

## Efecto de la proteína dietaria en el crecimiento y sobrevivencia de alevines de *Calophysus macropterus* (Lichtenstein, 1819) “Mota” en condiciones de laboratorio

Effect of the dietary protein on the growth and survival of *Calophysus macropterus* (Lichtenstein, 1819) “Mota” fry under laboratory conditions

Efraín Samuel Morales García<sup>1</sup>; Ricardo Julián Oliva Paredes<sup>2</sup>; Carmen Rosa Reategui Acosta<sup>3</sup>; Víctor H. Puicón Niño de Guzmán<sup>4</sup>; Germán Augusto Murrieta Morey<sup>5</sup>

1. Facultad de ingeniería agroforestal acuícola. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, carretera San José km 0,5, distrito de Yarinacocha, Ucayali, Perú.
2. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. Departamento Agroforestal-Acuícola. Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Yarinacocha, Ucayali, Perú.
3. Empresa Consultora Acuatecnica en Bosques, estudio ambiental, hidrobiológicos y acuícolas, Ucayali, Perú.
4. Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional de San Martín, San Martín, Perú.
5. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIA, Laboratorio de Parasitología y Sanidad Acuícola, Iquitos, Loreto, Perú.

\* Autor corresponsal: [vhpuicon@unsm.edu.pe](mailto:vhpuicon@unsm.edu.pe) (V. H. Puicón Niño de Guzmán).

ORCID de los autores:

E. S. Morales García: <https://orcid.org/0009-0000-1431-2150>  
C. R. Reategui Acosta: <https://orcid.org/0009-0008-4358-3134>  
G. A. Murrieta Morey: <http://orcid.org/0000-0001-6244-2654>

R. J. Oliva Paredes: <https://orcid.org/0000-0002-9751-1610>  
V. H. Puicón Niño de Guzmán: <http://orcid.org/0000-0003-2532-2551>

### RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres niveles proteicos (35%, 40% y 45% Proteína Bruta) y un nivel energético (4800 kcal/kg) en los parámetros de desarrollo e índices zootécnicos de 45 alevines de mota *Calophysus macropterus* (Lichtenstein, 1819) con tamaño y peso promedio de 16,49±0,1 cm y 25,62±0,2 en condiciones de laboratorio, usando una frecuencia alimenticia de 3 veces/día (*ad libitum*). Se aplicó un diseño estadístico completo al azar, tres tratamientos y tres repeticiones (9 artesas plásticas de 100 litros), densidad de 1 individuo / 20 L durante 75 días. Los parámetros limnológicos promedios se mantuvieron estables mediante recambio de agua. Los resultados evidencian diferencias significativas en el nivel 40% Proteína Bruta a diferencia de (35% y 45% Proteína Bruta) con el mismo nivel energético (4,800 kcal/kg), el cual tuvo un efecto favorable en el peso, longitud, tasa de crecimiento absoluta, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento relativo, conversión alimenticia ( $p < 0,05$ ) y la sobrevivencia se mantuvo en 100% ( $p > 0,05$ ). Se concluye niveles proteicos de 35%, 40% y 45% de proteína bruta influyen en el crecimiento de los peces, siendo la dieta de 40% de proteína bruta la que refleja mejores índices ictiotécnicos o productivos, reflejando notable crecimiento en tamaño y ganancia de peso corporal de alevines de mota *C. macropterus* (Lichtenstein, 1819).

**Palabras clave:** Amazonía; bagre; nutrición; Pimelodidae; piscicultura.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of three protein levels (35%, 40%, and 45% Crude Protein) and a single energy level (4800 kcal/kg) on the development parameters and zootechnical indices of 45 juvenile mota (*Calophysus macropterus*, Lichtenstein, 1819) with an average size and weight of 16.49±0.1 cm and 25.62±0.2 g under laboratory conditions, using a feeding frequency of three times per day (*ad libitum*). A completely randomized design (CRD) was applied with three treatments and three replications (9 plastic tanks of 100 liters), at a density of 1 fish/20 L, over a period of 75 days. The average limnological parameters were maintained stable through water exchange. The results reveal a significant difference between the 40% Crude Protein level compared to 35% and 45% Crude Protein, both with the same energy level (4800 kcal/kg). The 40% Crude Protein level had a favorable effect on weight, length, absolute growth rate (AGR), specific growth rate (SGR), relative growth rate (RGR), feed conversion (FC) ( $p < 0.05$ ), and survival remained at 100% ( $p > 0.05$ ). It is concluded that protein levels of 35%, 40%, and 45% Crude Protein influence the growth of the fish, with notable growth in size and body weight gain.

**Keywords:** Amazon; catfish; nutrition; Pimelodidae; pisciculture.

Recibido: 08-07-2024.  
Aceptado: 21-01-2025.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## INTRODUCCIÓN

La Acuicultura presenta el mayor crecimiento en el sector pecuario actual. En 2016, el consumo de pescado se convirtió en la principal fuente de proteína animal del mundo, superando al consumo de carne de res, caballo, cerdo, oveja y otras especies tradicionales.

La determinación de las exigencias y el conocimiento de la utilización de los ingredientes son determinantes para la introducción de nuevas especies a la acuicultura. Considerando que la proteína y la energía son necesarias para el funcionamiento del organismo y del crecimiento de los animales, además de que sus vías metabólicas están interrelacionadas, la determinación de las exigencias proteicas, energía y de la relación energía: proteína se está convirtiendo en una prioridad en el desarrollo de nuevos tipos de investigación nutricional (Deng et al., 2011).

La proteína es un nutriente esencial para el crecimiento de los peces, pero también es el más costoso en la elaboración de una dieta, de ahí la importancia para determinar la cantidad óptima de proteína que debe contener la dieta de los peces para que su crecimiento sea óptimo.

