

Efecto de dietas balanceadas con harina de semillas de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el crecimiento de Paco (*Piaractus brachypomus* Cuvier)

Sherill Castillo Quispe, Helem Castillo Quispe, Edgar Giraldo Rios¹, Javier Eduardo Díaz Viteri, Larry Oscar Chañi-Paucar y Milthon Honorio Muñoz Berrocal²

Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Av. Jorge Chávez s/n, código postal: 17001, Madre de Dios, Perú
Larry.76728@gmail.com

¹ *Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Jr. Ica 1662, código postal: 17001, Madre de Dios, Perú*

² *Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Av. Universitaria Km 1.5 carretera Tingo María- Huánuco, Perú*

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de la harina de semilla de *Theobroma grandiflorum* (HSC) en la dieta balanceada, sobre los indicadores de crecimiento de juveniles *Piaractus brachypomus* Cuvier (Paco). Los juveniles de Paco fueron alimentados con tres dietas extrusadas al 25% de nivel proteico, con inclusión de HSC a diferentes concentraciones (5, 10 y 15 %) y una dieta testigo (sin HSC) durante 90 días. La población experimental fue de 180 juveniles Paco, que fueron distribuidos en cuatro unidades experimentales de 60 m², con una densidad de 0,75 pez/m², con una longitud y peso medio inicial de 21,33 cm y 182,92 g, respectivamente. Se suministró alimento dos veces al día (8:00 y 15:00h), con una tasa de alimentación inicial de 5% y final de 1,5% de la biomasa. Quincenalmente se realizaron evaluaciones biométricas a 15 peces por cada tratamiento, para medir el crecimiento en longitud y peso, los resultados de esas mediciones permitieron reajustar las raciones de alimento a suministrar en los siguientes 15 días. La calidad del agua fue monitoreada a cada 15 días, determinándose, temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad.

Los resultados muestran que los indicadores de crecimiento evaluados no presentaron diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos. El tratamiento con 5% de inclusión de HSC mostró los mejores indicadores de crecimiento, obteniéndose una ganancia de peso (GP) de $644,44 \pm 115,49$ g, ganancia de peso diario (GPD) de $7,16 \pm 1,28$ g/día, longitud total (LT) de $33,60 \pm 1,26$ cm, índice de conversión alimenticia (ICA) de $1,27 \pm 0,24$ y tasa de crecimiento específico (TCE) de $1,65 \pm 0,16$ % por día, con una supervivencia del 100%. En conclusión, la HSC puede ser utilizada como un ingrediente alternativo para la elaboración de dietas balanceadas para juveniles Paco.

Palabras claves: *acuicultura tropical, conversión alimenticia, formulación de alimentos, nutrición de peces*

The effect of balanced diets with Cupuassu seed flour

***(Theobroma grandiflorum)*, on the growth of Pacu (*Piaractus brachypomus* Cuvier)**

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of the inclusion of *Theobroma grandiflorum* seed flour (HSC), in the balanced diet, on the growth indicators of *Piaractus brachypomus* Cuvier juveniles (Pacu). The Pacu juveniles were fed with three extruded diets, at a 25% protein level, with the inclusion of different concentrations of HSC (5, 10 and 15%) and a control diet (with no HSC), during ninety days. The experiment population was 180 Pacu juveniles, which were distributed in four experimental units of 60 m² with a density of 0.75 fish/m², and an average initial length and weight of 21.33 cm and 182.92 g, respectively. The food was given two times a day (8:00 and 15:00 h), with an initial feed rate of 5% of the biomass and a final rate of 1.5%. Every fifteen days biometric evaluations of fifteen fish per treatment were done to measure the growth in length and weight. The results of these measurements allowed for adjustments in the feed rations to be administered for the following fifteen days. The quality of the water was monitored every fifteen days; determining temperature, pH, dissolved oxygen and conductivity. The results show that the growth indicators evaluated presented no significant difference ($p > 0.05$) between the treatments. The treatment with 5% inclusion of HSC showed the best growth indicators with a weight gain (GP) of 644.44 ± 115.49 g, daily weight gain (GPD) of 7.16 ± 1.28 g/day, total length (LT) of 33.60 ± 1.26 cm, feed conversion index (ICA) of 1.27 ± 0.24 and specific growth rate (TCE) of 1.65 ± 0.16 % per day, with a 100% survival rate. In conclusion, the HSC can be used as an alternative ingredient for the making of balanced diets for juvenile Pacu.

