



Artículo original / Original article

## Efecto de dos dosis de gonadotropina coriónica humana y dos niveles de hidrolizado proteico de pescado sobre la fertilización y eclosión del paco (*Piaractus brachypomus*)

### Effect of two doses of human chorionic gonadotropin and two levels of fish protein hydrolysate on fertilization and hatching of paco (*Piaractus brachypomus*)

Jorge Luis Vidal-Cama<sup>1</sup> ; Homero Josué Gómez-Matos<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Madre de Dios, Perú

Recibido: 19/11/2024

Aceptado: 27/12/2024

Publicado: 25/01/2025

\*Autor de correspondencia: hgomez@unamad.edu.pe

**Resumen:** El acondicionamiento nutricional y la inducción hormonal son determinantes para la reproducción de peces amazónicos. El objetivo fue evaluar dos dosis de gonadotropina coriónica humana (GCH) y dos niveles de hidrolizado proteico de pescado (HPP) sobre la fertilización y eclosión del paco (*Piaractus brachypomus*). Se utilizaron 24 reproductores, distribuidos en ocho estanques de 125 m<sup>2</sup> durante cuatro meses. Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 × 2 y dos repeticiones. Los factores evaluados fueron 500 y 1000 UI de GCH/kg de peso vivo, combinados con 0,5 y 1,5% de HPP en la dieta, conformando cuatro tratamientos. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la fertilización ni la eclosión ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, la combinación de 500 UI/kg de GCH y 1,5% de HPP presentó numéricamente la mayor fertilización, mientras que 1000 UI/kg de GCH y 0,5% de HPP produjo la mayor eclosión. Se concluye que las combinaciones evaluadas generaron variaciones numéricas en la respuesta reproductiva, aunque sin evidencia estadística de un efecto diferencial.

**Palabras clave:** eclosión; fertilización; gonadotropina coriónica humana; hidrolizado proteico de pescado; reproducción inducida

**Abstract:** Nutritional conditioning and hormonal induction are crucial for the reproduction of Amazonian fish. The objective was to evaluate the effects of two doses of human chorionic gonadotropin (hCG) and two levels of fish protein hydrolysate (FPH) on the fertilization and hatching rates of *\*Piaractus brachypomus\** (paco). Twenty-four broodstock fish were used, distributed across eight 125 m<sup>2</sup> ponds over a four-month period. A completely randomized design with a 2 × 2 factorial arrangement and two replicates was employed. The factors evaluated were hCG doses of 500 and 1000 IU/kg of body weight combined with dietary FPH levels of 0.5% and 1.5%, resulting in four treatments. No significant differences were found among treatments regarding fertilization or hatching rates ( $p > 0.05$ ). However, the combination of 500 IU/kg hCG and 1.5% FPH yielded the highest numerical fertilization rate, whereas the combination of 1000 IU/kg hCG and 0.5% FPH produced the highest hatching rate. It is concluded that the evaluated combinations resulted in numerical variations in reproductive response, although there was no statistical evidence of a differential effect.

**Keywords:** hatching; fertilization; human chorionic gonadotropin; fish protein hydrolysate; induced reproduction

## 1. Introducción

La acuicultura de especies amazónicas representa una alternativa para incrementar la disponibilidad de pescado y diversificar las actividades productivas en la Amazonía peruana. Entre las especies nativas con importancia acuícola se encuentra el paco (*Piaractus brachipomus*), valorado por su adaptación al cultivo, aceptación comercial y potencial para la producción de alevinos (Campos Baca, 2015). No obstante, la expansión de su cultivo depende de una oferta constante de semilla, lo que requiere mejorar el manejo de los reproductores y los procedimientos empleados para controlar su reproducción en cautiverio (Ascón-Dionicio, 1992; Atencio G, 2017).

La reproducción de los peces está regulada por la interacción entre estímulos ambientales, condiciones fisiológicas y mecanismos endocrinos que intervienen en la maduración gonadal, la ovulación y la espermiación. En condiciones de cautiverio, algunas especies presentan alteraciones o bloqueos en estos procesos, por lo que no completan espontáneamente la maduración final de los gametos o el desove (Zohar & Mylonas, 2001). En peces amazónicos, esta limitación ha impulsado el desarrollo de protocolos de inducción hormonal dirigidos a sincronizar la maduración, facilitar el desove y favorecer la producción controlada de alevinos (Arias Acuña & Hernández Rangel, 2009; Zaniboni-Filho & Weingartner, 2007).

Entre los inductores utilizados en peces se encuentra la gonadotropina coriónica humana (GCH), cuya aplicación puede estimular directamente la maduración gonadal y desencadenar la respuesta reproductiva. Sin embargo, su efectividad depende de factores como la especie, el grado de madurez de los reproductores, la dosis administrada, la condición fisiológica y las características del ambiente de cultivo. Mejía Narváez et al. (2009) evaluaron diferentes dosis de GCH en la reproducción inducida del pargo lunarejo, mientras que Sandoval y Ramírez (2019) estudiaron su eficiencia para inducir el desove en especies de róbalo. Estos antecedentes muestran que la respuesta a la hormona puede variar considerablemente y que las dosis deben evaluarse de acuerdo con las particularidades biológicas de cada especie.

Además del tratamiento hormonal, la condición nutricional de los reproductores influye en la maduración gonadal y la calidad de los gametos. Una alimentación inadecuada puede limitar la disponibilidad de nutrientes necesarios para la formación de los ovocitos y afectar posteriormente la fertilización, el desarrollo embrionario y la eclosión (Izquierdo et al., 2001). Por ello, el acondicionamiento alimentario previo a la inducción hormonal constituye una etapa relevante en los programas de reproducción controlada. En *Piaractus brachipomus*, la evaluación de la fertilización y la eclosión permite estimar la respuesta de los reproductores y la viabilidad inicial de los huevos obtenidos mediante estos procedimientos (Alvan-Aguilar et al., 2021).

