



Artículo original / Original article

## 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

### Effect of extruded diets based on chestnut cake and macambo fruit, on growth and zootechnical indices in the culture of juvenile pacos

Natividad Chirinos-Ochoa <sup>1</sup> ; Javier Díaz-Viteri <sup>1</sup> ; Virne Mego-Mego <sup>1\*</sup> 

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

Recibido: 10/11/2021  
Aceptado: 30/12/2021  
Publicado: 25/01/2022

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

**Resumen:** El principal problema en la actividad piscícola son los altos costos que genera la alimentación, lo que conlleva a la búsqueda de nuevas fuentes alimenticias que permitan elaborar dietas balanceadas a un menor costo. En ese sentido, el presente trabajo de investigación evaluó el crecimiento de juveniles de paco (*Piaractus brachyomus*), a través de los índices de crecimiento e índices zootécnicos utilizando tres dietas con diferentes niveles de inclusión de torta de Castaña (T1=25%, T2=30% y T3=35%) e igual nivel de inclusión de macambo (pulpa+semilla) (T1=20%, T2=20% y T3=20%) frente a una dieta comercial de testigo (TT=Purigamitana 25). Se emplearon 240 juveniles con 20,21 cm de longitud total promedio y 161,75 g de peso promedio; los cuales fueron sembrados en cuatro corrales. Los resultados demostraron diferencias significativas ( $p<0,05$ ) en el crecimiento en longitud y peso de los juveniles evaluados, lo que indica que la inclusión de torta de castaña y macambo en las dietas hizo efecto significativo en el crecimiento de los peces. Se concluye que el T2 presentó los mejores valores para los índices.

**Palabras clave:** alimentación, *Bertholletia excelsa*, *Theobroma bicolor*, *Piaractus brachyomus*

**Abstract:** The main problem in fish farming is the high cost generated by food, which leads to the search for new food sources that allow the development of balanced diets at a lower cost. In this sense, the present research work evaluated the growth of juvenile paco (*Piaractus brachyomus*), through growth indices and zootechnical indices using three diets with different levels of inclusion of torta de castaña (T1=25%, T2=30% and T3=35%) and the same inclusion level of macambo (pulp+seed) (T1=20%, T2=20% and T3=20%) compared to a control commercial diet (TT=Purigamitana 25). 240 juveniles with an average total length of 20.21 cm and an average weight of 161.75 g were used; which were planted in four pens. The results showed significant differences ( $p<0.05$ ) in the growth in length and weight of the evaluated juveniles, which indicates that the inclusion of chestnut cake and macambo in the diets had a significant effect on the growth of the fish. It is concluded that T2 presented the best values for the indices.

**Keywords:** feeding, *Bertholletia excelsa*, *Theobroma bicolor*, *Piaractus brachyomus*

## 1. Introducción

La producción acuícola sigue creciendo a nivel mundial, y en especial la acuicultura de agua dulce ha ido incrementando progresivamente su aportación a la producción total de peces comestibles cultivados del 50% en 1980 al 63% en 2012. En tanto el consumo aparente mundial de pescado per cápita también aumentó de un promedio de 9,9 kg en el decenio de 1960 a 19,2 kg en 2012. Dado que el pescado desempeña una función esencial en la seguridad alimentaria y las necesidades nutricionales de las personas de los países en desarrollo y desarrollados (FAO, 2014).

El cultivo de peces en agua dulce realiza la mayor aportación directa a la oferta de alimentos proteínicos accesibles, especialmente para personas que siguen en condiciones de pobreza en países en desarrollo. Se prevé asimismo que este subsector, gracias al desarrollo sostenible y el fomento constante, desempeñe un papel principal para lograr la seguridad alimentaria y nutricional a largo plazo, así como para satisfacer el aumento de la demanda de peces comestibles de la creciente población en países en desarrollo en los próximos decenios (FAO, 2014).

En el Perú esta tendencia se enfoca entre otros factores al crecimiento de la acuicultura amazónica a través del cultivo de peces amazónicos (PRODUCE, 2012). Mientras que, en la región de Madre de Dios, la demanda insatisfecha de pescado en la población urbana, presenta a la piscicultura como una opción productiva de mucho potencial, teniendo en cuenta las condiciones topográficas, climáticas e hidrológicas que presenta la región (IIAP, 2002).

La alimentación en la producción de peces representa desde 60% a 80% de los costos variables en la mayor parte de las operaciones de la piscicultura, aunado a esto y debido al crecimiento de la acuicultura, la demanda por harina de pescado ha forzado un incremento en sus precios (da Silva et al., 2003; Lavell, 1998) dado que es el ingrediente más utilizado en la elaboración de alimentos para la mayoría de las especies cultivadas (Álvarez Capote, 2007). En consecuencia, la alimentación se convierte en un factor limitante de rentabilidad en la producción piscícola puesto que genera elevados costos durante el periodo de cultivo.

Frente a este contexto surge la necesidad de buscar sustitutos alimenticios nutricionalmente eficientes, económicamente rentables y de disponibilidad constante, así como de fácil manejo y aplicación (Hardy, 2001). Diversas investigaciones reportan el potencial de productos alternativos de origen vegetal, que pueden sustituir parcialmente la harina de pescado en cuanto a su composición de aminoácidos esenciales, palatabilidad y digestibilidad, y que son menos costosos (Swick, 2002).

La presente investigación planteó la inclusión la torta de castaña (*Bertholletia excelsa*) por su contenido de proteínas de alto valor biológico y 95% de digestibilidad (Mitchell & Beadles, 1937; Poeta, 2009), y la inclusión de la pulpa y semilla de macambo (*Theobroma bicolor*) también rica en proteínas y en vitaminas hidrosolubles (Félix, 2000; Furlán & Bressani, 1999). Ambos son productos regionales disponibles durante varios meses del año; y en el caso del macambo su bajo consumo en la región de Madre de Dios hace que el fruto tenga eminentes pérdidas, factores que los convierten en potenciales productos alternativos para ser utilizados en dietas alimenticias que permita sustituir total o parcialmente a la harina de pescado, en el cultivo de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*).

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de torta de castaña y fruto de macambo (pulpa+semilla) en dietas balanceadas extruidas (T1 =25% y 20%; T2=30% y 20%; T3=35% y 20% de torta de castaña y macambo respectivamente) y una dieta comercial (TT= Purigamitana 25), sobre los índices de crecimiento y zootécnicos, concretamente para juveniles de paco.

## 2. Materiales y métodos

### Lugar de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el Centro de Investigación "Roger Wilder Beuzeville Zumaeta" del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, sede Madre de Dios. Ubicado en el km 20 de la carretera interoceánica sur Puerto Maldonado-Cusco, sector "El Castañal", distrito y provincia de Tambopata de la región de Madre de Dios. Situada en las coordenadas de Altitud entre 250-350 m.s.n.m., de Latitud Sur 11° 35" y Longitud Oeste 69° 10", con una temperatura promedio anual de 26 °C en el ambiente y precipitación pluvial promedio anual de 2200 mm de agua.

### Diseño de la investigación

El diseño correspondió a una investigación tipo experimental, ya que la obtención de los datos se realizó mediante seis muestreos biométricos a cada una de las unidades experimentales evaluadas. El diseño experimental adoptado fue un DCA (Diseño completamente al azar), asignando las unidades experimentales a los cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y TT) aleatoriamente, con la única restricción del número de unidades experimentales que se tomaron en cada tratamiento, los mismos que correspondieron a 60 peces.

### Población y muestra

La presente investigación estuvo compuesta por una población total de 240 juveniles de paco (*Piaractus brachyomus*), asignados en cuatro unidades experimentales de 60 peces juveniles de paco cada una. Los peces materia de investigación fueron obtenidos del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (ITAP), sede Madre de Dios, las cuales fueron reproducidos artificialmente en el Laboratorio de Reproducción del Instituto mencionado.

Para efectos de recolección de información, se tomó la muestra de 18 juveniles de paco en los muestreos biométricos por cada unidad experimental (cuatro unidades experimentales), lo que representa el 30% de la población en las unidades experimentales.

