

## Artículo Original / Original Article

# Evaluación de tres alimentos comerciales en el crecimiento, asimilación alimenticia e índices de bienestar de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus*

Evaluation of three commercial foods on the growth, food assimilation, and welfare indices of juvenile red-bellied pacu, *Piaractus brachypomus*

Jennifer Smith Fachín-Vásquez<sup>1\*</sup> , Candibell Liley Chávez-Ríos<sup>1,2</sup> , Lucy Katerin Díaz-Acho<sup>1</sup> , Wendy Nayeli Bazán-Ortiz<sup>1</sup> , Rosa Mily Cumapa-Ramos<sup>1</sup> , Víctor Raúl Orbe-Pacaya<sup>1</sup> , Leonardo Favio Isminio-Valles<sup>1</sup> , Yan Anderson Gonzales-Rojas<sup>1</sup> , Drosnin Cubas-Corrales<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y Acuicultura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, Yurimaguas, Perú

<sup>2</sup>Grupo de Investigación en Sanidad, Sostenibilidad, Bioconversión y Economía Circular Acuícola – SSBECA, Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, Yurimaguas, Perú

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de tres alimentos (T1=AQUATECH32, T2= CORINA28 y T3= AQUAPRO32) en el crecimiento, asimilación alimenticia e índices de bienestar de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus* (25,2 ± 0,55 g) cultivados durante 46 días. El experimento se realizó en el Fundo El Gavilán, ubicado en el km 7 de la carretera Yurimaguas-Munichis. Noventa peces fueron asignados equitativa y aleatoriamente en nueve jaulas de 1 m<sup>3</sup> y cada alimento fue asignado aleatoriamente y evaluados por triplicado. Los peces fueron alimentados dos veces al día con una tasa de alimentación inicial de 8% en los primeros 32 días, luego de la cual se reajustó a 7% hasta el final del experimento. Se realizaron monitoreos biométricos cada 15 días para evaluar el crecimiento y reajustar las raciones. Al final del experimento AQUATECH32 y AQUAPRO32 produjeron mayores índices de crecimiento (GP, GPD, TCE y TCR) que la dieta de la línea CORINA28, sin embargo, de acuerdo al ANOVA, no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ), como tampoco las hubo para los índices de asimilación alimenticia y de bienestar. De acuerdo a los resultados, se podría utilizar cualquiera de los tres alimentos ya que el rendimiento productivo es similar.

**Palabras clave:** Amazonía; acuicultura; alimentación; extrusada; peces

## ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of three foods (T1=AQUATECH32, T2= CORINA28, and T3= AQUAPRO32) on the growth, food assimilation, and well-being indices of juvenile paco, *Piaractus brachypomus* (25.2 ± 0.55 g) cultured for 46 days. The experiment was conducted at the El Gavilán Farm, km 7 of the Yurimaguas-Munichis highway. Ninety fish were equally and randomly assigned to nine 1 m<sup>3</sup> cages and each food was randomly assigned and evaluated in triplicate. Fish were fed twice daily with an initial feeding rate of 8% in the first 32 days, after which it was readjusted to 7% until the end of the experiment. Biometric monitoring was performed every 15 days to evaluate growth and readjust rations. At the end of the experiment, AQUATECH32 and AQUAPRO32 produced higher growth rates (GP, GPD, TCE, and TCR) than the diet of the CORINA28 line, however, according to the ANOVA, there were no significant differences ( $P > 0.05$ ), nor were for the food assimilation and well-being indices. According to the results, any of the three foods could be used since the productive performance is similar.

**Keywords:** Amazon; aquaculture; food; extruded; fish

**Cómo citar / Citation:** Fachín-Vásquez, J. S., Chávez-Ríos, C. L., Díaz-Acho, L. K., Bazán-Ortiz, W. N., Cumapa-Ramos, R. M., Orbe-Pacaya, V. R., Isminio-Valles, L. F., Gonzales-Rojas, Y. A. & Cubas-Corrales, D. (2023). Evaluación de tres alimentos comerciales en el crecimiento, asimilación alimenticia e índices de bienestar de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus*. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*. 2(2), e50. <https://doi.org/10.56926/repia.v2i2.50>



**Recibido:** 20/06/2023

**Aceptado:** 25/09/2023

**Publicado:** 30/10/2023

\*Jennifer Smith Fachín-Vásquez - 1262003110@unaaa.edu.pe (autor de correspondencia)

©Los autores. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

## 1. INTRODUCCIÓN

Los primeros pasos para el desarrollo de la piscicultura de especies amazónicas en Perú se remontan a las décadas de los años 1980 y 1990, cuando se realizaron esfuerzos serios por desarrollar métodos para la producción comercial de semilla y de carne de especies como el *Prochilodus nigricans* "boquichico", *Colossoma macropomum* "gamitana" y el "paco", *Piaractus brachypomus* Alcántara et al., 1983; Alcántara Bocanegra, 1985; Alcántara, 1989; Alcántara-Bocanegra & Guerra-Flores, 1988; Alcántara-Bocanegra & Guerra-Flores, 1990).

