

**ODS 12. Producción y consumo responsables.
Utilización del subproducto de harina de cabeza
de camarón para la pigmentación de la piel
y desempeño productivo del pez *Lutjanus guttatus*
(Steindachner, 1869)**



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.359.12>

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA*

MÁXIMO GARCÍA MARCIANO**

MARÍA LAURA TEJEDA MONTES***

JUAN PABLO APÚN MOLINA****

LEONARDO IBARRA-CASTRO*****

Resumen

Los pargos son valorados en el mercado por la calidad de su carne, sabor y consistencia, se presentan como candidatos ideales para la acuicultura comercial. Los pargos de color rojo, criados en cautiverio, tienden a perder su tonalidad distintiva, un problema que podría mitigarse mediante la incorporación de pigmentos naranja-rojos en su alimentación; en este caso, las cabezas de camarón son un subproducto de la camaronicultura,

* Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora en IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8335-1460>; Scopus: 6507903146 ; correo electrónico: asantama@ipn.mx

** Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante de Doctorado en Conservación del Patrimonio Paisajístico en IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6530-5954>; Scopus: 57211584206

*** Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente, en el IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7549-5454>

**** Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor-investigador titular "C" en el IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9006-8882> ; Scopus: 8557066500

***** Doctor en Ciencias en Acuicultura. Profesor asociado en la Universidad de Florida, USA. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2159-9038>

son ricas en pigmentos carotenoides y calidad nutricional. Su eliminación inadecuada representa un desafío ambiental, generada por el vertido a cielo abierto después de su empaquetado sin el cefalotórax. Con base en lo anterior, se desarrolló un estudio para formular dietas potenciadas con carotenoides extraídos de cabezas de camarón y evaluar el efecto pigmentante de su harina, usada como aditivo para aumentar el color de la piel de *Lutjanus guttatus* y contribuir ofreciendo perspectivas para el desarrollo y optimización de prácticas acuícolas sustentables y eficientes que apoyen la economía circular mediante la producción y consumo responsable para la población humana.

Palabras clave: *coloración, subproductos, cabeza de camarón, acuicultura.*

Introducción

El presente objetivo pretende garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, fundamental para la subsistencia de las generaciones actuales y futuras. Nuestro planeta se está quedando sin recursos, con un alto índice de población que continúa en crecimiento, donde se necesitará el equivalente a casi tres planetas para proporcionar los recursos naturales necesarios para mantener los estilos de vida actuales (FAO, 2024). Para reducir nuestros niveles de consumo, debemos cambiar nuestros hábitos de consumo, y una de las principales medidas a adoptar son los sistemas de suministro y consumo sostenibles.

El reto del desarrollo de la región de América Latina y el Caribe es compatibilizar el crecimiento económico con los cambios en los patrones energéticos necesarios para desacoplar el crecimiento del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), dando más espacio a las fuentes renovables de energía, una de ellas es el aumento de la eficiencia de la estructura productiva.

La economía circular es relevante para la región, dado el peso económico de los sectores extractivos y los bajos niveles de reciclaje. Hacia 2030, en términos netos, se crearían más de un millón de empleos en la región en un escenario de transición energética y manteniendo el aumento de la tempe-

ratura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales. En un escenario de aplicación de los criterios de la economía circular, la creación de empleo en sectores de productivos compensaría las posibles pérdidas en la utilización de materias primas.

En las actividades económicas se deben crear ganancias netas reduciendo la utilización de los recursos, la degradación y la contaminación y logrando al mismo tiempo una mejor calidad de vida.

Algunos de los desafíos son la insostenibilidad de los recursos pesqueros marinos que conlleva efectos ambientales negativos, y con ello la pérdida de patrimonio natural y cultural con un aumento de los riesgos que enfrentan las comunidades más vulnerables que habitan en la zona costera.

En México y América Latina, la creciente intensidad en el uso de materiales y el mantenimiento de altos niveles de intensidad de carbono y energética, que aumentan las emisiones de GEI y los desechos, se derivan de una base tecnológica atrasada.

Lograr la sostenibilidad ambiental también implica aumentar la eficiencia con la que se extraen y usan los recursos en una economía y reducir la producción de desechos. Dentro de las oportunidades se deberá aumentar la oferta de energías renovables en la matriz energética, lo cual muestra que los cambios favorables a la innovación tecnológica y la inversión son posibles. Las economías emergentes están centrando sus inversiones en el logro de la eficiencia energética en la industria y el transporte.

La economía circular puede mejorar la eficiencia y la vida útil de los materiales al promover la durabilidad de los bienes y su capacidad de ser reparados, sometidos a nuevos procesos de manufactura, reutilizados y reciclados. Además, los acuerdos de producción limpia, la promoción de la responsabilidad social empresarial, el ecoetiquetado, la educación ambiental y el acceso a la información son herramientas poderosas para lograr el ODS 12.

