

Evaluación de diferentes fotoperiodos en el cultivo larvario del botete diana (*Sphoeroides annulatus*)

Evaluation of different photoperiods in the larval culture of the bullseye puffer fish (*Sphoeroides annulatus*)

María Isabel Abdo-de la Parra^{1*} ,
Carlos Cristián Martínez-Chávez² ,
Luz Estela Rodríguez-Ibarra¹ ,
Gustavo Rodríguez-Montes de Oca³ 

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán. Av. Sábalo 10 Cerritos s/n. Estero del Yugo, CP. 82112. Mazatlán, Sinaloa, México.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Carretera Morelia-Zinapécuaro Kilómetro 9.5, CP. 58880. Tarímbaro, Michoacán, México.

³Laboratorio de Reproducción y Cultivo de Peces, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n, CP. 82000. Mazatlán, Sinaloa, México.

*Autor de correspondencia:
abdo@ciad.mx

Nota científica

Recibida: 12 de septiembre 2022

Aceptada: 27 de octubre 2022

Como citar: Abdo-de la Parra MI, Martínez-Chávez CC, Rodríguez-Ibarra LE, Rodríguez-Montes de Oca G (2022) Evaluación de diferentes fotoperiodos en el cultivo larvario del botete diana (*Sphoeroides annulatus*). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(3): e3478. DOI: 10.19136/era.a9n3.3478

RESUMEN. En el presente trabajo se evaluó el efecto de diferentes fotoperiodos en la eclosión, crecimiento y supervivencia de larvas de *Sphoeroides annulatus*. En cada uno de 12 tanques de fibra de vidrio se colocaron 5 g de huevos desgomados y se evaluó la tasa de eclosión, crecimiento en longitud total peso y supervivencia de las larvas bajo cuatro fotoperiodos con tres replicados cada uno: 24 horas luz (hl), 18 hl, 12 hl y 0 hl, durante 45 días después de la eclosión. La tasa de eclosión fue significativamente menor a 0 hl y las larvas no sobrevivieron a los 5 días después de la eclosión. El crecimiento, tanto en longitud como peso, fue significativamente mayor a 12 hl. La supervivencia no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados sugieren que el fotoperiodo afecta la tasa de eclosión y el crecimiento de las larvas de *S. annulatus*, bajo las condiciones del presente estudio.

Palabras clave: Crecimiento, eclosión, horas luz, larvas.

ABSTRACT. The objective of the present work was to evaluate the effect of different photoperiods on hatching, growth and survival of *Sphoeroides annulatus* larvae in order to improve the existing culture protocol. In each of the 12 fiberglass tanks, 5 g of degummed eggs were placed and the hatching rate, growth in total length, weight and survival of larvae were evaluated under four photoperiods with three replicates each: 24 hours light (hl), 18 hl, 12 hl and 0 hl, for 45 days after hatching. Hatch rate was significantly lower at 0 hl and larvae did not survive to 5 days after eclosion. Growth was significantly higher at 12 hl. Survival did not show significant differences between treatments. The results suggest that photoperiod affects the hatching rate and growth of *S. annulatus* larvae under the conditions of this study.

Key words: Growth, hatch, light hours, larvae.

INTRODUCCIÓN

La piscicultura marina es una actividad que contribuye a la economía de muchos países, generando alimento con alto valor nutricional, empleos y divisas (Chávez-Sánchez *et al.* 2008). En México, el cultivo de peces marinos se encuentra en desarrollo, y aunque se basa casi exclusivamente en la engorda de juveniles extraídos del medio, lo cual aumenta la presión existente en las pesquerías (Chávez-Sánchez *et al.* 2008, Escárcega-Rodríguez 2020). La producción constante, confiable y en el momento adecuado de juveniles de calidad, es un requerimiento indispensable para el cultivo de peces marinos (Abdo-de-la-Parra *et al.* 2013); haciendo imprescindible contar con las técnicas de cultivo adecuadas y sistemas de producción eficientes que permitan que la especie cultivada alcance un desempeño satisfactorio.