El tiempo de acondicionamiento del estanque y la construcción de los corrales experimentales fueron 9 días, el periodo de obtención de insumos y aditivos más la elaboración de las dietas experimentales fueron 3 días, y el periodo de la evaluación experimental suministrando las dietas experimentales estudiadas a los juveniles fueron 100 días, sumando 112 días totales para la ejecución de la parte experimental de la investigación.

### Tratamientos

Se evaluó tres dietas balanceadas extruidas en base a torta de castaña (*Bertholletia excelsa*) y fruto de macambo (*Theobroma bicolor*), con diferentes porcentajes de inclusión de torta de castaña e igual proporción de macambo (pulpa+semilla) en las dietas, y una dieta comercial extruida (Purigamitana 25). Las cuatro dietas balanceadas extruidas fueron distribuidas en cuatro Tratamientos (T1, T2, T3 y TT), quedando los tratamientos como se detalla a continuación:

Tratamiento 1 (T1) = 25% de torta de castaña+ 20% de macambo (pulpa+semilla).

Tratamiento 2 (T2) = 30% de torta de castaña+ 20% de macambo (pulpa+semilla).

Tratamiento 3 (T3) = 35% de torta de castaña+ 20% de macambo (pulpa+semilla).

Tratamiento Testigo (TT) = Alimento comercial Purina (Purigamitana 25).

### Obtención de la torta de castaña y macambo

Los ingredientes o insumos alternativos se obtuvieron en la región de Madre de Dios, exactamente la torta de castaña fue adquirida de NEGOCIOS AGRORURAL TAMBOPATA S.A.C., empresa dedicada a la venta de productos derivados de la castaña, la misma que se encuentra ubicada en la Av. Amazonas N° 367, en la ciudad de Puerto Maldonado en el distrito y provincia de Tambopata; y el fruto de macambo se cosechó de las parcelas agroforestales de la

estación experimental "FITZCARRALD" del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP, sede Madre de Dios, ubicada en la carretera Interoceánica Sur a 21,5 kilómetros de la ciudad de Puerto Maldonado a Cusco.

### Formulación de las dietas experimentales

Para la formulación de las tres dietas experimentales que contenían torta de castaña y macambo se utilizó el software ©Zootec 3.0 2005, que permite formular raciones a mínimo costo y está basado en la técnica de Programación Lineal (PL). De tal manera que se implantaron restricciones a la torta de castaña con niveles fijos de inclusión con 25% para el T1; 30% para el T2 y 35% para el T3. De la misma manera se establecieron niveles fijos de inclusión para el macambo (Pulpa+semilla) de 20% para los tratamientos 1, 2 y 3.

Los macroinsumos harina de pescado, harina de soya y harina de maíz amarillo, empleados en la formulación de las dietas experimentales tuvieron niveles variables con el propósito de nivelar las dietas isoprotéicas e isoenergéticamente (Tabla 1). En cuanto a micro-insumos, éstas tuvieron restricciones correspondiéndoles niveles fijos con valores iguales para todas las dietas experimentales de los tratamientos 1, 2 y 3.

**Tabla 1.** Composición porcentual de los insumos, aditivos y nutrientes de las dietas

Ingredientes	% de inclusión de insumos y aditivos en las dietas experimentales		
	T1	T2	T3
Torta de Castaña	25,00	30,00	35,00
Macambo (pulpa+semilla)	20,00	20,00	20,00
Harina de Maíz Amarillo	27,00	23,00	22,50
Harina de Soya [44%]	6,50	8,50	6,00
Harina de Pescado [65%]	15,00	12,00	10,00
Almidón de Yuca	0,50	0,50	0,50
Aceite de Soya	3,00	3,00	3,00
Sal Común	0,70	0,70	0,70
DL-Metionina [99%]	0,10	0,10	0,10
L-Lisina HCL [78%]	0,05	0,05	0,05
Carbonato de Calcio	0,80	0,80	0,80
Fosfato Dicalcico	0,70	0,70	0,70
Cloruro de Colina	0,05	0,05	0,05
Premezcla Vit./Min.	0,30	0,30	0,30
Afiaban	0,25	0,25	0,25
Funginat	0,05	0,05	0,05
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Nutrientes	% de nutrientes en las dietas experimentales		
Materia Seca	74,43	74,89	75,32
Proteína Cruda	25,23	25,87	25,44
Fibra Cruda	6,66	7,04	7,24
Extracto Etéreo	10,82	11,51	12,36
Calcio	4,98	4,87	4,78
Fósforo	0,52	0,45	0,39
Sodio	0,41	0,39	0,37
Arginina	3,05	3,44	3,74
Lisina	1,52	1,52	1,45
Metionina	0,78	0,79	0,79
Metionina+Cistina	1,91	2,10	2,27
Treonina	0,99	1,00	0,97
Triptófano	0,28	0,29	0,28
Energía Metabolizable (Kcal/kg)	2860	2840	2860
<b>Precio S/./kg</b>	<b>1,81</b>	<b>1,74</b>	<b>1,66</b>

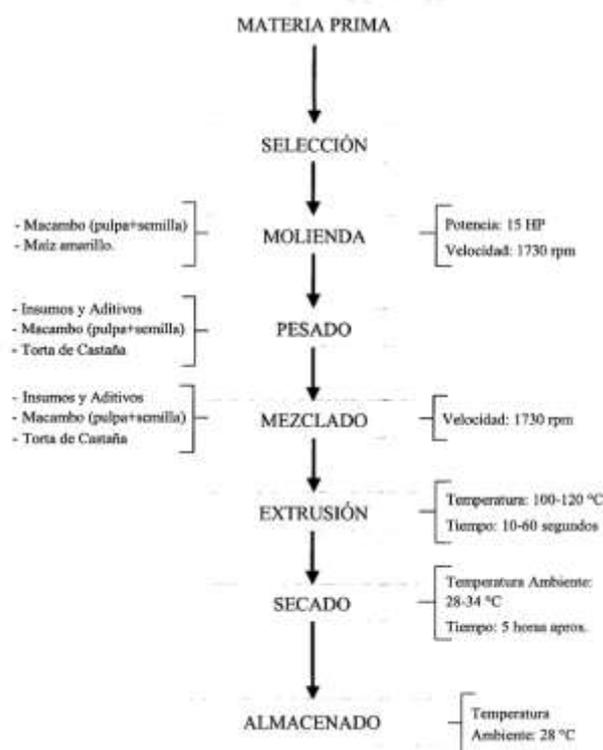
Las dietas elaboradas cubrieron los requerimientos alimentarios para el paco (*Piaractus brachypomus*) en la etapa juveniles, durante el periodo de evaluación de la investigación (100 días de cultivo). Por otro lado, es necesario recalcar y como se ha expuesto anteriormente, que la dieta experimental del Tratamiento 4 (TT) fue un alimento comercial extruido, y por consiguiente no se realizó su formulación, pero fue importante conocer su composición bromatológica (Tabla 2).

**Tabla 2.** Composición bromatológica del Alimento Comercial Purigamitana 25.

Composición Purigamitana 25 (6 mm)	
Proteína	25,00%
Grasa	4,00%
Fibra	6,00%
Humedad	13,00%
Ceniza	12,00%

### Proceso de elaboración de las dietas experimentales

En el proceso de elaboración de las dietas experimentales formuladas para los Tratamientos (T1, T2 y T3); se realizaron una serie de operaciones, como se muestran en el flujograma del proceso de elaboración de las dietas en la Figura 1.



**Figura 1.** Flujograma del proceso de elaboración de las dietas experimentales

### Análisis bromatológico de las dietas experimentales

En el transcurso de la evaluación experimental se envió a realizar el análisis bromatológico de las cuatro dietas experimentales, la torta de castaña y la pulpa del macambo en el Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco-UNSAAC, determinándose la humedad, proteína, carbohidratos, grasa, fibra, ceniza, pH y acidez, tal como se muestran en las Tablas 3 y 4.