La proteína es el principal componente de las raciones de peces, en especial los ictiófagos, por ser exigida en grandes cantidades como fuente de aminoácidos y también por su alto costo (Ozório et al., 2009). Por lo tanto, la adecuada relación proteína: energía permite que una ración pueda contener adecuados niveles de proteína para atender la exigencia en aminoácidos y al mismo tiempo la energía necesaria para el crecimiento de los peces sin influenciar en su consumo alimentario, visto que las raciones con alto nivel energético inhiben la ingestión voluntaria de las raciones por los peces (Fracalossi et al., 2002).

La principal fuente proteica en raciones de peces es la harina de pescado, a pesar de su alto valor nutricional es un ingrediente no sostenible y costoso (Wang et al., 2010). Sin embargo, existen estudios realizados en el robalo blanco juvenil (*Morone chrysops*) que pueden ser alimentado con dietas sin harina de pescado sin efectos negativos en el crecimiento, la supervivencia y la composición corporal (Rawles et al., 2022).

Hussain et al. (2021) sugieren que el 30% de proteína cruda es el nivel óptimo para el mejor desempeño de crecimiento y alto rendimiento de sábalo (*C. chanos*) criado en estanques de agua

salobre. En tanto que para la especie acuícola *C. batrachus* se obtuvo que alimentar a los peces con una dieta adecuada (que contenía 40% de proteína cruda) resultó en un buen rendimiento de crecimiento, un índice de conversión alimenticia más bajo y un mayor contenido de proteína en los peces (Naeem et al., 2024).

Se han realizado investigaciones nutricionales en algunas especies de pimelódidos de interés comercial en América del Sur, como, *Pseudoplatystoma corruscans* (Teixeira et al., 2010) y *Rhamdia quelen* (Filho & Fracalossi, 2006). Investigaciones sobre nutrición en especies de silúridos se limitan a formulaciones de alimentos con requerimientos diferentes (Marciales-Caro et al., 2011).

Los silúridos son un grupo de peces muy diversos, con numerosas especies. Son el tercer orden de teleósteos más grande, y la mayoría de sus especies se encuentran en América del Sur (Lasso & Provenzano, 2002). Un cuerpo alargado cubierto de placas óseas o carente de escamas es la característica que define a este grupo. La fina piel que cubre el cráneo deja al descubierto los huesos. Las especies de bagres presentan una importancia económica en la Región Amazónica (Pérez & Fabre, 2003). La biología alimenticia de la mota *C. macropterus* en la Amazonía fue abordada por (García et al., 2017). Finalmente, la biología reproductiva de la "mota" *C. macropterus* en la Amazonía como base para su aprovechamiento sostenible y su inclusión en la Piscicultura es abordada (Lozano & Fabre, 2002). Por lo tanto, *C. macropterus* es un bagre que tiene características que la hacen adecuada para la acuicultura. Es fácil de adaptar a cautiverio, no tiene espinas punzantes, tiene una cabeza pequeña que facilita el fileteado, puede consumir alimentos concentrados y tiene un alto rendimiento en la producción de carne, pudiéndose manejar en altas densidades (Kossowski, 1998).

En ese contexto la finalidad del presente estudio fue evaluar el efecto de tres niveles proteicos (35%, 40 y 45% Proteína bruta (PB) y un nivel energético (4,800 kcal/kg) en el crecimiento en longitud y peso e índices zootécnicos (tasa de crecimiento absoluta, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento relativo, factor de conversión alimenticia y la sobrevivencia de 45 alevines de mota *C. macropterus* (Lichtenstein, 1819).

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de Reproducción y Nutrición de Peces, Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Inter-cultural de la Amazonia (UNIA) (8°20'49"S, 74°35'25"W), en condiciones controladas.

### Diseño metodológico

Se prepararon tres niveles proteicos (35%, 40%, 45% PB) y un nivel energético (4800 kcal/kg)

sobre los parámetros de desarrollo e índices zootécnicos de *Calophysus macropterus*.

Se aplicó un diseño Completamente al Azar (DCA). Con 3 tratamientos con 3 repeticiones cada uno (Figura 1). Las unidades Experimentales fueron 9 artesas plásticas de 110 litros, cada una con 5 alevines. Se determinó una muestra de 45 alevines con una longitud promedio de 16,49 cm y peso promedio de 25,62 g. La obtención de los peces fue mediante la captura en el río Ucayali.

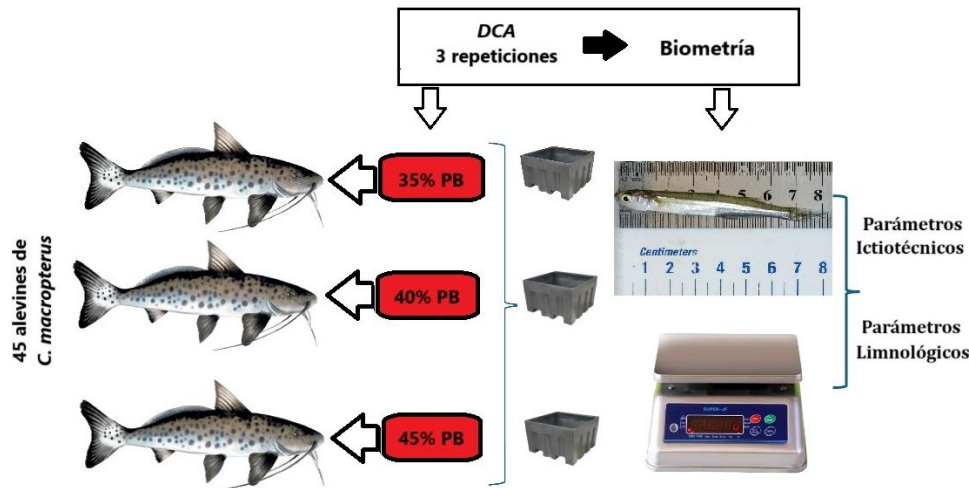


Figura 1. Diseño metodológico del estudio.

