

BENEFICIOS DEL ALIMENTO VIVO EN EL CRECIMIENTO Y LA COLORACIÓN DE JUVENILES DEL PEZ PANGASIO (*Pangasianodon hypophthalmus*)

LIVE FOOD BENEFITS ON GROWTH AND COLORATION OF JUVENILE PANGASIUS FISH (*Pangasianodon hypophthalmus*)

Karla Lizeth González-Flores¹, Jorge Luna-Figueroa², Hugo F. Olivares-Rubio², Migdalia Díaz-Vargas², Marco Franco³, Judith García-Rodríguez², Elsay Arce^{2*}

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México.

²Laboratorio de Acuicultura e Hidrobiología, Departamento de Hidrobiología, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Río Pánuco 41, Col. Vista Hermosa, Cuernavaca, Morelos, México.

³Doctorado en Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

* Autor de correspondencia: elsah.arce@uaem.mx

RESUMEN

Las dietas vivas tienen propiedades nutricionales para los peces que favorecen el crecimiento, coloración y salud de los organismos. El pangasio, *Pangasianodon hypophthalmus*, es un pez destacado para la acuicultura y es altamente consumido en Europa, Rusia y Estados Unidos. El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento y la coloración del pez pangasio alimentado por 120 días con tres dietas: hojuelas comerciales, pre-adultos de mosquito *Culex quinquefasciatus* y cladóceros *Moina*

wierzejski. Se obtuvieron las tallas totales, pesos y coloración de los peces al inicio y al final del experimento. Los dos alimentos vivos favorecieron al crecimiento de los peces, los pre-adultos de mosquito en peso y los cladóceros de agua en talla. El color de los individuos fue favorecido por ambos alimentos vivos. Estos resultados confirman las ventajas nutricionales de las dietas vivas sobre las inertes para el adecuado crecimiento y coloración del pez pangasio.

Palabras clave: Acuicultura, alimento vivo, pre-adultos de mosquito, cladóceros, color.

ABSTRACT

Live diets have nutritional properties for fish that promote the growth, coloration, and health of the organisms. *Pangasius*, *Pangasianodon hypophthalmus*, is an important fish species for aquaculture due to is highly consumed in Europe, Russia, and the United States. The objective of this study was to evaluate the growth and coloration of pangasius fish fed with three diets (commercial flakes, pre-adult mosquitoes *Culex quinquefasciatus*, and water fleas *Moina wierzejski*), for 120 days. The total size, weight, and coloration of the fish were acquired at the beginning and at the end of the experiment. The two live foods improved the growth of the fish, the mosquito pre-adults in weight and the water fleas in size. The color of individuals was favored by both live foods. These results confirm the nutritional advantages of live diets over inert diets for the adequate growth and coloration of pangasius fish.

Key words: *Aquaculture, live food, mosquito pre-adults, cladocerans, color.*

INTRODUCCIÓN

Una alternativa en la producción de alimento para el ser humano es el cultivo de peces (Fiedler *et al.*, 2016). La producción de peces dulceacuícolas es altamente importante para la generación de nuevas alternativas alimenticias (Mohan *et al.*, 2005). Actualmente, las demandas de alimento requieren diversificar las especies dulceacuícolas con potencial acuacultural. Vietnam es el principal productor y exportador mundial de pangasio cultivado (FAO, 2022) y el pez pangasio, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) es un miembro de la familia *Pangasiidae* (Siluriformes), cuya distribución natural se localiza en el sureste de Asia, particularmente, en los ríos Mekong y Chao Phraya y en la cuenca del Mekong (Tailandia, Laos, Camboya y Vietnam). Este pez se utiliza ampliamente para cultivo (Roberts y Vidthayanon, 1991), es la octava

especie de pez más producida en la acuicultura continental al año 2020 y su producción se sigue incrementando (FAO, 2022). No obstante, se debe considerar un manejo adecuado de esta especie que garantice su control en cautiverio y evite cualquier inconveniente asociado a la posible invasión de nuevos ambientes.

