Médico Veterinario Zootecnista, M.Sc. en Ciencias Animales, profesor de la Universidad de los Llanos, Investigador del Grupo de sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos – GRITOX de la Universidad de los Llanos.

***** Médico Veterinario Zootecnista, M.Sc. en Ciencias en Producción Animal, Ph.D en Reproducción Animal, profesor de la Universidad de los Llanos, Investigador del Grupo sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos – GRITOX de la Universidad de los Llanos.

variables evaluated in any of both species. **Conclusions.** Under the experimental conditions used, it could be seen that the photoperiod has no influence on the reproduction aspects measured in this study for the *Alona* sp. and *Diaphanosoma* sp.

Key words: live food, cladocerans, photoperiod, reproduction.

Comportamento reprodutivo de *Alona* sp. e *Diaphanosoma* sp. (Crustacea: cladocera) sob diferentes fotoperíodos

Resumo

Introdução. Nos últimos anos o zooplâncton nativo se converteu numa fonte alternativa de alimento nos processos de larvicultura e alevinagem de peixes, entre os quais os cladóceros constituem o grupo mais utilizado por seu reduzido tamanho, rápido desenvolvimento, facilidade de cultivo, susceptibilidade à depredação, alto conteúdo de enzimas digestivas e bom conteúdo nutricional. **Objetivo.** Determinar o comportamento reprodutivo de duas espécies de

cladóceros nativos da Orinoquia colombiana (*Alona* sp. e *Diaphanosoma* sp.) em laboratório sob diferentes condições de fotoperíodo, medindo algumas variáveis de eficiência reprodutiva. **Materiais e métodos.** Exemplares recém eclodidos se colocaram individualmente em caixas multicelulas de 6 mL, as quais foram localizadas em cabines isoladas com iluminação controlada, para proporcionar 0, 6, 12 ou 24 h de luz. De cada tratamento se realizaram 12 réplicas. Cada 6 h e durante um período de 15 dias contínuos, cada indivíduo foi observado sob esteoscópio com o fim de determinar a presença de ovos ou embriões em sua câmara incubator, para posteriormente calcular as variáveis reprodutivas. **Resultados.** Não se encontraram diferenças significativas entre tratamentos para as variáveis avaliadas em nenhuma das duas espécies. **Conclusões.** Sob as condições experimentais utilizadas, observou-se que o fotoperíodo não tem influência sobre os aspectos reprodutivos medidos no presente estudo em *Alona* sp. e *Diaphanosoma* sp.

Palabras importantes: alimento vivo, cladóceros, fotoperíodo, reprodução.

Introducción

En los últimos años, el zooplancton nativo se ha convertido en una alternativa para reemplazar a la artemia salina como fuente de alimento en los procesos de larvicultura y alevinaje de peces, debido a su menor valor comercial y posibilidad de producción a escala masiva (Prieto, 2001; Jiménez, Rosas, Velásquez, Millán & Cabrera, 2003; Prieto & Atencio, 2008). Los cladóceros son el grupo más utilizado como alimento vivo dentro del zooplancton por su tamaño pequeño, rápido desarrollo, facilidad de cultivo, susceptibilidad a la depredación, gran cantidad de enzimas digestivas y buen contenido nutricional (Prieto, 2001; Prieto & Atencio, 2008).

Los organismos del género *Alona* y *Diaphanosoma* son microcrustáceos del orden Cladóceros que se encuentran comúnmente en los cuerpos de agua en muchas de las estaciones piscícolas del departamento del Meta (Colombia), por lo que tienen un gran potencial para ser producidos y usados como alimento vivo. Son individuos filtradores, se alimentan de

microalgas, bacterias y materia orgánica y su reproducción es principalmente asexual por partenogénesis (Rodríguez, Villaseñor & Jerónimo, 2003; Santos, Melão & Lombardi, 2006).