El *Piaractus brachypomus*, comúnmente conocido en los departamentos de la selva del Perú como "paco", es un pez de agua dulce originaria de América del Sur (Jégu, 2003). Es un pez bastante valorado en la acuicultura continental debido a su rápido crecimiento, alta eficiencia de conversión alimenticia, alta tolerancia al manipuleo y buena calidad de la carne (Hernández, 1994). Su aceptación de proteínas de origen vegetal refuerza sus credenciales de sostenibilidad. Por su rusticidad el paco se adapta a diversas prácticas de producción y niveles de intensidad de cultivo. El paco ha tenido buenos resultados en policultivo con otras especies de peces y crustáceos. Por ejemplo, productores indios informan de buenos resultados cuando es criado en policultivo con las principales especies de carpas indias (Kumar et al., 2018). Asimismo, su rápido crecimiento y tolerancia a niveles de calidad subóptima del agua le ha dado un lugar de preponderancia en la acuicultura comercial en varios países como Colombia, donde con aproximadamente 31,200 toneladas, es la especie nativa más cosechada en los sistemas acuícolas (Trujillo Velásquez, 2022). Sin embargo, el éxito del cultivo de *P. brachypomus* depende de la disponibilidad de alimentos comerciales de alta calidad y precios accesibles, que satisfagan los requisitos nutricionales de los peces y promuevan su crecimiento y salud.

El objetivo de este estudio es evaluar los efectos de tres alimentos comerciales extrusados de inicio sobre el crecimiento, la asimilación de alimentos y los índices de bienestar de ejemplares juveniles de *P. brachypomus* criados en jaulas. Los tres alimentos comerciales evaluados en el presente estudio fueron seleccionados en función de su popularidad y disponibilidad en el mercado, pero su composición nutricional y calidad variaron ligeramente. Al comparar el rendimiento de *P. brachypomus* alimentado con estos tres alimentos, podemos identificar la opción más adecuada para promover su crecimiento y bienestar, y potencialmente reducir el costo de la alimentación en la acuicultura.

Para lograr este objetivo, realizamos un experimento de alimentación con juveniles de *P. brachypomus*, donde asignamos aleatoriamente a uno de tres grupos de tratamiento: AQUATECH32, CORINA28 y AQUAPRO32 y medimos los efectos de esas dietas en los principales índices de crecimiento, eficiencia de asimilación alimenticia y bienestar durante un período de 46 días. Los hallazgos del presente trabajo pueden tener implicaciones importantes para la industria de la acuicultura en la región nororiental del Perú y resaltan la necesidad de realizar más investigaciones sobre los aspectos nutricionales de *P. brachypomus*.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio

El experimento se llevó a cabo en el Fundo El Gavilán, ubicado a la altura del km 7 de la carretera Yurimaguas- Munichis (Alto Amazonas, región Loreto), donde existen 15 estanques de tierra dedicados a la producción de especies amazónicas como el "paco", "gamitana" (*Colossoma macropomum*) y "boquichico" (*Prochilodus nigricans*). La ubicación específica de las unidades experimentales del estudio se encontró en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 5°54'9.97"S y Longitud: 76°10'40.25"O (Figura 1).



**Figura 1.** Localización geográfica del área donde se llevó a cabo el estudio

### Material biológico

Se utilizaron 90 juveniles de *P. brachypomus* que fueron adquiridos a un proveedor local de semilla de peces amazónicos. Estos peces fueron pre-criados con alimentos extrusados hasta que alcancen aproximadamente los 25 g de peso, al cabo del cual se les consideró listos para el experimento.

### Unidades experimentales

El estudio se desarrolló en nueve jaulas de 1 m de ancho x 1 m de largo y 1,2 m de alto, instaladas dentro de un estanque de tierra de 800 m<sup>2</sup> de área y profundidad media de 1,6 m. Cada jaula fue sumergida hasta 1 m de profundidad al momento de la instalación, dejando 20 cm de altura sobre la superficie del agua para evitar la fuga de los peces. Cada unidad experimental tuvo un volumen efectivo de 1 m<sup>3</sup>.

### Tratamientos experimentales

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de tres dietas comerciales del tipo extrusado diseñados exclusivamente para peces tropicales y disponibles en el mercado regional, sobre el crecimiento, la asimilación alimenticia y el grado de bienestar de ejemplares juveniles de *P. brachypomus*.

En tal sentido, los tratamientos experimentales fueron las siguientes tres dietas comerciales:

- **T1:** Alimento Aquatech, línea Gamitana 32 (32% de proteínas, 5% de grasas, 8% de fibra, 12% de cenizas y 10% de humedad), al que denominamos AQUATECH32.
- **T2:** Alimento Corina, línea CoriGamitana (28% de proteínas, 5% de grasas, 6% de fibra, 10% de cenizas y 10% de humedad), al que denominamos CORINA28.
- **T3:** Alimento Aquapro, línea Tilapia 32 (32% de proteínas, 4% de grasas, 5% de fibra, 10% de cenizas y 14% de humedad), al que denominamos AQUAPRO32.

Los tres tipos de alimentos fueron adquiridos directamente en la ciudad de Yurimaguas y almacenados en refrigeración para evitar su deterioro.

### Procedimiento experimental

Los 90 juveniles de *P. brachypomus* fueron asignados aleatoriamente en grupos de 10 individuos en cada una de las nueve jaulas instaladas en el Fundo El Gavilán. Asimismo, cada tratamiento experimental (AQUATECH32, CORINA28 y AQUAPRO32) fue asignado aleatoriamente y por triplicado entre las nueve jaulas. Los peces pasaron por una etapa de adaptación a las nuevas condiciones ambientales por un periodo de tres días, siendo alimentados con sus respectivas dietas. Al cuarto día se dio inicio al experimento, teniendo los peces un peso inicial de  $25,2 \pm 0,55$  g.

Los peces fueron alimentados dos veces al día (de 06:30 - 07:30 h y de 17:00 a 17:30 h), con una tasa de alimentación inicial de 8% en los primeros 32 días, luego de la cual se reajustó a 7% hasta el final del experimento. La fase experimental tuvo una duración total de 46 días. Se realizaron monitoreos biométricos cada 15 días para evaluar el crecimiento y reajustar las raciones diarias para las dos semanas siguientes.