Keywords: *tropical aquaculture, feed conversion, food formulation, fish nutrition*

Introducción

La Región Madre de Dios en Perú tiene una actividad económica emergente en piscicultura basada en el cultivo de Paco (*Piaractus brachypomus*), gamitana (*Colossoma macropomum*) y Pacotana (*P. brachypomus x Colossoma macropomum*), siendo estas especies las más destacadas e importantes por sus características y preferencias en el mercado local, encontrándose en proceso de crecimiento y con proyección de expansión (DIREPRO-MDD 2010).

Entre las ventajas de desarrollar la acuicultura se encuentra la disponibilidad y calidad del agua dulce en el área amazónica, topografía de los suelos que permite la construcción de los estanques y el hábito de consumo de la población (Atencio 2001). El Paco puede consumir frutos, semillas, sorgo, trigo, tortas oleaginosas de coco, algodón, entre otros, sin embargo, estos alimentos no son completos y es necesario suministrar raciones balanceadas que garanticen un crecimiento y engorde en corto tiempo (Gutiérrez-Alva et al 1996). Estudios preliminares en la alimentación de Paco y Gamitana evaluaron la inclusión de plátano (*Musa paradisiaca*), yuca (*Manihot esculenta*), pijuayo (*Bactris gasipaes*), castaña (*Bertholletia excelsa*) y otros, en la elaboración de alimento balanceado cuyos resultados fueron bastante alentadores en algunos casos (Fuentes 2009; Bautista et al 2005). Sin embargo, la disponibilidad de los insumos evaluados son estacionales o sus precios no son estables a lo largo del año limitando su utilización (Casanova-Flores y Chu-Koo 2008). Una alternativa de insumo para la elaboración de alimentos balanceados para peces, son las semillas de copoazú, subproducto del proceso de obtención de pulpa del fruto de copoazú. En la actualidad la producción de copoazú está en crecimiento en la región Madre de Dios (GOREMAD 2016).

Moreno et al (2013), reportó que las semillas de copoazú contienen ácidos grasos, oleico, esteárico, araquídico, palmítico, linoleico y linolénico. El ácido graso linoleico permitiría la formación de membranas y hormonas, contribuyendo al correcto funcionamiento del sistema inmunológico (Wijendran y Hayes 2004). Similarmente, Morris (2007) relata que los ácidos grasos linoléico (omega 6) y linolénico (omega 3) juegan un papel muy importante en la salud del pez. El Tratado de Cooperación Amazónica-TCA (1999), recomienda que los ácidos grasos esenciales deberían ser incorporados a niveles de por lo menos 1% en peso del alimento, para obtener el máximo crecimiento en peces tropicales.

De acuerdo con los relatos, las semillas de copoazú, se presentan como potencial insumo para la elaboración de alimento balanceado para alimentación de peces. Por ese motivo, la presente investigación tuvo como objetivos, determinar la concentración adecuada de harina de semilla de copoazú a incluir en la dieta balanceada para la alimentación de juveniles Paco y evaluar los indicadores de crecimiento.

Materiales y Métodos

Localización y condiciones climatológicas

La investigación se llevó en estanques artificiales del Centro de Investigación “Roger Wilder Beuzeville Zumaeta” del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Tambopata, Madre de Dios, Perú. Situada en las coordenadas de Altitud entre 250350 m.s.n.m., de Latitud Sur 11° 35” y Longitud Oeste 69° 10”, con una temperatura promedio anual de 26 °C y precipitación pluvial promedio anual de 2200 mm de agua.

Elaboración de harina de semilla de copoazú (HSC) y dietas balanceadas

La elaboración de HSC consto de tres operaciones básicas, despulpado (Figura 1A), secado (Figura 1B) y molienda (Figura 1C). En lo referente al secado, esta operación fue realizada por un periodo de 10 horas y con exposición sol. Se formularon tres raciones alimenticias con diferentes concentraciones de harina de semilla de copoazú (HSC), además se incluyó una ración testigo sin adición de HSC. Las cuatro dietas fueron distribuidas en cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y Testigo). La formulación de las dietas experimentales se realizó utilizando el software ©Zootec 3.0 2005. El contenido de proteínas fue fijado a 25% (Guerra et al 2006 y De la Quintana 2010) y el contenido de lípidos entre 4 a 10% (TCA, 1999). Se implantaron restricciones en la inclusión de HSC con niveles fijos de inclusión con 5% para T1; 10% para T2; 15% para T3 y 0% para el Testigo, que fue la dieta que normalmente se ofrece. Todos los demás macroinsumos (harina de pescado, torta de soya, harina de soya y harina de maíz amarillo) tuvieron niveles variables con el propósito de formular dietas isoprotéicas y los microinsumos se mantuvieron constante para los cuatro tratamientos. Las dietas experimentales fueron elaboradas en la planta de alimentos balanceados del IIAP siguiendo las operaciones mostradas en la Figura 2.