La productividad de los cultivos de especies zooplanctónicas es influenciada por varios factores, entre los que se destacan la dieta, la densidad de siembra, la temperatura, la salinidad y el fotoperíodo (Castro, 2003; Chinnery & Williams, 2003; Leandro, Tiselius & Queiroga, 2006). Este último factor es una variable ambiental que puede ser fácilmente manipulada y que influye de manera significativa sobre los patrones de locomoción, alimentación, reproducción y muda de los cladóceros (Prieto, 2001), así como sobre el estado reproductivo de las hembras y, por lo tanto, sobre su dinámica poblacional (Chinnery & Williams, 2003); sin embargo, la influencia de la intensidad de la luz como la de la duración del fotoperíodo ha sido poco estudiada, si se compara por ejemplo con otros factores ambientales como la temperatura y la salinidad que, a su vez, afectan los aspectos reproductivos del zooplancton (Peck, 2008).

Ramírez, Mira, Otero, Medina, Velasco & Cruz (2008) evaluaron el efecto de la intensidad lumínica sobre algunos aspectos reproductivos de *Moina minuta* y concluyeron que intensidades lumínicas de 750 lúmenes favorecen el desarrollo de estos organismos. Vandekerckhove, Declerck, Brendonck, Conde, Jeppesen & Meester (2005), por su parte, identificaron las condiciones de temperatura y fotoperiodo en las que huevos de 45 especies de cladóceros pueden eclosionar, y hallaron en general que la mayoría de eclosiones se daban bajo la influencia de fotoperiodos largos. Alekseev y Lampert (2004) estudiaron el efecto del fotoperiodo en el ambiente maternal sobre las variables reproductivas de los descendientes de *Daphnia pulicaria*, y observaron que el fotoperiodo en el ambiente materno afecta la maduración y la sobrevivencia de los descendientes. Zhang y Baer (2000) evaluaron las estrategias reproductivas de *Daphnia magna* bajo la influencia de diferentes condiciones de alimentación, fotoperiodo y presencia de solventes y concluyeron que un fotoperiodo corto altera la proporción de sexos en la población, aumentando la producción de machos. También en *Daphnia magna*, Korpelainen (1986) evaluó el efecto de la temperatura y del fotoperiodo sobre los parámetros de la historia de vida de estos organismos, y encontró que el fotoperiodo tiene una influencia significativa en la sobrevivencia y en la producción de machos. Finalmente, Armitage y Landau (1982) evaluaron el efecto del fotoperiodo y de la temperatura sobre el crecimiento y la reproducción de *Daphnia ambigua*, y concluyeron que la temperatura es la variable que más afecta el tiempo de vida, la edad de la primera reproducción, la longitud del caparazón a la primera reproducción y el número de neonatos por hembra, mientras que el fotoperiodo no tiene un efecto significativo sobre estos rasgos de la historia de vida de esta especie.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento reproductivo de dos especies de cladóceros nativos de la Orinoquia colombiana (*Alona* sp. y *Diaphanosoma* sp.) en laboratorio, bajo diferentes condiciones de fotoperiodo.

Materiales y métodos

Área de estudio. Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Alimento Vivo del Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos (UNILLANOS - IALL), localizado en la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta (Colombia). Las características del clima están determinadas por una altitud de 418 msnm, temperatura ambiental promedio de 27 °C, precipitación pluvial promedio anual de 4050 mm y humedad relativa de 75 %.

Material biológico. Se estudiaron dos especies de cladóceros: *Alona* sp. y *Diaphanosoma* sp., cuyos individuos fueron recolectados y aislados de estanques en tierra de la estación piscícola del Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos y mantenidos bajo condiciones de laboratorio a una temperatura de 25 a 26 °C.