### Índices zootécnicos evaluados

Los índices zootécnicos evaluado en el presente trabajo de investigación fueron los siguientes:

#### - Índices de crecimiento de los peces:

Ganancia de Talla: **GT** = Talla final (cm) - Talla inicial (cm)

Ganancia de Peso: **GP** = Peso Final - Peso Inicial

Ganancia de peso diario: **GPD** =  $\frac{\text{Peso Final (g)} - \text{Peso Inicial (g)}}{\text{Duración del estudio (días)}}$

Tasa de Crecimiento Relativo: **TCR** =  $\frac{\text{Peso Final (g)} - \text{Peso Inicial (g)}}{\text{Peso Inicial (g)}} \times 100$

Tasa de Crecimiento Específico: **TCE** =  $\frac{\ln \text{Peso Final (g)} - \ln \text{Peso Inicial (g)}}{\text{Duración del estudio (días)}} \times 100$

### - Índices de utilización alimenticia

Tasa de Conversión Alimenticia:  $TCA = \frac{\text{Alimento Consumido (kg de materia seca)}}{\text{Biomasa Ganada (kg de peso vivo)}}$

Tasa de Eficiencia Alimenticia:  $TEA = \frac{\text{Biomasa Ganada (kg de peso vivo)}}{\text{Alimento Consumido (kg de materia seca)}}$

Tasa de Eficiencia Proteica:  $TEP = \frac{\text{Biomasa Ganada (kg de peso vivo)}}{\text{Proteína consumida (kg de peso seco)}}$

### - Índices de bienestar de los peces

Factor de Condición:  $K = 100 * (\text{Peso}/\text{Talla}^3)$

Tasa de Supervivencia:  $TS = \frac{\text{Número de peces al final del estudio}}{\text{Número de peces al inicio del estudio}} \times 100$

### Calidad de agua

Con el objetivo de mantener a nuestra población en estudio en condiciones adecuadas para su desarrollo, se realizaron monitoreos para determinar los niveles de oxígeno disuelto, temperatura, pH y la transparencia.

### Análisis de datos

Los datos obtenidos del experimento fueron analizados a través de un análisis de varianza simple (One-way ANOVA), considerando que se cumplan previamente las presunciones de normalidad de datos (prueba de Shapiro-Wilk) y homocedasticidad de varianzas (prueba de Levene). En todos los casos, el nivel de significancia aplicado fue de  $\alpha = 0,05$ . Se utilizó el software IBM SPSS versión 27,0 para llevar a cabo todos los análisis descritos.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo, evaluamos los efectos de tres alimentos comerciales diferentes sobre el crecimiento, la asimilación de alimentos y los índices de bienestar de los juveniles de *P. brachypomus*. Los tres alimentos comerciales fueron seleccionados en función de su popularidad y disponibilidad en el mercado altoamazonense, pero como se detalló en la sección de materiales y métodos, tanto la composición nutricional como la calidad de estos alimentos pueden variar levemente, principalmente en el contenido de proteínas, cenizas, fibra y humedad.

### Calidad de agua

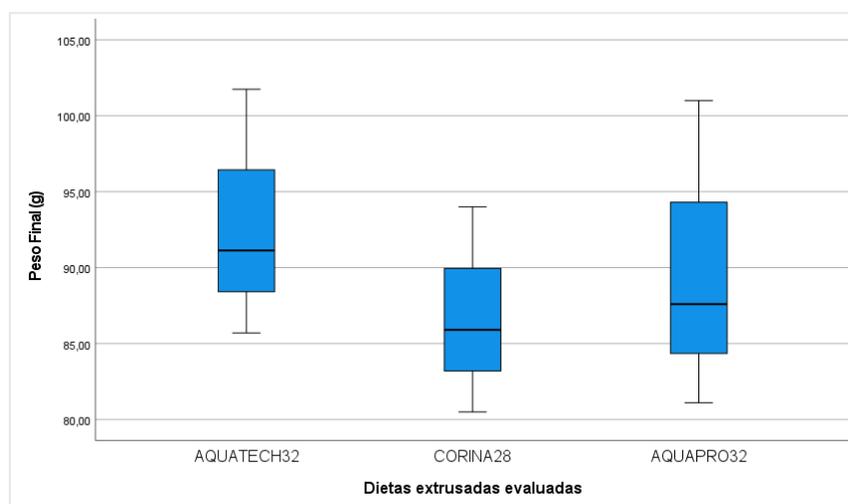
Los parámetros de calidad del agua monitoreados durante la fase experimental fueron los siguientes: pH  $6,06 \pm 0,18$ , temperatura del agua  $29,23 \pm 1,70^\circ\text{C}$  y oxígeno disuelto  $3,39 \pm 0,28$  mg/L. Estos valores se pueden considerar normales para la especie en cultivo (Ríos, 2021).