Los hidrolizados proteicos de pescado constituyen una fuente de péptidos de bajo peso molecular y aminoácidos generados mediante la descomposición de las proteínas por procesos químicos o enzimáticos (Villamil et al., 2017; Wisuthiphaet et al., 2015). Sus características pueden favorecer la digestibilidad, la palatabilidad y el aprovechamiento de nutrientes en las dietas acuícolas (Halim et al., 2016). Cardoza Ramirez et al. (2021) señalaron que estos productos presentan aplicaciones potenciales como ingredientes o aditivos en la alimentación de diferentes especies acuáticas. Asimismo, su inclusión ha sido asociada con variaciones en el consumo, crecimiento, utilización de proteínas y actividad digestiva de los peces (Ha et al., 2019; Refstie et al., 2004).

Aunque los hidrolizados proteicos han sido estudiados principalmente por sus efectos sobre el crecimiento y el aprovechamiento del alimento, existe menor información sobre su utilización durante el acondicionamiento nutricional de reproductores amazónicos. También es limitada la evidencia acerca de su interacción con protocolos de inducción hormonal basados en GCH, particularmente en *P. brachipomus*. La evaluación conjunta de ambos factores permitiría determinar si diferentes niveles de HPP en la dieta, combinados con distintas dosis hormonales, producen cambios en las tasas de fertilización y eclosión.

Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dos dosis de gonadotropina coriónica humana y dos niveles de hidrolizado proteico de pescado sobre las tasas de fertilización

y eclosión del paco (*Piaractus brachypomus*). Se compararon dosis de 500 y 1000 UI de GCH/kg de peso vivo, combinadas con niveles de 0,5 y 1,5% de HPP en la dieta suministrada durante el acondicionamiento de los reproductores.

## 2. Metodología

### Área de estudio y diseño experimental

La investigación fue aplicada y experimental, bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 2$ . El estudio se realizó en una instalación acuícola ubicada en el centro poblado La Cachuela, distrito y provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios, Perú, a una altitud aproximada de 185 m s. n. m. La zona presenta una temperatura media anual cercana a 25 °C y precipitaciones aproximadas de 2000 mm al año.

El experimento comprendió una fase de acondicionamiento nutricional de 16 semanas, desarrollada entre septiembre y diciembre de 2021, seguida de la inducción hormonal y la evaluación reproductiva, realizadas entre enero y febrero de 2022. Se evaluaron dos dosis de gonadotropina coriónica humana (GCH) y dos niveles de hidrolizado proteico de pescado (HPP), con dos repeticiones por combinación, conformando cuatro tratamientos y ocho unidades experimentales.

### Reproductores y unidades experimentales

Se utilizaron 24 reproductores de paco (*Piaractus brachypomus*) de aproximadamente cuatro años, con un peso promedio de  $4,0 \pm 0,9$  kg y una longitud total de  $53,0 \pm 5,2$  cm. Los ejemplares fueron seleccionados considerando su condición corporal y características reproductivas externas. Se emplearon 16 hembras y ocho machos, distribuidos aleatoriamente en grupos de dos hembras y un macho por unidad experimental.

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por ocho estanques rectangulares de tierra, de 10 m de ancho, 12,5 m de largo y 1,2 m de profundidad, con aproximadamente 125 m<sup>2</sup> de espejo de agua. Antes de la distribución de los peces, los estanques fueron limpiados y acondicionados mediante la eliminación de residuos vegetales, piedras y otros materiales. Posteriormente, se aplicaron cal agrícola y dolomita, en una proporción aproximada de 100 kg por cada 1000 m<sup>2</sup>, y los estanques fueron llenados durante cinco días. Los reproductores permanecieron en aclimatación durante dos semanas antes del inicio del periodo experimental.

### Tratamientos y acondicionamiento nutricional

Se evaluaron cuatro tratamientos: T1, 500 UI de GCH/kg de peso vivo y 0,5% de HPP; T2, 500 UI de GCH/kg y 1,5% de HPP; T3, 1000 UI de GCH/kg y 0,5% de HPP; y T4, 1000 UI de GCH/kg y 1,5% de HPP. Cada tratamiento estuvo conformado por dos unidades experimentales de tres reproductores cada una.

Durante las 16 semanas previas a la inducción hormonal, los peces recibieron alimento extruido para engorde con 20% de proteína total. El HPP fue incorporado en las dietas en niveles de 0,5 y 1,5%, de acuerdo con el tratamiento asignado. Las dietas se suministraron dos veces al día, a las 07:00 y 17:00 horas, considerando una tasa diaria equivalente al 1% de la biomasa de cada unidad experimental.

El HPP utilizado presentó 18,00% de humedad, 40,00% de proteína total, 20,95% de extracto etéreo y 4,05% de cenizas. Durante el acondicionamiento se realizaron entre uno y tres recambios parciales de agua, de hasta 40% del volumen de los estanques. También se monitorearon la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, la transparencia y el amonio, con el propósito de mantener condiciones adecuadas para los reproductores.

### Evaluación productiva

Los reproductores fueron evaluados al inicio del ensayo y posteriormente cada 30 días durante el acondicionamiento nutricional. Los muestreos se realizaron durante las primeras horas de la

mañana para reducir el estrés ocasionado por la manipulación y la temperatura ambiental. En cada evaluación se registraron el peso y la longitud total de todos los ejemplares.