El botete diana *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842), es una especie de pez que se distribuye desde las costas de San Diego en Estados Unidos, hasta Perú (Amezcuca-Linares 1996), y presenta varios aspectos biológicos favorables para la acuicultura, siendo una especie eurihalina, que se adapta a distintas condiciones ambientales, al cautiverio y al manejo (Abdo-de-la-Parra *et al.* 2010). El filete de este recurso marino es muy apreciado en el mercado mexicano debido a su excelente sabor, buena consistencia, baja cantidad de espinas y alto valor comercial (Abdo-de-la-Parra *et al.* 2013). Además de considerar su potencial para cultivo, cuenta con características favorables para la implementación de un programa de repoblamiento; lo cual ayudará a disminuir la presión existente sobre su pesquería e incidiría en beneficio del sector productivo y social. (Arreguín-Sánchez y Acros-Huitron 2011). Durante el desarrollo temprano de los peces marinos, las larvas sufren rápidos y masivos cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos (Huang *et al.* 2021); por lo que la determinación de las condiciones ambientales óptimas en el cultivo larvario, permitirá mejorar el crecimiento y la supervivencia. El fotoperiodo puede ser uno de los factores externos más críticos en la ontogenia temprana

de los peces; así como, una de las variables controlables más importantes en la cría de las larvas (Kamler 2002, Abdollahpor *et al.* 2020). Afecta la eclosión, la actividad alimenticia, el crecimiento, comportamiento, metabolismo, sistema inmune, malformaciones y supervivencia de las larvas de peces (Sánchez-Vázquez y López-Olmeda 2018, Litvak *et al.* 2020, Ma *et al.* 2021). La mayoría de las larvas de peces marinos son depredadores visuales y dependen de la fotorrecepción para determinar la ubicación de las presas, por lo que necesitan luz para poder alimentarse (Villamizar *et al.* 2013, Hu *et al.* 2018).

Generalmente, al extender el periodo de luz, la larva incrementa su actividad y alimentación, lo cual puede incidir en mayor crecimiento y/o supervivencia. Al respecto se reporta que a las 24 horas luz (hl) aumentó la supervivencia en larvas de *Takifugu obscurus* (Shi *et al.* 2010), *Thunnus albacares* (Partridge *et al.* 2011), *Thunnus orientalis* (Kurata *et al.* 2017). En otras especies, el crecimiento de las larvas a las 24 hl fue mayor, sin incidir en la supervivencia, como en *Ompok bimaculatus* (Arambam *et al.* 2020) y *Pseudopleuronectes americanus* (Litvak *et al.* 2020). También se ha reportado que el fotoperiodo no afecta la supervivencia o crecimiento de las larvas como en *Lutjanus campechanus* (McGuigan *et al.* 2021). También hay evidencias que sugieren que los ritmos de eclosión, están controlados por un mecanismo de reloj que restringe o limita la eclosión a un momento específico del día o de la noche, llamado puerta o ventana de eclosión y depende del comportamiento diurno/nocturno de cada pez (Villamizar *et al.* 2013; Sánchez-Vázquez y López-Olmeda 2018). Lo cual, sugiere la necesidad e importancia de determinar el fotoperiodo óptimo para la eclosión y desarrollo de cada pez, sobre todo los domesticados y producidos en sistemas dulceacuícolas o por maricultura. No existe información disponible sobre el efecto del fotoperiodo en la larvicultura del botete diana; por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar el fotoperiodo más adecuado para la eclosión, crecimiento y supervivencia de larvas de esta especie para coadyuvar al aumento de la producción de juveniles bajo un esquema controlado, con la intención final de ayudar a la repoblación de esta especie en

las costas de Sinaloa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y desgomado de huevos fertilizados de botete diana

Los huevos fertilizados de botete diana (*S. annulatus*) se obtuvieron en la planta piloto para la producción de juveniles de peces marinos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD), Unidad Mazatlán. Antes de la incubación, los huevos fueron desgomados con la enzima proteolítica proteasa (EPP) Sigma Aldrich (Merck, México) mediante la técnica propuesta por Rodríguez-Ibarra *et al.* (2010).