## Efecto de las dietas en el crecimiento

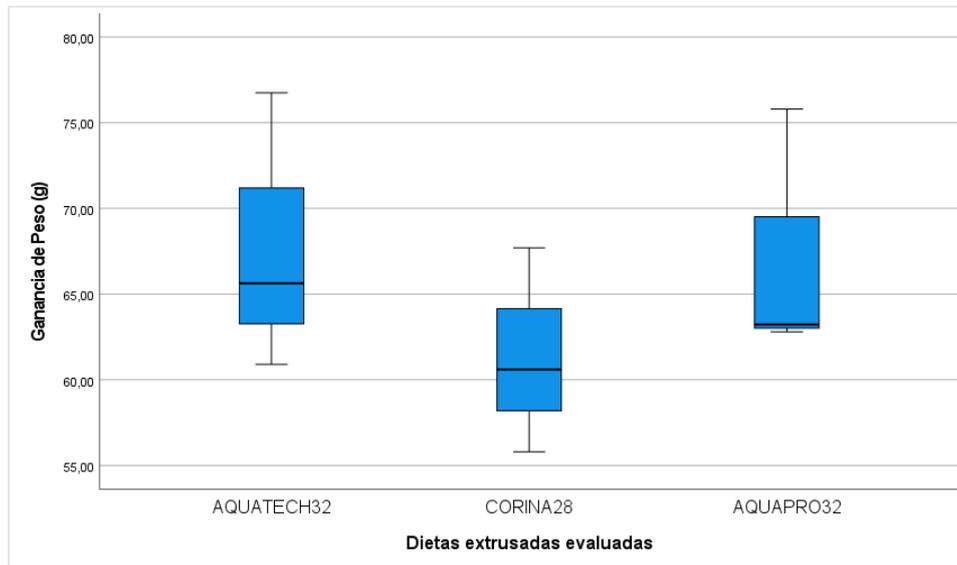
Al finalizar la fase experimental, descubrimos que aparentemente los alimentos de las líneas AQUATECH32 y AQUAPRO32 promovían mayores índices de crecimiento que la dieta de la línea CORINA28. En las Figuras 2, 3 y 4 se muestran los resultados de peso final, ganancia de peso y ganancia de peso diario obtenidos en los peces al finalizar el periodo experimental. De primer plano podemos notar que el ritmo de ganancia de peso diario de los tres alimentos evaluados fue interesante si lo comparamos con otros estudios realizados en la misma especie. Por ejemplo, en Colombia, Alzate-Díaz & Pardo-Carrasco (2016) publicaron un estudio de 84 días donde evaluaron el efecto de tres fuentes proteicas en el crecimiento de juveniles de paco, obteniendo ganancias diarias de  $1,8 \pm 0,7$ ,  $1,6 \pm 0,7$  y  $1,7 \pm 0,7$  g/día. En Ecuador, Lam Romero et al. (2015) reportan ganancias de peso diarias entre 0,76 y 1,52 g/día al comparar tres dietas en la alimentación del paco durante 150 días; mientras que en Atalaya (Ucayali, Perú), Ríos Cahuaza (2020) registró valores de ganancia diarias de 1,01, 0,69 y 0,68 g/día en juveniles de paco alimentados con una dieta extrusada de la línea Corina25 y otras dos dietas elaboradas a base de subproductos agrícolas, respectivamente.

Sin embargo, las GPD del presente estudio son bastante inferiores a los encontrados por Castillo Quispe et al. (2018), en Tingo María (Huánuco, Perú), quienes reportan un GPD de 7,15 g/día en juveniles de *P. brachypomus* alimentados con una dieta extrusada conteniendo un nivel de inclusión de harina de semillas de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) de 5%. Nuestros resultados son también ligeramente inferiores a los encontrados por Oliva et al. (2021), quienes reportan GPD de 2,91, 2,88, 2,86 y 2,18 g/día en un sistema policultivo de *P. brachypomus* y gamitana, *C. macropomum*, en Alto Saposo, región San Martín.

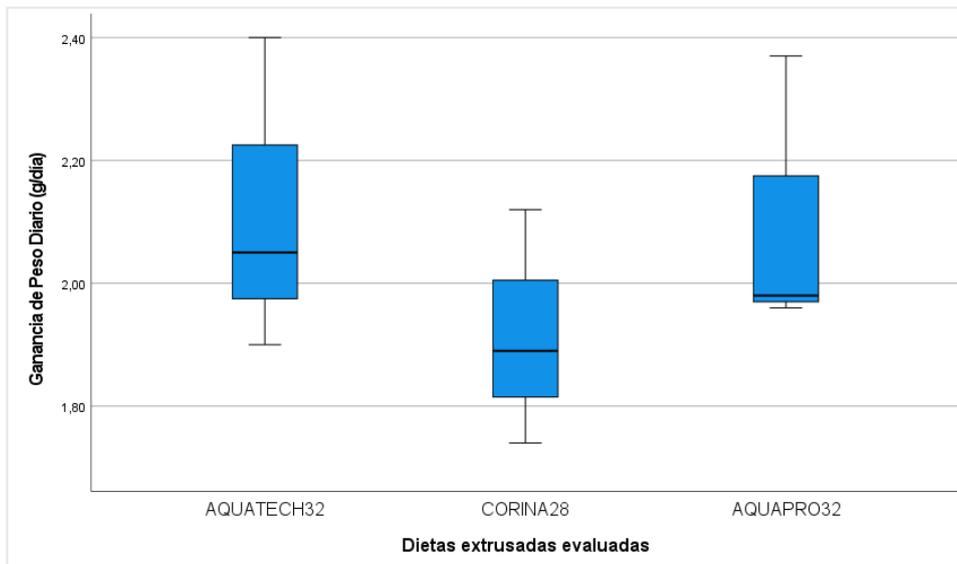
En promedio, los peces alimentados con las dietas de las líneas AQUATECH32 y AQUAPRO32 tuvieron un mejor desempeño en estas tres variables analizadas, sin embargo, de acuerdo a los resultados del ANOVA, no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en ninguna de estas tres variables que puedan ser atribuidas a las tres dietas empleadas en la alimentación de los animales durante la fase experimental (Tabla 1).