**Tabla 3.** Composición bromatológica de las dietas experimentales

Componentes (%)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	TT
Humedad	13,3	13,8	11,7	11,9
Proteínas	27,0	25,0	26,0	27,0
Carbohidratos	42,2	43,6	45,5	44,0
Grasa	6,3	6,2	6,0	3,6
Ceniza	9,7	9,4	9,3	11,3
Fibra	1,5	2,0	1,5	2,2
pH	6,8	6,8	6,8	6,8

**Tabla 4.** Composición bromatológica de la torta de castaña y pulpa de macambo

Componentes (%)	Pulpa de macambo	Torta de castaña
Humedad	85,2	13,9
Proteínas	0,9	35
Carbohidratos	10,6	31,8
Grasa	0,3	6,9
Ceniza	0,4	11,4
Fibra	2,5	1,0
pH	6,1	6,7
Acidez (ácido cítrico)	0,23	-

El análisis bromatológico revela que las dietas cumplen con los requerimientos nutricionales para juveniles de paco. Constatando con autores como Vásquez-Torres et al. (2011), que recomiendan niveles de proteína entre 24% y 31,6%; Vásquez (2001) que sugiere 4% a 8% de grasa y 20% a 40% de carbohidratos en las dietas (Furuichi, 1988).

#### Acondicionamiento de los corrales experimentales

El estudio se efectuó en un estanque de tierra de 960 m<sup>2</sup> con 40 m de largo y 24 m de ancho. Esta fue acondicionada mediante la limpieza del fondo del estanque, que consistió en eliminar malezas y retirar todo tipo de objetos que obstaculizaban el trabajo. En una cuarta parte del área total del estanque, se dividieron cuatro corrales de 10 m de largo por 6 m ancho (60 m<sup>2</sup>), utilizándose listones-estacas de madera que fueron prendidas en el fondo del estanque en forma vertical y horizontal, a los cuales se sujetaron las mallas anchoveteras, que sirvieron como separadores o barreras de cada corral experimental con otro. Finalmente, se llenó el estanque a través del bombeo hasta aproximadamente 1,5 m de profundidad de agua. Cada corral representó una unidad experimental y a cada una de las unidades experimentales se le asignó al azar un tratamiento (T1, T2, T3 y TT).

#### Siembra de los juveniles paco

Para el proceso de siembra se colocaron en sacos de polietileno con agua cada 30 juveniles de paco, previamente medidos (cm), pesados (g) y contados con la finalidad de obtener información sobre su tamaño en longitud, peso y sembrar la cantidad exacta de peces en cada corral; luego se trasladaron a las unidades experimentales y aquí el agua de los sacos de polietileno se mezcló con el agua del estanque por aproximadamente 15 min, para nivelar la temperatura (aclimatación) del agua de los sacos con la del agua del estanque, finalmente se liberaron los juveniles de paco a cada unidad experimental.

La siembra de los juveniles se realizó a una densidad de 1 pez/m<sup>2</sup> de espejo de agua y cada unidad experimental estuvo constituida por 60 juveniles de *Piaractus brachypomus*, que hicieron una población total de 240 peces sembrados. Los peces se sembraron con longitudes y pesos promedio inicial de 20,36±0,85 cm y 161,75±20,21 g (T1); 20,23±0,56 cm y 168,75±11,46 g (T2); 20,18±0,76 cm y 162,50±20,55 g (T3); y 20,09±0,61 cm y 154,00±17,52 g (TT).

## Alimentación

El suministro del alimento de los peces se llevó a cabo en dos entregas diarias, por la mañana entre las 08:00 y las 09:00 horas y por la tarde entre las 15:00 y las 16:00 horas, la distribución del alimento se realizó en un solo lugar y en forma manual; lanzando al voleo el alimento sobre una superficie amplia dentro de cada unidad experimental. Se inició con una tasa de alimentación de 4% y a medida que se realizaron los muestreos biométricos, los niveles de la tasa de alimentación se ajustaron; a consecuencia del crecimiento de los peces (Rebaza, 2004) y para reajustar de la cantidad de alimento a suministrar.

La cantidad de alimento suministrado diariamente y durante todo el periodo de evaluación experimental se determinó mediante el cálculo de Biomasa (Peso promedio x N° total de peces), Ración diaria (Tasa de alimentación x Biomasa / 100) y Alimento suministrado en el periodo (Ración diaria x Total de días de consumo de alimento). Después de determinar la cantidad de alimento a suministrar a los juveniles de paco por cada unidad experimental, éstas se pesaron utilizando la balanza granataria digital en bolsas de polietileno debidamente identificadas con rótulos (T1, T2, T3 y TT).

## Muestreos biométricos

Los muestreos biométricos se realizaron cada 20 días a las cuatro unidades experimentales (T1, T2, T3 y TT), con el fin de determinar el incremento de la longitud total (cm) e incremento del peso (g), reajustar la ración de alimento a suministrar y conocer el estado de salubridad de los juveniles de paco, dejando de alimentar a los peces un día antes del muestreo y continuando con la alimentación normal el mismo día, después de realizado muestreo biométrico.

La primera evaluación biométrica de las unidades experimentales se realizó el mismo día de la siembra, registrando longitud total (cm), peso (g), e índice hepatosomático (1 pez/unidad experimental) en cada una de las unidades.

Para la captura de los peces se utilizó una red anchovetera de 50 m x 4 m (LxA) operada por 3 personas, luego 18 juveniles de paco (muestra) fueron colocados en baldes de plástico de 18 L con agua, prosiguiendo a registrar longitud (cm) utilizando un ictiómetro de 60 cm y peso (g) con una balanza granataria digital. Posteriormente los ejemplares evaluados recibieron un baño profiláctico en una solución salmuera (20 g de cloruro de sodio/litro de agua) por lapso de tiempo de 5 min aproximadamente, como medida preventiva de patógenos por el manipuleo, al término del mismo se devolvieron los peces a sus respectivas unidades experimentales.

## Índices de crecimiento y zootécnicos

En el desarrollo de los peces existen diferentes indicadores que miden la productividad, y que se constituyen en los indicadores técnicos para medir el desempeño productivo, permitiendo realizar una evaluación del manejo que se ejecuta en una producción determinada (Russell, 2008). Se evaluaron los índices de crecimiento y zootécnicos descritos por Castell & Tiews (1980), para conocer el crecimiento en longitud y peso de los peces, el estado de salubridad y el aprovechamiento del alimento proporcionado.

## Determinación del nivel óptimo de inclusión de torta de castaña en las dietas

La determinación del nivel óptimo de inclusión de torta de castaña en las dietas experimentales formuladas se efectuó en función al Peso Final de los juveniles al finalizar la investigación. La ecuación de regresión polinomial que permitió determinar el nivel óptimo de inclusión de torta de castaña fue:

$$y = ax^2 + bx + c$$

Donde:

y = Variable de respuesta

c = Intercepto de la regresión

a, b= Coeficientes de la regresión

X = Porcentaje de Inclusión de torta de castaña

Una vez establecido la ecuación de regresión polinomial, se halló los máximos y mínimos de la función utilizando el criterio de la primera derivada, y posteriormente por el método de mínimos cuadrados se determinó el nivel óptimo de inclusión de torta de castaña en las tres dietas experimentales formuladas, que permitió obtener el máximo crecimiento en peso de los juveniles de paco al final de los 100 días de cultivo.

### **Análisis económico**

Si se tiene en cuenta el impacto del costo del alimento en la producción piscícola, es fundamental que se evalúe cuál es la decisión más conveniente a la hora de elegir un alimento, tratando de abaratar los costos para no afectar de alguna manera la rentabilidad de la producción. Hecha la consideración anterior, se efectuó un análisis de Presupuestos Parciales, el cual indica que no todos los costos de producción, ni tampoco todos los beneficios, se incluyen en el presupuesto, sino aquellos que son pertinentes para tomar decisiones en una actividad (Norman et al., 1995). Es decir, el Presupuesto Parcial sirve para comparar el impacto de un cambio de la producción sobre las utilidades y costos de la actividad productiva, y es empleado comúnmente en proyectos de desarrollo agropecuarios (McConnell & Dillon, 1997).

### **Parámetros fisicoquímicos del agua**

Se registraron los parámetros físico-químicos del agua (temperatura °C, oxígeno disuelto mg/L, pH, alcalinidad ppm CaCO<sub>3</sub> y dureza ppm CaCO<sub>3</sub>) en horas de la mañana (08:00 a.m.-09:00 a.m.) y una vez al día por cada semana, en un punto estratégico dentro del área de los corrales experimentales, con la finalidad de tener datos homogéneos. Los parámetros que se monitorearon estuvieron en base a la importancia que tienen dentro del cultivo de paco con el fin de establecer la incidencia de dichos parámetros sobre el desarrollo de los peces.