### Adaptación de los peces

El proceso fue realizado en un tanque de concreto (1,43 m<sup>3</sup>) con dieta gradual (filete de pescado *Pseudoplatystoma punctifer* y alimento balanceado). Con una duración de 10 días, con alimentación *ad libitum*. La alimentación se realizó a través de tres niveles proteicos con una frecuencia de tres veces al día y se realizó un control mediante un registro en fichas de consumo diario. La formulación y procesamiento del alimento mediante el software MIXIT para optimización de dietas. La peletización fue desarrollado de forma manual, con secado a 58 °C durante 8 horas.

### Monitoreo y evaluación

**Biometrías.** Se realizó cada 15 días, con suspensión de alimentación previa de 24 horas

mediante herramientas (ictiómetro y balanza digital).

**Parámetros ictiotécnicos.** Incluyen crecimiento absoluto, tasas de crecimiento, eficiencia alimenticia, y supervivencia.

**Parámetros limnológicos.** Se consideraron al oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad, nitratos, nitritos y amonio.

### Análisis de datos

Se analizaron los datos en el software Microsoft Excel para tabulación e InfoStat para análisis estadístico. Se aplicaron el método ANOVA (95% de confianza) y Prueba de Tukey para diferencias significativas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros de desarrollo

#### Crecimiento en longitud de *C. macropterus*

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar los tratamientos en términos de crecimiento en longitud (cm) (Tabla 1). No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la longitud inicial LI (cm) ( $F= 1,31$ ;  $gl= 3$  y  $p= 0,2863$ ). Sin embargo, sí se encontraron diferencias

significativas ( $p < 0,05$ ), en la longitud final LF (cm) ( $F= 19,11$ ;  $gl= 2$  y  $p= 0,0001$ ).

La prueba de promedios de Tukey (Tabla 2) mostró que T1, T2 y T3 tuvieron diferencias significativas en el crecimiento en longitud. Los peces alimentados con la dieta 40% PB (21,47 cm) tuvieron el mayor crecimiento, seguidos de los peces alimentados con la dieta 35% PB (20,53 cm) y 45% PB (20,60 cm).

Tabla 1

Resultado de la prueba de promedios de Tukey del crecimiento en longitud (cm) de alevines de mota (*C. macropterus*) durante 75 días de cultivo

Tratamientos	Siembra	Evaluaciones				
		1º	2º	3º	4º	5º
T1= 35% PB	16,41 <sup>a</sup>	16,97 <sup>b</sup>	17,48 <sup>b</sup>	18,31 <sup>b</sup>	19,33 <sup>b</sup>	20,53 <sup>b</sup>
T2= 40% PB	16,49 <sup>a</sup>	17,68 <sup>a</sup>	18,57 <sup>a</sup>	19,33 <sup>a</sup>	20,21 <sup>a</sup>	21,47 <sup>a</sup>
T3= 45% PB	16,28 <sup>a</sup>	17,61 <sup>a</sup>	18,41 <sup>a</sup>	19,18 <sup>a</sup>	19,94 <sup>a</sup>	20,60 <sup>b</sup>
p valor	0,2863	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Tabla 2

Resultado de la prueba de promedios de Tukey del crecimiento en peso (g) de alevines de mota (*C. macropterus*) durante 75 días de cultivo

Tratamientos	Siembra	Evaluaciones				
		1º	2º	3º	4º	5º
T1= 35% PB	25,78 <sup>a</sup>	32,08 <sup>b</sup>	38,66 <sup>a</sup>	44,61 <sup>b</sup>	54,04 <sup>b</sup>	60,22 <sup>b</sup>
T2= 40% PB	25,60 <sup>a</sup>	33,75 <sup>a</sup>	39,66 <sup>a</sup>	47,15 <sup>a</sup>	56,68 <sup>a</sup>	64,40 <sup>a</sup>
T3= 45% PB	25,47 <sup>a</sup>	33,28 <sup>a</sup>	39,08 <sup>a</sup>	46,25 <sup>a</sup>	54,75 <sup>b</sup>	60,05 <sup>b</sup>
p valor	0,1102	0,0075	0,0882	0,0004	0,0001	0,0001

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar los tratamientos en términos de crecimiento o ganancia en peso (g). No se encontraron diferencias significativas (en el peso inicial PI (g) PI (g). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), en el peso final PF (g).

La prueba de promedios de Tukey (Tabla 2) mostró que los tratamientos T1, T2 y T3 tuvieron diferencias significativas en la ganancia de peso. Los peces alimentados con la dieta 40% PB (64,40 g) tuvieron la mayor ganancia, seguidos de los peces alimentados con la dieta 35% PB (60,20 g) y 45% PB (60,05 g).

Todos los tratamientos contribuyeron a un crecimiento en tamaño y ganancia de peso de los ejemplares de *C. macropterus* estudiados; sin embargo, dentro de los tres tratamientos, uno destacó, resultando en mayores valores en los índices ictiotécnicos evaluados. De esta forma, el tratamiento T2 = 40% PB, tuvo un mejor desempeño final acorde al requerimiento nutricional (proteínas, lípidos, carbohidratos, fibras y minerales). Esta investigación demuestra que el nivel óptimo de proteína que necesita *C. macropterus* en su estado de alevín es de 40% PB en contraste con dos niveles adicionales estudiados de 35% y 45% PB, de esta forma, se infiere que 35% de proteína bruta contribuye con el crecimiento de los peces, pero como se demostró en el presente estudio, un nivel proteico mayor (40% PB) maximiza el metabolismo de los peces, conllevándolos a un crecimiento más rápido y mayor en tamaño y peso.

Con relación al nivel proteico de 45%, podemos inferir que un exceso de proteína supone un gasto energético de los aminoácidos indeseables desde el punto de vista nutricional, no maximizando el aprovechamiento de los nutrientes del alimento con relación al 40% PB.