El consumo de alimento se determinó a partir de la cantidad suministrada en cada periodo. La ganancia de peso se calculó mediante la diferencia entre el peso final y el peso inicial, mientras que la conversión alimenticia se estimó mediante la siguiente expresión:

$$CA = \frac{\text{consumo de alimento del periodo}}{\text{ganancia de peso del periodo}}$$

También se determinó la biomasa de cada unidad experimental mediante la suma del peso de los reproductores alojados en el estanque. Estas variables permitieron observar la condición productiva de los peces antes de la inducción hormonal.

### **Selección e inducción hormonal**

Al finalizar el acondicionamiento nutricional se verificó la aptitud reproductiva de los ejemplares. En las hembras se consideraron la distensión y flacidez abdominal, la coloración de la papila genital y la presencia de ovocitos obtenidos mediante biopsia ovárica. También se observó la posición del núcleo y el diámetro de los ovocitos. En los machos se comprobó la liberación de semen mediante una ligera presión abdominal, siguiendo criterios empleados para la selección de reproductores amazónicos (Alvan-Aguilar et al., 2021).

La GCH se presentó en una formulación comercial de 5000 UI y fue diluida en solución fisiológica al 0,9%. Las dosis de 500 y 1000 UI/kg de peso vivo fueron administradas por vía intramuscular tanto a hembras como a machos. La dosis correspondiente a cada ejemplar se dividió en dos aplicaciones: 40% inicialmente y el 60% restante 12 horas después. Luego de la segunda aplicación, los reproductores fueron mantenidos en tanques de desove hasta observar la respuesta a la inducción.

### **Obtención de gametos e incubación**

Los ovocitos fueron obtenidos mediante una presión suave y progresiva sobre el abdomen de las hembras. El semen de los machos se recolectó de forma similar, evitando su contaminación con agua, orina u otros materiales. Los gametos fueron puestos en contacto para efectuar la fertilización y, posteriormente, los huevos se hidrataron durante aproximadamente 5 a 10 minutos.

Los huevos fertilizados e hidratados fueron trasladados a incubadoras verticales de fibra de vidrio, con una capacidad de 100 L y un flujo ascendente de agua de 2 a 3 L/min. En cada incubadora se colocaron entre 100 y 150 g de huevos, equivalentes aproximadamente a 500 mL. La fertilización se evaluó entre las seis y ocho horas posteriores a la incubación, cuando los embriones alcanzaron la fase de cierre del blastoporo. La eclosión fue determinada a partir de las larvas obtenidas respecto del número de huevos fértiles.

### **Evaluación de la respuesta reproductiva**

La tasa de fertilización se calculó como el porcentaje de huevos que presentaron desarrollo embrionario respecto del total de huevos evaluados:

$$\text{Fertilización}(\%) = \frac{\text{número de huevos con desarrollo embrionario}}{\text{número total de huevos evaluados}} \times 100$$

La tasa de eclosión se determinó como el porcentaje de huevos eclosionados respecto del número de huevos fértiles:

$$\text{Eclosión}(\%) = \frac{\text{número de huevos eclosionados}}{\text{número total de huevos fértiles}} \times 100$$

Las tasas de fertilización y eclosión fueron determinadas en dos bioensayos reproductivos para cada combinación de GCH y HPP.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza correspondiente a un diseño completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 2$ . Se consideraron como fuentes de variación el efecto del nivel de HPP, la dosis de GCH y la interacción entre ambos factores. El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde  $Y_{ijk}$  representa la variable de respuesta observada;  $\mu$ , la media general;  $A_i$ , el efecto del nivel de HPP;  $B_j$ , el efecto de la dosis de GCH;  $(AB)_{ij}$ , el efecto de la interacción entre ambos factores; y  $\varepsilon_{ijk}$ , el error experimental.

Se estableció un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ . Cuando se identificaron diferencias significativas, las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey. Los análisis se efectuaron con el programa Statistical Analysis System (SAS).

## 3. Resultados

### Composición proximal del hidrolizado proteico de pescado

El hidrolizado proteico de pescado (HPP) presentó 40,00% de proteína total, 20,95% de extracto etéreo, 18,00% de humedad y 4,05% de cenizas. La proteína fue el componente predominante, seguida del extracto etéreo, lo que evidencia el aporte proteico y lipídico del producto incorporado en las dietas experimentales (Tabla 1).

**Tabla 1.** Composición proximal del hidrolizado proteico de pescado.

| Componente      | Contenido (%) |
|-----------------|---------------|
| Humedad         | 18,00         |
| Extracto etéreo | 20,95         |
| Proteína total  | 40,00         |
| Cenizas         | 4,05          |

### Desempeño productivo durante el acondicionamiento nutricional

Los reproductores iniciaron el experimento con una biomasa promedio de  $10,60 \pm 1,02$  kg por unidad experimental. Durante los 120 días de acondicionamiento se observó un incremento progresivo de la biomasa en todos los tratamientos. Al finalizar el periodo, T2 alcanzó numéricamente la mayor biomasa, con 15,49 kg, seguido de T4 con 15,19 kg, T1 con 15,11 kg y T3 con 14,05 kg. No obstante, las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ).