Figura 1. Operaciones basicas para la elaboración de la harina de semillas de copoazú, despulpado (A), secado solar (B) y molienda (C)

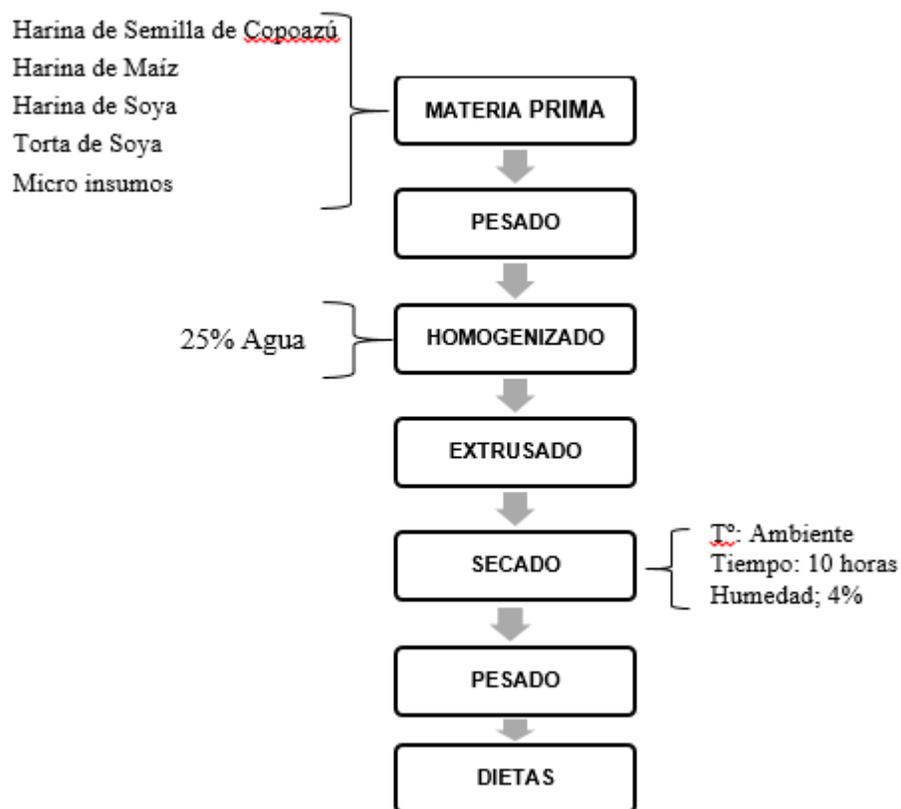


Figura 2. Diagrama de flujo de la elaboración de dietas extrusadas

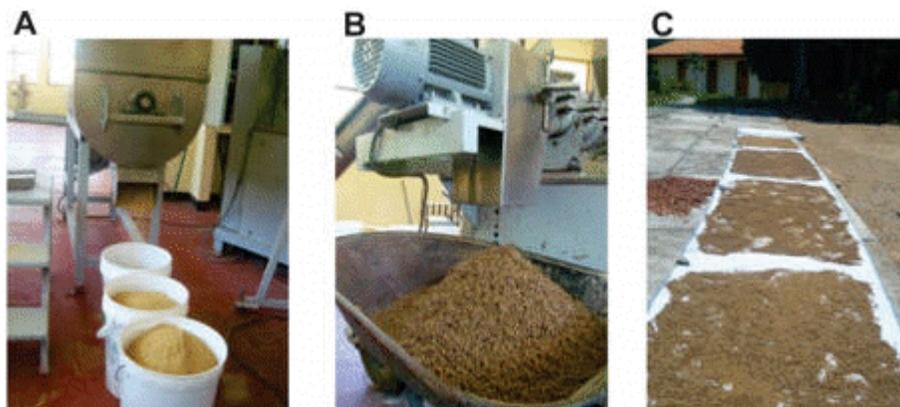


Figura 3. Etapas del proceso de elaboración de dietas extrusadas: homogenización (A), extrusado (B) y secado solar (C)