### **Análisis de datos**

Los datos obtenidos de los muestreos biométricos como longitud (cm) y peso (g), al igual que la información de los índices de crecimiento, índices zootécnicos y parámetros físico-químicos del agua, fueron procesados en hojas de cálculo de Microsoft office Excel 2013, y fueron evaluados estadísticamente por el análisis de varianza (ANOVA) de un factor a nivel de 5% de probabilidad. En caso de existir diferencia significativa en el ANOVA se aplicó la prueba de comparación de promedios (Prueba de Tukey) a nivel de 5% de probabilidad, para ambas pruebas se utilizó el programa estadístico SPSS versión 22.

## **3. Resultados y discusión**

### **3.1. Índices de crecimiento**

En la Tabla 5 se muestran los valores de los índices de crecimiento en el cultivo de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) por cada tratamiento (T1, T2, T3 y TT) estudiado. En el primer muestreo biométrico (siembra) realizado, los juveniles de paco tuvieron longitudes y pesos promedios iniciales de 20,36 cm y 161,75 g para T1; 20,23 cm y 168,75 g para T2; 20,18 cm y 162,50 g para T3; y 20,09 cm y 154,00 g para TT, respectivamente. Y al final del estudio los juveniles de paco alcanzaron longitudes y pesos promedios finales en los tratamientos: T1 (31,43 cm y 573,61 g); T2 (32,34 cm y 645,56 g); T3 (20,18 cm y 526,67 g); TT (20,09 cm y 599,44 g), llegando a obtener un tamaño (longitud y peso) comercial en los cuatro tratamientos, lo que indica un desarrollo positivo de los peces cultivados.

En líneas generales, se observó que los peces del T2 tuvieron mejor rendimiento con respecto al crecimiento en longitud y peso, registrando 12,12 cm de longitud ganada (LG); 476,81 g de ganancia de peso (GP); 4,77 g/día de ganancia de peso diario (GPD) y 25380,56 g biomasa ganada (BG) frente a los tratamientos T1, T3 y el TT que obtuvieron valores menores a los mencionados. De acuerdo a esos resultados en rendimiento de Longitud Ganada (LG), Ganancia de Peso (GP)

y Biomasa Ganada (BG), la secuencia de los tratamientos es: T2 > TT > T1 > T3, al concluir los 100 días de cultivo de los juveniles de paco.

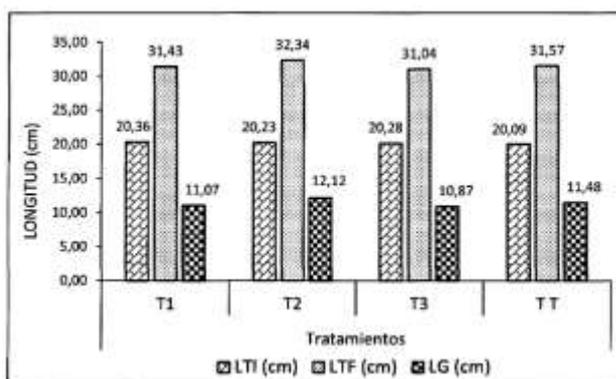
**Tabla 5.** Índices de crecimiento obtenidos a los 100 días de cultivo de juveniles de paco

Índices de crecimiento	Tratamientos			
	T1	T2	T3	TT
LTI (cm)	20,36	20,23	20,18	20,09
LTF (cm)	31,43	32,34	31,04	31,57
LG (cm)	11,07	12,12	10,87	11,48
PI (g)	161,75	168,75	162,50	154,00
PF (g)	573,61	645,56	526,67	599,44
GP (g)	411,86	476,81	364,17	445,44
GPD (g)	4,12	4,77	3,64	4,45
BI (g)	9705,00	10125,00	9750,00	9240,00
BF (g)	31548,61	35505,56	28966,67	32969,44
BG (g)	21843,61	25380,56	19216,67	23729,44

Nota: LTI (Longitud total inicial), LTF (Longitud total final), LG (Longitud ganada); PI (Peso inicial), PF (Peso final), GP (Ganancia de peso), GPD (Ganancia de peso diario); BI (Biomasa inicial), BF (Biomasa final), BG (Biomasa ganada).

### 3.1.1. Crecimiento en longitud

El crecimiento en longitud indicó un desarrollo positivo de los juveniles de paco, ya que al final de la investigación los peces de cada tratamiento alcanzaron valores de longitud total final (LTF) de: T1 (31,43 cm); T2 (32,34 cm); T3 (31,04 cm) y TT (31,57 cm). Con valores de longitud ganada (LG) para T1 (11,07 cm), T2 (12,12 cm), T3 (10,87 cm) y TT (11,48 cm), donde los mejores resultados en cuanto a LTF y LG fueron para el T2 (30% de torta de castaña y 20% de macambo) y el TT (alimento comercial Purigamitana 25), que se visualizan en la Figura 2. Dichos resultados son superiores a los reportados por autores como (Reyes, 1998), quien estudió tratamientos T1, T2 y T3 con niveles de 0%, 10% y 20% de harina de kudzu en dietas con 22% de PB, durante 4 meses de cultivo a juveniles de la misma familia como es la gamitana, que se sembraron con 20 cm de tamaño, y no encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en cuanto a LTF entre tratamientos T1 (27 cm), T2 (28 cm) y T3 (28 cm); registrando LG en el T1 (7 cm), T2 y T3 (8 cm).



**Figura 2.** Longitud Total Inicial, Longitud Total Final y Longitud Ganada de los juveniles de paco en los tratamientos.

Otros autores reportan resultados similares al presente estudio, utilizando dietas (29% PB) con inclusión de harina de castaña (*Bertholletia excelsa*), pijuayo (*Bactris gasipaes*) y mucuna (*Mucuna pruriens*); en juveniles de paco con longitud inicial de 19,8 cm y obteniendo longitud total final (LTF) desde 31,88 cm a 32,68 cm respectivamente, no hallando diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), asimismo los valores de longitud ganada (LG) fueron desde 12,08 cm a 12,88 cm durante 100 días

de cultivo (Mercado Fuentes, 2008). Por otro lado, con dietas en base a harina de castaña y 25% de tenor de proteína en el crecimiento de gamitanas, los peces alcanzaron longitud total final (LTF) desde 29,47 cm a 32,32 cm, hallando diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos, y longitud ganada (LG) con un máximo valor de 13,50 cm (Quispe, 2006).

Según el análisis de varianza de un factor (ANOVA) para longitud total final (LTF), con un nivel de confianza de 95%, se demostró que existe diferencia significativa en los promedios de LTF para al menos uno de los tratamientos estudiados, porque el nivel de significancia hallado fue 0,047, siendo un valor ligeramente menor a 0,05; de tal manera se comprueba que estadísticamente los tratamientos son diferentes (Tabla 6).

**Tabla 6.** Análisis de varianza ANOVA ( $p > 0,05$ ) de LTF en los tratamientos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F critico	Significancia
Tratamientos	3	16,08	5,36	2,80	2,74	0,047*
Error	68	130,33	1,92	-		
Total	71	146,41	-	-		

\* Existe mínima diferencia significativa al 0.05 de nivel de probabilidad.

Para conocer cuáles fueron los tratamientos que difieren, se realizó la prueba de comparaciones múltiples con HSD de Tukey a la variable longitud total final (LTF), que revela la existencia de diferencias significativas al 0,05 de nivel de probabilidad entre el T2 y T3. Sin embargo, lo que también interesó fue conocer el tratamiento donde los ejemplares juveniles de paco alcanzaron el mayor promedio de LTF, en tal sentido la Tabla 7 muestran los promedios para los grupos en los subconjuntos homogéneos, que agrupa en columnas de menor a mayor los grupos que no difieren significativamente (son homogéneos), donde el mayor valor promedio de LTF fue en el T2 (32,34 cm).