**Figura 2.** Peso final (g) de ejemplares juveniles de *Piaractus brachypomus*, criados en jaulas y alimentados con tres dietas extrusadas comerciales de inicio durante 46 días



**Figura 3.** Ganancia de peso (g) de ejemplares juveniles de *Piaractus brachypomus*, criados en jaulas y alimentados con tres dietas extrusadas comerciales de inicio durante 46 días



**Figura 4.** Ganancia de peso diario (g) de ejemplares juveniles de *Piaractus brachypomus*, criados en jaulas y alimentados con tres dietas extrusadas comerciales de inicio durante 46 días en Yurimaguas, Perú

En concordancia con los resultados obtenidos respecto a la ganancia de peso, también se reporta mayores medias de talla final y ganancia de talla en aquellos animales alimentados con las dietas AQUATECH32 y AQUAPRO32, pero sin que estos niveles sean lo suficientemente altos como para producir significancia estadística ( $P=0,890$ ).

El TCR refleja la ganancia de peso de los peces del experimento, en términos porcentuales. En ese sentido, vemos que las dietas AQUATECH 32 ( $171,13 \pm 19,34\%$ ) y AQUAPRO 32 ( $167,97 \pm 16,44\%$ ) superan el promedio obtenido por los peces alimentados con la dieta CORINA28 ( $141,53 \pm 11,65\%$ ); sin embargo, similar a lo observado con las variables PF, GP y GPD, esta aparente superioridad no es apoyada por el análisis de varianza realizado ( $P=0,417$ ). En un estudio realizado en Madre de Dios

(Perú), Chirinos-Ochoa et al. (2022) obtuvieron TCR del orden de 224,1 y 282,6% en pacos juveniles de 160 g de peso inicial, alimentados durante 100 días con dietas conteniendo 25 y 35% de torta de castaña brasileña.

El TCE por su parte simboliza la ganancia de peso porcentual diaria de los peces durante el desarrollo del experimento. En la Tabla 1 podemos ver que las TCE reportadas en los peces son prácticamente las mismas entre los tres tratamientos, por lo que el ANOVA tampoco reporta diferencias en esta variable ( $P=0,989$ ). Los valores de TCE reportados en el presente trabajo son superiores a los mostrados por Chirinos-Ochoa et al. (2022) quienes obtuvieron TCE entre 1,18 y 1,34 al evaluar el efecto de la inclusión dietaria de la torta de castaña. Otro trabajo con resultados inferiores al fue publicado por Castillo Quispe et al. (2018), quienes obtuvieron TCE entre máximo de  $1,65 \pm 0,16$  al evaluar el efecto de la harina de semilla de *T. grandiflorum* en el crecimiento de juveniles de *P. brachypomus*. Es posible que este menor TCE pueda deberse a que las dietas extrusadas empleadas por dichos autores hayan contenido entre 3 a 7% menos proteínas que las dietas de nuestro estudio.

A pesar de que la dieta CORINA28 posee un 4% menos de contenido de proteínas que las otras dos dietas, en líneas generales, produjo un rendimiento similar de GT, GP, GPD, TCR y TCE a las dietas restantes, de acuerdo a los análisis de varianza ejecutados ( $P>0,05$ ).

### Tabla 1.

*Índices de crecimiento (media  $\pm$  error estándar) obtenidos del ensayo de alimentación con juveniles de paco, *Piaractus brachypomus*, alimentados con tres dietas extrusadas comerciales durante 46 días en Yurimaguas, Perú*

Índices	AQUATECH32	CORINA28	AQUAPRO32	Valor de <i>P</i>
TI (cm)	10,77 $\pm$ 0,14	10,77 $\pm$ 0,15	10,73 $\pm$ 0,12	0,981
TF (cm)	17,35 $\pm$ 0,40	17,17 $\pm$ 0,29	17,38 $\pm$ 0,01	0,849
GT (cm)	6,59 $\pm$ 0,52	6,24 $\pm$ 0,25	6,62 $\pm$ 0,14	0,890
PI (g)	25,10 $\pm$ 0,20	25,43 $\pm$ 0,47	89,90 $\pm$ 5,86	0,626
PF (g)	92,86 $\pm$ 4,71	86,80 $\pm$ 3,92	89,90 $\pm$ 5,86	0,697
GP (g)	67,76 $\pm$ 4,69	61,37 $\pm$ 3,45	67,28 $\pm$ 4,25	0,521
GPD (g/día)	2,12 $\pm$ 0,15	1,92 $\pm$ 0,11	2,10 $\pm$ 0,13	0,524
TCR (% peso)	171,13 $\pm$ 19,34	141,53 $\pm$ 11,65	167,97 $\pm$ 16,44	0,417
TCE (% peso/día)	2,13 $\pm$ 0,11	2,12 $\pm$ 0,00	2,14 $\pm$ 0,08	0,989

### Efecto de las dietas en la asimilación alimenticia

La asimilación de los alimentos en los peces cultivados es un aspecto clave en las operaciones acuícolas, ya que una dieta adecuadamente asimilada puede mejorar visiblemente el crecimiento y el estado sanitario de los peces. A continuación, se discute el efecto de las tres dietas comerciales evaluadas respecto a la asimilación de cada una por parte de los peces, basándonos en los resultados de otros estudios publicados.

Analizando los resultados obtenidos al finalizar la fase experimental, vemos que inusualmente fue el alimento CORINA28 el que produjo una mayor eficiencia aparente en la asimilación alimenticia (TCA = 1,75 y TEA = 0,57), incluyendo una mayor conversión de proteína en carne (TEP = 2,05). Sin embargo, los valores de TCA obtenidos en nuestro estudio son altos para el peso promedio final de

los peces en cultivo (alrededor de 90 g), considerando que las tasas de conversión alimenticia (TCA) que se consideran normales durante la cosecha de pacos entre 0,8 a 1,2 kg de peso promedio están en el rango de 1,5 a 1,8 como máximo. Este es un indicador interesante a la hora de tomar decisiones en las operaciones acuícolas relacionadas al tema de alimentación de los organismos en cultivo.