Acondicionamiento del estanque, sembrado de peces y alimentación

El experimento se desarrolló en un estanque de 960 m² con 40 m de largo y 24 m de ancho, para ello fue necesario el acondicionamiento empezando con el vaciado de agua del estanque, dejándolo secar durante una semana, a seguir se procedió a la limpieza que consistió en la eliminación de malezas y todo tipo de objetos presentes en el estanque. Posteriormente en una cuarta parte del área total del estanque, fue construido cuatro compartimentos con dimensiones de 10 m x 6 m, empleándose estacas de 2,3 m de largo y mallas anchoveteras para la división (Figura 4). Se esparció cal al suelo del estanque (30-50 g/m²) para desinfectar, eliminar parásitos y contribuir a la cadena alimenticia del zoo y fitoplancton, dejándose actuar la cal por un día. Finalmente, el estanque fue llenado por bombeo hasta alcanzar una profundidad de aproximadamente 1,60 m.



Figura 4. Acondicionamiento de estanques experimentales, alimentación y monitoreo biométrico del paco.

Después del acondicionamiento del estanque los peces fueron sembrados con una densidad de 0,75 pez/m² de espejo de agua, para las cuatro unidades experimentales. Los peces se sembraron con longitudes y pesos promedios iniciales de 21,41±1,01 cm y 185,89±24,20 g (T1); 21,33±0,82 cm y 183,11±19,13 g (T2); 21,44±1,18 cm y 176,56±23,71 g (T3); y 21,34±0,87 cm y 186,11±18,38 g (Testigo). La alimentación se realizó dos veces al día (8:00 y 15:00 horas) por un periodo de 90 días. La distribución del alimento fue al boleó, sobre toda la superficie, para reducir la competencia por su captura, además de minimizar la pérdida del alimento ofrecido. Se inició con una tasa de alimentación de 5% de la biomasa y a medida que se realizaron los muestreos biométricos, la tasa de alimentación fue reajustada hasta un máximo de 1,5% de la biomasa.

Mediciones biométricas y calidad de agua

El muestreo biométrico se realizó quincenalmente a las 4 unidades experimentales (T1, T2, T3 y Testigo), donde fueron elegidos al azar 15 peces por cada tratamiento para registrar el incremento de peso (g) y la longitud (cm), estos datos permitieron ajustar la cantidad de alimento a suministrar, conocer la salud de los peces y verificar el estado de desarrollo. Se dejó de alimentar a los peces el mismo día del muestreo, continuando con la alimentación al día siguiente. Se realizaron un total seis muestreos durante el periodo de investigación. Con los datos obtenidos en el muestreo biométrico fueron determinados los indicadores de crecimiento, ganancia de peso (GP), ganancia de peso diario (GPD), índice de conversión alimenticia (ICA), tasa de crecimiento específico (TCE) y porcentaje de supervivencia (PS), para el cálculo de estos indicadores se utilizaron las Ecuaciones 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente (Deza et al 2002; Rebaza et al 2002; Fuentes (2009) y Gutiérrez-Mendoza et al 2012).

$$GP = \text{Peso promedio final (g)} - \text{Peso promedio inicial (g)} \quad (1)$$

$$GPD = \frac{GP}{\text{Tiempo (días)}} \quad (2)$$

$$ICA = \frac{\text{Consumo de alimento individual (g/día)}}{\text{Ganancia de peso individual (g/día)}} \quad (3)$$

$$TCE = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Tiempo (día)}} 100\% \quad (4)$$

$$PS = \frac{\text{Número de peces cosechados}}{\text{Número de peces sembrados}} 100\% \quad (5)$$

Adicionalmente, la temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L), pH y conductividad (mS/cm) fueron determinados quincenalmente para evaluar la calidad del agua del estanque, las determinaciones fueron realizadas en puntos estratégicos del estanque, con la ayuda de un medidor multiparámetro YSI® 556 MPS.