**Tabla 7.** Subconjuntos homogéneos con HSD de Tukey de LTF

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
T3	18	31,044	-
T1	18	31,428	31,428
TT	18	31,567	31,567
T2	18	-	32,344
Sig.		0,671	0,203

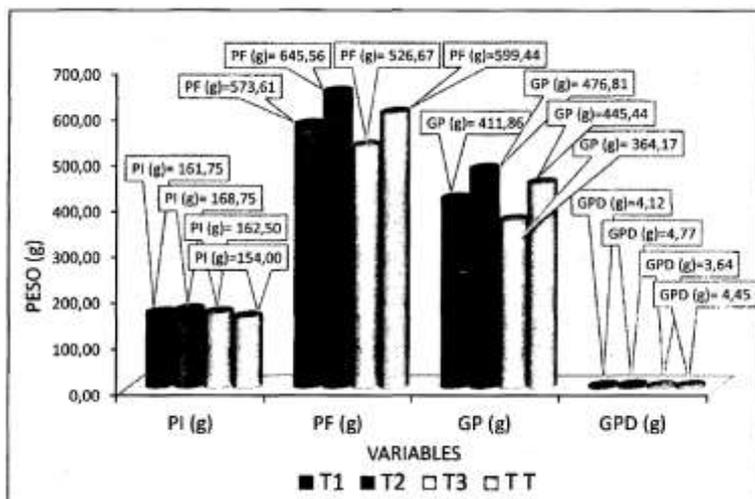
### 3.1.2. Crecimiento en peso

Los resultados muestran buenos valores en cuando a crecimiento en peso de los juveniles de paco estudiados; obteniendo valores de Pesos Finales (PF) por tratamiento de: 573,61 g (T1); 645,56 g (T2); 526,67 g (T3) y 599,44 g (TT); mientras que los valores de Ganancia de Peso (GP) obtenidos fueron: 411,86 g (T1); 476,81 g (T2); 364,17 g (T3) y 445,44 g (TT); y los valores Ganancia de Peso Diario (GPD) fueron: 4,12 g (T1); 4,77 g (T2); 3,64 g (T3); 4,45 g (TT). Destacando el T2 con valores superiores frente al resto de los tratamientos, seguido del TT; y finalmente el T1 y T3 fueron los tratamientos que menores valores en peso presentaron, siendo T3 el que menor desempeño en peso tuvo. Según los resultados obtenidos de crecimiento en peso con respecto a Peso final (PF), Ganancia de Peso (GP) y Ganancia de Peso Diario (GPD) la secuencia del desempeño productivo de los tratamientos es:  $T2 > TT > T3 > T1$ .

Valores promedios semejantes reporta Quispe (2006) en gamitanas juveniles (peso inicial 2,43 g) consiguiendo Pesos Finales entre 610,00 g y 786,00 g; Ganancia de Peso desde 607,00 g a 783,57 g; y la Ganancia de Peso Diario varió desde 3,33 g a 4,30 g, en el crecimiento de gamitana alimentados con dietas que contenían 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de inclusión de harina de castaña. Mientras que Mercado Fuentes (2008) en juveniles de paco reportó Peso Final (640,25 g), Ganancia de Peso (419,25 g) y Ganancia de Peso Diario (5,38 g) alimentados con dietas (29% PB) que

contenían diferentes porcentajes de inclusión de harina de castaña (30%, 33% y 33%), harina de mucuna (5%) y harina de pijuayo (15%, 9,5% y 10%) frente a una dieta control. Las diferencias observadas en ganancia de peso se deben al peso promedio inicial cuando nos referimos al estudio de (Quispe, 2006).

El crecimiento en peso de los ejemplares estudiados se muestra detalladamente en barras en la Figura 3, donde se aprecian los valores de Peso Inicial, Peso Final, Ganancia de Peso y Ganancia de peso diario de juveniles de paco, alimentados con dietas conteniendo tres niveles de inclusión de torta de castaña (25%, 30% y 35%) y macambo con iguales niveles de inclusión (20%) en los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente; y la dieta del TI (Purigamitana 25) cultivados durante 100 días.



**Figura 3.** Peso Inicial, Peso Final y Ganancia de Peso de los juveniles de paco en los tratamientos.

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado para Peso Final (PF), revela que por lo menos uno de los tratamientos difiere de los demás, asimismo la diferencia de los pesos promedios entre los tratamientos es altamente significativa al 0,05 de nivel de probabilidad, como se observa en la Tabla 8. Afirmando que los promedios de PF de los juveniles de paco en los tratamientos son diferentes estadísticamente.

**Tabla 8.** Análisis de varianza ANOVA ( $p > 0.05$ ) de PF en los tratamientos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F critico	Significancia
Tratamientos	3	133220,49	44406,83	16,85	2,74	0,000*
Error	68	179229,17	2635,72	-		
Total	71	312449,65	-	-		

\*\* La diferencia de medias es altamente significativa al 0,05 de nivel de probabilidad.

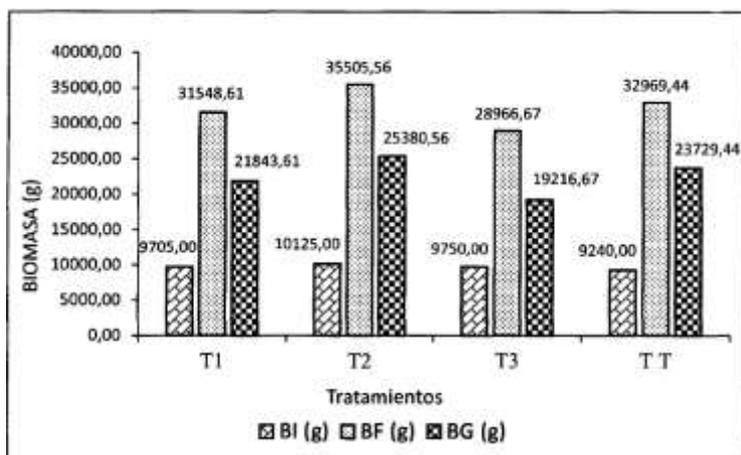
A través de la prueba de comparaciones múltiples con HSD de Tukey al 0,05 de nivel de probabilidad, se identificó aquellos promedios de Peso Final (PF) en los tratamientos, que difieren significativamente, y mediante los subconjuntos homogéneos de Tukey de la Tabla 9 se muestran los valores promedios de PF ordenados de menor a mayor, donde el T2 destaca por presentar el mayor promedio (645,57 g).

**Tabla 9.** Subconjuntos homogéneos con HSD de Tukey de PF

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	3
T3	18	526,667		
T1	18	-	573,611	
TT	18	-	599,444	

T2	18	-	-	645,556
Sig.		1,000	0,437	1,000

Por otro lado, como indicador de crecimiento se tuvo la Biomasa Ganada (BG), donde al inicio de la investigación la Biomasa Inicial (BI) en cada tratamiento fueron para T1 (9705,00 g), T2 (10125,00 g), T3 (9750,00 g) y TT (9240,00 g). A los 100 días de cultivo se tuvo en el T1 (31548,61 g), T2 (35505,56 g), T3 (28966,67 g) y TT (32969,44 g) de Biomasa Final (BF) en cada tratamiento; y el rendimiento en BG fueron para T1 (21843,61 g), T2 (25380,56 g), T3 (19216,67 g) y TT (23729,44 g), valores que se aprecian en la Tabla 5 y gráficamente se visualiza en la Figura 4.



**Figura 4.** Biomasa Inicial, Biomasa Final y Biomasa Ganada de los juveniles de paco en los tratamientos.

### 3.2. Índices zootécnicos

En la Tabla 10 se exponen los valores de los índices zootécnicos (ICAA: Índice de conversión alimenticia aparente, %GP: Ganancia de peso porcentual, CVP: Coeficiente de variación de peso, TCE: Tasa de crecimiento específico, EA: Eficiencia del alimento, K: Factor de condición corporal, IHS: Índice Hepatosomático y S: Supervivencia) registrados al final del estudio para cada tratamiento (T1, T2, T3 y TT).