Diseño y condiciones experimentales

Se evaluaron cuatro fotoperiodos 24 hl, 18 hl 12 hl y 0 hl, completamente al azar y cada uno por triplicado, en 12 tanques circulares de fibra de vidrio con capacidad de 600 L, con distribuidores individuales de aire y flujo continuo de agua de mar filtrada. En la parte superior de los tanques experimentales se instalaron lámparas de luz blanca ajustando la altura de cada una con el fin de proporcionar 1 000 lux, los cuales fueron medidos con un luxómetro HANNA modelo HI9750. Se colocaron plásticos negros en la superficie de cada tanque para mantener las condiciones deseadas de luz/oscuridad. En cada tanque experimental se colocaron 5 g de huevos fertilizados desgomados (alrededor de 2 0000 huevos) de un total de 100 g de huevos de una misma hembra, en un volumen estático de 50 L de agua marina previamente filtrada con UV. Posterior a la eclosión se añadió a cada tanque 100 L de agua marina filtrada para llevar a cabo el cultivo larvario de acuerdo a Abdo-de-la-Parra *et al.* (2013). Durante el periodo de experimentación se controlaron los parámetros físico-químicos, manteniendo la temperatura del agua a 27.5 ± 0.4 °C, el oxígeno disuelto a 5.5 ± 0.3 mg L⁻¹ y la salinidad a 33 ppm.

Variables evaluadas

Se determinó el porcentaje de fertilización (%F) tomando una muestra de huevos de cada tratamiento para comprobar la homogeneidad entre

las muestras. A partir de las 57 horas después de la fertilización (HDF), se tomaron muestras de 5 mL de agua de cada tanque y posteriormente cada tres horas para determinar tiempo y porcentaje de eclosión (%E) mediante las siguientes fórmulas: $\%F = \text{No. huevos desarrollados} / \text{No. huevos no desarrollados}$; $\%E = \text{Ls} / (\text{H}) * 100$, donde: Ls = No. de larvas, H = No. de huevos incubados.

Después de la eclosión y posteriormente cada cinco días, se tomaron 10 larvas de cada tanque para evaluar longitud total (LT) y peso húmedo (P). Para medir las larvas recién eclosionadas se utilizó un microscopio Olympus[®] utilizando el objetivo 4X con un micrómetro ocular de 25 μm y para las mediciones posteriores se utilizó un vernier digital con una resolución de 0.01 ± 0.03 mm y se pesaron en una balanza digital con una precisión de 0.0001 g. A los 45 días después de la eclosión (DDE) se contó el número total de organismos obtenidos en cada tanque para determinar la supervivencia (%S); $\%S = \text{Número. Organismos finales} / \text{Número de larvas eclosionadas}$.

Análisis estadístico

Los resultados expresados porcentualmente (%F, E y S) se transformaron a arcoseno para su posterior análisis. A todos los resultados se les determinó la normalidad (prueba de Shapiro-Wilks) y la homocedasticidad de la varianza (prueba de Levene); al ser datos normales se analizaron mediante el análisis de varianza de una vía (ANOVA) ($P < 0.05$) y las diferencias significativas entre los tratamientos se determinaron por la prueba de comparación múltiple de rangos de Tukey ($P < 0.05$) (Zar 1996). Los datos fueron expresados como la media \pm desviación estándar (DE). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el programa Statgraphics Plus para Windows versión 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasas de fertilización y eclosión

