



Investigación e Innovación en Nutrición Acuícola

**Editores: Lucía Elizabeth Cruz Suárez,
Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe
Nieto López, David A. Villarreal Cavazos,
Julián Gamboa Delgado, y Carlos A.
Martínez Palacios**

Investigación e Innovación en Nutrición Acuícola
2022, Monterrey, Nuevo León, México

Editores: Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe Nieto López, David Alonso Villarreal Cavazos, Julián Gamboa Delgado y Carlos A. Martínez Palacios.

Programa Maricultura
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Autónoma de Nuevo León 2022

Copias disponibles en:
Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Programa Maricultura
Cd. Universitaria
San Nicolás de los Garza, Nuevo León
C.P. 66455
Tel.+Fax. 818352 6380
E-mail: lucia.cruzsr@uanl.edu.mx

Para citar alguna parte de ésta obra siga el siguiente estilo:

- Autores del escrito. 2022. Nombre del artículo. Editores: Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe Nieto López, David Alonso Villarreal Cavazos, Julián Gamboa Delgado y Carlos A. Martínez Palacios. Investigación e innovación en nutrición acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp.473 ISBN: 978-607-27-1732-9. El cuidado de la presente edición, así como su realización estuvo a cargo de los editores.

La reproducción total o parcial de ésta obra requiere la autorización escrita por los titulares del derecho de autor.

Los editores hacemos extensivo nuestro profundo agradecimiento:

- A las personas que colaboraron en la edición técnica de estas memorias

Directorio

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario. General

Dr. Celso José Garza Acuña
Secretario extensión y cultura

Lic. Antonio Ramos Revillas
Director de Editorial Universitaria

Dr. José Ignacio González Rojas
Director de la Facultad de Ciencias Biológicas

Editores

Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe Nieto López, David Alonso Villarreal Cavazos, Julián Gamboa Delgado, y Carlos A. Martínez Palacios.

Dirección de edición: Programa Maricultura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Dra. Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Av. Universidad S/N, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C.P. 66455
Email: elicruz@hotmail.com, lucia.cruzsr@uanl.edu.mx
Teléfonos: 52 8183526380

Primera edición 2022. ©Universidad Autónoma de Nuevo León. ©L. Elizabeth Cruz Suárez, ©Mireya Tapia Salazar, ©Martha Guadalupe Nieto López, ©David Alonso Villarreal Cavazos, ©Julián Gamboa Delgado, ©Carlos A. Martínez Palacios.

ISBN:978-607-27-1732-9. El cuidado y edición estuvo a cargo de los editores. El contenido es responsabilidad de los autores.

Párrafo legal: Reservado todos los derechos conforme a la ley. Prohibida la reproducción total o parcial de la obra sin previa autorización por escrito del titular propietario y editor de la obra.

Estrategias Nutricionales y Productos de soya para la Alimentación de Juveniles de Róbalo blanco del pacífico (*Centropomus viridis*): hacia la Rentabilidad de su Cultivo

Crisantema Hernández*, Cynthia Esmeralda Lizárraga Velázquez, Erika Yazmín Sánchez Gutiérrez y Daniela Arriaga-Hernández

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), Unidad Mazatlán.

Av. Sábalos Cerritos S/N C.P. 82112, Mazatlán, Sinaloa, México

Laboratorio de Nutrición Acuicola y Planta de alimentos

E-mail: *chernandez@ciad.mx

Resumen

El robalo blanco es una especie con alto requerimiento proteico y limitada capacidad para digerir proteínas vegetales, lo que plantea desafíos en el diseño de alimentos que aseguren el éxito del cultivo comercial del robalo. El objetivo fue desarrollar alimentos nutricionalmente balanceados con sustitución de proteína marina por proteína vegetal, y alimentos funcionales, que garanticen el óptimo crecimiento del robalo. Se evaluó el efecto de la sustitución dietética parcial de proteína de harina de pescado, por proteína de harina de soya, así como la inclusión de quitosano (aditivo funcional) sobre el crecimiento, la eficiencia alimenticia, y la capacidad digestiva en robalo. La sustitución hasta un 45% de proteína de harina de pescado con proteína de harina de soya no afecta el crecimiento de robalo en comparación con el control. La sustitución del 45% de proteína de harina de pescado con proteína de concentrado de proteína de soya reduce el crecimiento de robalo. Los robalos alimentados con las dietas con harina de soya mostraron una tasa de conversión alimenticia más baja que los peces alimentados con concentrado de proteína de soya. Además, se observó que la sustitución del 45% de la proteína la harina de pescado con la proteína de concentrado de proteína de soya, reduce las actividades de proteasas alcalinas. Por otra parte, se reportó que la inclusión de quitosano en dietas con alto contenido de soya, incrementa el crecimiento y mejora la eficiencia alimenticia de robalo en comparación con el control. En conclusión, la harina de soya puede utilizarse con éxito para reemplazar a la harina de pescado en los alimentos para el robalo blanco y el quitosano puede usarse como un aditivo potenciador del crecimiento.