**Tabla 10.** Índices zootécnicos obtenidos a los 100 días de cultivo de juveniles de paco

Índices zootécnicos	Tratamientos			
	T1	T2	T3	TT
ICAA	1,75	1,51	1,84	1,54
%GP (%)	254,63	282,55	224,10	289,25
CVP (%)	8,05	7,55	10,96	8,67
TCE (%/día)	1,27	1,34	1,18	1,36
EA	0,57	0,66	0,54	0,65
K	1,85	1,91	1,76	1,91
IHS	1,55	1,68	1,78	1,72
S (%)	100,00	100,00	100,00	100,00

#### 3.2.1. Índice Conversión Alimenticia Aparente (ICAA)

Los valores del ICAA en los juveniles de paco al concluir los 100 días de cultivo, mostró para el T2 (30% de torta de castaña y 20% de macambo), un ICCA de 1,51 al final del experimento, considerado el mejor y óptimo valor comparados con los valores del T1 (1,75) y T3 (1,84), todos estos ejemplares alimentados con dietas en base a torta de castaña y macambo, y en el TT se obtuvo un valor ICAA de 1,54, ligeramente superior a lo reportado por T2 (Ver Tabla 17). Del

ICAA 1,51 obtenido por el T2 se entiende que se necesita 1,51 kg de alimento para producir 1,00 kg de peso, y mientras menor sea el valor del ICAA será más conveniente para la rentabilidad de la producción, puesto que la alimentación representa un 60-80% de los costos de producción (da Silva et al., 2003; Lavell, 1998).

Estudios realizados en el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) indican que los valores del ICCA se encuentran en un rango entre 1,6 y 1,8; reportando 1,7 como el valor ideal de Conversión Alimentaria, no obstante, en algunos reportes se estima que un excelente ICAA fluctúa entre 1,2-1,4 (Bautista et al., 1999; Granada, 1995; Mancini, 2002). Los valores del ICAA registrados en el presente estudio que fluctúan de 1,51 a 1,84 se encuentran dentro del rango considerado idóneo para el cultivo de *Piaractus brachypomus* y son semejantes a los reportados por otros autores como Contreras Castro & Contreras Castro (2012), quienes sustituyeron ingredientes alternativos vegetales como son la morera (*Morus alba*) y el falso girasol (*Tithonia diversifolia*) en la dieta de juveniles de paco, registraron valores del ICAA entre 1,58 y 1,81.

### 3.2.2. Ganancia de peso porcentual (%GP)

Se registró el valor más alto para T2 con 289,25% de ganancia de peso porcentual; seguido del T3 con un valor ligeramente inferior de 282,55%; para el T1 se tuvo 254,63% y 224,10% de ganancia de peso porcentual para el T3, como se aprecia en la Tabla 10. Esta variable responde al incremento porcentual que experimenta el peso corporal de los peces y se interpreta que 445,44 g de GP representa el 289,25% con respecto al promedio de peso inicial que fue de 154,00 g en los ejemplares juveniles del T1, de igual modo se interpreta para los demás tratamientos.

En otra experiencia bajo las mismas condiciones Vásquez-Torres et al. (2011), registraron un valor máximo semejante de 270,0% en juveniles de paco utilizando dietas de 31,6% de PB en su alimentación. Trabajos como el realizado por Shiau (1997), en híbridos de tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*), una especie con características similares al paco, que se alimentaron con dietas conteniendo 28,0% de PB, anotaron un valor promedio de 230,0%; y por su parte El-Sayed (1989), trabajando con *Tilapia zillii*, obtuvo valores que variaron desde 200,0% a 288,0%. Lo que muestra que los resultados obtenidos de esta experiencia fueron buenos y señalan el normal crecimiento de los juveniles de paco.

### 3.2.3. Coeficiente de variación de peso (CVP)

Los juveniles de paco obtuvieron valores de coeficiente de variación de peso (CVP) 8,05% en el T1; 7,55% en el T2; 10,96% en el T3 y 8,67% en el T4. Estos resultados menores al 20% nos indican la uniformidad del crecimiento en peso de los juveniles de paco en todos los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) al finalizar la experiencia, lo cual es importante en la producción piscícola. Sin embargo, Tenazoa (2013) evaluó dietas experimentales que contenían 26%, 28% y 30% de proteína bruta con 21 %, 26% y 31% de inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W) en las formulaciones finales de las dietas, registró 6,7%, 5,2% y 3,8% como valores de CVP, lo que quiere decir que el crecimiento en peso de gamitanas (*Colossoma macropomum*) fue mucho más uniforme que el crecimiento en peso de los juveniles de paco evaluados en el presente estudio.

### 3.2.4. Tasa crecimiento específico (TCE)

Los tratamientos que tuvieron los mejores valores en la variable Tasa de Crecimiento Específico fueron los tratamientos T4 y T2 obteniendo al final del experimento una TCE de 1,36 y 1,34 %/día respectivamente, los valores más bajos fueron presentados por los tratamientos T1 y T3 con 1,27 y 1,18 %/día de manera respectiva (Tabla 10). Un estudio realizado por Machuca & Mejía (2008), utilizando raciones balanceadas isoprotéicas con 26% de PB conteniendo tres niveles de inclusión de harina de lenteja de agua (*Lemna* sp) (10%, 20% y 30%) en el cultivo de paco, registraron 1,35%, 1,13% y 1,13% de TCE, valores similares a los resultados de esta investigación.

### 3.2.5. Eficiencia del Alimento (EA)

Los valores de eficiencia del alimento registrados al final de 100 días de cultivo fueron 0,66 para T2; 0,65 para TT; 0,57 para T1 y 0,54 para T3, como se observa en la Tabla 10. Estos resultados indican que los juveniles del T2 y TT tuvieron mejor asimilación del alimento suministrado, lo que se vio reflejado en el crecimiento de los peces de estos tratamientos. No obstante, es importante señalar que la EA y el ICAA se relacionan y cuanto mayor fuera el valor de ICAA, menor será la eficiencia del alimento, en ese sentido el menor valor de EA lo obtuvo el T3, como respuesta al mayor ICAA registrado.

Valores semejantes de 0,4 y 0,5 reportó Tenazoa (2013), quien empleo diferentes porcentajes de inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) en raciones peletizadas con 26%, 28% y 30% de PB respectivamente, para gamitanas (*Colossoma macropomum*) bajo las mismas condiciones de estudio. Por su lado Tafur (2008), registró valores de 0,85 y 0,83 en *Piaractus brachypomus*, que fueron nutridos con una dieta extruida de 25% de PB bajo un sistema de policultivo.

### 3.2.6. Factor de Condición Corporal (K)

Una forma de valorar el estado nutritivo de los peces en cultivo es a través del K, que puede asociarse a una valoración de la contextura del pez. En esta experiencia los valores del K mostrados por los juveniles de paco al final del estudio fueron de 1,91 para el T2 y TT; mientras que para el T1 y T3 los valores fueron de 1,85 y 1,76 respectivamente (Tabla 10). Lo que indica que los ejemplares juveniles del T2 y TT se encontraban en mejor estado nutritivo y tuvieron mejor contextura comparados con el T1 y T3; pero, aunque estos dos últimos tratamientos mencionados dieron valores menores a los del T2 y TT, los cuatro tratamientos mostraron valores superiores a 1, lo que refleja la buena condición fisiológica de la población estudiada.

En cambio, Tafur (2008) registró valores mayores de 2,06 y 1,99 en pacos, alimentados con dietas de 25% de PB, bajo un sistema de policultivo y en corrales. Otras experiencias como Casado et al. (2009), reportaron valores de 1,5 y 1,6 en juveniles de gamitana alimentados con dietas de 22% de PB empleando harina de trigo regional. Por su parte Casanova-Flores & Chu-Koo (2009) reportaron 1,72; 1,76 y 1,77 también en juveniles de gamitanas, nutridos con dietas de 25% de PB que contenían polvillo de malta de cebada; reflejando que la contextura y estado nutritivo de los peces del presente estudio fueron mejores comparados con los dos últimos autores mencionados.

### 3.2.7. Índice Hepatosomático (IHS)

Los valores de IHS que se registraron en los juveniles de paco fueron de 1,55 para T1; 1,68 para T2; 1,73 para T3 y 1,72 para TT. Se observó que el IHS aumentó a medida que se incluía mayor porcentaje de torta de castaña y se mantenía constante el porcentaje de inclusión de macambo en el alimento. Un comportamiento similar reportó Abad (2010), quién obtuvo valores de IHS entre 1,50 y 1,76 en juveniles de *Piaractus brachypomus* que fueron alimentados con dietas de inclusión variable de harina de camarón de río (*Macrobrachium jelskii*), observando aumento del IHS cuando se incluía mayor porcentaje de la harina en la dieta.