El pez pangasio es una especie importante por su rápido crecimiento y demanda en el mercado (Orban *et al.*, 2008). Los principales consumidores de este producto acuícola se encuentran en Europa, Estados Unidos de América y Rusia, y es valorado principalmente por la calidad nutricional de su carne (Karl *et al.*, 2009). Los ejemplares de esta especie son de cuerpo alargado y comprimido lateralmente, en cautiverio pueden alcanzar una longitud estándar máxima de 80 cm y un peso de entre 6 y 7 kg (Roberts y Vidthayanon, 1991). El pez pangasio se ha cultivado exitosamente en países del sureste asiático como Malasia, Indonesia y China debido a la diversidad de alimentos que acepta (Rohul *et al.*, 2005). Los alimentos utilizados en el cultivo del pez pangasio deben contener los nutrientes necesarios para asegurar su éxito en el mantenimiento, crecimiento y reproducción en cautiverio.

Una adecuada nutrición contribuye a la salud de los organismos acuáticos cultivados. El pangasio es un consumidor de una amplia variedad de fuentes de alimentos; en consecuencia, es posible reducir el costo de producción y mejorar su crecimiento y patrón de coloración para incrementar su competitividad en el mercado (Rohul *et al.*, 2005). El patrón de coloración bandeado en especímenes juveniles de esta especie puede presentarse en animales de tallas de 20 a 30 cm y se modifica en ejemplares de 50 cm (Roberts y Vidthayanon, 1991). El color es una señal representativa de la salud de los organismos (Amaya y Nickell, 2015) y es un atributo que está regulado por la genética y las condiciones ambientales.

El alimento vivo contiene la calidad y cantidad necesaria de nutrientes y carotenoides que pueden favorecer a un mejor estado de crecimiento y coloración (De Carvalho y Caramujo, 2017). Este alimento es una excelente alternativa para la producción de peces (Luna-Figueroa y Arce, 2017). El alimento vivo está conformado por organismos que pueden ser utilizados como fuente de alimento para una especie en cultivo, sin embargo, debe cumplir con algunas características como textura blanda, una dimensión correcta con relación a la boca del consumidor, fácil cultivo, abundante y con un alto valor nutricional (Luna-Figueroa y Arce, 2017). Los cladóceros y algunas larvas de insectos, como los pre-adultos de mosquito, son una alternativa viable para la alimentación de los peces (Arce et al., 2018; Mejía-Mejía et al., 2021). Utilizar dietas vivas para la alimentación del pez pangasio podría ser una alternativa benéfica en términos de crecimiento, coloración y costos para esta especie, que es una de las más importantes en la acuicultura. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue evaluar el efecto de los cladóceros y los pre-adultos de mosquito en el crecimiento y en la coloración del pez pangasio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mantenimiento y aclimatación de los peces

Se utilizaron 72 peces pangasio juveniles que fueron mantenidos en un tanque de aclimatación de 120 L por 30 días con aeración constante, temperatura de 25 ± 1 °C y pH 7.2. Durante esta etapa, los animales fueron alimentados diariamente *ad libitum* con una dieta que comprendió un 33.33% de pre-adultos de mosquito, *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823), 33.33% de cladóceros, *Moina wierzejski* (Richard, 1895) y 33.33% de hojuelas comerciales. La composición nutricional de los pre-adultos de mosquito fue 43.5% de proteína, 9.5% de lípidos y 5.2% de carbohidratos (Mejía-Mejía et al., 2021) Los cladóceros como la pulga de agua tiene una composición de 50% de proteína, 19.37% de lípidos y 4.12% de

carbohidratos; y las hojuelas balanceadas presentaron un 45% de proteína, 4.5% de lípidos y 5.0% de carbohidratos (Arce et al., 2018). El alimento remanente y las heces producidas se removieron diariamente con un recambio parcial del agua de un 25% (De la Torre et al., 2018).