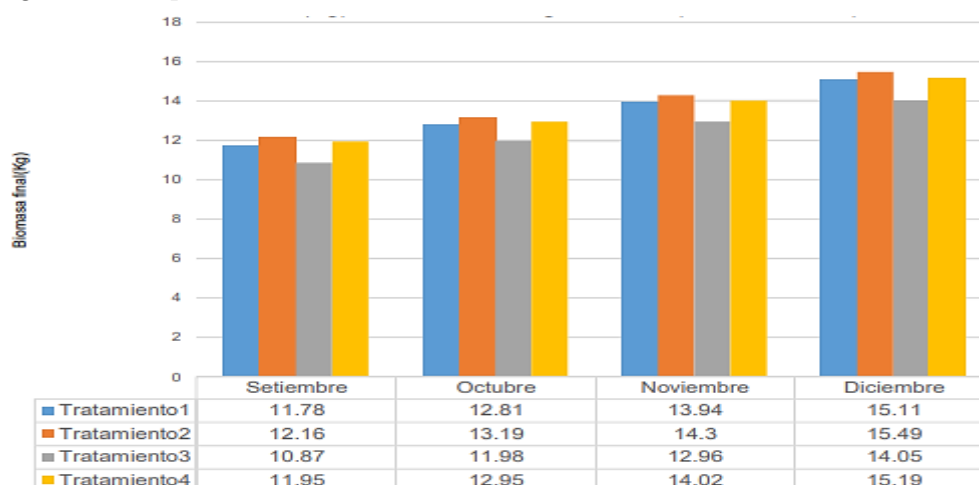


**Figura 1.** Evolución de la biomasa de los reproductores de paco (*Piaractus brachypterus*) durante el acondicionamiento nutricional con hidrolizado proteico de pescado.

La ganancia de peso presentó diferencias significativas durante los primeros 30 días ( $p = 0,0236$ ) y entre los días 61 y 90 ( $p = 0,0043$ ). En el primer periodo, T1 mostró la mayor ganancia, con 0,41 kg, mientras que entre los días 61 y 90 nuevamente alcanzó el valor más elevado, con 0,38 kg. En los periodos comprendidos entre 31 y 60 días y entre 91 y 120 días no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Durante el último periodo, las ganancias variaron entre 0,36 kg en T3 y 0,40 kg en T2.

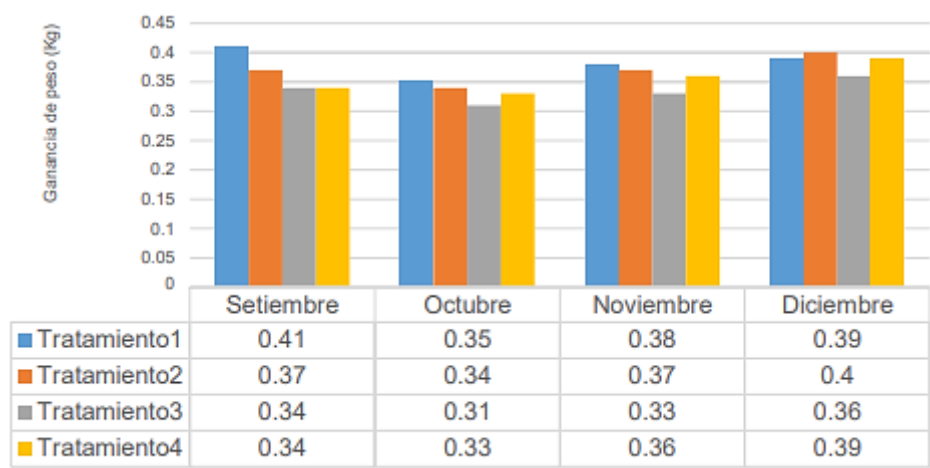


**Figura 2.** Ganancia de peso de los reproductores de paco (*Piaractus brachypomus*) durante los cuatro periodos de acondicionamiento nutricional.

El consumo de alimento aumentó de manera general conforme avanzó el experimento, aunque no presentó diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los periodos evaluados ( $p > 0,05$ ). Los mayores consumos correspondieron a T4, con valores entre 3,28 y 4,20 kg, mientras que T3 presentó valores entre 2,96 y 3,89 kg. El consumo más alto se registró en T4 entre los días 31 y 60, con 4,29 kg.

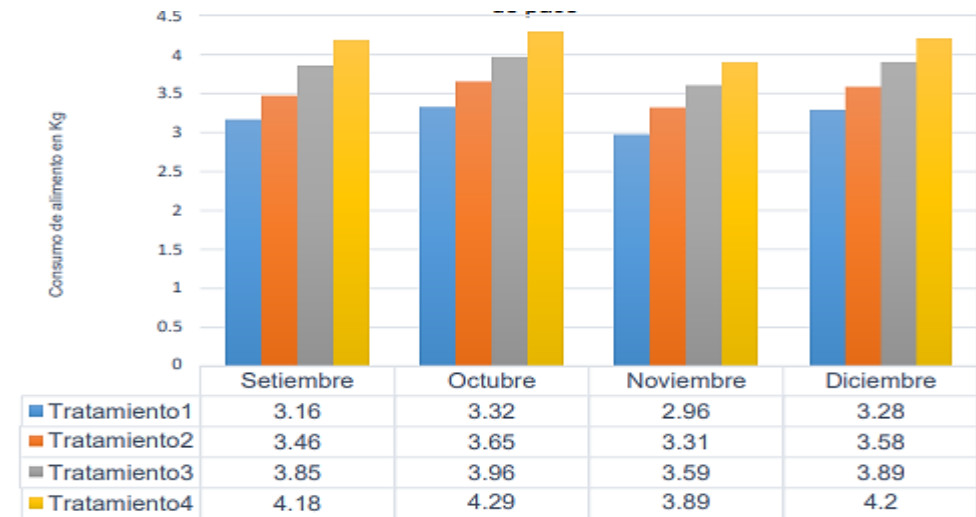


**Figura 3.** Consumo de alimento de los reproductores de paco (*Piaractus brachypomus*) durante el acondicionamiento con dietas que contenían hidrolizado proteico de pescado.

La conversión alimenticia tampoco presentó diferencias significativas entre tratamientos durante los 120 días ( $p > 0,05$ ). En el primer periodo, los valores variaron entre 2,59 en T1 y 3,22 en T4. En los periodos posteriores se observó una menor variabilidad, con valores comprendidos entre 3,40 y 3,65. Al finalizar el acondicionamiento, la conversión alimenticia fue prácticamente similar entre tratamientos, con valores de 3,58 en T1, T2 y T4, y de 3,57 en T3.