Según Bastardo et al. (2006), valores de IHS mayores a 1 indican un deterioro de la condición del hígado al acumular lípidos como los triglicéridos de modo excesivo. En tal sentido, los peces del T1 presentaron los mejores niveles de IHS (1,55) acumulando menos grasa en el hígado; contrariamente en el T3 se registró el mayor IHS (1,78), por lo tanto, mayores reservas energéticas se almacenaron en el hígado de los juveniles, que a su vez fueron los ejemplares con menor crecimiento en longitud y peso.

### 3.2.8. Supervivencia

Los tratamientos (T1, T2, T3 y TT) al finalizar el estudio alcanzaron un porcentaje de supervivencia del 100%, estos resultados demuestran que los juveniles de paco resistieron al manipuleo al cual fueron sometidos en los muestreos biométricos realizados durante los 100 días de cultivo (Tabla 10). Similar resultado (100%) reportó Casanova-Flores & Chu-Koo (2009), en juveniles de gamitana cultivados en estacas de tierra durante 120 días y una población total de 180 ejemplares. Igualmente, Casado et al. (2009) registraron 100% de supervivencia cuando

cultivaron una población total de 180 juveniles de gamitana, durante 135 días y bajo las mismas condiciones de estudio al presente.

Reyes (1998) señala que es aceptable una supervivencia no menor de 80%, de lo contrario nos indicaría un deficiente manejo de la especie; es evidente entonces que el 100% de supervivencia obtenido en esta experiencia fue un buen resultado, considerando la rusticidad y fácil adaptación que tiene el paco a diversas condiciones de cultivo.

### 3.3. Nivel óptimo recomendado de inclusión porcentual de torta de castaña

La Figura 5 muestra la curva de tendencia polinómica de grado dos ajustado por mínimos cuadrados y cuya ecuación permitió hallar el nivel óptimo de inclusión de torta de castaña en las dietas experimentales formuladas. Se observa también que bajo efectos del T2 se tiene el punto de inflexión más alto, con el mejor peso (PF) logrado por los peces al final de la experiencia.

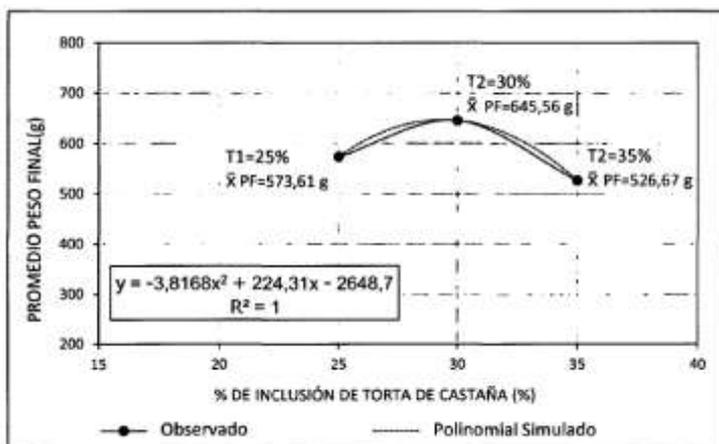


Figura 5. Nivel óptimo de inclusión de torta de castaña (*Bertholletia excelsa*).

El coeficiente de determinación  $R^2=1$  de la curva simulada indica que hay una correlación perfecta entre las variables (PF y % de inclusión de torta de castaña), y la razón del ajuste perfecto es debido a tener solo 3 valores en ambas variables. El nivel óptimo determinado de inclusión porcentual de torta de castaña en las tres dietas experimentales formuladas fue de 29,38%, valor que se sitúa dentro del rango del Tratamiento 2 que tuvo 30% de inclusión, cuyo efecto produjo mayor crecimiento en peso de los juveniles de paco.

### 3.4. Análisis económico

La Tabla 11 muestra el análisis económico de los cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y TT) mediante el método de Presupuesto Parcial. Así los costos variables por cada unidad de pescado cultivado fueron: T1 (S/. 1,15), T2 (S/. 1,11), T3 (S/. 0,98) y TT (S/. 2,19), y los ingresos netos (beneficio bruto) fueron: T1 (S/. 4,74), T2 (S/. 5,48), T3 (S/. 4,19), y TT (S/5,12), teniendo el mayor ingreso con el tratamiento T2. En cuanto al mayor beneficio neto parcial por unidad de pescado producido se observó bajo efectos del T2 (S/. 4,38) con 79,79% de ingreso total.

Tabla 11. Análisis económico por el método de Presupuestos Parciales del cultivo de paco

Componentes	Tratamientos			
	T1	T2	T3	TT
<b>Ingresos</b>				
Ganancia de Peso (kg)	0,412	0,477	0,364	0,445
Precio de kilogramo (S/)	11,50	11,50	11,50	11,50
<b>Beneficio Bruto (S/)</b>	<b>4,74</b>	<b>5,48</b>	<b>4,19</b>	<b>5,12</b>
<b>Costos variables</b>				
Consumo de alimento (kg)	0,636	0,637	0,591	0,610

Costo por kilogramo de Alimento (S/)	1,81	1,74	1,66	3,58
Costo del alimento consumido (S/.)	1,15	1,11	0,98	2,19
<b>Total de costos variables (S/.)</b>	<b>1,15</b>	<b>1,11</b>	<b>0,98</b>	<b>2,19</b>
<b>Beneficio neto parcial</b>				
En S/. por pescado (S/.)	<b>3,58</b>	<b>4,38</b>	<b>3,21</b>	<b>2,94</b>
En porcentaje del ingreso total(%)	<b>75,69</b>	<b>79,79</b>	<b>76,58</b>	<b>57,34</b>

La inclusión de 30% de torta de castaña con 20% de inclusión de macambo (T2), en las dietas de juveniles de paco, permitió reducir los costos e incrementar los beneficios de producción; porque los resultados del análisis económico realizado presentan para T2 cifras favorables que estuvieron por encima de los tratamientos T1 y T3, e inclusive hasta del alimento comercial (TT).

### 3.5. Parámetros físicoquímicos del agua

En la Tabla 12 se presenta el registro de los valores promedios mensuales y promedio total de los parámetros físicoquímicos del agua del estanque durante los 100 días de cultivo de los juveniles de paco.

**Tabla 12.** Valores promedios mensuales de los parámetros físicoquímicos del agua

Mes	pH (adimensional)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Alcalinidad (ppm CaCO <sub>3</sub> )	Dureza (ppm CaCO <sub>3</sub> )
Octubre	7,17	29,26	9,51	18,00	16,00
Noviembre	8,22	30,60	8,25	19,00	16,50
Diciembre	7,64	29,68	5,74	18,50	20,00
Enero	6,66	29,97	10,35	20,00	16,00
Promedio	<b>7,42</b>	<b>29,88</b>	<b>8,46</b>	<b>18,88</b>	<b>17,13</b>

Los peces dependen directamente de una buena calidad de agua para la supervivencia y su crecimiento, y entre los factores que destacan en este aspecto, son el parámetro potencial de hidrogeno, oxígeno disuelto en el medio y la temperatura, ya que son los reguladores de sus actividades metabólicas (Senhorini & Fransozo, 1994). Sin embargo, los parámetros en términos generales de calidad del agua evaluados en esta experiencia fueron el potencial de hidrógeno (pH), temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L), alcalinidad (ppm CaCO<sub>3</sub>) y dureza (ppm CaCO<sub>3</sub>), y cuyos valores estuvieron dentro de los rangos adecuados para el cultivo de paco.

## 4. Conclusiones

De acuerdo a los resultados, se concluye que el tratamiento 2 (30% de torta de castaña y 20% de macambo) es el mejor de las dietas extruidas formuladas en base a torta de castaña y macambo (pulpa+semilla) ya que los peces alimentados tuvieron mejor desempeño productivo en los principales índices de crecimiento e índices zootécnicos, que aquellos ejemplares juveniles alimentados con la dieta del TT (Alimento comercial Purina).

Por su amplia disponibilidad, composición nutricional y rendimiento productivo en los peces, son excelentes insumos alternativos para ser incluidos en las dietas balanceadas extruidas de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*).

### Financiamiento

Ninguno.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Contribución de autores

C-O, N., D-V, J.: conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (preparación del borrador final).

M-M, V.: metodología, investigación, curación de datos, redacción (revisión y edición).