Los porcentajes de fertilización y eclosión se muestran en la Tabla 1. No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en cuanto al porcentaje de fertilización entre los tratamientos. La eclosión se

registró a partir de las 60 HDF en los tratamientos 24 hl, 18 hl, 12 hl; en el tratamiento de 0 hl empezaron a eclosionar a las 72 HDF y la tasa de eclosión total fue significativamente menor ($P < 0.05$) al resto de los tratamientos; lo cual, también se ha observado en otras especies como *Hippoglossus hippoglossus* (Villamizar et al. 2011). Sin embargo, en otras especies la mayor tasa de eclosión se presentó en 0 hl como por ejemplo en *Ompok bimaculatus* (Arambam et al. 2020) y *Heterobranchus bidorsalis* X *Clarias gariepinus* (Adebayo 2018). Al respecto, Kamler (2002) mencionó que la exposición a la luz/oscuridad de los huevos de peces influye en la tasa de eclosión y supervivencia de las larvas y las diferencias pueden estar asociadas a los hábitos de vida de estas diferentes especies de peces.

Tabla 1. Porcentajes medios de eclosión de los huevos fecundados de *Sphaeroides annulatus* calculados para los cuatro tratamientos. (hl: horas-luz).

| Tratamiento | % Fertilización | % Eclosión |
|-------------|-----------------|-------------------------|
| 24 hl | 93 ± 2.0 | 97.3 ± 2.2 ^a |
| 18 hl | 92 ± 2.0 | 97.6 ± 1.0 ^b |
| 12 hl | 92 ± 1.0 | 97.4 ± 2.3 ^b |
| 0 hl | 92 ± 2.0 | 30 ± 10.1 ^a |

Los resultados son la media de tres replicados ± desviación estándar. Las letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (Tukey HSD, $P < 0.05$).

Crecimiento

Las larvas recién eclosionadas de los tratamientos con luz presentaron apariencia normal, ojos pigmentados y algunos melanóforos negros en el dorso; midieron alrededor de 1.8 ± 0.08 mm de longitud total (LT), el saco vitelino abarcó casi la mitad de la longitud del cuerpo y flotaron en la columna del agua sin movimiento significativo hasta el día 2 DE cuando abrieron la boca. La alimentación exógena comenzó entre los días 4 y 5 DE. Las larvas eclosionadas en el tratamiento 0 hl fueron deformes, por lo que no pudieron medirse y/o pesarse; presentaron ojos sin pigmentar y sin melanóforos en el dorso y no sobrevivieron después de los 5 DDE. Al final del experimento, las larvas cultivadas a 12 hl presentaron significativamente mayor longitud total y peso a las

larvas cultivadas a 24 y 18 hl ($P < 0.05$) (Tabla 2). Estos resultados demuestran que el crecimiento de las larvas de *S. annulatus* no se incrementa con fotoperiodo continuo, lo cual se ha observado en otras especies de botete como *Takifugu rubripes* (Wu et al. 2022) y *T. flavidus* (Yang y Yang 2004) y en otras especies de peces marinos como *Solea senegalensis* (Blanco-Vives et al. 2010), entre otras. En cambio, para *Gadus morhua* (Puvanendran y Brown 2002), *Argyrosomus regius* (Vallés y Estevéz 2013) y *Pseudopleuronectes americanus* (Litvak et al. 2020) se ha reportado que crecen mejor cuando se cultivan en periodos de luz más largos. En general, durante la ontogenia temprana, la respuesta de una especie a la luz es extremadamente variable; puede ser negativa, positiva o sin impacto y puede estar vinculada a las adaptaciones ambientales (Abdollahpor et al. 2020). El botete diana (*S. annulatus*) es una especie común en el pacífico subtropical (Amezcuca-Linares 1996) donde la duración del día es de 12 a 13 h, por lo que el fotoperiodo de 12 hl donde se obtuvieron los mejores resultados de crecimiento del presente estudio, coincide con el fotoperiodo natural reportado para el área de distribución de esta especie. Por otro lado, Pereira-Davison y Callan (2018) mencionan que las larvas de peces que tienen un periodo de descanso entre la búsqueda activa de alimento, pueden mantener un mejor crecimiento al tener tiempo para absorber adecuadamente los nutrientes de sus presas sin gastar energía en la caza constante, lo cual puede explicar porque las larvas de *S. annulatus* en este estudio crecieron mejor al cultivarse a 12 hl.