Palabras clave: *Acuicultura, proteína vegetal, peces marinos*

El róbalo blanco, *Centropomus viridis*, es un pez marino que se distribuye desde Baja California Sur y el golfo de California hasta el sur de Ecuador y las islas Galápagos (Fischer *et al.*, 1995), los robalos en general presentan los mejores atributos como especies emergentes para la acuicultura marina en México, presentan un alto valor comercial debido a la calidad y el sabor de su carne. Sin embargo, la pesca comercial y deportiva, entre otras presiones antrópicas, han provocado la disminución de sus poblaciones naturales (Labastida-Che *et al.*, 2013). La disminución de la oferta, a su vez, ha aumentado su demanda y precio de mercado. Por ello, existe un interés creciente por desarrollar sistemas para la producción controlada de *C. viridis* (Ibarra-Castro *et al.*, 2017). Sin embargo, los hábitos carnívoros de esta especie (Macal-López *et al.*, 2013), sus altos requerimientos proteicos (Concha-Frías *et al.*, 2018) y la limitada capacidad de los peces centropómidos para digerir proteínas vegetales (Lemus *et al.*, 2018) plantean desafíos significativos en el diseño de alimentos eficientes y económicos adaptados a los requerimientos nutricionales del róbalo en cultivo, con el objeto de conseguir una alta producción, en corto tiempo y al mínimo costo.

La Planta piloto de producción de peces de CIAD Mazatlán, ha logrado la producción exitosa de róbalo blanco *Centropomus viridis* (Ibarra-Castro *et al.*, 2017), lo que ha permitido la realización de estudios a escala piloto sobre la optimización de la tasa de crecimiento de esta especie. Estudios recientes evaluaron la viabilidad técnica y económica del cultivo del róbalo blanco o “white snook” (en inglés) en estanques y/o jaulas flotantes (común pers. De Maricultura del Pacifico, S.A., de C.V; Giovanni *et al.*, 2022), lo cual ha sido fundamental para definir las estrategias de cultivo en ambos sistemas, así como los factores principales relacionados con la viabilidad del cultivo de róbalo blanco (factores biológicos: supervivencia, tasa de crecimiento y tasa de conversión alimenticia; factores financieros: precio de venta final, costo de alimentación y precio del juvenil). Por otra parte, los resultados de especies marinas como el robalo y el pargo (*L. guttatus*) han demostrado que para la selección del sitio de cultivo se debe priorizar las áreas con una latitud tropical-subtropical, en las cuales, la temperatura del agua oscile entre 26 y 32 °C, como una estrategia para promover mejores tasas de crecimiento y supervivencia durante la etapa inicial y las condiciones de crianza para ambas especies.

En la industria del cultivo de peces marinos, el costo operacional más alto es la alimentación, por lo que diseño y balance de un alimento específico para el robalo es uno de los aspectos primordiales para el éxito de su cultivo comercial.

El róbalo blanco es una especie de hábitos carnívoros que demanda alto contenido de proteína dietética, lo cual encarece el desarrollo de alimentos para esta especie, ya que la harina de pescado (HP) es la principal fuente de proteína con un costo relativamente alto. Sin embargo, el uso de ingredientes regionales de origen vegetal, así como la aplicación de estrategias nutricionales y tecnológicas (biotransformación de ingredientes a través de procesos de fermentación, subproductos pesqueros hidrolizados entre otros) permitirá lograr el reemplazo de la HP, considerado el ingrediente clave en especies carnívoras, y, en consecuencia, la reducción del costo del alimento para róbalo blanco. En el laboratorio de nutrición de CIAD Mazatlán, se dirigen los esfuerzos en esta línea y se ha conseguido en primera instancia desarrollar un alimento con sustitución parcial de la proteína de la HP por la harina de soya.

La soya es un ingrediente que actualmente se usa para reemplazar a la HP en alimentos acuícolas. Esta fuente de proteína es relativamente económica, fácilmente disponible y de alto valor nutricional, con un perfil equilibrado de aminoácidos (Krishnan y Jez, 2018). No obstante, se ha demostrado que alimentar a peces carnívoros con soya, particularmente en alto niveles dietarios, puede afectar negativamente su crecimiento, eficiencia alimenticia y salud intestinal (Herman y Schmidt, 2016; Krogdahl *et al.*, 2020). Esto se debe, al menos en parte, a una deficiencia de aminoácidos (metionina + cisteína) que contienen azufre (Krishnan y Jez, 2018) y a la presencia de factores antinutricionales (inhibidores de la proteasa, fitatos, saponinas, lectinas, oligosacáridos, fitoestrógenos, antivitaminas) en la soya.