Otros estudios realizados en juveniles de *P. brachypomus* presentan resultados que apoyan lo argumentado en el párrafo anterior. Por ejemplo, en Huánuco, Castillo Quispe et al. (2018) indican que una dieta de 28% de PB con 5% de inclusión de harina de semillas de copoazú mostró valores de TCA de  $1,27 \pm 0,24$  en *P. brachypomus*. En Colombia, Piñeros-Roldán et al. (2014) reportaron valores de TCA de 1,1, 1,2 y 1,3 en pacos juveniles alimentados con dietas de 34% de PB conteniendo como fuentes proteicas a la harina de pescado, harina de subproductos avícolas y la harina de subproductos avícolas suplementadas con Lisina, Metionina y Treonina sintéticas. También en Colombia, Alzate-Díaz & Pardo-Carrasco (2016) evaluando otras tres fuentes proteicas (torta de soya, torta de soya + harina de pescado y torta de soya + harina de espirulina) en la alimentación de ejemplares juveniles de *P. brachypomus*, obtuvieron valores de TCA de 1,1, 1,1 y 1,0, respectivamente. En Iquitos (Perú), Tafur et al. (2009) realizaron dos tipos de policultivo utilizando pacos de peso inicial de 26 g. Los tratamientos evaluados fueron: T1 paco + bujurqui-tucunaré (*Chaetobranchus semifasciatus*) y T2: paco + bujurqui-tucunaré + gamitana, alimentados con una dieta extrusada de 25% de PB durante 160 días. Los valores de TCA reportados por dichos autores fueron de 1,05 y 1,13 para T1 y T2, respectivamente.

Sin embargo, también se puede encontrar en la literatura científica, trabajos con resultados de TCA inferiores a los nuestros. Por ejemplo, en India, Kumar et al. (2018) evaluó el policultivo de paco junto a tres especies de carpas indias (*Catla catla*, *Labeo rohita* y *Cirrhinus mrigala*) durante 120 días en tanques de concreto y alimentadas con una dieta extrusada con 32% de PB, obteniendo niveles de TCA de 2,16, 2,33 y 2,43 en cada tratamiento. También en India, Sonone et al. (2018) evaluó durante 90 días, el efecto de tres dietas a base de desechos de camarones con T1: 25% de PB, T2: 30% de PB y T3: 30% de PB en el desempeño productivo de *P. brachypomus*. Los resultados de TCA reportados por estos autores fueron de 2,58, 1,42 y 2,05 para T1, T2 y T3, respectivamente.

## Tabla 2.

*Índices de asimilación alimenticia (media  $\pm$  error estándar) obtenidos del ensayo de alimentación con juveniles de paco, *Piaractus brachypomus*, alimentados con tres dietas extrusadas comerciales durante 46 días en Yurimaguas, Perú*

Índices	AQUATECH32	CORINA28	AQUAPRO32	Valor de P
TCA	$1,96 \pm 0,15$	$1,75 \pm 0,08$	$1,79 \pm 0,19$	0,607
TEA	$0,51 \pm 0,04$	$0,57 \pm 0,02$	$0,56 \pm 0,06$	0,652
TEP	$1,62 \pm 0,12$	$2,05 \pm 0,09$	$1,78 \pm 0,17$	0,155

La tasa de eficiencia alimenticia (TEA) es básicamente la cantidad de biomasa piscícola obtenida por unidad de alimento consumido. La TEA es la inversa de la tasa de conversión alimenticia (TCA). Es decir, qué, cuanto menor sea la TCA y mayor la TEA, mayor será la eficiencia del uso de alimento. En promedio, los peces amazónicos como el paco, la gamitana y el sábalo cola roja (*Brycon amazonicus*) necesitan entre mínimo 1,2 a máximo 2,1 kg de alimento (de mínimo 25% y máximo 37% de PB) para

ganar en promedio 1 kg de masa corporal (Kubitza, 2004), lo que los convierte en organismos eficientes en la producción de carne.

La TEA varía normalmente entre valores de 0 y 1, siendo más eficientemente asimilado el alimento cuando el valor de TEA se aproxima a 1. Sabemos que la eficiencia alimenticia puede variar dependiendo de la calidad del agua, el manejo alimenticio, el tipo de alimento y la etapa de vida del animal. Obviamente, maximizar la TEA otorga beneficios en el menor desperdicio de alimento, mejor calidad del agua, reducción de efluentes contaminantes de la piscigranja, así como en la reducción del costo de alimentación por unidad de producción.

Los TEA obtenidos en el presente trabajo podrían ser considerados normales si estuviéramos en el caso de estar cosechando peces que superan los 500 g de peso final. Es posible que parte del alimento ofertado se haya hundido y erróneamente contabilizado como si hubiese sido realmente consumido por los peces. De todos modos, lo que podemos interpretar de los TEA obtenidos es que al parecer la dieta CORINA28 ha sido asimilada con mayor facilidad por peces, lo que concordaría plenamente con el TCA obtenido en los peces alimentados con dicho alimento.

Comparando nuestros TEA con los reportados en otros estudios podemos fácilmente verificar que lo obtenido en el presente trabajo quizás no hayan sido los esperados. Sonone et al. (2018) consiguieron valores de TEA entre 0,56 y 0,58 en pacos alimentados con dietas cuyas fuentes proteicas principales fueron la harina de pescado y un 25% de inclusión de subproductos de camarones, respectivamente. Sin embargo, los mismos autores lograron bajísimos niveles de TEA (0,15 y 0,30), cuando los pacos fueron alimentados con dos dietas cuyas fuentes base de proteínas fueron las inclusiones de 30 y 35% de subproductos de la industria del camarón. En la selva sur del Perú, Chirinos-Ochoa et al. (2022) realizaron un interesante estudio probando distintos niveles de inclusión de torta de castaña brasileña (25, 30 y 35%) en el crecimiento del paco durante 100 días, obteniendo TEA de 0,57, 0,66 y 0,54, respectivamente.