En México, los peces de color rojizo desempeñan un papel fundamental en la industria pesquera, impulsados por una demanda significativa en el mercado. Entre estas especies, *Lutjanus guttatus* emerge como un candidato prometedor para la acuicultura, gracias a su elevado valor nutrimental (figura 1). No obstante, las poblaciones naturales de esta especie han experimentado una disminución constante, atribuido a la fuerte presión pesque-

ra, por lo que una alternativa es desarrollar su cultivo a gran escala, la cual presenta desafíos vinculados a la pérdida de coloración cuando están en cautiverio (Castillo-Vargasmachuca et al., 2012).

Figura 1. Cultivo de *pargo* *Lutjanus guttatus* en jaulas circulares flotantes



Fuente: imagen propia.

La industria procesadora de insumos acuícolas ha generado impactos ecológicos significativos debido a la producción masiva de subproductos derivados del procesamiento de camarones (Gulzar et al., 2020). Los subproductos, como la cabeza (cefalotórax), constituyen aproximadamente el 40-50% de la captura total y provocan problemas ambientales y de eliminación por medio de vertidos no regulados (Sila et al., 2015). En la actualidad, existe una tendencia creciente hacia la recuperación y utilización de subproductos industriales, dado que se ha demostrado que contienen compuestos aprovechables como materia prima en la producción de alimentos (Nwanna et al., 2004). Los subproductos de camarón, además de proporcionar compuestos nutricionales esenciales, albergan pigmentos carotenoides que han sido empleados en la elaboración de alimentos para peces marinos (Sachindra et al., 2005). Con base en lo anterior, esta investigación genera una harina del subproducto de la industria de la camaronicultura para apoyar el aumento de la coloración de especies de color rosado-roja, que han disminuido por la baja calidad alimenticia estando en cautiverio (figura 2).

Figura 2. Subproductos de cabeza de camarón como fuente de carotenoides y su relación con la pigmentación en *Lutjanus guttatus*



Fuente: elaboración propia.

Evaluación bromatológica de ingredientes para la acuicultura

La evaluación nutricional y bromatológica de ingredientes alimenticios es esencial para garantizar una alimentación óptima en la acuicultura, la creciente necesidad de fuentes sostenibles ha llevado a la exploración de nuevas alternativas convencionales. En este contexto, se investigó la composición bromatológica a partir de subproductos de cabeza de camarón mediante dos procesamientos diferentes de secado. Estos ingredientes son contrastados en términos de su perfil nutricional y los detalles de esta comparación se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Composición bromatológica de harinas de subproductos de cabeza de camarón obtenidas mediante diferentes procesamientos (g-100 g-1 bs, excepto para humedad y energía)

Componente	Liofilización	Horno convencional
Humedad (%)*	5.27 ± 0.12	4.13 ± 0.17
Proteína	26.18 ± 1.05	25.96 ± 0.31
Ceniza	36.15 ± 0.72	36.42 ± 0.35
Lípidos	6.32 ± 0.21	6.47 ± 0.15
FDT	21.56 ± 0.55	21.03 ± 0.38
ELN	9.79 ± 0.57	10.12 ± 0.37
Energía (kcal-100 g-1)	287.00 ± 9.83	286.67 ± 8.16

Fuente: elaboración propia.

Valores son el promedio de tres determinaciones \pm DE. FDT: fibra dietética total; ELN: extracto libre de nitrógeno. *ELN fue calculado por diferencia. Componentes señalados con un asterisco (*) representan diferencias significativas ($p < 0.05$). La humedad es un indicador esencial que puede influir en la conservación y textura de los alimentos. La harina obtenida por liofilización presentó un contenido de humedad de $5.27 \pm 0.12\%$, mientras que la harina por horno convencional mostró un valor ligeramente inferior de $4.13 \pm 0.17\%$. El contenido de cenizas, que refleja la cantidad total de minerales presentes en la muestra, fue considerablemente alto y similar entre ambas harinas, con $36.15 \pm 0.72 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para la harina liofilizada en comparación con $36.42 \pm 0.35 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para la harina secada en horno convencional, indicando una presencia robusta de minerales en ambas.

El perfil proteico en los dos métodos de secado presentó valores similares, con $26.18 \pm 1.05 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para la harina liofilizada y $25.96 \pm 0.31 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para la harina secada por horno convencional, lo cual indica que la calidad proteica se mantiene entre los dos métodos. El análisis lipídico mostró valores de $6.32 \pm 0.21 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para la harina liofilizada y $6.47 \pm 0.15 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para la harina secada en horno convencional, sin presentar diferencias significativas que sugieran una variación importante en el contenido lipídico. Además, la fibra dietética total (FDT) de igual manera no mostró diferencias entre los dos tratamientos de secado, obteniendo valores de $21.56 \pm 0.55 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para la harina secada por liofilización y $21.03 \pm 0.38 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$, para aquella muestra secada por horno convencional.