Se ha reportado que un incremento adicional de proteína dietaria cruda más allá del nivel óptimo provoca un retraso en el crecimiento en el caso de los alevines de carpa de Jerdon (Debroy et al., 2024). Otros estudios indican que la proteína relativamente más alta podría ser benéfica al inhibir la peroxidación lipídica y aumentar la deposición de aminoácidos esenciales a la salinidad del 2% (Liu et al., 2021).

Para el barramundi (*Lates calcarifer*) se ha evidenciado que el 45% de las proteínas en la dieta son óptimas para el crecimiento y la supervivencia de los alevines (Habib-Ul-Hassan et al., 2022). Finalmente, en larvas del pez bagre (*Clarias magur*), la inclusión de 8% de lípidos y 55% de proteínas evidenció un óptimo rendimiento a nivel del crecimiento, la supervivencia y la expresión de ARNm de genes importantes relacionados con el crecimiento en larvas de esta especie (Mir et al., 2020).

En comparación con otros estudios relacionados a pimelodidos, Kossowski (1998) encontró que alevinos de bagre *C. macropterus* tuvieron un buen crecimiento significativo después de 180 días de crianza en cautiverio. En el presente estudio, alevinos con un peso inicial similar (25,62 g) alcanzaron un peso promedio de 61,56 g después de 75 días. Esta diferencia es significativa, proba-

blemente debido a las condiciones experimentales. Asimismo, el estudio de Kossowski (1998) se realizó en estanques, mientras que este trabajo se realizó en laboratorio. Además, el estudio de Kossowski (1998) mostró una ganancia de peso diaria promedio de 2,1 g/día, mientras que el presente estudio registró una ganancia de peso diaria promedio de 0,52 g/día. Como fue mencionado por Wilson (2002) las unidades de cría de los peces constituyen un parámetro determinando para el desarrollo de los peces; de esta forma, espacios más grandes con densidades menores conllevan a un mayor crecimiento de los peces por la misma disponibilidad de espacio, mientras que ambientes de menor tamaño con mayores densidades puede conducir a un crecimiento más lento.

### Parámetros ictiotécnicos

Crecimiento absoluto en longitud y peso (CA). Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar los tratamientos en términos de crecimiento absoluto (CA) tanto de la longitud (cm) y peso (g). Encontrando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la longitud absoluta (cm) ( $F = 15,54$   $gl = 2$  y  $p = 0,0001$ ) y en crecimiento absoluto en peso (g) ( $F = 34,95$   $gl = 2$  y  $p = 0,0001$ ).

La prueba de promedios de Tukey (Tabla 3) mostró que los tratamientos T1, T2 y T3 tuvieron diferencias significativas en el crecimiento absoluto (CA) en longitud (cm) y peso (g). Los peces alimentados con la dieta 40% PB (4,97 cm y 38,80 g) a diferencia de aquellos peces alimentados con la dieta 45% y 35% PB.

**Tabla 3**

Resultado de la prueba de promedios de Tukey del crecimiento absoluto en longitud (cm) y peso (g) (CA) de alevines de mota (*C. macropterus*) durante 75 días de cultivo

Tratamientos	Índices ictiotécnicos	
	Crec. absoluto (CA) longitud (cm)	Crec. absoluto (CA) peso (g)
T1= 35% PB	4,12 <sup>b</sup>	34,44 <sup>b</sup>
T2= 40% PB	4,97 <sup>a</sup>	38,80 <sup>a</sup>
T3= 45% PB	4,32 <sup>b</sup>	34,58 <sup>b</sup>
p valor	0,0001	0,0001

Los tres tratamientos al comenzar el experimento no presentaron diferencias entre el tamaño y el peso inicial. Sin embargo, al finalizar los 75 días de experimentación, se percibieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, obteniendo los mayores valores en el Tratamiento 2 (T2), mostrando mejor desempeño para el crecimiento en tamaño y peso de *C. macropterus*. Todos los tratamientos presentaron al final del experimento una supervivencia de 100%.

La proteína suministrada a peces en la alimentación proporciona aminoácidos y nutrientes esenciales para la síntesis de músculos, tejidos corporales y energía para el funcionamiento del organismo (Fernández et al., 2012). El aprovechamiento proteico por parte de un organismo depende del tipo de dieta empleada, digestibilidad de la proteína, contenido de aminoácidos y otros nutrientes, así como la cantidad de proteína suministrada (Fernández et al., 2012). Sin embargo, debe



entenderse que diversos factores influyen o afectan la utilización de las proteínas. Esos factores tienen relación con la edad de los peces, sexo, genotipo, condiciones de cría y condiciones ambientales en general (Fernández et al., 2012).

#### Tasa de crecimiento absoluto (TCA), en peso y longitud

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar los tratamientos en términos de tasa de crecimiento absoluto (TCA) tanto de la longitud (cm/día) y peso (g/día). Encontrando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la tasa de crecimiento en longitud (cm/día) ( $F = 10,76$ ;  $gl = 2$  y  $p = 0,002$ ), y en tasa de crecimiento absoluto en peso (g/día) ( $F = 34,01$   $gl = 2$  y  $p = 0,0001$ ).

La prueba de promedios de Tukey (Tabla 4) mostró que los tratamientos T1, T2 y T3 tuvieron diferencias significativas en la tasa de crecimiento absoluto (TCA) en longitud (cm/día) y peso (g/día). Los peces alimentados con la dieta 40% PB (0,7 cm/día y 38,80 g/día) a diferencia de aquellos peces alimentados con la dieta 45% y 35% PB.