En cuanto a la tasa de eficiencia proteica (TEP) podemos indicar que ésta es un indicador de la cantidad de proteína necesaria para producir una unidad de biomasa. La TEP se interpreta como los gramos de peso ganado por gramo de proteína consumida durante la fase de alimentación. Una TEP alta indica que el pez está utilizando eficientemente la proteína de la dieta para producir biomasa, mientras que una TEP baja indica que el pez está utilizando menos eficientemente la proteína de su dieta. En nuestro experimento, los resultados de TEP fueron los siguientes, 1,62 para el AQUATECH32, 2,05 para CORINA28 y 1,78 para AQUAPRO32, destacándose el alimento CORINA28 a pesar de disponer de una concentración menor de proteínas que las otras dos dietas evaluadas. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre las dietas analizadas según el ANOVA ( $P > 0,05$ ).

### **Efecto de las dietas en el estado de bienestar de los peces**

En líneas generales, el nivel de sobrevivencia obtenido en el experimento fue en media de 92,22%, es decir, hubo casi un 8% de pérdidas ocasionadas no por causa de mortalidad sino por fuga de ejemplares de las jaulas. A pesar de la rusticidad del paco, no es raro encontrar reportes de mortalidad en su cultivo. Así, autores indios como Sonone et al. (2018) reportaron tasas de sobrevivencia de apenas 60 y 70% en un ensayo experimental de 90 días; mientras que Kumar et al.

(2018), lograron tasas de sobrevivencia entre 85,6 y 100% y finalmente, Lakshmi et al. (2015) obtuvieron entre 90 a 100% de sobrevivencia en otro ensayo experimental de crecimiento de pacos durante 90 días.

Por otro lado, el factor de condición (K) es un índice que se utiliza para evaluar la salud y el estado nutricional de los peces. Por lo general, un valor de 1.0 indica que el pez tiene un factor de condición promedio para su especie y población, mientras que un valor superior a 1,0 indica que el pez tiene un factor de condición por encima del promedio. Un valor inferior a 1,0 puede indicar peces con mala salud o con deficiente nutrición. En el caso específico de nuestro estudio, los valores del factor de condición variaron entre mínimo 1,70 a máximo 1,82 (Tabla 3), lo que puede estar indicándonos que los peces del experimento tienen buena salud y una nutrición adecuada.

### Tabla 3.

*Índices de bienestar (media  $\pm$  error estándar) obtenidos del ensayo de alimentación con juveniles de paco, *Piaractus brachypomus*, alimentados con tres dietas extrusadas comerciales durante 46 días en Yurimaguas, Perú*

Índices	AQUATECH32	CORINA28	AQUAPRO32	Valor de P
TS	93,33 $\pm$ 6,67	86,67 $\pm$ 6,67	96,67 $\pm$ 3,33	0,486*
K	1,70 $\pm$ 0,02	1,73 $\pm$ 0,04	1,82 $\pm$ 0,06	0,221

\*Valor de P obtenido a través de la prueba de Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0,05$ )

## CONCLUSIONES

Se concluye que las tres dietas balanceadas analizadas pueden lograr niveles similares de crecimiento, asimilación de nutrientes y bienestar en este pez. Los índices de asimilación alimenticia no fueron los esperados considerando la talla y peso de los peces.

De acuerdo a los resultados, los piscicultores podrían utilizar cualquiera de los tres alimentos ya que el rendimiento productivo es similar, siendo que quizás sea el factor costo del alimento, la variable que juegue un rol más importante en la decisión final del productor localizado en el distrito de Yurimaguas.

Estos hallazgos preliminares pueden ser útiles para una selección más informada de las dietas comerciales disponibles en el mercado regional y de ese modo mejorar la eficiencia de la producción acuícola del paco en la provincia de Alto Amazonas.

## FINANCIAMIENTO

Ninguno

## CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Fachín-Vásquez, J., Chávez-Ríos, C., Díaz-Acho, L. & Bazán-Ortiz, W.

Curación de datos: Cumapa-Ramos, R., Orbe-Pacaya, V., Isminio-Valles, L. & Gonzales-Rojas, Y.

Análisis formal: Fachín-Vásquez, J., Chávez-Ríos, C., Díaz-Acho, L. & Cubas-Corrales, D.

Investigación: Fachín-Vásquez, J., Chávez-Ríos, C., Díaz-Acho, L., Bazán-Ortiz, W., Cumapa-Ramos, R., Orbe-Pacaya, V., Isminio-Valles, L., Gonzales-Rojas, Y. & Cubas-Corrales, D.

Metodología: Fachín-Vásquez, J., Chávez-Ríos, C., Díaz-Acho, L., Bazán-Ortiz, W., Cumapa-Ramos, R., Orbe-Pacaya, V., Isminio-Valles, L., Gonzales-Rojas, Y. & Cubas-Corrales, D.

Supervisión: Bazán-Ortiz, W., Cumapa-Ramos, R. & Orbe-Pacaya, V.

Redacción-borrador original: Fachín-Vásquez, J., Chávez-Ríos, C., Díaz-Acho, L. & Bazán-Ortiz, W.