Supervivencia

En cuanto al porcentaje de supervivencia al final del cultivo larvario, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los fotoperiodos evaluados; a 24 hl fue de $5.3 \pm 0.6\%$, a 18 hl fue de $6.2 \pm 0.8\%$ y en 12 hl fue de $5.8 \pm 0.7\%$. Estos valores de supervivencia son similares a los reportados en otros estudios con la misma especie, donde se han obtenido valores desde 2.3 hasta 12.0%, dependiendo de las condiciones experimentales (Abdo-de-la-Parra et al. 2010, Abdo-de-la-Parra et al. 2011). En otras especies como *Brycon orbignyanus* (Souza

Tabla 2. Crecimiento en Longitud total (LT) y peso de *Sphoeroides annulatus* cultivados en los diferentes tratamientos.

| Tratamiento | LT inicial (mm) | LT final (mm) | Peso inicial (g) | Peso final (g) |
|-------------|-----------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| 24 hl | 1.79 ± 0.1 | 25.04 ± 2.3 ^a | 0.00022 ± 0.00005 | 0.42 ± 0.11 ^a |
| 18 hl | 1.81 ± 0.1 | 26.03 ± 3.6 ^a | 0.00021 ± 0.00005 | 0.50 ± 0.16 ^a |
| 12 hl | 1.80 ± 0.1 | 28.4 ± 2.9 ^b | 0.00021 ± 0.00005 | 0.66 ± 0.25 ^b |

Los resultados son la media de tres replicados ± desviación estándar. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (Tukey HSD, P < 0.05)

et al. 2022) y *Solea aegyptiaca* (Aljilany et al. 2016) también se reportó que el fotoperiodo no tuvo efecto en la supervivencia de las larvas. Las larvas cultivadas a 0 hl no sobrevivieron después de los 5 DDE; lo cual coincide con lo reportado en otros trabajos (Adebayo 2018, Pereira-Davison y Callan 2018, Chen et al. 2020). Puvanendran y Brown (2002), mencionan que la relación entre el fotoperiodo, una buena alimentación y la supervivencia, es que el aumento de las horas luz incrementa la posibilidad de reconocimiento visual de las presas, lo que da lugar a mayores tasas de captura, creando larvas más robustas y con mayor probabilidad de sobrevivir.

Los resultados del presente estudio sugieren que el fotoperiodo afecta la tasa de eclosión y el crecimiento de las larvas de *S. annulatus*. A 0 hl la tasa de eclosión fue muy baja y las larvas eclosionadas fueron deformes y no sobrevivieron

al inicio de la alimentación exógena. El mejor crecimiento de las larvas se obtuvo a 12 hl, bajo las condiciones del presente estudio. La supervivencia de las larvas no fue afectada por los diferentes fotoperiodos. Se recomienda evaluar periodos de luz más cortos, así como la intensidad de luz, sobre el crecimiento y supervivencia de las larvas de *S. annulatus*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a N. García Aguilar por proporcionar los huevos de botete diana, a G. Velasco por su apoyo en el bioensayo y a V. Williams por su apoyo en la revisión del manuscrito y redacción del resumen en inglés.