Período experimental

Los valores de parámetros fisicoquímicos del agua, durante el periodo experimental, se mantuvieron como en el periodo de aclimatación. Los peces de 2.07 ± 0.35 g de peso y 74.53 ± 5.72 mm de longitud total fueron distribuidos aleatoriamente en seis grupos de 12 ejemplares cada grupo y colocados en tanques de 80 L. Los peces del grupo uno y dos, se alimentaron con pre-adultos de mosquito, los del grupo tres y cuatro, con pulgas de agua y los del grupo cinco y seis, con hojuelas comerciales, como control. La dieta uno y dos se cultivaron y recolectaron en condiciones de laboratorio (Arce et al., 2018). La alimentación fue *ad libitum* dos veces al día, a las 10:00 y 16:00 h durante 120 días.

Medidas de crecimiento y coloración

Los peces se pesaron con una balanza digital (OHAUS, 0.01 g), se midieron con un vernier digital (INSIZE, 0.01 mm) y se fotografiaron de su área lateral usando una cámara digital Panasonic DCM-GH4, al inicio y al final del periodo experimental. Se calcularon las tasas específicas de crecimiento de peso y longitud total (Vu y Huynh, 2020).

Para obtener la tasa específica de crecimiento en peso se siguió la fórmula:

$$\text{Tasa específica de crecimiento en peso} = \frac{P_2 - P_1}{P_1}$$

donde: P_2 = peso final y P_1 = peso inicial

Para obtener la tasa específica de longitud total se siguió la fórmula:

$$\text{Tasa específica de longitud total} = L_2 - L_1$$

donde: L_2 = longitud final y L_1 = longitud inicial

Para las fotografías, se utilizó un tanque fotográfico que se colocó en una caja de 40 x 40 x 50 cm con paredes blancas opacas y con una luz blanca. El color fue analizado de la zona del pedúnculo caudal izquierdo o derecho de manera aleatoria de cada pez en un área similar (10 mm²). Las imágenes se analizaron con el programa Image J (Schneider *et al.*, 2012). Este programa detecta la intensidad del color de una imagen en una escala de cero a 550 (Touchon y Warkentin, 2008).

Análisis estadístico

La independencia y normalidad de los datos obtenidos fueron probadas y confirmadas mediante una prueba de Shapiro-Wilk. Los datos de peso, longitud total y coloración inicial y final fueron analizados con una ANOVA bifactorial. El peso, longitud total y color fueron considerados variables y el tiempo de medición (inicio y final) y los tratamientos o dietas como los factores categóricos. Los datos se analizaron mediante el programa Statistica 10. La tasa específica de crecimiento en peso y longitud se compararon entre tratamientos con una ANOVA de una vía con el programa GraphPad Prism 8.0.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al inicio del periodo experimental todos los peces fueron de peso semejante ($P > 0.05$, Figura 1). El peso final dependió de la dieta suministrada a los peces ($F = 20.72$, $g/ = 2$, $P < 0.001$, Figura 1). Los peces alimentados con pre-adultos de mosquito fueron más pesados (7.98 ± 0.34 g), seguidos de los alimentados de cladóceros (6.54 ± 0.25 g) y finalmente los alimentados con hojuelas (4.95 ± 0.14 g).

Al inicio del experimento todos los peces presentaron longitud total similar ($P > 0.05$, Figura 2). La longitud total final fue dependiente de las dietas ($F = 7.54$, $g/ = 2$, $P < 0.001$, Figura 2). Los peces alimentados con la dieta de pulga fueron los de mayor longitud total (96.95 ± 2.34 mm), seguidos de los alimentados de pre-adultos de mosquito (91.41 ± 2.43 mm) y finalmente los alimentados con hojuelas (86.98 ± 1.10 mm). La tasa específica de crecimiento en peso fue dependiente de la dieta ($F = 0.067$, $g/ = 2$, $P < 0.001$). La tasa específica de crecimiento en peso fue mayor en los peces alimentados con pre-adultos de mosquito (1.13 ± 0.18 % día⁻¹), en comparación con los alimentados con pulga de agua (0.96 ± 0.2 % día⁻¹) y con las hojuelas comerciales (0.72 ± 0.18 % día⁻¹). La tasa específica de crecimiento en longitud total fue similar entre las tres dietas ($F = 0.726$, $g/ = 2$, $P > 0.05$). La longitud total fue de (0.22 ± 0.09 % día⁻¹) en los peces alimentados con pulga de agua, seguidos de los alimentados con hojuelas (0.17 ± 0.07 % día⁻¹) y los pre-adultos de mosquito (0.16 ± 0.1 % día⁻¹).