Siembra de los individuos. Individuos recién eclosionados (<6 horas) fueron alojados individualmente en cámaras multiceldas (cámaras de cultivo celular de 6 celdas) (Nunc, Dinamarca), con un volumen de agua de 6 mL, previamente filtrada con filtros mecánicos de cartucho (Moisés, Colombia) y esterilizada con un esterilizador UV (Emperor Aquatics INC, USA) con el propósito de evitar la presencia de otros individuos. Las condiciones fisicoquímicas del agua utilizada para el cultivo fueron: 25.3 °C de temperatura y 5.6 de pH (pH-metro, Hanna, Italia), 3.5 µS/cm de conductividad (sonda multiparamétrica YSI Professional Plus, USA) y 0.00 mg/L de amonio (Kit para amonio, Hach, USA). Diariamente se realizó limpieza para retirar las mudas y los excedentes del alimento suministrado y se realizó reposición del agua con las mismas características mencionadas anteriormente.

Diseño experimental. Se evaluaron cuatro regímenes de fotoperiodo, con 12 réplicas cada uno, utilizando para todos los tratamientos (excepto el de 0 h luz) lámparas fluorescentes comerciales de 20 Watts (Sylvania, USA). De esta manera se conformaron cuatro tratamientos así: T1: 0 h de luz, T2: 6 h de luz, T3: 12 h de luz y T4: 24 h de luz. Para controlar el encendido y apagado de las lámparas se utilizaron temporizadores digitales programables (Electric

Line, USA). Cada tratamiento se ubicó en un compartimento de una cabina de aislamiento de fabricación propia, construida con acrílico negro para evitar la entrada de luz. Para determinar la presencia de huevos o embriones en la cámara incubatriz de los individuos, cada 6 h y durante un período de 15 días, se observó cada organismo individualmente con la ayuda de un estereoscopio (Nikon SMZ80, Japón). Los organismos fueron alimentados diariamente con una suspensión de *Chlorella vulgaris* a una densidad de 4×10^6 cel/mL. En cada observación se registró la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (%) en el interior de cada compartimento de la cabina, haciendo uso de un higrómetro digital (Extech instruments, USA).

Variables reproductivas. Como respuesta de los estadios y comportamiento reproductivo se determinaron las siguientes variables: a) período de infertilidad juvenil (IJ), definido como el tiempo (horas) transcurrido entre la emisión del individuo al medio por su madre partenogénica y su primer evento reproductivo; b) período de incubación (PI), descrito como el espacio de tiempo (horas) desde la formación del huevo hasta su eclosión; c) fecundidad (F), entendida como el número de huevos o neonatos por hembra (nts/hembra) en cada evento reproductivo; d) frecuencia reproductiva (FR), descrita como el tiempo (horas) transcurrido entre un evento reproductivo y el siguiente; e) número de eventos reproductivos (NER), entendido como el número de eventos reproductivos observados en un mismo individuo dentro de un período específico de tiempo; y, f) longevidad (L), tiempo de vida del individuo expresado en días.

Análisis de resultados. Los resultados fueron inicialmente descritos estadísticamente y expresados como media \pm error estándar de la media (SEM). Posteriormente los datos fueron sometidos a las pruebas de Bartlett y de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la homogeneidad de varianza y su normalidad, respectivamente. Debido a que los datos no cumplieron con los supuestos para los análisis de varianza, los datos fueron transformados, no logrando su normalidad por lo cual se analizaron a través de estadística no paramétrica.

Para esto, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis con el fin de determinar las diferencias entre los tratamientos y una prueba de Duncan cuando se encontraron diferencias significativas. El análisis estadístico se llevó a cabo haciendo uso del programa GraphPad InStat versión 3.0, con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

Resultados

En la tabla 1 se muestran los resultados de las variables reproductivas bajo diferentes fotoperiodos para *Alona* sp. En esta especie no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos para ninguna variable; sin embargo, se observa una tendencia de un menor período de incubación con el fotoperiodo de 0 h de luz (T1), un menor período de infertilidad juvenil, menor frecuencia reproductiva y mayor número de eventos reproductivos con el fotoperiodo de 6 h de luz (T2), y una mayor fecundidad y mayor longevidad con el fotoperiodo de 24 h de luz (T4).