El extracto libre de nitrógeno (ELN), que representa principalmente a los carbohidratos presentes, mostró una consistencia entre las harinas con $9.79 \pm 0.57 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para la muestra liofilizada y $10.12 \pm 0.37 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para la de horno convencional. El valor energético, fundamental para la valoración nutricional en dietas acuícolas por su impacto directo en el crecimiento y metabolismo de los organismos acuáticos, reveló una diferencia, aunque no significativa, con $287.00 \pm 9.38 \text{ kcal}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para la harina liofilizada frente a $286.67 \pm 8.16 \text{ kcal}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para harina secada por horno convencional.

Evaluación en cultivo de dietas experimentales

Este estudio evaluó durante 86 días la composición bromatológica de dietas utilizada en el cultivo de pargo. 1. Control (organismos cuyo alimentado fue presas naturales), 2. Tratamiento 1 (alimento peletizado + 2.0 % de harina de cabeza de camarón), 3. Tratamiento 2 (alimento peletizado). Se examinaron parámetros como humedad, proteínas, cenizas, grasas, fibra dietética, carbohidratos digeribles y energía. Los resultados se presentan en la tabla 2, se observa el desempeño del cultivo a escala experimental de la harina de cabeza de camarón en la dieta del pargo lunarejo *Lutjanus. guttatus*.

Crecimiento e índices zootécnicos

Después de analizar la composición nutricional y bromatológica de las dietas experimentales diseñadas para este estudio, se analizó el desempeño de las dietas durante el cultivo en los índices zootécnicos de *L. guttatus*. Esta sección profundiza en el efecto de diferentes formulaciones dietéticas, incluida la adición de harina de cabeza de camarón, en parámetros clave como el peso final, la tasa de crecimiento y otros índices relevantes para el cultivo eficiente de esta especie. Esto permite entender la calidad nutricional de las dietas y su efectividad en la acuicultura.

Peso final (gramos)

En relación con el peso final (gramos), en las unidades experimentales se inició con 5.0 ± 1.2 g, en el Control (organismos cuyo alimentado fue presas naturales); 5.0 ± 1.1 g, en el Tratamiento 1 (alimento peletizado + 2.0 % de harina de cabeza de camarón); 5.0 ± 1.2 g, en el Tratamiento 2 (alimento peletizado). Los tratamientos mencionados finalizaron con 112 ± 3.1 g en el Control, 121.2 ± 2.3 g en el Tratamiento 1 y 89.6 ± 2.6 g en el Tratamiento 2.

Biomasa (Kg)

En relación con el resultado de la biomasa (kilogramos), en los tres experimentos se inició con una biomasa de 1.5 kg. Los tratamientos finalizaron con 26 kg (Control), 25 kg en el Tratamiento 1 y 18 kg en el Tratamiento 2.

Tabla 2. *Desempeño productivo de la adición de cabeza de camarón a un cultivo a escala piloto del pargo Lutjanus guttatus para aumentar su pigmentación*

Parámetro/Tratamiento	Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Peso inicial (g)	5.0±1.2	5.0±1.1	5.0±1.2
Peso final (g)	112±3.1	121.2±2.3	89.6±2.6
Días de cultivo	86	86	86
Biomasa inicial (kg)	1.5	1.5	1.5
Biomasa (kg)	26.0	25.0	18.0
FCA	----	1.47	2.01
Crecimiento diario (gr)	1.30	1.40	1.04
Supervivencia (%)	73%	70%	63%

Fuente: elaboración propia.

Factor de conversión alimenticia

El factor de conversión alimenticia (FCA) determina cuánto alimento se necesita para un aumento unitario en peso del pez. Este indicador es importante para analizar la eficiencia y sostenibilidad de las dietas en acuicultura, ya que proporciona información esencial sobre la eficacia de cada dieta en términos de conversión de alimento en crecimiento. El FCA, en el Control, no se determina dado que son organismos confinados en el reservorio de la granja fuera de las jaulas y cuyo alimento es natural producto del bombeo de agua de la granja. En el Tratamiento 1, el FCA fue de 1.47 y en el Tratamiento 2 de 2.01. Los resultados del FCA, derivados de los diferentes tratamientos, se presentan en la tabla 2.

Crecimiento diario

El cálculo del crecimiento diario en el cultivo de pargo se destaca como un indicador clave en la evaluación del desempeño, determina la efectividad nutricional de las dietas y ayuda a entender su impacto en el desarrollo y bienestar de los peces para ofrecer una visión del desempeño de las dietas. Los tratamientos finalizaron con 1.30 g (Control), 1.40 g en el Tratamiento 1 y 1.04 g en el Tratamiento 2.