## Referencias bibliográficas

- Abad, D. (2010). *Crecimiento de alevines de cachama blanca Piaractus brachyomus (Cuvier, 1818), (PISCES: CHARACIDAE) alimentados con dietas de inclusión variable de harina de camarón de agua dulce Macrobrachium jelskii (Miers, 1872) (CRUSTACEA: PALAEMONIDAE)*. Universidad de Oriente. 82p.
- Álvarez Capote, J. S. (2007). *Sustitución de harina de pescado por harina de soya e inclusión de aditivos en el alimento a fin de mejorar la engorda del camarón blanco Litopenaeus schmitti [Tesis doctoral]* Repositorio Institucional del Alvarez Capote, Josefa Susana. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/164>
- Bastardo, H., Scorza, C., & Sofía, S. (2006). Variables hematológicas y bioquímicas en la trucha arcoiris, relacionadas con la condición hepática y la edad. *Zootecnia Tropical*, 24(1). [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692006000100001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692006000100001)
- Bautista, E., Useche, M., & Linares, F. (1999). Utilización de la pulpa de café ensilada y deshidratada en la alimentación de Piaractus brachyomus. En *Pulpa de café ensilada, producción, caracterización y utilización en la alimentación animal*. Universidad Nacional Experimental de Táchira, Decanato de Investigación. Venezuela. 109-135pp.
- Casado, P., Rodríguez, L., Alcántara, F., & Chu-Koo, F. (2009). Evaluación del trigo regional Coix lacryma-jobi (Poaceae) como insumo alimenticio para gamitana Colossoma macropomum. *Folia Amazónica*, 18(1-2), 339-352. <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/332>
- Casanova-Flores, R., & Chu-Koo, F. (2009). Evaluación del polvillo de malta de cebada, Hordeum Vulgare, como insumo alimenticio para gamitana (Colossoma Macropomum). *Folia Amazónica*, 18(1-2), 89-96. <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/262>
- Castell, J. D., & Tiews, K. (1980). *Report of the EIFAC, JUNS and ICES working group on the standarization of methodology in fish nutrition research*. Hamburg, Federal Republic of Germany. EIF AC Tech. Pap., 36. 24p.
- Contreras Castro, J. H., & Contreras Castro, J. H. (2012). Evaluacion del rendimiento técnico en Cachama Blanca Piaractus brachyomus al sustituir Morera Morus alba y Falso Girasol Tithonia diversifolia en el alimento balanceado de ceba. *CITECSA*, 2(3), 4-14. <https://revistas.unipaz.edu.co/index.php/revcitecsa/article/view/16>
- da Silva, J. A. M., Pereira Filho, M., & de Oliveira-Pereira, M. I. (2003). Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) incorporados em rações: digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6 suppl 2), 1815-1824. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000800003>
- El-Sayed, A.-F. M. (1989). Evaluation of Semipurified Test Diets for Tilapia zillii Fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society*, 20(4), 240-244. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1989.tb01009.x>
- FAO. (2014). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOPIA)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Tapies Fact Sheets. Texto de JeanFrancois Pulvenis.
- Félix, N. (2000). Los alimentos en el Perú. *Revista Peruana de Cardiología*, 26(2).

- [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/cardiologia/v26\\_n2/alimentos.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/cardiologia/v26_n2/alimentos.htm)
- Furlán, A. L., & Bressani, R. (1999). Recursos vegetales con potencial de explotación agroindustrial de Guatemala. Caracterización química de la pulpa y la semilla de *Theobroma bicolor* / Vegetable resources with agroindustrial potential from Guatemala. Chemical characterization of the pulp an. *Arch. Lat. Amer. Nut.*, 49(4), 373-378. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-319007>
- Furuichi, M. (1988). Carbohydrates. En *Fish nutrition and mariculture*. Watanabe.
- Granado, A. (1995). Crecimiento del morocoto *Piaractus brachypomus* (Osteichthyes, Characiformes) en jaulas flotantes. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, 44, 81-88.
- Hardy, R. W. (2001). *Nuevos descubrimientos en ingredientes de alimentos para uso acuícola y el potencial de las enzimas suplementarias*.
- IIAP. (2002). *Situación actual de la pesca y la acuicultura en Madre De Dios. Perú*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.
- Lavell, T. (1998). *Nutrition and feeding offish*. Kluwer Academic Publishers. Boston, 267p.
- Machuca, J., & Mejía, P. (2008). *Utilización de la harina de lenteja de agua, Lemna sp (Lemnácea), en la alimentación de alevinos de paco Piaractus brachypomus y pacotana (Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum) criados en jaulas [Tesis de grado]*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Mancini, A. M. (2002). *Introducción a la biología de los peces*. Cursos Introducción a la Producción Animal 1, FA V UNRC. 4-19pp.
- McConnell, D. J., & Dillon, J. (1997). *Farm Mailagerhent for Asia: a Systems Approach*. FAO Farm Systems Management Series-13. FAO, Rome.
- Mercado Fuentes, J. A. (2008). *Efecto de dietas practicas a partir del uso de castaña, pijuayo y mucuna en la alimentación de pacos juveniles [Tesis de grado]*. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/52>
- Mitchell, H. H., & Beadles, J. R. (1937). The Nutritive Value of the Proteins of Nuts in Comparison with the Nutritive Value of Beef Proteins. *The Journal of Nutrition*, 14(6), 597-608. <https://doi.org/10.1093/jn/14.6.597>
- Norman, D. W., Worman, F. D., Siebert, J. D., & Modiakgotla, E. (1995). *The farming systems approach to development and appropriate technology generation*. F AO Farm Systems Management Series- 1 O. F AO, Rome.
- Poeta, P. T. (2009). *Influencia da adição de torta de castanha do Brasil a dieta AIN-93G sobre o crescimento e composição corporea de ratos Wistar*. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.
- PRODUCE. (2012). *Programa Nacional de Ciencia, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Acuicultura 2013-2021*. Ministerio de la Producción. Lima, Perú. 40p.
- Quispe, E. J. (2006). *Evaluación de niveles de harina de castaña (Bertholletia excelsa) en raciones de inicio de inicio y crecimiento para gamitana (Colossoma macropomum) en Tambopata, Madre de Dios [Tesis de grado]*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Rebaza, C. (2004). *Proceso de cultivo de las especies amazónicas promisorias*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Programa de Ecosistemas Acuáticos.
- Reyes, A. W. (1998). Cultivo de peces amazónicos. En *Revista Peruana de Limnología y Acuicultura Continental*. Publicación especial APLAC. N° 4. Trujillo-Perú.
- Russell, L. (2008). *Fish indicators of aquatic exosystem health: from the lab to the field*. University

of Massachusetts Amherst.

- Senhorini, J., & Fransozo, A. (1994). Influencia da produtividade dos viveiros e a contribuicrao da racrao na larvicultura do «pacu» *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Bol. Tec. CEPTA*, 7, 27-40.
- Shiau, S. Y. (1997). Utilization of carbohydrates in warmwater fish – with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. *Aquaculture*, 151(1-4), 79-96. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01491-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01491-3)
- Swick, R. A. (2002). Soybean meal quality: assessing the characteristics of a major aquatic feed ingredient. *Global Aquaculture Advocate*, 5, 46-49.
- Tafur, J. (2008). *Crecimiento y composición corporal del bujurqui - tucunaré «Chaetobranchus semifasciatus», del paco Piaractus brachypomus y de la gamitana Colossoma macropomum criados bajo el sistema de policultivo [Tesis de grado]*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Tenazoa, L. E. (2013). *Efecto de niveles proteicos provenientes de la quinua, Chenopodium quinoa W. (Quenopodiaceae) en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de gamitana, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) Cultivados en Corrales*. Producción Científica. Loreto, Perú. CONCYTEC. 71p.
- Vásquez-Torres, W., Pereira-Filho, M., & Arias-Castellanos, J. A. (2011). Optimum dietary crude protein requirement for juvenile cachama *Piaractus brachypomus*. *Ciência Rural*, 41(12), 2183-2189. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001200023>
- Vásquez, W. (2001). *Relacao carboidratos: lipídios sobre o crescimento e a utilização de nutrientes em juvenis de pirapitinga, Piaractus brachypomus [Tesis doctoral]*. Universidade de Amazonas.