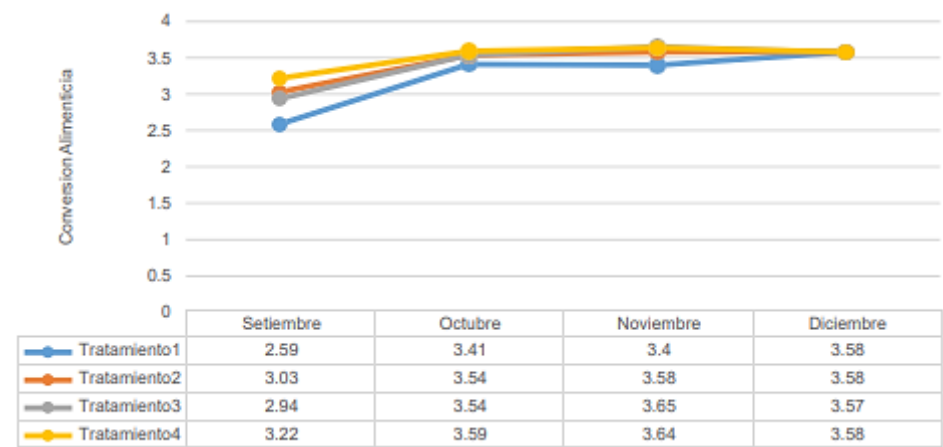


**Figura 4.** Conversión alimenticia de los reproductores de paco (*Piaractus brachipomus*) durante los cuatro periodos de evaluación.

La longitud total no presentó diferencias significativas entre tratamientos durante el periodo experimental ( $p > 0,05$ ). Al término de los 120 días, T2 alcanzó numéricamente la mayor longitud, con 56,18 cm, seguido de T3 con 55,67 cm, T4 con 55,50 cm y T1 con 55,18 cm. Los resultados completos del desempeño productivo se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Parámetros productivos de los reproductores de paco durante los 120 días de acondicionamiento nutricional.

| Variable                 | Periodo     | T1                 | T2                 | T3                 | T4                 | Valor de p |
|--------------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|
| Consumo de alimento (kg) | 0-30 días   | 3,16 <sup>a</sup>  | 3,32 <sup>a</sup>  | 2,96 <sup>a</sup>  | 3,28 <sup>a</sup>  | 0,8590     |
|                          | 31-60 días  | 3,46 <sup>a</sup>  | 3,65 <sup>a</sup>  | 3,31 <sup>a</sup>  | 3,58 <sup>a</sup>  | 0,7820     |
|                          | 61-90 días  | 3,85 <sup>a</sup>  | 3,96 <sup>a</sup>  | 3,59 <sup>a</sup>  | 3,89 <sup>a</sup>  | 0,6200     |
|                          | 91-120 días | 4,18 <sup>a</sup>  | 4,29 <sup>a</sup>  | 3,89 <sup>a</sup>  | 4,20 <sup>a</sup>  | 0,4510     |
| Biomasa inicial (kg)     | Inicio      | 10,56              | 11,06              | 9,86               | 10,93              | —          |
| Biomasa final (kg)       | 0-30 días   | 11,78 <sup>a</sup> | 12,16 <sup>a</sup> | 10,87 <sup>a</sup> | 11,95 <sup>a</sup> | 2,4516†    |
|                          | 31-60 días  | 12,81 <sup>a</sup> | 13,19 <sup>a</sup> | 11,98 <sup>a</sup> | 12,95 <sup>a</sup> | 1,6731†    |
|                          | 61-90 días  | 13,94 <sup>a</sup> | 14,30 <sup>a</sup> | 12,96 <sup>a</sup> | 14,02 <sup>a</sup> | 1,8998†    |
|                          | 91-120 días | 15,11 <sup>a</sup> | 15,49 <sup>a</sup> | 14,05 <sup>a</sup> | 15,19 <sup>a</sup> | 1,9241†    |
| Ganancia de peso (kg)    | 0-30 días   | 0,41 <sup>a</sup>  | 0,37 <sup>ab</sup> | 0,34 <sup>b</sup>  | 0,34 <sup>bc</sup> | 0,0236     |
|                          | 31-60 días  | 0,35 <sup>a</sup>  | 0,34 <sup>a</sup>  | 0,31 <sup>a</sup>  | 0,33 <sup>a</sup>  | 0,8503     |
|                          | 61-90 días  | 0,38 <sup>a</sup>  | 0,37 <sup>ab</sup> | 0,33 <sup>b</sup>  | 0,36 <sup>bc</sup> | 0,0043     |
|                          | 91-120 días | 0,39 <sup>a</sup>  | 0,40 <sup>a</sup>  | 0,36 <sup>a</sup>  | 0,39 <sup>a</sup>  | 1,0000     |
| Conversión alimenticia   | 0-30 días   | 2,59 <sup>a</sup>  | 3,03 <sup>a</sup>  | 2,94 <sup>a</sup>  | 3,22 <sup>a</sup>  | 0,2873     |
|                          | 31-60 días  | 3,41 <sup>a</sup>  | 3,54 <sup>a</sup>  | 3,54 <sup>a</sup>  | 3,59 <sup>a</sup>  | 0,1960     |
|                          | 61-90 días  | 3,40 <sup>a</sup>  | 3,58 <sup>a</sup>  | 3,65 <sup>a</sup>  | 3,64 <sup>a</sup>  | 0,1441     |
|                          | 91-120 días | 3,58 <sup>a</sup>  | 3,58 <sup>a</sup>  | 3,57 <sup>a</sup>  | 3,58 <sup>a</sup>  | 0,8893     |
| Longitud total (cm)      | 0-30 días   | 55,00 <sup>a</sup> | 55,83 <sup>a</sup> | 55,67 <sup>a</sup> | 55,67 <sup>a</sup> | 0,2900     |
|                          | 31-60 días  | 55,17 <sup>a</sup> | 56,17 <sup>a</sup> | 55,83 <sup>a</sup> | 55,50 <sup>a</sup> | 0,2370     |
|                          | 61-90 días  | 55,50 <sup>a</sup> | 56,18 <sup>a</sup> | 55,67 <sup>a</sup> | 55,50 <sup>a</sup> | 0,9100     |
|                          | 91-120 días | 55,18 <sup>a</sup> | 56,18 <sup>a</sup> | 55,67 <sup>a</sup> | 55,50 <sup>a</sup> | 0,1570     |