Supervivencia

Se analiza el impacto de diferentes dietas sobre la supervivencia de los pargos durante 86 días. Los tratamientos finalizaron con 73% (Control), 70% en el Tratamiento 1 y 63% en el Tratamiento 2.

Coloración de la piel

Variaciones de color en la piel del pargo *Lutjanus guttatus*, en respuesta a la inclusión de harina de subproductos de cabeza de camarón en la dieta, donde se inició con una concentración de pigmentos carotenoides de 2.44 ± 1.01 en todos los organismos. Los tratamientos finalizaron con 7.49 ± 3.26 $\mu\text{g/g}$ (Control), 17.31 ± 6.57 $\mu\text{g/g}$, en el Tratamiento 1 y 3.60 ± 1.53 $\mu\text{g/g}$ en el Tratamiento 2 de pigmentos carotenoides (tabla 3), y figura 3 coloración adquirida después del cultivo.

Tabla 3. Desempeño de pigmentación del pargo *Lutjanus guttatus* en los diferentes tratamientos analizados

Parámetro/ Tratamiento	Dieta alimento natural	Dieta comercial+harina cabeza de camarón	Dieta comercial
Inicial Pigmentos carotenoides ($\mu\text{g/g}$)	2.44 ± 1.01	2.44 ± 1.01	2.44 ± 1.01
Final Pigmentos carotenoides ($\mu\text{g/g}$)	7.49 ± 3.26	17.31 ± 6.57	3.60 ± 1.53

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. A) organismos con pigmentación disminuida alimentados con dieta comercial, B) organismos alimentados con alimento natural y C) organismos alimentados con dieta comercial adicionada con harina de cabeza de camarón



Fuente: Imagen propia.

Discusiones y conclusiones

Evaluación bromatológica de harinas con subproductos para la acuicultura

Con el crecimiento de la acuicultura y su papel en la seguridad alimentaria global, el análisis de fuentes alternativas de alimentación se ha vuelto una prioridad. Las harinas son esenciales en las dietas acuícolas y su composición nutricional es clave para el desarrollo sostenible de la industria. Aunque se ha reconocido anteriormente la relevancia de las harinas de pescado, este estudio se centra en las harinas derivadas de subproductos como la cabeza de camarón, se evalúa su potencial como alternativas viables. La comparación nutricional con las harinas comerciales convencionales es vital para garantizar que estas nuevas fuentes satisfagan los requerimientos específicos de las especies acuícolas.

El contenido de humedad es importante en la evaluación de ingredientes alimenticios. Este parámetro puede influir en la conservación, textura y digestibilidad de un alimento (Qamaruz-Zaman et al., 2019). En este estudio, las dietas mostraron contenidos de humedad por debajo de 10%, considerado como un umbral aceptable para garantizar una buena conservación y minimizar el crecimiento microbiano (Rezaei y Vander Gheynst, 2010). La leve disminución en el contenido de humedad en la harina derivada de subproductos de camarón, en comparación con la harina comercial, podría atribuirse a diferencias en los métodos de procesamiento y almacenamiento. Sin embargo, ambos valores están en un rango que sugiere una adecuada estabilidad de almacenamiento para uso en la acuicultura.

Con relación al contenido de cenizas en la harina nos indica el aporte de minerales. En la actividad acuícola, es importante que los ingredientes alimenticios cumplan con los requerimientos minerales específicos para cada especie, garantizando un crecimiento y desarrollo óptimos. Diversos estudios han establecido que la mayoría de las especies de peces requieren un rango de minerales que varía entre 5 y 12% de su dieta (Antony Jesu Prabhu et al., 2016; Lall y Kaushik, 2021). La harina derivada de subproductos de camarón en este estudio exhibió un $16.83 \pm 0.29 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de cenizas, lo que

sugiere una posible sobreabundancia de minerales. Aunque un aporte mineral ligeramente elevado puede ser benéfico en ciertas circunstancias (Lall y Kaushik, 2021), hay consenso en que un exceso prolongado puede generar problemas nutricionales como las altas concentraciones de calcio, a menudo presentes en subproductos marinos, que pueden inhibir la absorción de otros minerales esenciales (Gasco et al., 2018).

Para mitigar los posibles efectos adversos de un exceso mineral, una estrategia sugerida por Moren et al. (2006) es la mezcla de harinas con alto contenido de cenizas con otras fuentes de proteínas que posean un perfil mineral más bajo. Anderson (1994) propuso métodos de procesamiento para reducir el contenido de cenizas en harinas derivadas de subproductos, lo que podría ser una vía de investigación prometedora.