**Tabla 4**

Resultado de la prueba de promedios de Tukey de la tasa de crecimiento absoluto en peso (g) y longitud (cm) de alevines de Mota (*Calophrys macropterus*) durante 75 días de cultivo

Tratamientos	Índices ictiotécnicos	
	Tasa de crec. absoluto (TCA) longitud (cm/día)	Tasa de crec. absoluto (TCA) peso (g/día)
T1= 35% PB	0,05 <sup>b</sup>	0,46 <sup>b</sup>
T2= 40% PB	0,07 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>
T3= 45% PB	0,06 <sup>b</sup>	0,46 <sup>b</sup>
p valor	0,0002	0,0001

#### Crecimiento relativo en longitud y peso (CR)

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar los tratamientos en términos de tasa de crecimiento absoluto (CR) tanto de la longitud (cm) y peso (g). Encontrando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la tasa de crecimiento en longitud (cm) ( $F = 12,38$   $gl = 2$  y  $p = 0,0001$ ), y en tasa de crecimiento absoluto en peso (g) ( $F = 26,12$   $gl = 2$  y  $p = 0,0001$ ). La prueba de promedios de Tukey (Tabla 5) mostró que los tratamientos T1, T2 y T3 tuvieron diferencias significativas en la tasa de crecimiento absoluto (CR) en longitud (cm) y peso (g). Los peces alimentados con la dieta 40% PB (151,61 cm y 0,40 g) a diferencia de aquellos peces alimentados con la dieta 45 y 35% PB.

**Tabla 5**

Resultado de la prueba de promedios de Tukey del crecimiento relativo en peso (g) y longitud (cm) de alevines de Mota (*C. macropterus*) durante 75 días de cultivo

Tratamientos	Índices ictiotécnicos	
	Crec. Relativo (CR) longitud (%)	Crec. Relativo (CR) peso (%)
T1= 35% PB	133,65 <sup>b</sup>	0,34 <sup>b</sup>
T2= 40% PB	151,61 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>
T3= 45% PB	135,77 <sup>b</sup>	0,35 <sup>b</sup>
p valor	0,0001	0,0001

#### Tasa de crecimiento relativo en peso y longitud (TCR)

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar los tratamientos en términos de tasa de crecimiento absoluto (CR) tanto de la longitud (cm) y peso (g). Encontrando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la tasa de crecimiento en longitud (cm) ( $F = 12,38$   $gl = 2$  y  $p = 0,0001$ ), y en tasa de crecimiento absoluto en peso (g) ( $F = 25,64$   $gl = 2$  y  $p = 0,0001$ ). La prueba de promedios de Tukey (Tabla 6) mostró que los tratamientos T1, T2 y T3 tuvieron diferencias significativas en la tasa de crecimiento absoluto (TCR) en longitud (cm) y peso (g). Los peces alimentados con la dieta 40% PB (0,40%/día cm y 2,02 %/día g) a diferencia de aquellos peces alimentados con la dieta 45 y 35% PB.

**Tabla 4**

Resultado de la prueba de promedios de Tukey de la tasa de crecimiento relativo en peso (g) y longitud (cm) de alevines de Mota (*C. macropterus*) durante 75 días de cultivo

Tratamientos	Índices ictiotécnicos	
	Tasa de Crec. Relativo (TCR) longitud (%/día)	Tasa de Crec. Relativo (TCR) peso (%/día)
T1= 35% PB	0,34 <sup>b</sup>	1,78 <sup>b</sup>
T2= 40% PB	0,40 <sup>a</sup>	2,02 <sup>a</sup>
T3= 45% PB	0,35 <sup>b</sup>	1,81 <sup>b</sup>
p valor	0,0001	0,0001

#### Tasa de crecimiento específico en peso y longitud (TCE)

Se registraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la tasa de crecimiento en longitud (cm) ( $F = 12,59$   $gl = 2$  y  $p = 0,0001$ ), y en tasa de crecimiento absoluto en peso (g) ( $F = 23,79$   $gl = 2$  y  $p = 0,0001$ ). La prueba de promedios de Tukey (Tabla 7) mostró que los tratamientos T1, T2 y T3 tuvieron diferencias significativas en la tasa de crecimiento absoluto (TCE) en longitud (cm) y peso (g). Los peces alimentados con la dieta 40% PB (1,23%/día cm y 0,31 %/día g) a diferencia de aquellos peces alimentados con la dieta 45 y 35% PB.

**Tabla 5**

Resultado de la prueba de promedios de Tukey de la tasa de crecimiento específico en peso (g) y longitud (cm) de alevines de Mota (*C. macropterus*) durante 75 días de cultivo

Tratamientos	Índices ictiotécnicos	
	Tasa de Crec. Específico (TCE) longitud (%/día)	Tasa de Crec. Específico (TCE) peso (%/día)
T1= 35% PB	0,30 <sup>b</sup>	1,13 <sup>b</sup>
T2= 40% PB	0,35 <sup>a</sup>	1,23 <sup>a</sup>
T3= 45% PB	0,31 <sup>b</sup>	1,14 <sup>b</sup>
p valor	0,0001	0,0001

En relación a la tasa de crecimiento específico; al ser *C. macropterus* un pimelódido de pequeño porte en comparación con otras especies de la familia como la doncella *Pseudoplatystoma punctifer*, se puede contrastar el estudio con Kossowski (1998) al evaluar el crecimiento de *C. macropterus*, quien muestra en su estudio una tasa de crecimiento específico (TCE) = 1,72% en 180 días, frente al

presente estudio que presenta una tasa de crecimiento específico (TCE) = 1,15% (peso) y 0,35% (longitud), en 75 días, concordando ambos resultados; por lo que el consumo de la dieta suministrada (T2 = 40% PB) presenta una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos. Los resultados de este parámetro demuestran que el nivel proteico ideal para la alimentación de *C. macropterus* corresponde al 40%, tal y como fue también demostrado en el estudio antes mencionado.

#### Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

Se realizó el análisis comparativo de los tratamientos utilizando ANOVA. En el factor de conversión ( $F = 3,59$  gl = 2 y  $p = 0,0365$ ) se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ). La prueba de promedios de Tukey (Tabla 8) mostró que los tratamientos T1, T2 y T3 se diferenciaron estadísticamente en el factor de conversión alimenticia (FCA). Los peces alimentados con la dieta 40% PB se obtuvo un FCA = 2 a diferencia de aquellos peces alimentados con la dieta 45% y 35% PB.

**Tabla 6**

Resultado de la prueba de promedios de Tukey de factor de conversión alimenticia (FCA) de alevines de Mota (*C. macropterus*) durante 75 días de cultivo

Tratamientos	Índices ictiotécnicos
	Fact. Cov. Alim. (FCA)
T1= 35% PB	2,37 <sup>b</sup>
T2= 40% PB	2,00 <sup>a</sup>
T3= 45% PB	2,33 <sup>b</sup>
p valor	0,0001

A partir de los resultados encontrados sobre el factor de conversión alimenticia; se evidenció que si existe diferencia significativa entre los tratamientos (T1, T2, T3), resultando en mejores resultados en el T2 = 40% de proteína con un FCA = 2,0; este valor quiere decir que para generar 1 kg de carne de mota se tiene que utilizar 2 kg de alimento, acercándose al resultado obtenido por Kossowski (1998), en *C. macropterus* con un factor de conversión alimenticia (FCA) = 2,28. En relación a los otros tratamientos empleados, el T2 demostró también que por cada kilo de carne producida en *C. macropterus*, se necesitan menos gasto de alimento proporcionado en relación a una alimentación basada en alimento con tenor proteico de 35% y 45%. De esta forma, el T2 no solo resulta en mejores resultados para generación de carne y aprovechamiento de nutrientes, sino también resulta en menos uso o consumo de alimento.

#### Sobrevivencia

Se realizó el análisis comparativo de los tratamientos utilizando ANOVA. En la sobrevivencia ( $F = 0,00$ ; gl = 2 y  $p = 0,9999$ ) no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ). Arce & Luna-Figueroa (2003) determinaron el efecto de T1 = 31,13, T2 = 39,12 y T3 = 53,57% PB en el desarrollo de *Ictalurus balsanus* mantenidos en cautiverio. Manifiestan incremento en masa y crecimiento con el uso de alimento con un tenor

proteico más próximo a 40% (T2), resultados similares a los presentados en la presente investigación. Con respecto a la sobrevivencia, en ambas investigaciones se obtuvo una sobrevivencia de 100%.

En el estudio realizado por Guerra et al. (2009) alimentó a saciedad o *ad libitum*. evaluaron los efectos de tres frecuencias de alimentación de 2, 4 y 6 veces/día sobre el crecimiento, utilización del alimento y sobrevivencia de alevines de doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*) (20 g) alimentados con una dieta peletizada (42% PB) durante 45 días, sin encontrar diferencias significativas en los índices de crecimiento, utilización de alimento, ni en los niveles de sobrevivencia de los peces como efecto.

Sánchez & Yahuarcani (2014), estudiaron la influencia de tres niveles proteicos en el crecimiento de alevinos de doncella *P. fasciatum*, criados en estanques durante 105 días, obtuvo como mejor resultados tanto en peso y longitud fue el tratamiento T2 = 42% PB. Murillo-Pacheco et al. (2012) evaluaron el efecto de (24%, 30% y 34% PB) sobre el crecimiento alevinos de yaque *Leiarius marmoratus* en estanques de (400 m<sup>2</sup>) durante 150 días de cultivo. Con 34% PB se verifican mayor efecto al igual que los resultados del presente estudio, sugieren que niveles próximos a 40% son los más indicados para el crecimiento y ganancia de peso de pimelódidos, así mismo, un estudio realizado por Dao et al. (2024) indican que las dietas proteicas evidenciaron alta ganancia de peso y una tasa de crecimiento específica en cangrejos de la especie *Cherax cainii* sin generar cambios histopatológicos en el hepatopáncreas de la especie en estudio. En tanto, Yu et al. (2024) indican que se podría reemplazar el alimento a base de concentrado de proteína de soja (SPC) en reemplazo de la harina de pescado hasta en un máximo de 50 % considerando el crecimiento, la digestión, la inmunidad, la calidad muscular y la resistencia a las enfermedades del abalón (*Haliotis discus hannai*), este hallazgo, sin embargo, difiere de lo reportado en larvas del pez bagre (*Clarias magur*) en el cual se reporta que la inclusión de un 8% de lípidos y un 55 % de proteínas muestra un rendimiento excelente con respecto al crecimiento, la supervivencia y la expresión de ARNm de importantes genes relacionados con el crecimiento en esta especie.

En cuanto a la sobrevivencia en esta investigación, se puede afirmar que, no se reportaron canibalismo entre los alevines de *C. macropterus* y como resultado se obtuvo un 100% de sobrevivencia con los tres tratamientos (T1 = 35%, T2 = 40%, T3 = 45%), estos resultados manifiestan sobrevivencia de 99,37% con *P. puntifer*, a su vez esto es diferente a lo reportado por Kossowski (1998), que obtuvo una sobrevivencia de 82,2%, debido a la presencia de otros factores ecológicos de influencia como la presencia de aves piscívoras. Sin embargo, es importante destacar, que el adiestramiento al consumo de alimento balanceado influye en la disminución del canibalismo y aumento de sobrevivencia de los peces.

Fernández et al. (2012), testaron la adaptación al consumo de alimento balanceado en alevinos de *P.*

*punctifer* en un sistema de recirculación de agua. Los autores manifiestan una supervivencia de 32% hasta los 39 dpf (después de la fecundación) e inició el primer destete. La mortalidad disminuyó a medida que los peces fueron adaptados al consumo de alimento balanceado, mostrando la importancia del adiestramiento de peces, principalmente peces carnívoros al consumo de alimento balanceado. En la presente investigación se utilizó el protocolo sugerido por (Fernández et al., 2012), logrando la

adaptación de los peces al consumo de alimento balanceado y así poder desarrollar la investigación. El uso de 40% de PB en la alimentación de *C. macropterus* es relevante e interesante, desde que el principio de la alimentación en piscicultura es reducir significativamente los costos de producción, principalmente relacionados con el alimento, desde que dietas con niveles proteicos seleccionados cumplan con alimentar a los peces sin comprometer su crecimiento y salud (Webster et al., 2000).