Arriaga-Hernández *et al.* (2020) evaluó el efecto de la sustitución dietética parcial de proteína de HP (15%, 30% y 45%), por proteína de harina de soya (HS) o proteína de concentrado de proteína de soya (CPS) sobre el crecimiento, la utilización del alimento, la digestibilidad aparente y la capacidad digestiva en juveniles de róbalo blanco, *Centropomus viridis*. Al respecto, se demostró que la sustitución dietética hasta un 45% de proteína de HP con proteína de HS no afecta el crecimiento de róbalo blanco en comparación con el grupo control. Contrariamente, la sustitución dietética del 45% de proteína de HP con proteína de CPS reduce significativamente el crecimiento de los peces. Los peces alimentados con las dietas con HS mostraron una relación de eficiencia proteica más alta y una tasa de conversión alimenticia más baja que los peces alimentados con las dietas con CPS. El contenido de grasa corporal de los peces alimentados con las dietas con HS y CPS fue mayor que en los peces alimentados con la dieta control. Por otro lado, se observó que la sustitución del 15% de HP con CPS reduce la actividad de pepsina, mientras que

la sustitución del 30% y 45% de HP con HS y CPS, respectivamente, reducen las actividades de α -amilasa intestinal y proteasas alcalinas totales en los ciegos pilóricos de róbalo blanco, en comparación con el grupo control. Los resultados de las actividades de enzimas digestivas son consistentes con los resultados obtenidos del análisis de digestibilidad aparente, donde los coeficientes de digestibilidad fueron más altos en los peces alimentados con las dietas con inclusión de soya que en aquellos alimentados con la dieta control. En conclusión, la HS puede utilizarse con éxito para reemplazar a la HP en los alimentos acuícolas para el róbalo blanco, sin afectar su crecimiento y su capacidad digestiva, es decir, el róbalo blanco puede adaptarse al consumo de alimentos basados en proteínas de plantas en condiciones de acuicultura, no obstante, se requieren nuevos diseños de alimentos para potenciar el crecimiento de la especie cuando es alimentada con dietas con alto contenido de proteínas vegetales, esto debido a que se ha reportado que el consumo prolongado de harina de soya causa problemas en la anatomía y el funcionamiento gastrointestinal de peces (Krogdahl *et al.*, 2015), lo que a su vez se traduce en una reducción significativa del crecimiento.

Estudios posteriores, se han enfocado en desarrollar mediante el uso de estrategias nutricionales alimentos funcionales, con el propósito de evitar o reducir, problemas de salud intestinal relacionados con la ingesta de HS y, en consecuencia, promover el crecimiento del róbalo blanco. El quitosano es un polímero derivado de la desacetilación parcial de la quitina, que se encuentra principalmente en exoesqueletos de crustáceos, moluscos e insectos, su estructura está conformada por monómeros de α -D-Glucosamina y D-Acetil-glucosamina, esta estructura posee características fisicoquímicas tales como biocompatibilidad, biodegradabilidad, no toxicidad y bioactividad de naturaleza policatiónica y mucoadhesivas (Goycoolea, 2009). Estas características funcionales otorgan al organismo la capacidad de facilitar la absorción de nutrientes a través de las barreras epiteliales intestinales, por acción de las interacciones mucoadhesivas (Bravo-Osuna *et al.*, 2007), por lo que puede mejorar la salud intestinal de los peces. Por lo tanto, el quitosano tiene potencial para usarse como aditivo funcional en la dieta para róbalo blanco.

Mesina-Peña *et al.* (2022) evaluaron el efecto de diferentes inclusiones dietéticas de quitosano (obtenido del exoesqueleto del camarón) sobre el crecimiento y la supervivencia de juveniles de róbalo blanco. Se elaboraron tres dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de quitosano (0, 0.5 y 1%) a partir de una dieta base para róbalo blanco, formulada con sustitución del 45% de proteína de HP con proteína de HS como lo describe Arriaga *et al.*, (2021). La inclusión

dietética de quitosano (0.5% y 1%), incrementa el crecimiento y mejora la eficiencia alimenticia de róbalo blanco en comparación con los peces alimentados con la dieta control sin quitosano. Estos resultados podrían atribuirse a la mucoadhesividad del quitosano en las mucinas intestinales (Bravo-Osuna *et al.*, 2007), debido a que estudios previos han reportado que la inclusión dietética de quitosano (0.5% y 4 %), incrementa la longitud de las vellosidades (borde de cepillo) y las microvellosidades intestinales, y disminuye la enteritis intestinal de algunas especies dulceacuícolas (Chen *et al.*, 2014; Zaki *et al.*, 2015), lo cual fue relacionado con el incremento en el crecimiento de estas especies. Los resultados preliminares de este estudio demuestran que el quitosano promueve el crecimiento del róbalo blanco alimentado con una dieta alta en HS. Sin embargo, más estudios sobre el efecto de la inclusión dietética de harina de soya y quitosano en la microanatomía intestinal de róbalo blanco, son necesarios para dilucidar el mecanismo por el cual el quitosano potencia el crecimiento de esta especie.