Las variables reproductivas de *Diaphanosoma* sp. expuestas a diferentes fotoperiodos se muestran en la tabla 2. El análisis estadístico no reveló diferencias significativas entre tratamientos para todas las variables ($P > 0.05$). Sin embargo, se observa una tendencia de menor período de infertilidad juvenil y una menor frecuencia reproductiva con el fotoperiodo de 24 h de luz (T4) y un mayor número de eventos reproductivos y mayor longevidad con el fotoperiodo de 12 h de luz (T3).

La tabla 3 muestra los valores de temperatura y humedad en el interior de la cabina de cada tratamiento. Para temperatura se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el tratamiento de 12 h de luz (T3) y los otros tratamientos. En cuanto a la humedad relativa, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el tratamiento de 0 h luz (T1) con los tratamientos de 6 h de luz (T2) y 24 h de luz (T4) y entre el tratamiento de 12 h de luz (T3) con el de 24 h de luz (T4).

Tabla 1. Variables reproductivas de *Alona* sp., bajo diferentes regímenes de fotoperiodo. Valores expresados como media \pm error estándar de la media. n=12.

Variables Reproductivas	T1 (0h luz)	T2 (6h luz)	T3 (12h luz)	T4 (24h luz)
IJ (h)	102.0 \pm 47.3	58.0 \pm 6.8	66.0 \pm 10.9	70.7 \pm 17.6
PI (h)	48.0 \pm 5.0	51.0 \pm 9.4	58.3 \pm 14.4	55.1 \pm 3.2
F (nts/hembra)	1.0 \pm 0.0	1.1 \pm 0.1	1.3 \pm 0.2	1.5 \pm 0.3
FR (h) ¹	39.0 \pm 33.0	24.0 \pm 14.9	75 \pm 51.0	44 \pm 19.8
NER	1.7 \pm 0.7	2.0 \pm 0.7	1.4 \pm 0.2	1.8 \pm 0.3
L (días)	5.6 \pm 1.3	5.9 \pm 1.3	6.6 \pm 1.4	8.4 \pm 1.3

IJ: periodo de infertilidad juvenil; PI: periodo de incubación; F: fecundidad; FR: frecuencia reproductiva; NER: número de eventos reproductivos; L: longevidad; nts: neonatos. Entre tratamientos para cada variable reproductiva no fueron encontradas diferencias significativas ($P > 0.05$). ¹Sin análisis estadístico ($n < 3$).

Tabla 2. Variables reproductivas de *Diaphanosoma* sp. bajo diferentes regímenes de fotoperiodo. Valores expresados como media \pm error estándar de la media (n=12).

Variables Reproductivas	T1 (0h luz)	T2 (6h luz)	T3 (12h luz)	T4 (24h luz)
IJ (h)	56.0 \pm 12.7	93.6 \pm 23.0	69.0 \pm 46.6	35.1 \pm 25.6
PI (h)	25.2 \pm 5.5	24.0 \pm 2.7	30.0 \pm 3.3	27.0 \pm 2.0
F (nts/hembra)	1.6 \pm 0.4	1.7 \pm 0.3	1.7 \pm 0.3	1.6 \pm 0.3
FR (h)	48.0 \pm 6.0*	42.0 \pm 30.0*	21.8 \pm 7.3*	14.0 \pm 8.7*
NER	1.7 \pm 0.7	2.0 \pm 0.6	2.6 \pm 0.5	1.6 \pm 0.2
L (días)	3.9 \pm 0.9	4.5 \pm 1.2	5.0 \pm 1.3	3.7 \pm 0.5

IJ: periodo de infertilidad juvenil; PI: periodo de incubación; F: fecundidad; FR: frecuencia reproductiva; NER: número de eventos reproductivos; L: longevidad; nts: neonatos. Entre tratamientos para cada variable reproductiva no fueron encontradas diferencias significativas ($P > 0.05$). *Sin análisis estadístico ($n < 3$).