## CONCLUSIONES

Se concluye que el crecimiento de alevines de *C. macropterus* varía de acuerdo con el contenido proteico suministrado en el alimento. Así, niveles proteicos de 35%, 40% y 45% de proteína bruta (PB) influyen en el crecimiento de los peces, reflejando notable crecimiento en tamaño y ganancia de peso corporal. Así, se concluye que una alimentación basada en alimento con 40% PB refleja mejores índices ictiotécnicos o productivos, con una marcada diferencia en el crecimiento y ganancia de peso de los peces. De igual forma, el tratamiento utilizado con 40% PB presentó un Factor de Crecimiento Absoluto menor a los otros tratamientos, por lo que esta formulación requiere de menos cantidad de alimento en la generación de 1 kg de peso corporal, resultando no solo más eficiente sino también más económico que los otros tratamientos empleados. Al existir diferencias significativas entre los tratamientos empleados, y al contrastar los resultados con otros estudios con pimelódidos, así como con la misma especie *C. macropterus* se concluye que el nivel proteico más adecuado para alimentar a alevines de *C. macropterus* en condiciones controladas corresponde al uso de 40% PB. Todos los tratamientos utilizados mantuvieron una sobrevivencia de 100% de los peces, no observándose problemas sanitarios o nutricionales en el desarrollo de la presente investigación. No es difícil pronosticar que el conocimiento será el único factor que aumente la producción de los

sistemas acuícolas de la Amazonía peruana al concluir este estudio y a la luz de los datos recogidos. Para proporcionar paquetes tecnológicos actualizados, acordes con las realidades de los acuicultores de la zona y, lo que es más importante, técnica y económicamente viables, es fundamental apoyar la investigación sobre las necesidades alimentarias de las especies amazónicas. Se recomienda realizar futuros estudios adicionales que evalúen el efecto de diferentes fuentes de proteínas en el desarrollo de esta especie, así como la interacción entre niveles proteicos y otros nutrientes esenciales (como ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales). Asimismo, el efecto de otros factores ambientales, como la temperatura y el pH del agua, sobre la eficiencia de la utilización de la proteína en la dieta, y su impacto en la fisiología y el comportamiento de los alevines. Otro aspecto relevante que considerar sería la evaluación de la respuesta a dietas con niveles proteicos óptimos en condiciones de cultivo comercial, lo que permitirá determinar si las recomendaciones de proteína para el crecimiento y sobrevivencia en condiciones de laboratorio se mantienen en sistemas más naturales o en acuicultura a gran escala. Estos estudios podrían contribuir al desarrollo de prácticas de alimentación más eficientes y sostenibles para la acuicultura de *Calophysus macropterus*, optimizando tanto la producción como el bienestar animal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce, E., & Luna-Figueroa, J. (2003). Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas decrecimiento de crías del Bagre del Balsam Ictalurus balsanus (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. *Revista AquaTIC*, 18, 39-47.
- Dao, T. T. T., Fotedar, R., Chaklader, M. R., & Howieson, J. (2024). Growth, health, and tail muscle composition of marron (*Cherax cainii*): A comparison of animal and plant protein dietary ingredients. *International Aquatic Research*, 16(3), 271-292. <https://doi.org/10.22034/iar.2024.2008690.1686>
- Deng, D-F, Ju, Z., Dominy, W., Murashige, R., & Wilson, R. (2011). Optimal dietary protein levels for juvenile Pacific threadfin (*Polydactylus sexfilis*) fed diets with two levels of lipid. *Aquaculture*, 316(1-4), 25-30. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.03.023>
- Debroy, S., Banerjee Sawant, P., Sardar, P., Biswas, G., Varghese, T., Goswami, M., Kumar Maiti, M., Haque, R., Roy, U., & Sarma, D. (2024). Effects of varying dietary protein levels on growth performance, survival, body composition, haematobiochemical profile, and metabolic responses of *Hypselobarbus jerdoni* (Day, 1870) juveniles. *Journal of Applied Ichthyology*, 2024, 8627712. <https://doi.org/10.1155/2024/8627712>
- Fernández, C., Castro-Ruiz, D., García-Dávila, C., Duponchelle, F., Renno J., & Núñez, J. (2012). Adaptación, crecimiento y supervivencia de alevines de doncella *Pseudoplatystoma punctifer* al consumo de alimento balanceado. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. *Folia amazónica*, 21(1-2), 63-69.
- Filho, P. R., & Fracalossi, D. (2006). Coeficientes de digestibilidad aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. *R. Bras. Zootec*, 35(4), 1581-1587.
- Fracalossi, D. M., Zaniboni Filho, E., & Meurer, S. (2002). No rastro das espécies nativas. *Panorama Aquatic*, 12, 43-49.
- García, A., Ruiz, L., Vargas, G., Sánchez, H., Tello, S., & Duponchelle, F. (2017). Alimentación natural de la mota *Calophysus macropterus* (Lichtenstein, 1819), en ambientes de la Amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 26(1), 29-36.
- Guerra, F., Lozano, F., García-Dávila, C., Rodríguez, L., Cubas, R., Cubas, R., Panduro, D., Chu-Koo, F., Agudelo, E., Salinas, Y., Sánchez, C., Muñoz, D., Alonso, J., Arteaga, M., Rodríguez, J., Anzola, N., Acosta, L., Núñez, M., & Valdés, H. (2009). Efecto de tres frecuencias de alimentación en el crecimiento, utilización de alimento y sobrevivencia de juveniles de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). *Folia amazónica*, 18(1-2), 81-87.
- Habib-Ul-Hassan, A., Q. M., Siddique, M. A. M., et al. (2022). Effects of dietary protein levels on growth, nutritional utilization, carcass composition, and survival of Asian seabass *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) fingerlings rearing in net cages. *Thalassas*, 38, 21-27. <https://doi.org/10.1007/s41208-021-00371-8>