El contenido proteico es uno de los factores más críticos en la formulación de dietas para acuicultura, dado que las proteínas son esenciales para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento de los tejidos en peces (Aragão et al., 2022). Los valores proteicos observados en ambas harinas son comparables y se alinean con los rangos sugeridos por diversos estudios para dietas acuícolas óptimas (Hua et al., 2019; Khosravi y Lee, 2017). Esta similitud en el contenido proteico respalda la idea de que la harina derivada de subproductos de camarón puede ser una alternativa viable sin comprometer el aporte proteico.

Por otro lado, los lípidos juegan un papel importante en la nutrición acuícola, no sólo como fuente de energía sino también por su papel en la estructura, función de las membranas celulares y su aporte de ácidos grasos esenciales (Leaver et al., 2008). El perfil lipídico de ambas harinas mostró una similitud notable, lo cual indica que la harina de subproductos podría satisfacer las necesidades lipídicas de los peces al menos tan eficazmente como la harina comercial (Hilmarsdottir et al., 2020).

La fibra dietética total (FDT) en alimentos acuícolas es un componente que puede influir en la digestibilidad y el tránsito intestinal de los peces (Goullart et al., 2018). Si bien la fibra es esencial para mantener la salud del sistema digestivo, niveles excesivamente altos pueden disminuir la digestibilidad de otros macronutrientes y afectar negativamente la eficiencia alimenticia (Li et al., 2012). La notable diferencia en el contenido de FDT entre la harina comercial y la harina de subproductos podría atribuirse a la naturaleza

de los ingredientes utilizados. Las cabezas de camarón son la base de la harina de subproductos, son ricas en quitina, un componente fibroso que contribuye significativamente al contenido total de fibra (Doan et al., 2020). Aunque esta fibra puede ofrecer beneficios, como la promoción de microbiota intestinal saludable, su presencia en altas concentraciones podría requerir ajustes en la formulación de las dietas para garantizar una digestibilidad óptima.

El extracto libre de nitrógeno (ELN) es una medida que engloba principalmente los carbohidratos presentes en un alimento, excluyendo proteínas, lípidos y cenizas. Los carbohidratos tienen un papel crucial en la dieta de los peces, ya que pueden actuar como fuente primaria de energía y reducir el catabolismo proteico para fines energéticos (Maas et al., 2020). La consistencia observada en el ELN entre las harinas, con un valor de $7.61 \pm 0.03 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, sugiere que ambas fuentes proporcionan un aporte similar de carbohidratos, lo cual es favorable desde el punto de vista nutricional.

Los peces marinos tienen distintas etapas de crecimiento y diferentes requerimientos energéticos, por lo que un suministro de una harina de baja calidad podría tener implicaciones significativas en su uso. Aunque la harina de subproductos mostró una reducción en contenido energético ($342.61 \pm 0.06 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) comparado con la comercial ($404.89 \pm 0.09 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), esto no necesariamente la descarta como una fuente alimenticia viable. En algunos casos, un contenido energético ligeramente inferior puede ser deseable para evitar la sobrealimentación y el potencial almacenamiento de grasa en los peces, lo que podría afectar su calidad y rendimiento (Zhang et al., 2022).

Es importante considerar estas diferencias energéticas en el contexto de la formulación global de la dieta. Si se emplea la harina de subproductos con un contenido energético más bajo, podría ser conveniente incrementar la inclusión de fuentes lipídicas de alta calidad o seleccionar ingredientes con carbohidratos de digestibilidad elevada para compensar el déficit energético. Además, la revisión de niveles de proteína y la adición de ingredientes con alto valor proteico puede ser crucial para mantener un equilibrio nutricional. Estos ajustes garantizarían que se cumplan los requerimientos energéticos y nutricionales de la especie de interés.

Crecimiento

Siguiendo el patrón observado en el aumento de peso, los peces alimentados con la dieta adicionada con 2.0% también mostraron un crecimiento notable en longitud, sugiriendo una relación directa entre la inclusión de harina de cabeza de camarón y el desarrollo de los peces. Esta correlación subraya la influencia de ingredientes específicos en el crecimiento físico, apoyada por estudios como los de Oliva-Teles (2012), que destacan el impacto de ciertos componentes dietéticos en la síntesis de tejidos y el desarrollo estructural.

El control presentó un incremento en longitud, lo cual contrasta con su crecimiento en peso. Este fenómeno podría indicar que la astaxantina, si bien beneficia aspectos como la coloración y la calidad de la carne, juega un rol significativo en el crecimiento lineal, como sugieren Rahman et al. (2016) y Tuan Harith et al. (2022), por lo que esta observación apunta a una mayor complejidad en los mecanismos que regulan el crecimiento en longitud en comparación con el peso. El objetivo debe extenderse más allá de maximizar el crecimiento, buscando también asegurar un desarrollo equilibrado y saludable de los peces. Esto contribuirá a la eficiencia y sostenibilidad de la acuicultura del pargo.