Tabla 3. Temperatura (°C) y humedad (%) al interior de la cabina de aislamiento. Valores expresados como media \pm error estándar (n=60).

Variable	T1 (0h luz)	T2 (6h luz)	T3 (12h luz)	T4 (24h luz)
Temperatura (°C)	25.8 \pm 0.2 ^b	26.4 \pm 0.2 ^b	27.1 \pm 0.2 ^a	26.0 \pm 0.2 ^b
Humedad (%)	78.5 \pm 0.6 ^a	74.1 \pm 0.8 ^{bc}	76.8 \pm 0.8 ^{ab}	73.9 \pm 0.5 ^c

^{a,b,c} Medias con letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Discusión

En estudios anteriores han concluido que el fotoperiodo tiene un efecto directo sobre algunas variables reproductivas de los cladóceros, especialmente sobre la inducción de huevos epípios y la proporción de hembras y machos, como en el trabajo realizado por Bouchnak y Steinberg (2010), quienes observaron en individuos de *Daphnia* que un fotoperiodo corto produjo estrés sobre los individuos y esto indujo la formación de huevos epípios. Por otro lado, Zhang y Baer (2000) concluyeron que el fotoperiodo tiene gran influencia sobre la proporción de hembras y machos en la descendencia de *Daphnia magna* y que un fotoperiodo de pocas horas de luz resulta en mayor producción de machos que de hembras. Sin embargo, otros estudios demuestran que el fotoperiodo no tiene un efecto significativo sobre la mayoría de las variables reproductivas, como sucedió en el presente trabajo, y que en realidad, es la temperatura la que ejerce mayor influencia sobre estas variables, como en el caso de Armitage y Landau (1982), quienes trabajando con *Daphnia ambigua*, no encontraron diferencias significativas por efecto del fotoperiodo sobre las variables reproductivas estudiadas; no obstante, la temperatura afectó la sobrevivencia, el período de infertilidad juvenil, la longitud del caparazón a la edad de la primera reproducción, la frecuencia reproductiva y la fecundidad. Korpelainen (1986), por su parte, también reportó en *Daphnia magna*, que el fotoperiodo no afectaría las variables reproductivas, tales como el tiempo generacional y la tasa intrínseca de crecimiento, pero sí la sobrevivencia y la producción de machos.

Comparando los períodos de infertilidad juvenil observados en el presente estudio, estos fueron más cortos en *Alona* sp. y *Diaphanosoma* sp., que los reportados en *Ceriodaphnia silvestrii* (63.1 horas) con un fotoperiodo de 12 h de luz (Santos et al., 2006), *Moina micrura* (86.4 horas) con un fotoperiodo de 16 h de luz (Rodríguez et al., 2003) y *Alona* sp. (98.4 horas) (Otero et al., 2007); sin embargo, fueron superiores a lo reportado en *Moina minuta* (18.4 horas) cuando se expuso a un fotoperiodo de 12 h de luz (Ramírez et al., 2008).

Igualmente, el periodo de incubación tendió a ser más corto en *Alona* sp. bajo la condición de

0 h de luz (48.0 horas) y en *Diaphanosoma* sp. con 6 h de luz (24.0 horas). Para esta variable reproductiva se han reportado valores de 31.9 horas con fotoperiodo de 12 h de luz en *Ceriodaphnia silvestrii* (Santos et al., 2006), mientras que en *Alona* sp. han observado una duración de 72.0 horas (Otero et al., 2007), y en *Moina micrura* y *Diaphanosoma birgei* de 24.3 y 44.9 horas, respectivamente, con un fotoperiodo de 24 h de luz (Sipaúba & Bachion, 2002).