LITERATURA CITADA

- Abdo-de-la-Parra MI, García-Ortega A, Martínez-Rodríguez I, González-Rodríguez B, Velasco-Blanco G, Hernández C, Duncan N (2010) An intensive rearing protocol for larvae of the bullseye puffer, *Sphoeroides annulatus* (Jenyns). *Aquaculture Research* 41: e554-e560. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02536.x.
- Abdo-de-la-Parra MI, Rodríguez-Ibarra LE, Velasco-Blanco G, García-Aguilar N, Ibarra A, Duncan NJ, Álvarez-Lajonchère LS (2011) Cultivo larvario del botete diana (*Sphoeroides annulatus*) en tres diferentes densidades de siembra. En: Ruiz-Luna A, Berlanga-Robles C, Betancourt-Lozano M (eds). *Avances en acuicultura y manejo ambiental*. Editorial Trillas. México. pp. 93-106.
- Abdo-de-la-Parra MI, Rodríguez-Ibarra LE, García-Aguilar N, Velasco-Blanco G, Ibarra-Castro L (2013) Biotecnología para la producción masiva de juveniles del botete diana *Sphoeroides annulatus*: inducción hormonal y cultivo larvario. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 48: 409-420.
- Abdollahpour H, Falahatkar B, Lawrence C (2020) The effect of photoperiod on growth and spawning performance of zebrafish, *Danio rerio*. *Aquaculture Reports* 17: 100295. DOI: 10.1016/j.aqrep.2020.100295.
- Adebayo IA (2018) Effect of photoperiod on eggs hatchability, growth and survivability of hybrid Catfish (*Heterobranchus bidorsalis* X *Clarias gariepinus*) larvae. *Journal of Aquaculture and Fisheries* 2: 007. DOI: 10.24966/AAF-5523/100007.

- Aljilany SSA, Mohammed RA, Saleh HE, Allam SM, Abou-Zied RM (2016) Effect of stocking density, photoperiod and feeding on poultry egg on growth and development of the egyptian sole (*Solea aegyptiaca* chabanaud, 1927) larvae. *Abbassa International Journal for Aquaculture* 19: 135-170.
- Amezcu-Linares F (1996) Peces demersales de la plataforma continental del Pacífico central de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 155p.
- Arambam K, Singh SK, Biswas P, Patel AB, Jena AK, Pandey PK (2020) Influence of light intensity and photoperiod on embryonic development, survival and growth of threatened catfish *Ompok bimaculatus* early larvae. *Journal of Fish Biology* 97: 740-752.
- Arreguín-Sánchez F, Arcos-Huitrón E (2011) Fishing in Mexico: state of exploitation and use of ecosystems. *Hidrobiológica* 21: 431-462.
- Blanco-Vives B, Villamizar N, Ramos J, Bayarri MJ, Chereguini O, Sánchez-Vázquez FJ (2010) Effect of daily thermo- and photo-cycles of different light spectrum on the development of Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae. *Aquaculture* 306: 137-145.
- Chávez-Sánchez MC, Álvarez-Lajonchere LS; Abdo-de la Parra MI, García-Aguilar N (2008) Advances in the culture of the Mexican bullseye puffer fish *Sphoeroides annulatus*, Jenyns (1842). *Aquaculture Research* 39: 718-730.
- Escárcega-Rodríguez S (2020) ¿Cultivo de peces marinos? Hablemos de larvicultura en estanques. *Revista Digital Universitaria* 21(2). DOI: 10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n2.a3.
- Hu J, Liu Y, Ma Z, Qin JG (2018) Feeding and development of warm water marine fish larvae in early life. In: Yúfera M (eds) *Emerging issues in fish larvae research*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-73244-2_10.
- Huang YF, Song BL, Deng TH, Wang Q, Shen Q, Liu LG (2021) Ontogenetic development, allometric growth patterns, and daily increment validation of larvae and juvenile *Culter alburnus*. *Environmental Biology of Fishes* 104: 1593-1610.
- Kamler E (2002) Ontogeny of yolk-feeding fish: an ecological perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12: 79-103.
- Kurata M, Tamura Y, Honryo T, Ishibashi Y, Sawada Y (2017) Effects of photoperiod and night-time aeration rate on swim bladder inflation and survival in Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* (Temminck & Schlegel), larvae. *Aquaculture Research* 48: 4486-4502.
- Litvak MK, Zadmajid V, Butts IA (2020) Growth and survival of winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) larvae reared on different photoperiod regimes from hatch to metamorphosis. *Aquaculture Research* 51: 2314-2321.
- Ma H, Wei P, Li X, Liu S, Tian Y, Zhang Q, Liu Y (2021) Effects of photoperiod on growth, digestive, metabolic and non-special immunity enzymes of *Takifugu rubripes* larvae. *Aquaculture* 542: 736840. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736840.
- McGuigan JC, Buchalla Y, Darville K, Tudela CE, Stieglitz JD, Hoenig R, Benetti D (2021) Effect of replacing darkness with dim light in the larviculture of red snapper, *Lutjanus campechanus*. *Aquaculture Reports* 20: 100762. DOI: 10.1016/j.aqrep.2021.100762.