Crecimiento diario

En este estudio, la dieta con adición de 2.0% resultó en un aumento significativo del crecimiento de los peces, alcanzando 1.40 gr día^{-1} . Este notable incremento apunta a la harina de cabeza de camarón como un factor clave en la mejora del metabolismo y crecimiento diario. Aunque no se realizaron análisis específicos de aminoácidos, la alineación de nuestros resultados con las observaciones de Sankian et al. (2017) sobre el papel de los ingredientes proteicos en el crecimiento rápido es evidente. Los análisis proximales de la dieta indican que la harina de cabeza de camarón es una fuente considerable de proteínas, reforzando la posibilidad de su influencia positiva en el crecimiento de los peces. En comparación con las dietas que incluyen harina de camarón, como lo reporta Cheng et al. (2018). Sin embargo, la evaluación de la TCE en este estudio demuestra la importancia de una formulación dietética

cuidadosa en la acuicultura del pargo sugiriendo que la inclusión de ingredientes específicos, como la harina de cabeza de camarón, podría ser benéfica para el crecimiento. Sin embargo, se necesitan estudios adicionales para comprender completamente el impacto de la composición dietética en el crecimiento y la salud de los peces, ya que este conocimiento podría guiar la creación de dietas acuícolas más eficientes, que optimicen tanto el crecimiento como el bienestar general de los peces. No obstante, se necesitan estudios adicionales para comprender completamente el impacto de la composición dietética en el crecimiento y la salud de los peces, ya que este conocimiento podría guiar la creación de dietas acuícolas más eficientes, que optimicen tanto el crecimiento como el bienestar general de los peces.

Factor de conversión alimenticia

La incorporación del tratamiento de adición de 2.0% llevó a un FCA de 1.47, resalta la relevancia de seleccionar los ingredientes para las dietas acuícolas. La notable presencia de harina de cabeza de camarón en esta dieta específica parece haber jugado un papel crucial para alcanzar este valor reducido de FCA, subrayando su potencial como un componente efectivo en la alimentación de peces.

Desde una perspectiva química, investigaciones anteriores han evidenciado que la harina de cabeza de camarón es rica en aminoácidos esenciales, ácidos grasos y minerales, componentes fundamentales para el desarrollo saludable de especies como el pargo (Busti et al., 2020). Además, estudios de Subramanian et al. (2022) indican que elementos como la quitina, presentes en dicha harina, podrían favorecer la salud intestinal y la eficiencia alimentaria en peces. Cuando se ha mostrado una eficiencia intermedia en la conversión alimenticia, este fenómeno podría interpretarse a partir de los hallazgos de Gule y Geremew (2022), quienes sugieren que, aunque una dieta sea nutricionalmente completa, su efectividad depende de la capacidad del individuo para aprovechar eficientemente sus componentes.

Por otro lado, los tratamientos con FCA más elevados, como en los organismos alimentados con dieta comercial, evidenciaron una menor eficiencia en la conversión de alimento. Esta situación podría deberse a desbalances en la composición química de las dietas, especialmente en la proporción de

macronutrientes. Un desequilibrio en estos nutrientes esenciales no sólo puede disminuir la eficiencia alimentaria, sino también generar problemas de salud en los peces.

Supervivencia

Es un indicador clave para evaluar la viabilidad de las prácticas de cultivo, ha mostrado resultados notables en este estudio, especialmente en el tratamiento enriquecido con adición de harina de cabeza de camarón de 2.0%, evidencia la eficacia de dietas especializadas. Sankian et al. (2017b) mencionan que una dieta equilibrada y rica en ingredientes de alta calidad puede mejorar significativamente la supervivencia en acuicultura. Asimismo, en la interacción entre nutrición óptima y alta supervivencia, observada en los tratamientos alimentados naturalmente y con 2% de harina de camarón, se corroboró influencia directa de la calidad dietética en la salud general de los peces. Se confirma lo expuesto por Rahman et al. (2016) sobre cómo una eficiente conversión alimenticia está ligada a la resistencia de los peces ante enfermedades. Estos resultados consistentes sugieren que la harina de cabeza de camarón podría ser un componente fundamental para mejorar la salud y supervivencia de los peces en cultivo. Oliva-Teles (2012) mencionan que la ausencia de ciertos nutrientes esenciales puede comprometer la salud y disminuir la supervivencia de los peces en condiciones de estrés de cultivo. La baja supervivencia observada en organismos alimentados con comida comercial, plantea la importancia de su adición en organismos de piel roja y de la eficacia de la astaxantina como suplemento para fortalecer la resistencia en condiciones de cultivo, abriendo caminos para futuras investigaciones en este ámbito.