La fecundidad tendió a ser más alta en *Alona* sp. con el tratamiento de 24 h de luz (1.5 nts/hembra) y en *Diaphanosoma* sp. con los tratamientos de 6 y 12 h de luz (1.7 nts/hembra). Lo anterior contrasta con lo reportado para *Moina micrura* (8.6 nts/hembra) y *Diaphanosoma birgei* (8.7 nts/hembra) sometidos a iluminación permanente (Sipaúba & Bachion, 2002), para *Moina micrura* (11.2 nts/hembra) con un fotoperiodo de 16 h de luz (Rodríguez-Estrada et al., 2003), para *Ceriodaphnia silvestrii* (10.0 nts/hembra) con un fotoperiodo de 12 h de luz (Santos et al., 2006) y para *Moina minuta* (6.9 nts/hembra) con un fotoperiodo de 12 h de luz (Ramírez et al., 2008).

Con relación al tiempo de renovación de desove o frecuencia reproductiva, el tiempo tendió a ser más corto en *Alona* sp. con el fotoperiodo de 6 h de luz (24.0 horas) y en *Diaphanosoma* sp. con 24 h de luz (14.0 horas). Estos valores fueron inferiores a los reportados en *Alona* sp. (57.6 horas) (Otero et al., 2007) y en *Ceriodaphnia silvestrii* (38.4 horas) con fotoperiodos de 12 h de luz (Santos et al., 2006); sin embargo, en *Alona* sp. fueron similares a los reportados en *Moinodaphnia* sp. (24.0 horas)¹ y en *Moina micrura* (26.2 horas) con un fotoperiodo de 16 h de luz (Rodríguez et al., 2003).

En *Alona* sp. hubo una tendencia a presentar mayor número de eventos reproductivos con el fotoperiodo de 6 h de luz (2.0) y en *Diaphanosoma* sp. con el fotoperiodo de 12 h de luz (2.6). Estos valores son inferiores a los reportados en *Ceriodaphnia silvestrii* (23.0 en 15 días) expuesta a un periodo de iluminación de 12 h (Santos et al., 2006), *Moina micrura* (4.0 en 15 días) y *Diaphanosoma birgei* (10.1 en 15 días) expuestas a iluminación constante (Sipaúba-Tavares & Bachion, 2002) y *Daphnia magna* (8.8 en 35 días) con un fotoperiodo de 16 h de luz (Zhang & Baer, 2000).

Se observó una tendencia a presentar mayor longevidad en *Alona* sp. con fotoperiodo de 24 h de luz (8.4 días) y en *Diaphanosoma* sp. con fotoperiodo de 12 h de luz (5.0 días). Estos valores, se encuentran por debajo de los reportados en *Ceriodaphnia silvestrii* (36.0) (Santos et al., 2006) y *Moinodaphnia* sp. (12.0 días) (Prieto, 2001), expuestas a periodos de 12 h de iluminación. Rodríguez et al. (2003) observaron que en *Moina micrura* la longevidad fue menor (10,5 días) cuando los organismos se mantuvieron a una temperatura de 25 °C, que cuando se mantuvieron a 20 °C (14,9 días). En el presente estudio, la temperatura registrada en el interior de las cabinas experimentales fue mayor a 25 °C, factor que pudo afectar la sobrevivencia de los individuos, pues la temperatura óptima para el adecuado desarrollo de estas especies es de 20 a 25 °C, por encima de la cual puede ser letal, y por debajo de este valor, puede verse afectado su desarrollo y reproducción (Gordo, Lubian & Canavate, 1994). Sin embargo, otro factor que pudo afectar la sobrevivencia de *Alona* sp. y *Diaphanosoma* sp. fue la cantidad de alimento suministrada, la cual podría ser superior a la requerida por estas especies. S. I. Ovie y Egborge (2002) por ejemplo, encontró que densidades superiores a 1.5×10^6 cel/mL de *Scenedesmus acuminatus* inhiben el crecimiento en *Moina micrura*, igual a lo encontrado por S. I. Ovie y S. O. Ovie (2008) en *Diaphanosoma excisum* alimentado con la misma especie de microalga. Según Antunes, Castro y Gonçalves (2003), la calidad y la cantidad de alimento tienen una influencia directa sobre la sobrevivencia y el crecimiento de los cladóceros, habiéndose observado que bajas tasas de alimentación pueden mejorar los porcentajes de sobrevivencia y reproducción en algunas especies. La obstrucción en el aparato filtrador y el daño en la calidad del agua debido a la suciedad por el exceso de alimento y de heces en el medio son algunas de las causas de la baja sobrevivencia de los cladóceros alimentados con altas densidades de microalgas (Ovie & Ovie, 2008). Sipaúba y Bachion (2002) alimentaron a *Diaphanosoma birgei* y *Moina micrura* con cantidades iguales de *Ankistrodesmus gracillis* (4×10^6 cel/mL) a las utilizadas en este ensayo, observando una longevidad de 16.0 días para *D. birgei*, y de 6.0 días para *M. micrura*, este último valor resulta inferior al observado en *Alona* sp. en el presente estudio.