- Partridge GJ, Benetti D, Stieglitz JD, Hutapea J, McIntyre A, Chen B, Hutchinson W, Scholey VP (2011) The effect of a 24-hour photoperiod on the survival, growth and swim bladder inflation of pre-flexion yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) larvae. *Aquaculture* 318: 471-474.
- Pereira-Davison E, Callan CK (2018) Effects of photoperiod, light intensity, turbidity and prey density on feed incidence and survival in first feeding yellow tang (*Zebrasoma flavescens*)(Bennett). *Aquaculture Research* 49: 890-899.
- Puvanendran V, Brown JA (2002) Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture* 214: 131-151.
- Rodríguez-Ibarra LE Abdo-de la Parra MI, Rodríguez-Montes de Oca G, Moreno-Hernández S, Velasco G, García N, Álvarez-Lajonchere LS (2010) Evaluation of methods for eliminating egg stickiness of the bullseye puffer fish *Sphoeroides annulatus* (Pisces: Tetraodontidae). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45: 147-151.
- Sánchez-Vázquez FJ, López-Olmeda JF (2018) Environmental cycles and biological rhythms during early development In: Yúfera M (ed) *Emerging issues in fish larvae research*. Springer International Publishing AG. Cadiz, Spain. pp: 37-50.
- Shi Y, Zhang G, Zhu Y, Liu J (2010) Effects of photoperiod, temperature, and salinity on growth and survival of obscure puffer *Takifugu obscurus* larvae. *Aquaculture* 309: 103-108.
- Souza JG, Azevedo-Martins MS, Almeida-Torquete M, Ferrante M, Peconick AP, Martínez-Chávez CC, Solis-Murgas LD (2022) Cannibalism rate and mLeptin expression are influenced by photoperiod and diets in Piracanjuba, *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1850) larvae. *Research in Veterinary Science* 143: 142-147.
- Vallés R, Estevez A (2013) Light conditions for larval rearing of meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture* 376: 15-19.
- Villamizar N, Blanco-Vives B, Migaud H, Davie A, Carboni S, Sánchez-Vázquez FJ (2011) Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts: A review. *Aquaculture* 315: 86-94.
- Villamizar N, Blanco-Vives B, Oliveira C, Dinis MT, Di Rosa V, Negrini P, Bertolucci C, Sánchez-Vázquez FJ (2013) Circadian rhythms of embryonic development and hatching in fish: A comparative study of Zebrafish (diurnal), Senegalese Sole (nocturnal), and Somalian Cavefish (blind). *Chronobiology International* 30: 889-900.
- Wu Y, Yan H, Shen X, Jiang J, Yuan Z, Liu Q, Wang Z, Bai L, Zhang L, Song C, Liu Y (2022) Effects of different light conditions on growth, muscle nutrients content, and clock gene circadian expression of *Takifugu rubripes*. *Aquaculture Reports* 26: 101294. DOI: 10.1016/j.aqrep.2022.101294.
- Yang, Z, Yang JX. (2004) Effect of photoperiod on the embryonic development of obscure puffer, *Takifugu obscurus*. *Journal of Freshwater Ecology* 19:53-58