Las recomendaciones para que América Latina y el Caribe alcancen el ODS 12 y algunas metas, son adoptar un enfoque sistémico y lograr la cooperación entre los participantes de la cadena de suministro, desde el productor hasta el consumidor final, incluida la sensibilización de los consumidores mediante la educación sobre los modos de vida sostenibles, facilitándoles información adecuada por medio del etiquetado y las normas de uso. Es importante utilizar el uso eficiente de recursos y apoyar la gene-

ración de tecnologías e insumos más limpios, así como incentivar empresas ambientalmente sostenibles.

Para lograr la sostenibilidad es esencial modificar nuevos estilos de producción y consumo, mediante el uso de energías limpias e implementar medidas de adaptación. Estas medidas deben ser coherentes en todos los ámbitos que permitan realizar las transformaciones para la adaptación y resiliencia en los efectos negativos del cambio climático sobre las actividades económicas, los ecosistemas y el bienestar social.

Es de gran importancia generar políticas públicas que favorezcan la inversión en biotecnologías para el desarrollo productivo y disminuyan la huella de carbono, así como marcos institucionales que fortalezcan la inversión pública y privada.

Referencias

- Anderson, J. C. (1994). Physicochemical characteristics of flours of faba bean as influenced by processing methods. In *Plant Foods for Human Nutrition* (vol. 45).
- Antony Jesu Prabhu, P., Schrama, J. W., & Kaushik, S. J. (2016). Mineral requirements of fish: A systematic review. *Reviews in Aquaculture*, 8(2), 172-219. <https://doi.org/10.1111/raq.12090>
- Aragão, C., Gonçalves, A. T., Costas, B., Azeredo, R., Xavier, M. J., & Engrola, S. (2022). Alternative Proteins for Fish Diets: Implications beyond Growth. In *Animals* (Vol. 12, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ani12091211>
- Busti, S., Rossi, B., Volpe, E., Ciulli, S., Piva, A., D'Amico, F., Soverini, M., Candela, M., Gatta, P. P., Bonaldo, A., Grilli, E., & Parma, L. (2020). Effects of dietary organic acids and nature identical compounds on growth, immune parameters and gut microbiota of European sea bass. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78441-9>
- Castillo-Vargasmachuca, S., Ponce-Palafox, J. T., García-Ulloa, M., Arredondo-Figueroa, J. L., Ruiz-Luna, A., Chávez, E. A., & Tacon, A. G. (2012). Effect of stocking density on growth performance and yield of subadult pacific red snapper cultured in floating sea cages. *North American Journal of Aquaculture*, 74(3), 413-418.
- Cheng, C. H., Guo, Z. X., Ye, C. X., & Wang, A. L. (2018). Effect of dietary astaxanthin on the growth performance, non-specific immunity, and antioxidant capacity of pufferfish (*Takifugu obscurus*) under high temperature stress. *Fish Physiology and Biochemistry*, 44(1), 209-218. <https://doi.org/10.1007/s10695-017-0425-5>
- Doan, C. T., Tran, T. N., Wang, C. L., & Wang, S. L. (2020). Microbial conversion of shrimp heads to proteases and chitin as an effective dye adsorbent. *Polymers*, 12(10), 1-16. <https://doi.org/10.3390/polym12102228>