Redacción-revisión y edición: Cumapa-Ramos, R., Orbe-Pacaya, V., Isminio-Valles, L., Gonzales-Rojas, Y. & Cubas-Corrales, D.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcantara-Bocanegra, F., & Guerra-Flores, H. (1988). Avances en la producción de alevinos de gamitana, *Colossoma macropomum* y Paco *C. brachypomum* por reproducción inducida. *Folia Amazónica*, 1(1–2). <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/92>
- Alcantara-Bocanegra, F., & Guerra-Flores, H. (1990). Aspectos de alevinaje de las principales especies nativas utilizadas en piscicultura en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*, 2(1–2). <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/109>
- Alcántara, B. F., Guerra, F. H., & Wilhelm, M. E. J. (1983). Ensayo preliminar del cultivo de la gamitana, *Colossoma macropomum* asociada a la cría de cerdos. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, 18, 39–46.
- Alcántara Bocanegra, F. (1985). *Reproducción inducida de "Gamitana", Colossoma macropomun Cuvier 1818 en el Perú* [Universidad Nacional de Trujillo]. <https://repositorio.iiap.gob.pe/handle/20.500.12921/612>
- Alcántara, F. (1989). *Situación del cultivo de Colossoma. En cultivo de Colossoma*. Red Regional de Entidades y Centros de Acuicultura de América Latina CIID-Canadá.
- Alzate - Díaz, H. A., & Pardo-Carrasco, S. C. (2016). Evaluación de fuentes proteicas para el desempeño productivo de cachama blanca *Piaractus brachypomus* en sistema biofloc. *Orinoquia*, 20(2 Sup), 50–59. <https://doi.org/10.22579/20112629.441>
- Castillo Quispe, S., Castillo Quispe, H., Giraldo Rios, E., Díaz Viteri, J. E., Chañi-Paucar, L. O., & Muñoz Berrocal, M. H. (2018). Efecto de dietas balanceadas con harina de semillas de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el crecimiento de Paco (*Piaractus brachypomus* Cuvier). *Livestock Research for Rural Development*, 30(1). <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd30/1/larr30017.html>
- Chirinos-Ochoa, N., Díaz-Viteri, J., & Mego-Mego, V. (2022). Efecto de dietas extruidas en base a torta de castaña y fruto de macambo, sobre los índices de crecimiento y zootécnicos en el cultivo de pacos juveniles. *Ariotake – Revista de Investigación Veterinaria y Amazonía*, 1(1), e176. <https://doi.org/10.55873/ariva.v1i1.176>

- Hernández, A. (1994). Estado actual del cultivo de *Colossoma* y *Piaractus* en Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela. *Memorias Del VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura y V Seminario Nacional de Acuicultura, Acuicultura y Desarrollo Sostenible*, 9–23.
- Jégu, M. (2003). *Serrasalminae (pacus and piranhas)*. EDIPUCRS.
- Kubitza, F. (2004). *Coletânea e Informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e outros peixes redondos*. Panorama de Aquicultura. <https://panoramadaaquicultura.com.br/coletanea-informacoes-aplicadas-cultivo-tambaqui-pacu-outros-peixes-redondos/>
- Kumar, A., Pradhan, P. K., Das, P. C., Srivastava, S. M., Lal, K. K., & Jena, J. K. (2018). Growth performance and compatibility of pacu, *Piaractus brachypomus* with Indian major carps in polyculture system. *Aquaculture*, 490, 236–239. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.052>
- Lakshmi, B. J., Kumar, R. D. R., & Sivshankar, N. (2015). Effects of different dietary protein sources on the growth rate of Pacu (*Piaractus brachypomus*). *Research Journal of Agricultural Sciences*, 6(5), 960–965. <http://rjas.org/ViewIssue?IssueId=40>
- Lam Romero, F. V., Barroso Sandoval, V. A., & Domínguez Brito, J. (2015). Evaluación de tres tipos de alimento en el crecimiento preliminar de la "cachama blanca" (*Piaractus brachypomus*) en Pastaza, Ecuador. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*, 4(3), 217–234. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v04n03ep01-0053>
- Oliva, M., Medina, M., Uriarte, W., & Alvis, R. (2021). Policultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*) a diferentes densidades en la fase de engorde utilizando estanques circulares en Alto Saposoa - San Martín. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 5(3), 48. <https://doi.org/10.25127/aps.20213.818>
- Piñeros-Roldán, A. J., Gutiérrez-Espinosa, M. C., & Castro Guerrero, S. R. (2014). Sustitución total de la harina de pescado por subproductos avícolas suplementados con aminoácidos en dietas para juveniles de *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. *Orinoquia*, 18(2), 13. <https://doi.org/10.22579/20112629.298>
- Ríos Cahuaza, O. (2020). *Evaluación de dos tipos de dieta y su efecto en los parámetros productivos y económicos del "paco" Piaractus brachypomus Cuvier* [Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/959>
- Ríos, I. E. (2021). *Calidad de agua en el cultivo de organismos acuáticos amazónicos* (1st ed.). Editorial Barreto.
- Sonone, A. D., Nanda, S., Mogalekar, H. S., & Bhendarkar, M. P. (2018). Growth and survival of Pacu *Piaractus brachypomus* (Cuvier 1818) fed on crude protein from shrimp waste meal. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4), 969–973. <https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue4/PartQ/6-4-87-635.pdf>
- Tafur, G. J., Alcántara, B. F., Del Águila, P. M., Cubas, G. R., Mori-Pinedo, L., & Chu-Koo, F. (2009). Paco *Piaractus brachypomus* y gamitana *Colossoma macropomum* criados en policultivo con el bujurqui-tucunaré, *Chaetobanchus semifasciatus* (Cichlidae). *Folia Amazónica*, 18(1–2), 97–

104. <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/fofiaamazonica/article/view/336>

Trujillo Velásquez, J. (2022). *La rentabilidad en la producción de cachama está entre 8% y 16% para los acuicultores*. Agronegocios. <https://www.agronegocios.co/agricultura/la-rentabilidad-en-la-produccion-de-cachama-esta-entre-8-y-16-para-los-acuicultores-3511594>