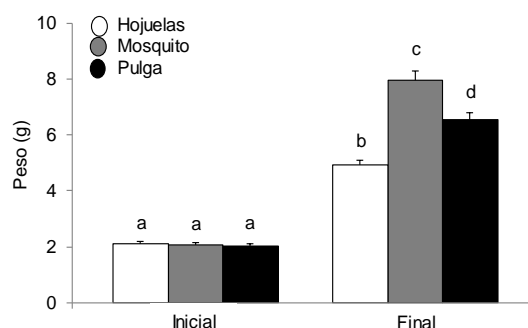


Figura 1. Peso inicial y final en el pez pangasio. Las letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Se muestran los valores promedio y el error estándar.

El alimento vivo favoreció el crecimiento del pez pangasio respecto a la dieta inerte. En otros organismos como el pez cebra, *Danio rerio* (Hamilton, 1822) y el pez Óscar, *Astronotus ocellatus* (Agassiz,

1831) las presas vivas de *Daphnia* sp. enriquecidas con fitoplancton y bacterias heterotróficas fueron una opción para mejorar su crecimiento respecto a alimento comercial (Avilés-López et al., 2017). El guppy, *Poecilia reticulata* (Peters, 1859) ganó mayor dimensión y color cuando se alimentó con el cladócer *Moina wierzejski*, el microgusano *Panagrellus redivivus* (Goodey, 1945) y nauplios de artemia *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906) vivos, en comparación con hojuelas comerciales (Arce et al., 2018). En el pez Betta, *Betta splendens* (Regan, 1910) alimentado con larvas de mosquito, *C. quinquefasciatus* enriquecidas con microalgas *Chlorella* sp. mostró un crecimiento mayor y una coloración más intensa en comparación con la dieta comercial (Mejia-Mejia et al., 2021).

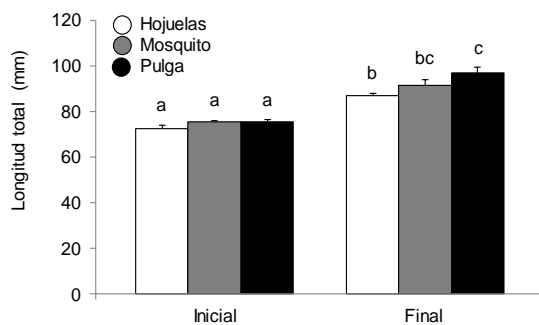


Figura 2. Longitud total inicial y final en el pez pangasio. Las letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Se muestran los valores promedio y el error estándar.

La información sobre el crecimiento de los pangasios alimentados con dietas vivas y no vivas es escasa. En larvas del pez *Pangasius bocourti* (Sauvage, 1880) se encontró una tasa de crecimiento específica de 36 % día⁻¹ bajo un régimen alimenticio con nauplios de *Artemia* sp. y de 36.7 % día⁻¹ con gusanos de sangre roja (*Tubifex tubifex* Müller, 1774; Thanh Hung et al., 2002). Los peces alimentados con *Moina* sp. crecieron un 31 % día⁻¹; sin embargo, con las dietas secas con base de hígado de vacuno y levadura solamente se observó un