- Gasco, L., Gai, F., Maricchiolo, G., Genovese, L., Ragonese, S., Bottari, T., & Caruso, G. (2018). Supplementation of Vitamins, Minerals, Enzymes and Antioxidants in Fish Feeds (pp. 63-103). https://doi.org/10.1007/978-3-319-77941-6_4
- Goulart, F. R., Lovatto, N. M., Klinger, A. C., Adorian, T. J., Mombach, P. I., Pianesso, D., Martinelli, S. G., Veiga, M. L., & Silva, L. P. (2018). Effect of dietary fiber concentrates on growth performance, gut morphology and hepatic metabolic intermediates in jundiá (*Rhamdia quelen*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 70(5), 1633-1640. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10218>
- Gule, T. T., & Geremew, A. (2022). Dietary Strategies for Better Utilization of Aquafeeds in Tilapia Farming. *Aquaculture Nutrition*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2022/9463307>
- Gulzar, S., Raju, N., Nagarajarao, R. C., & Benjakul, S. (2020). Oil and pigments from shrimp processing by-products: Extraction, composition, bioactivities and its application-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 307-319.
- Hilmarsdottir, G. S., Ogmundarson, Ó., Arason, S., & Gudjónsdóttir, M. (2020). The effects of varying heat treatments on lipid composition during pelagic fishmeal production. *Processes*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/PR8091142>
- Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M. J., Zeng, C., Zenger, K., & Strugnell, J. M. (2019). The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. In *One Earth* (ol. 1, Issue 3, pp. 316-329). *Cell Press*. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>
- Khosravi, S., & Lee, S. M. (2017). Optimum Dietary Protein and Lipid Levels in Juvenile Filefish, *Stephanolepis cirrhifer*, Feed. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48(6), 867-876. <https://doi.org/10.1111/jwas.12414>
- Lall, S. P., & Kaushik, S. J. (2021). Nutrition and metabolism of minerals in fish. In *Animals* (Vol. 11, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ani11092711>
- Leaver, M. J., Bautista, J. M., Björnsson, B. T., Jönsson, E., Krey, G., Tocher, D. R., & Torstensen, B. E. (2008). Towards fish lipid nutrigenomics: Current state and prospects for fin-fish aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, 16(SUPPL.1), 71-92. <https://doi.org/10.1080/10641260802325278>
- Li, M. H., Oberle, D. F., & Lucas, P. M. (2012). Effects of dietary fiber concentrations supplied by corn bran on feed intake, growth, and feed efficiency of channel catfish. *North American Journal of Aquaculture*, 74(2), 148-153. <https://doi.org/10.1080/15222055.2012.672374>
- Maas, R. M., Verdegem, M. C. J., Wiegertjes, G. F., & Schrama, J. W. (2020). Carbohydrate utilisation by tilapia: a meta-analytical approach. In *Reviews in Aquaculture* (Vol. 12, Issue 3, pp. 1851-1866). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1111/raq.12413>
- Moren, M., Suontama, J., Hemre, G. I., Karlsen, Olsen, R. E., Mundheim, H., & Julshamn, K. (2006). Element concentrations in meals from krill and amphipods, - Possible alternative protein sources in complete diets for farmed fish. *Aquaculture*, 261(1), 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.06.022>
- Nwanna, L. C., Balogun, A. M., Ajenifuja, Y. F., & Enujiugha, V. N. (2004). Replacement of fish meal with chemically preserved shrimp head in the diets of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2, 79-83.

- Oliva-Teles, A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. In *Journal of Fish Diseases* (Vol. 35, Issue 2, pp. 83-108). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01333>.
- Qamaruz-Zaman, N., Abdul-Sukor, N. S., Siti, S. A., & Yaacof, N. (2019). The influence of moisture content on the production of odor from food waste using path analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(13), 13658–13663. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04808-9>
- Rahman, M. M., Khosravi, S., Chang, K. H., & Lee, S. M. (2016). Effects of dietary inclusion of astaxanthin on growth, muscle pigmentation and antioxidant capacity of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(3), 281-288. <https://doi.org/10.3746/pnf.2016.21.3.281>
- Rahman, M. M., Khosravi, S., Chang, K. H., & Lee, S. M. (2016). Effects of dietary inclusion of astaxanthin on growth, muscle pigmentation and antioxidant capacity of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(3), 281-288. <https://doi.org/10.3746/pnf.2016.21.3.281>
- Rezaei, F., & vander Gheynst, J. S. (2010). Critical moisture content for microbial growth in dried food-processing residues. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(12), 2000-2005. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4044>
- Sachindra, N. M., & Mahendrakar, N. S. (2005). Process optimization for extraction of carotenoids from shrimp waste with vegetable oils. *Bioresource Technology*, 96(10), 1195-1200.
- Sankian, Z., Khosravi, S., Kim, Y. O., & Lee, S. M. (2017). Effect of dietary protein and lipid level on growth, feed utilization, and muscle composition in golden mandarin fish *Siniperca scherzeri*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s41240-017-0053-0>
- Subramanian, K., Balaraman, D., Panangal, M., Nageswara Rao, T., Perumal, E., Amutha, R., Kumarappan, A., Sampath Renuga, P., Arumugam, S., Thirunavukkarasu, R., Aruni, W., & Yousef AlOmar, S. (2022). Bioconversion of chitin waste through *Stenotrophomonas maltophilia* for production of chitin derivatives as a Seabass enrichment diet. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08371-1>
- Tokatlı, K., & Demirdöven, A. (2018). Optimization of chitin and chitosan production from shrimp wastes and characterization. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), e13494.
- Tuan Harith, Z., Mohd Sukri, S., Remlee, N. F. S., Mohd Sabir, F. N., & Zakaria, N. N. A. (2022). Effects of dietary astaxanthin enrichment on enhancing the colour and growth of red tilapia, *Oreochromis sp.* *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.06.001>
- Zhang, Y., Yang, P., Sun, H., Hou, Y., Zhang, Y., & Liu, H. (2022). Evaluation of extruded full-fat soybean as the substitution for fish meal in diets for juvenile *Scophthalmus maximus* based on growth performance, intestinal microbiota, and aquaculture water quality. *Aquaculture*, 562. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738734>