### Tasa de eclosión

La tasa de eclosión no mostró diferencias significativas entre tratamientos en el primer ( $p = 0,9360$ ) ni en el segundo bioensayo ( $p = 0,6291$ ). Sin embargo, se observaron variaciones numéricas entre las combinaciones de GCH y HPP.

En el primer bioensayo, T3 presentó la mayor tasa promedio de eclosión, con 85,48%, seguido de T4 con 84,22%, T1 con 81,16% y T2 con 78,79%. En el segundo bioensayo, el mayor valor correspondió a T4, con 83,48%, seguido estrechamente de T3 con 83,11%, T2 con 82,74% y T1 con 76,55%. Por tanto, T3 mantuvo valores elevados y relativamente estables en las dos evaluaciones, aunque su respuesta no fue estadísticamente diferente de los demás tratamientos.

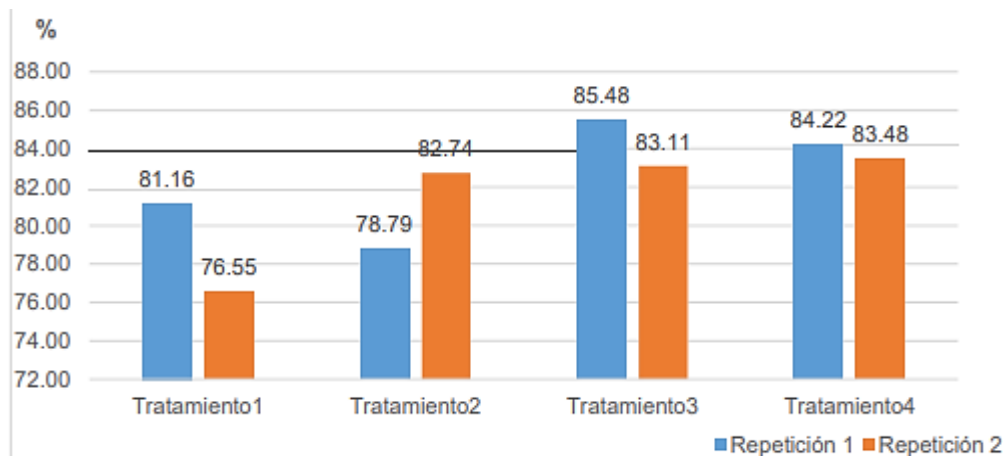


**Figura 5.** Tasa de eclosión del paco (*Piaractus brachipomus*) según las dosis de gonadotropina coriónica humana y los niveles de hidrolizado proteico de pescado.

### Tasa de fertilización

La tasa de fertilización tampoco presentó diferencias significativas entre tratamientos en el primer ( $p = 0,8560$ ) ni en el segundo bioensayo ( $p = 0,5921$ ). En el primer bioensayo, T2 alcanzó numéricamente el mayor porcentaje, con 61,50%, seguido de T1 y T3, ambos con 59,50%, y T4 con 58,50%.

En el segundo bioensayo, T2 mantuvo el mayor resultado, con 60,50%, mientras que T1 alcanzó 59,00%, T4 registró 57,50% y T3 presentó 55,50%. Aunque la combinación de 500 UI de GCH/kg y 1,5% de HPP correspondiente a T2 mostró consistentemente los mayores porcentajes de fertilización, las diferencias observadas no permiten establecer su superioridad estadística.

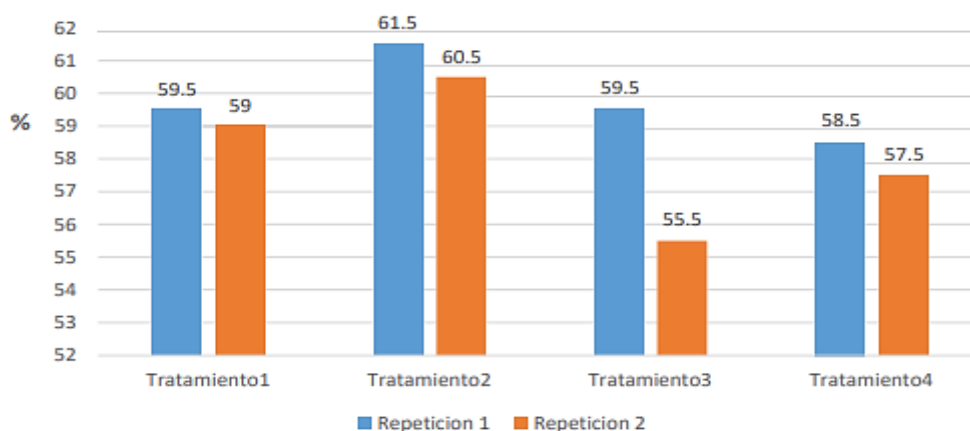


**Figura 6.** Tasa de fertilización del paco (*Piaractus brachipomus*) según las dosis de gonadotropina coriónica humana y los niveles de hidrolizado proteico de pescado.