crecimiento de 20.8 % día⁻¹ (Thanh Hung et al., 2002). Tanto los resultados anteriores con otras especies de peces como los obtenidos en esta investigación contribuyen a la consolidación del conocimiento sobre la alta eficiencia del alimento vivo sobre los alimentos balanceados comerciales en la acuicultura. Los pangasios alimentados con pre-adultos de mosquito de este estudio, tuvieron la mayor ganancia de peso, mientras que los alimentados con pulga de agua tuvieron la mayor ganancia en términos de longitud total. Las larvas de mosquito presentan una menor proporción de proteínas y lípidos con respecto a la pulga de agua (Arce et al., 2018). Los niveles óptimos de nutrientes en la dieta conllevan a un desarrollo equilibrado en peces (Phumee et al., 2009). En este sentido, se documentó que grandes cantidades de proteínas y de lípidos en una dieta podrían ser excesivas y no generar una mayor ganancia en peso como ocurrió en la corbina, *Micropogonias undulatus* (Linnaeus, 1766) (Davis y Arnold, 1997) y en el medregal coronado, *Seriola dumerili* (Risso, 1810) (Jover et al., 1999).

Al inicio del periodo experimental todos los peces tuvieron un patrón de coloración semejante ($P > 0.05$, Figura 3). El color final dependió de la dieta suministrada ($F = 11.906$, $gl = 2$, $P < 0.001$, Figura 3). Los peces alimentados con pulga de agua fueron los de mayor coloración (69369.41 ± 2855.871 RGB), seguidos de los alimentados con pre-adultos de mosquito (47570.09 ± 2290.6754 RGB) y finalmente los alimentados con hojuelas (31030.09 ± 1299.9684 RGB).

La coloración en los peces se obtiene de la alimentación (Arce et al., 2018) y puede ser un indicativo del estado de salud de los organismos; la coloración influye en la selección sexual donde los animales más coloridos generalmente son los seleccionados por su pareja (Grether et al., 2004; Randall, 2005; Cheney, et al., 2007; Maan et al., 2004). La coloración es obtenida a partir de los carotenoides presentes en la dieta y puede ser regulada a través de mecanismos genéticos y por las condiciones

del ambiente (Yuangsoi et al., 2010). La presencia de un patrón de coloración intenso puede ser un indicador importante de la calidad de los organismos comercializados (Amaya y Nickell, 2015). Las dietas vivas son capaces de generar una mayor coloración en peces respecto a dietas no vivas, ya que los organismos vivos no pasan por un proceso de desnaturalización de sus nutrientes como sucede con el alimento comercial (Mejía-Mejía et al., 2021).

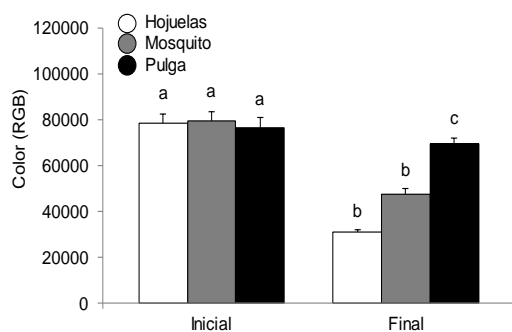


Figura 3. Coloración inicial y final en el pez pangasio. Las letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Se muestran los valores promedio y el error estándar

Los piscicultores del sureste de Asia prefieren los pangasios que presentan coloración corporal más intensa, partiendo de la suposición de que este grupo de peces son más saludables que aquellos que muestran colores más pálidos (Mat Nawang et al., 2019). En los pangasios del sureste asiático, la coloración de todas las especies de este grupo taxonómico en estadio juvenil presenta un distintivo patrón de coloración en bandas (Roberts y Vidthayanon, 1991). Estas especies solo presentan dos o tres bandas oscuras longitudinales; en el caso de *P. hypophthalmus* (la especie de la presente investigación) se reportó que este patrón en los peces juveniles se conserva en animales de tallas de 20 a 30 cm y se modifica en animales de 50 cm de talla (Roberts y Vidthayanon, 1991). Estas observaciones permiten sugerir que el patrón bandeado presente en ejemplares juveniles de *P.*

hypophthalmus se modifica durante su desarrollo juvenil hasta alcanzar estadios de mayor madurez. El crecimiento y la coloración corporal de *P. hypophthalmus* se evaluó como parte de un conjunto de variables relacionadas con su estado de salud (Mat Nawang et al., 2019). Se recomienda un manejo adecuado del pez pangasio que garantice su control en cautiverio y evite cualquier inconveniente asociado a la posible invasión de nuevos ambientes.