Cabe la posibilidad que las variaciones en la temperatura y humedad relativa enmascararan los resultados del presente estudio; sin embargo, es más probable que estas alteraciones no hayan afectado las variables reproductivas debido a que en estas no se evidenciaron diferencias significativas.

Conclusiones

Bajo las condiciones experimentales del presente ensayo se observó que variables reproductivas tales como el periodo de infertilidad juvenil, el periodo de incubación, la fecundidad, la frecuencia reproductiva, el número de eventos reproductivos y el número de neonatos por hembra, tanto para *Alona* sp. como para *Diaphanosoma* sp., son afectadas de manera similar por la manipulación del régimen de fotoperiodo; sin embargo, aún es necesario realizar experimentos adicionales para determinar con mayor precisión las condiciones fisicoquímicas del agua y del ambiente que estas especies requieren para su cultivo en laboratorio, así como también para establecer el tipo y la cantidad de alimento que cada especie requiere para su adecuada reproducción y desarrollo bajo condiciones de cultivo y, de esta forma, optimizar los protocolos para la producción de estas especies, que constituyen una potencial alternativa para remplazar a la *Artemia* como fuente de alimento vivo para larvas y alevinos de peces.

Referencias bibliográficas

- Alekseev, V. & Lampert, W. (2004). Maternal Effects of Photoperiod and Food Level on Life History Characteristics of the Cladoceran *Daphnia pulicaria* Forbes. *Hydrobiologia*, 526, 225-230.
- Antunes, S.; Castro, B. & Gonçalves, F. (2003). Chronic responses of different clones of *Daphnia longispina* (field and *ephippia*) to different food levels. *Acta Oecologica*, 24, 325-332.
- Armitage, K. & Landau, L. (1982). The effects of photoperiod and temperature on growth and reproduction of *Daphnia ambigua*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 71, 137-140.
- Bouchnak, R. & Steinberg, C. (2010). Modulation of longevity in *Daphnia magna* by food quality and simultaneous exposure to dissolved humic substances. *Limnologia*, 40, 86-91.