Actualmente, se encuentran en proceso estudios que determinarán el efecto del quitosano y la harina de soya sobre la microbiota y microanatomía intestinal de róbalo blanco, para dilucidar los posibles mecanismos de acción por los que el quitosano promueve el crecimiento de *C. viridis*. Así mismo, se encuentran en proceso estudios de fermentación de ingredientes vegetales con cepas de bacterias autóctonas de la industria lechera.

Referencias bibliográficas

- Arriaga-Hernández, D., Hernández, C., Martínez-Montaño, E., Ibarra-Castro, L., Lizárraga-Velázquez, E., Leyva-López, N., Chávez-Sánchez, M. C. 2021. Fish meal replacement by soybean products in aquaculture feeds for white snook, *Centropomus viridis*: Effect on growth, diet digestibility, and digestive capacity. *Aquaculture* 530, 735823.
- Bravo-Osuna, C. Vauthier, A. Farabollini, G. F. Palmieri., G. Ponchel. 2007. Mucoadhesion mechanism of chitosan and thiolated chitosan-poly(isobutyl cyanoacrylate) core-shell nanoparticles. *Biomaterials* 28(13): 2233-43.
- Chen, X. Zhu, Y. Yang, D. Han, J. Jin., S. Xie. 2014. Effects of dietary chitosan on growth performance, haematology, immune response, intestine morphology, intestine microbiota and disease resistance in gibel carp (*carassius auratus gibelio*), *Aquac. Nutr.* 20: 532–546.
- Concha-Frías, B., González, C.A.A., Gaxiola, G., Chiappa, X., Sánchez-Zamora, A., Martínez-García, R., De la Cruz-Alvarado, F.J., 2018. Dietary protein requirement in common Snook (*Centropomus undecimalis*) juveniles reared in marine and brackish water. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 13, 45–54.
- Fischer, W, Krupp F, Schneider, W. Sommer C., Carpenter KE., Niem, VH., 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. 2. Rome (Italy): FAO. Roma. 1,200 p.
- Herman, E.M., Schmidt, M.A., 2016. The potential for engineering enhanced functional feed soybeans for sustainable aquaculture feed. *Front. Plant Sci.* 7, 440.
- Ibarra-Castro, L., Navarro-Flores, J., Sanchez-Tellez, J.L., Martinez-Brown, J.M., Ochoa- Bojorquez, L.A., Rojo-Cebreros, A.H., 2017. Hatchery production of pacific White snook at CIAD-Unity Mazatlan. Mexico. *World Aquac.* 25.
- Krishnan, H.B., Jez, J.M., 2018. The promise and limits for enhancing sulfur-containing amino acid content of soybean seed. *Plant Sci.* 272, 14–21.
- Krogdahl, Å., Kortner, T.M., Jaramillo-Torres, A., Gamil, A.A.A., Chikwati, E., Li, Y., Storebakken, T., 2020. Removal of three proteinaceous antinutrients from soybean does not mitigate soybean-induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L). *Aquaculture* 514, 734495.
- Labastida-Che, A., Núñez-Orozco, A.L., Oviedo-Piamonte, J.A., 2013. Aspectos biológicos del robalo hocicudo *Centropomus viridis*, en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, Mexico. *Cienc. Pesq.* 21, 21–28.
- Lemus, I., Maldonado, C., Cuzon, G., Sanchez, A., Gaxiola, G., Alvarez, A., Guerrero, M., 2018. *In vitro* and *in vivo* feedstuff digestibility for Snook, *Centropomus undecimalis*. Juveniles. *J. World Aquac. Soc.* 49, 205–215.
- Macal-López, K.C., Velázquez-Velázquez, E., Rivera-Velazquez, G., 2013. Diversidad y traslape del nicho trófico de los robalos (*Perciformes: Centropomidae*) en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Lacandonia* 7, 91–98.
- Zaki M. A., El-S M., Salem, Gaber M. M., Nour, A. M. 2015. Effect of Chitosan Supplemented Diet on Survival, Growth, Feed Utilization, Body Composition & Histology of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *WJET* 38-47.