Los valores obtenidos para cada unidad evaluada y los resultados del análisis de varianza se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Tasas de eclosión y fertilización del paco según las combinaciones de GCH y HPP.

| Variable                  | Bioensayo   | T1-R1              | T1-R2              | T2-R1              | T2-R2              | T3-R1              | T3-R2              | T4-R1              | T4-R2              | Valor de p |
|---------------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|
| Tasa de eclosión (%)      | Bioensayo 1 | 87,79 <sup>a</sup> | 74,52 <sup>a</sup> | 86,02 <sup>a</sup> | 71,56 <sup>a</sup> | 91,51 <sup>a</sup> | 79,45 <sup>a</sup> | 89,98 <sup>a</sup> | 78,45 <sup>a</sup> | 0,9360     |
|                           | Bioensayo 2 | 81,42 <sup>a</sup> | 71,67 <sup>a</sup> | 89,21 <sup>a</sup> | 76,27 <sup>a</sup> | 89,43 <sup>a</sup> | 76,78 <sup>a</sup> | 87,81 <sup>a</sup> | 79,14 <sup>a</sup> | 0,6291     |
| Tasa de fertilización (%) | Bioensayo 1 | 60,00 <sup>a</sup> | 59,00 <sup>a</sup> | 62,00 <sup>a</sup> | 61,00 <sup>a</sup> | 61,00 <sup>a</sup> | 58,00 <sup>a</sup> | 59,00 <sup>a</sup> | 58,00 <sup>a</sup> | 0,8560     |
|                           | Bioensayo 2 | 60,00 <sup>a</sup> | 58,00 <sup>a</sup> | 61,00 <sup>a</sup> | 60,00 <sup>a</sup> | 57,00 <sup>a</sup> | 54,00 <sup>a</sup> | 58,00 <sup>a</sup> | 57,00 <sup>a</sup> | 0,5921     |

## Discusión

La composición del hidrolizado proteico de pescado (HPP), con 40,00% de proteína total y 20,95% de extracto etéreo, confirma su potencial como fuente nutricional para dietas acuícolas. Estos productos contienen péptidos de menor tamaño y aminoácidos libres que pueden favorecer la digestión y el aprovechamiento de nutrientes; sin embargo, su composición y efectividad dependen de la materia prima y del proceso de hidrólisis empleado (Halim et al., 2016; Villamil et al., 2017; Wisuthiphaet et al., 2015).

Durante el acondicionamiento nutricional, los reproductores incrementaron progresivamente su biomasa, pero el consumo, la conversión alimenticia, la longitud y la biomasa final no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Las variaciones temporales encontradas en la ganancia de peso no se mantuvieron hasta el final del experimento, por lo que no evidencian una ventaja productiva sostenida del nivel de 1,5% de HPP. Esta respuesta puede relacionarse con la especie, edad de los reproductores, composición de la dieta y nivel de inclusión utilizado, factores que condicionan los efectos de los hidrolizados en peces (Cardoza Ramirez et al., 2021; Ha et al., 2019; Refstie et al., 2004; Siddik et al., 2021).

Las combinaciones de GCH y HPP tampoco produjeron diferencias significativas en la fertilización. Aunque el tratamiento con 500 UI de GCH/kg y 1,5% de HPP presentó numéricamente los mayores porcentajes, no puede considerarse superior a los demás. La fertilización depende conjuntamente de la madurez gonadal, la calidad de los gametos, el manejo reproductivo y las condiciones del agua, además del tratamiento hormonal (Alarcón et al., 2016; Zaniboni-Filho & Weingartner, 2007; Zohar & Mylonas, 2001). Por ello, la variación observada no puede atribuirse exclusivamente a la dosis de GCH o al nivel de HPP.

En la eclosión, la combinación de 1000 UI de GCH/kg y 0,5% de HPP mantuvo valores numéricamente elevados, pero sin diferencias estadísticas. La combinación que produjo mayor fertilización no coincidió con la de mayor eclosión, debido a que esta última también depende de la calidad de los huevos, el desarrollo embrionario y las condiciones de incubación. La variabilidad observada coincide con investigaciones que señalan que la respuesta a la GCH está condicionada por la especie, la dosis y el estado de madurez de los reproductores (Benavides Cáceres et al., 2007; Mejía Narváez et al., 2009; Sandoval & Ramírez, 2019; Verdi Olivares et al., 2014).

## 4. Conclusiones

Las combinaciones de gonadotropina coriónica humana (GCH) e hidrolizado proteico de pescado (HPP) no produjeron diferencias significativas en las tasas de fertilización y eclosión del paco (*Piaractus brachipomus*) bajo las condiciones evaluadas. La combinación de 500 UI de GCH/kg y

1,5% de HPP presentó numéricamente la mayor fertilización en los dos bioensayos, con 61,50 y 60,50%, respectivamente. En la eclosión, la combinación de 1000 UI de GCH/kg y 0,5% de HPP alcanzó el mayor valor en el primer bioensayo, con 85,48%, mientras que 1000 UI de GCH/kg y 1,5% de HPP obtuvo el mayor porcentaje en el segundo, con 83,48%. Durante el acondicionamiento nutricional, los reproductores incrementaron progresivamente su biomasa; sin embargo, el consumo de alimento, la conversión alimenticia, la longitud total y la biomasa final no difirieron significativamente entre tratamientos. Las diferencias temporales observadas en la ganancia de peso no se mantuvieron hasta el término de los 120 días, por lo que ninguno de los niveles de HPP demostró una ventaja productiva sostenida.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

## Contribución de autores

Vidal-Cama, J. L. y Gómez-Matos, H. J: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, validación, visualización, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición.