CONCLUSIONES

Los alimentos vivos (pre-adultos de mosquito y cladóceros) mostraron ser mejores para ganancia de peso, de longitud total y coloración en comparación con hojuelas comerciales. Los peces más coloridos pueden presentar ventajas al ser más llamativos y comercializarse más rápido y pueden reflejar un buen estado de salud. Dado los efectos benéficos del alimento vivo en la nutrición y la diversificación de especies como alternativa para la acuicultura, se demostró que estos alimentos vivos son una excelente alternativa para el cultivo del pez pangasio y pueden ser utilizados en las granjas de cultivo para mejorar su producción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos el apoyo técnico de José Figueroa (en memoria) para la realización de esta investigación. Hugo F. Olivares-Rubio recibió apoyo financiero de una beca posdoctoral otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

LITERATURA CITADA

Amaya, E. and D. Nickell. 2015. Using feed to enhance the color quality of fish and crustaceans. Davis, D.A., Feed and Feeding practices in Aquaculture, United Kingdom, 2015: 269-298.

- Arce, E., M.P.F. Archundia, and J. Luna-Figueroa. 2018. The effect of live food on the coloration and growth in Guppy Fish, *Poecilia reticulata*. A. S. 9(2): 171-179.
- Avilés-López, J.A., A.E. Castro-Castellón, A. Polo-Hernández, M.F. Trejo-Hernández, J. Castro-Mejía, and G. Castro-Mejía. 2017. Comparison of weight gain of *Astronotus ocellatus* and *Danio rerio* cultured directly in Biofloc system and live food diet enriched with heterotrophic bacteria. Int. J. Fish. Aquat. 5(5): 372-377.
- Cheney, K.L., A.S. Grutter, and N.J. Marshall. 2007. Facultative mimicry: cues for colour change and colour accuracy in a coral reef fish. Proc. R. Soc. Lond. 275: 117-122.
- Davis, D.A. and C.R. Arnold. 1997. Response of Atlantic croaker fingerlings to practical diet formulations with varying protein and energy contents. J. World. Aquac. Soc. 28(3): 241-248.
- De Carvalho, C.R. and M.J. Caramujo. 2017. Carotenoids in aquatic ecosystems and aquaculture: A colorful business with implications for human health. Front. Mar. Sci, 4: 93.
- De La Torre Z., A.M., E. Arce, J. Luna-Figueroa, and A. Córdoba-Aguilar. 2018. Native fish, *Cichlasoma istlanum*, hide for longer, move and eat less in the presence of a non-native fish, *Amatitlania nigrofasciata*. Environ. Biol. Fishes. 101: 1077-1082.
- FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture. 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO.
- Fiedler, J.L., K. Lividini, E. Drummond, and S.H. Thilsted. 2016. Strengthening the contribution of aquaculture to food and nutrition security: The potential of a vitamin A-rich, small fish in Bangladesh. Aquaculture. 452: 291-303.
- Grether, G.F., S. Kasahara, G.R. Kolluru, and E.L. Cooper. 2004. Sex-specific effects of carotenoid intake on the immunological response to allografts in guppies (*Poecilia reticulata*). Proc. R. Soc. B: Biol. Sci. 271(1534): 45-49.
- Jover, M., A. García-Gómez, A. Tomas, F. De la Gándara, and L. Pérez. 1999. Growth of Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerilii*) fed extruded diets containing different levels of protein and lipid. Aquaculture. 179(1-4): 25-33.
- Karl, H., I. Lehmann, H. Rehbein, and R. Schubring. 2009. Composition and quality attributes of conventionally and organically farmed *Pangasius* filets (*Pangasius hypophthalmus*) on the German market. J. Food. Sci. Technol. 45(1): 56-66.
- Luna-Figueroa, J., and E. Arce U. 2017. A diverse and nutritional menu in fish diets: "live feed". Agroproductividad, 10(9): 112-116.
- Maan, M.E., O. Seehausen, L. Söderberg, L. Johnson, E.A.P. Ripmeester, H.D.J. Mrosso, M.I. Taylor, T.J.M. van Dooren, and J.J.M. van Alphen. 2004. Intraspecific sexual selection on a speciation trait, male coloration, in the Lake Victoria cichlid *Pundamilia nyererei*. Proc. R. Soc. Lond. 271: 2445-2452.
- Mat Nawang, S.U.S., F.F. Ching, and S. Senoo. 2019. Comparison on growth performance, body coloration changes and stress response of juvenile river catfish, *Pangasius hypophthalmus* reared in different tank background colour. Aquac. Res. 50(9): 2591-2599.
- Mejia-Mejia, M., E. Arce, J. García-Rodríguez, and L. Burciaga. 2021. Effect of feeding mosquito larvae on the coloration of Siamese fighting fish (*Betta splendens*) during grow-out. International Aquat. Res. 13(1): 71-79.