- Hussain, M., Hassan, H. U., Siddique, M. A. M., Mahmood, K., Abdel-Aziz, M. F. A., Laghari, M. Y., ... & Rizwan, S. (2021). Effect of varying dietary protein levels on growth performance and survival of milkfish *Chanos chanos* fingerlings reared in brackish water pond ecosystem. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 47(3), 329-334.
- Kossowski, C. (1998). Reproducción y crecimiento del bagre zamurito, *Calophrys macropterus* (Pisces, Pimelodidae), en cautiverio. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 32(3), 153-166.
- Lasso, C.A., & Provenzano, F. (2002). Dos nuevas especies de bagres del género *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae) de la Gran Sabana, Escudo de las Guayanas, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 50(3-4), 1139-1149.
- Liu, Q., Wen, B., Li, X., Jiang, Y., Liang, Z., & Zuo, R. (2021). An investigation on the effects of dietary protein level in juvenile Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) reared at three salinities: Survival, growth performance, digestive enzyme activities, antioxidant capacity and body composition. *Aquaculture Research*, 52(6), 2580-2592.
- Lozano, A., & Fabre, N. N. (2002). Aspectos reproductivos de la piraca tinga *Calophrys macropterus* Lichtenstein, 1819 (Pisces: Pimelodidae) en la amazonia central, Brasil. *Boletín del centro de investigaciones biológicas*. 36(3), 266-288.
- Marciales-Caro, L. J., Cruz-Casallas, N. E., Díaz-Olarte, J. J.; Medina-Robles, V. M., & Cruz-Casallas, P. E. (2011). Adaptation to a commercial diet alters post-larvae growth and development of striped catfish (*Pseudoplatystoma* sp) and yaque (*Leiarius marmoratus*). *Rev Colomb Cienc Pec*, 24, 179-190.
- Mir, I. N., Srivastava, P. P., Bhat, I. A., Jaffar, Y. D., Sushila, N., Sardar, P., ... & Jain, K. K. (2020). Optimal dietary lipid and protein level for growth and survival of catfish *Clarias magur* larvae. *Aquaculture*, 520, 734678.
- Murillo-Pacheco, R., Cruz-Casallas, N. E., Ramírez-Merlano, J. A., Marciales-Caro, L. J., Medina-Robles, V. M., & Cruz-Casallas, P. E. (2012). Efecto del nivel de proteína sobre el crecimiento del yaque *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) bajo condiciones de cultivo. *Orinoquia*, 16(2), 52-61.
- Naeem, Z., Zuberi, A., Ali, M., Naeem, A. D., & Naeem, M. (2024). An approach to optimizing dietary protein to growth and body composition in walking catfish, *Clarias batrachus* (Linnaeus, 1758). *PLoS ONE* 19(5), e0301712. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301712>
- Ozório, R. O., Turini, B. G., Môro, G. V., Oliveira, L. S., Portz, L., & Cyryno, J. E. (2009). Growth, nitrogen gain and indispensable amino acid retention of pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg 1887) fed different brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) levels. *Aquaculture Nutrition*, 16(3), 276-283.
- Pérez, A., & Fábregas, N. (2003). Seasonal growth and life history of the catfish *Calophrys macropterus* (Lichtenstein, 1819) (Pisces: Pimelodidae) from the Amazon fl floodplain. *Journal Appl. Ichthyol*, 25, 343-349.
- Ramírez-Gil, H., Feldberg, E., Almeida-Val, V. M. F. & Val, A. L. (1998). Karyological, biochemical, and physiological aspects of *Calophrys macropterus* (Siluriformes, Pimelodidae) from the Solimões and Negro Rivers (Central Amazon). *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 31, 1449-1458.
- Teixeira, E., Oliveira, E., Saliba, S., Castro, E., A, Carvalho de Faria P, Crepaldi, D., & Pimentel, L. (2010). Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. *R. Bras. Zootec*, 39(6), 1180-1185.
- Rawles, S. D., Fuller, A., Green, B. W., Abernathy, J. W., Straus, D. L., Deshotel, M. B., ... & Webster, C. D. (2022). Growth, body composition, and survival of juvenile white bass (*Morone chrysops*) when dietary fish meal is partially or totally replaced by soybean meal, poultry by-product meal, an all-plant protein blend or a commercial plant-animal protein blend. *Aquaculture Reports*, 26, 101307. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101307>
- Wang, Y., Kong, L., Li, C., & Bureau, D. P. (2010). The potential of land animal protein ingredients to replace fish meal in diets for cuneate drum, *Nibea miichthioides*, is affected by dietary protein level. *Aquaculture Nutrition Oxford*, 16(1), 37-43.
- Webster, C. D., Tiu, L.G., & Morgan, A. M. (2000). Difference in growth in blue catfish, *Ictalurus furcatus* and channel catfish, *Ictalurus punctatus* fed low-protein diets with or without supplemental methionine and/or lysine. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31, 195-205.
- Wilson, R. P. (2002). Amino Acids and Proteins, In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*, 3rd ed. Academic Press, San Diego, CA, pp. 144-175.
- Yu, X., Wu, Z., Fu, Y., Guo, J., Luo, K., Zhou, W., ... & Zhang, W. (2024). Replacement of dietary fish meal with soy protein concentrate on the growth performance, PI3K/AKT/TOR pathway, immunity of abalone *Haliotis discus hannai* and its resistance to *Vibrio parahaemolyticus*. *Aquaculture Reports*, 39, 102368.