## Referencias bibliográficas

- Alarcón, G., Echevarría, L., Llerena, C., Mamani, N., & Inga, D. (2016). Evaluación de la efectividad sobre el desove de tres protocolos de inducción hormonal con acetato de buserelina en *Piaractus brachypomus* aplicados en un centro de reproducción de peces amazónicos en Cusco, Perú. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 3(2), 51–57. <https://doi.org/10.20453/stv.v3i2.2825>
- Alvan-Aguilar, M. A., Boullosa L., M. C., Valderrama C., S. A., Ruiz T, K. M., Rodríguez Ch., L. A., Ismiño O., R. A., & Chu-Koo, F. W. (2021). Evaluación de parámetros reproductivos de *Colossoma macropomum* “gamitana”, en el Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra CIFAB-IIAP, Loreto, Perú. *Boletín Instituto Del Mar Del Perú*, 35(1), 134–142.
- Arias Acuña, J. J., & Hernández Rangel, J. L. (2009). Efectos del extracto hipofisiario de carpa común y el análogo de la gnRH sobre la maduración final del oocito y el desove de la cachama negra (*colossoma macropomum*). *Rev. Cient. (Maracaibo)*, 19(5).
- Ascón-Dionicio, G. U. (1992). PRODUCCION DE ALEVINOS DE “GAMITANA” *Colossoma macropomum* y “PACO” *Piaractus brachypomus*, MEDIANTE EL EMPLEO DE DOS TECNICAS DE REPRODUCCION INDUCIDA. *Folia Amazónica*, 4(1), 123–131. <https://doi.org/10.24841/fa.v4i1.185>
- Atencio G, V. (2017). Producción de alevinos de especies nativas. *Revista MVZ Córdoba*, 32(93), 9–14. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1060>
- Benavides Cáceres, J., Ortega Martínez, M., & López Macías, J. N. (2007). EVALUACIÓN DE LA GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA (HCG) Y EL EXTRACTO PITUITARIO DE CARPA (EPC) EN LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA DEL CAPITAN *Eremophilus mutisii* (HUMBOLDT, 1805) EN CONDICIONES DE CAUTIVERIO. *Revista Electrónica de Ingeniería En Producción Acuicola*, 3(3).
- Campos Baca, L. (2015). *El cultivo de la gamitana en Latinoamérica* (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (ed.)). <https://hdl.handle.net/20.500.12921/108>

- Cardoza Ramirez, A. L., Guerra Espinoza, M. G., & Palomino Ramos, A. R. (2021). Use of fish hydrolysate in aquaculture: a review of some beneficial results in aquafeeds. *Manglar*, 18(2), 215–222. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.029>
- Ha, N., Jesus, G. F. A., Gonçalves, A. F. N., de Oliveira, N. S., Sugai, J. K., Pessatti, M. L., Mourinho, J. L. P., & El Hadi Perez Fabregat, T. (2019). Sardine (*Sardinella* spp.) protein hydrolysate as growth promoter in South American catfish (*Rhamdia quelen*) feeding: Productive performance, digestive enzymes activity, morphometry and intestinal microbiology. *Aquaculture*, 500, 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.004>
- Halim, N. R. A., Yusof, H. M., & Sarbon, N. M. (2016). Functional and bioactive properties of fish protein hydrolysates and peptides: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.02.007>
- Izquierdo, M. ., Fernández-Palacios, H., & Tacon, A. G. . (2001). Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197(1–4), 25–42. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00581-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00581-6)
- Mejía Narváez, L. M., Rodríguez Araujo, C. L., & López Macías, J. N. (2009). Evaluación de la Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) a diferentes dosis, en la reproducción inducida de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*, Stendaichner 1869) en condiciones de cautiverio. *Revista Veterinaria Y Zootecnia*, 3(2).
- Refstie, S., Olli, J. J., & Standal, H. (2004). Feed intake, growth, and protein utilisation by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. *Aquaculture*, 239(1–4), 331–349. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.06.015>
- Sandoval, J., & Ramírez, B. (2019). Efficiency of the hormone Human Corionic Gonadotropin (HCG) on induction to spawn of snook species (*Centropomus* spp.). *Manglar*, 16(1), 11–18. <https://doi.org/10.17268/manglar.2019.003>
- Siddik, M. A. B., Howieson, J., Fotedar, R., & Partridge, G. J. (2021). Enzymatic fish protein hydrolysates in finfish aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 406–430. <https://doi.org/10.1111/raq.12481>
- Verdi Olivares, L., Alcántara Bocanegra, F., Rodríguez Chu, L., Chu Koo, F., Ramírez Arrarte, P., & Tello Martín, S. (2014). Validación del Protocolo de Reproducción de *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus* y *Prochilodus nigricans* en Condiciones Controladas. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 4(1), 54. <https://doi.org/10.22386/ca.v4i1.68>
- Villamil, O., Váquiro, H., & Solanilla, J. F. (2017). Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. *Food Chemistry*, 224, 160–171. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.057>
- Wisuthiphaet, N., Kongruang, S., & Chamcheun, C. (2015). Production of Fish Protein Hydrolysates by Acid and Enzymatic Hydrolysis. *Journal of Medical and Bioengineering*, 4(6), 466–470. <https://doi.org/10.12720/jomb.4.6.466-470>
- Zaniboni-Filho, E., & Weingartner, M. (2007). Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores. *Rev Bras Reprod Anim, Belo Horizonte*, 31(3), 367–373.
- Zohar, Y., & Mylonas, C. C. (2001). Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture*, 197(1–4), 99–136. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00584-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00584-1)