- Castro, E. (2003). Egg production and hatching success of four *Acartia* species under different temperature and salinity regimes. *Journal of Crustacean Biology*, 23(2), 289-299.
- Chinnery, F. & Williams, J. (2003). Photoperiod and temperature regulation of diapause egg production in *Acartia bifilosa* from Southampton Water. *Marine Ecology Progress Series*, 263, 149-157.
- Gordo, T.; Lubian, L. & Canavate, J. (1994). Influence of temperature on growth, reproduction and longevity of *Moina salina* Daday, 1888 (Cladocera, Moinidae). *Journal of Plankton Research*, 16(11), 1513-1523.
- Jiménez, D.; Rosas, J.; Velásquez, A.; Millán, J. & Cabrera, T. (2003). Crecimiento poblacional y algunos aspectos biológicos del cladóceros *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Branchiopoda, Anomopoda), alimentado con tres dietas en tres salinidades diferentes. *Ciencia*, 11, 22-30.
- Korpelainen, H. (1986). The effects of temperature and photoperiod on life history parameters of *Daphnia magna* (Crustacea: Cladocera). *Freshwater Biology*, 16(5), 615-620.
- Leandro, S.; Tiselius, P. & Queiroga, H. (2006). Growth and development of nauplii and copepodites of the estuarine copepod *Acartia tonsa* from southern Europe (Ria de Aveiro, Portugal) under saturating food conditions. *Marine Biology*, 150, 121-129.
- Otero, A.; Medina, V.; Ramírez, A.; Velasco, Y.; Mira, T.; Cruz, P.; et al. (2007). Aspectos reproductivos del cladóceros *Alona* sp. bajo condiciones de laboratorio. *Jornada de Acuicultura (17: 21, septiembre: Villavicencio, Meta)*. *Memorias* (pp. 57-61). Villavicencio: Instituto de Acuicultura de los Llanos.
- Ovie, S. & Egborge, A. (2002). The effect of different algal densities of *Scenedesmus acuminatus* on the population growth of *Moina micrura* Kurz (Crustacea: Anomopoda, Moinidae). *Hydrobiologia*, 477, 41-45.
- Ovie, S. & Ovie, S. (2008). Population Growth of the Freshwater Cladoceran, *Diaphanosoma excisum*, Fed Different Densities of the Alga, *Scenedesmus acuminatus*. *Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh*, 60(2), 107-112.
- Peck, M.; Ewest, B., Holste, L.; Kanstinger, P. & Martin, M. (2008). Impacts of light regime on egg harvests and 48-h egg hatching success of *Acartia tonsa* (Copepoda: Calanoida) within intensive culture. *Aquaculture*, 275, 102-107.
- Prieto, M. (2001). Aspectos reproductivos del cladóceros *Moinodaphnia* sp. en condiciones de laboratorio. *Revista MVZ de Córdoba*, 6(2), 102-110.
- Prieto, M. & Atencio, V. (2008). Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. *Revista MVZ de Córdoba*, 13 (2), 1415-1425.
- Ramírez, J.; Mira, T.; Otero, A.; Medina, M.; Velasco, Y. & Cruz, P. (2008). Efecto de la intensidad lumínica en los aspectos reproductivos del cladóceros *Moina minuta*, bajo condiciones de laboratorio. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 21, 503.
- Rodríguez, J.; Villaseñor, R. & Martínez, F. (2003). Efecto de la temperatura y tipo de alimento en el cultivo de *Moina micrura* (Kurz, 1874) (Anomopoda: Moinidae) en condiciones de laboratorio. *Hidrobiológica*, 13(3), 239-246.
- Santos, M.; Melão, M. & Lombardi, A. (2006). Life history characteristics and production of *Ceriodaphnia silvestrii* Daday (Crustacea, Cladocera) under different experimental conditions. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 18(2), 199-212.
- Sipaúba, L. & Bachion, M. (2002). Population growth and development of two species of cladocera, *Moina micrura* y *Diaphanosoma birgei*, in laboratory. *Brazilian Journal of Biology*, 62(4A), 701-711.
- Vandekerckhove, J.; Declerck, S.; Brendonck, L.; Conde, J.; Jeppesen, E. & Meester, L. (2005). Hatching of cladoceran resting eggs: temperature and photoperiod. *Freshwater Biology*, 50, 96-104.
- Zhang, L. & Baer, K. N. (2000). The influence of feeding, photoperiod and selected solvents on the reproductive strategies of the water flea, *Daphnia magna*. *Environmental Pollution*, 110, 425.