- Mohan, M.D., M.A. Rab, F.J. Paraguas, R. Bhatta, A.M. Ferdous, S. Koeshendrajana, and M. Ahmed. 2005. Status and economics of freshwater aquaculture in selected countries of Asia. *Aquac. Econ. Manag.* 9(1-2): 1137.
- Orban, E., T. Nevigato, G.D. Lena, M. Masci, I. Casini, L. Gambelli, and R. Caproni. 2008. New trends in the seafood market. Sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*) filets from Vietnam: Nutritional quality and safety aspects. *Food Chem.* 110(2): 383-389.
- Phumee, P., R. Hashim, M. Aliyu-Paiko, and A.C. Shu-Chien. 2009. Effects of dietary protein and lipid content on growth performance and biological indices of iridescent Shark (*Pangasius hypophthalmus*, Sauvage 1878) fry. *Aquac. Res.* 40(4): 456-463.
- Randall, J.E. 2005. A Review of Mimicry in Marine Fishes. *Zool. Stud.* 44: 299-328.
- Roberts, T.R. and C. Vidthayanon. 1991. Systematic revision of the Asian catfish family Pangasiidae, with biological observations and descriptions of three new species. *Proc. Acad. Nat. Sci.* 143: 97-143.
- Rohul, A.K.M.A., M.A.J. Bapary, M.S. Islam, M. Shahjahan, and M.A.R. Hossain. 2005. The impacts of compensatory growth on food intake, growth rate and efficiency of feed utilization in Thai Pangas (*Pangasius hypophthalmus*). *Pak. J. Biol. Sci.* 8(5): 766-770.
- Schneider, C.A., W.S. Rasband, and K.W. Eliceiri. 2012. NIH Image to Image J: 25 Years of Image Analysis. *Nat. Methods.* 9: 671-675.
- Thanh-Hung, L., N. Anh-Tuan, P. Cacot, and J. Lazard. 2002. Larval rearing of the Asian Catfish, *Pangasius bocourti* (Siluroidei, Pangasiidae): alternative feeds and weaning time. *Aquaculture.* 212(1-4): 115-127.
- Touchon, J.C. and K.M. Warkentin. 2008. Fish and dragonfly nymph predators induce opposite shifts in color and morphology of tadpoles. *Oikos.* 117: 634-640.
- Vu, N.U. and T.G. Huynh. 2020. Optimized live feed regime significantly improves growth performance and survival rate for early life history stages of pangasius catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Fishes,* 5(3): 20.
- Yuangsoi, B., O. Jintasataporn, N. Areechon, and P. Tabthipwon. 2010. The use of natural carotenoids and growth performance, skin pigmentation, and immune response in fancy carp (*Cyprinus carpio*). *J. Appl. Aquac.* 22: 267-283.