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento fue desarrollado con 180 juveniles Paco (*P. brachypomus*) reproducidos artificialmente en el Laboratorio de Reproducción del IIAP. Los juveniles Paco fueron distribuidos en 4 unidades experimentales, cada uno con 45 peces. Los experimentos fueron realizados de acuerdo con el diseño completamente al azar, asignando aleatoriamente las unidades experimentales a los cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y Testigo), con la única restricción del número de unidades experimentales que se tomaron en cada tratamiento, los mismos que correspondieron a 45 peces.

Los datos biométricos registrados fueron almacenados y procesados en hojas de cálculo de Microsoft Excel 2010. El análisis de varianza de un factor con un nivel de 95% de confianza se realizó mediante procedimientos de modelos lineales generales para determinar diferencias significativas entre tratamientos, con la ayuda de un software estadístico (IBM SPSS 2013). Los resultados de los indicadores de crecimiento de los peces son mostrados como el promedio \pm la desviación estándar de cada tratamiento, para la comparación de medias de los tratamientos se usó la prueba de Duncan, con un nivel de confianza del 95%.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (6)$$

Dónde,

Y_{ij} = Variables respuestas: GP, GPD, ICA, TCE y PS.

μ = Media común a todas las observaciones

τ_i = Efecto de tratamiento

ε_{ij} = Residuo

Resultados y discusiones

En la Tabla 1, se muestran los ingredientes y aditivos utilizados en la elaboración de las raciones balanceadas, formuladas en función de la concentración de HSC. La formulación testigo corresponde a la dieta usualmente suministrada a juveniles Paco en la etapa de crecimiento. En la Tabla 1, se muestran los insumos y aditivos usados en la elaboración de las raciones balanceadas usadas en la investigación.

Tabla 1. Composición porcentual de insumos, aditivos y nutrientes de las dietas experimentales formuladas en función de harina de semilla de copoazú .

Ingredientes	Insumos y aditivos (%)			
	Testigo	T1	T2	T3
Maíz amarillo	52,29	49,79	46,60	41,60
Torta de soya 44%	13,00	23,00	28,69	28,19
Harina de pescado 65%	9,00	9,00	9,00	8,50
Soya integral	24,00	11,50	4,00	5,00
Harina de semilla de copoazú	0,00	5,00	10,00	15,00
Fosfato monodivalente	0,35	0,35	0,35	0,35
Sal común	0,50	0,50	0,50	0,50
Carbonato de calcio	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina HCL 78%	0,11	0,11	0,11	0,11
Aflaban	0,05	0,05	0,05	0,05
Funginat	0,05	0,05	0,05	0,05
DL-Metionina 99%	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloruro de colina	0,10	0,10	0,10	0,10
Premezcla Vit-Mín acuícola	0,35	0,35	0,35	0,35
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00

Nutrientes	Nutrientes (%)			
	Testigo	T1	T2	T3
Materia seca	89,62	89,78	89,94	90,12
Proteína cruda	25,00	25,04	25,02	25,04
Fibra cruda	3,19	3,15	3,08	3,04
Extracto etéreo	7,27	7,08	7,71	9,68
Calcio	0,58	0,57	0,56	0,54
Fosforo	0,45	0,44	0,43	0,42
Sodio	0,30	0,30	0,29	0,29
Arginina	1,59	1,54	1,49	1,47
Lisina	1,54	1,54	1,53	1,50
Metionina	0,57	0,57	0,56	0,54
Metionina+Cistina	0,95	0,91	0,88	0,86
Treonina	1,02	1,02	1,00	0,97
Triptófano	0,32	0,31	0,31	0,30

Energía metabolizable (Kcal/kg)	3250	3210	3240	3360
<i>T1, T2, T3, Testigo: dietas balanceadas con 5, 10, 15 y 0 % de harina de semilla de copoazú (HSC)</i>				

En la Tabla 2, se muestra los resultados del análisis proximal de la semilla seca de copoazú, se puede observar que su contenido graso se encuentra en mayor proporción que los otros componentes, seguido por los carbohidratos y proteínas. Los glicéridos de la grasa de la semilla de copoazú está constituido por los ácidos grasos, oleico, esteárico y palmítico (Alviárez et al 2016).

Tabla 2. Análisis proximal de la semilla seca de copoazú, las dietas experimentales y testigo.

Componente	Dietas (%)				SSC
	T1	T2	T3	Testigo	
Humedad	4,2	4,6	4,3	4,8	7,35
Proteínas	25,5	25,5	25,1	25	12,12
Carbohidratos	54,6	53,0	50,3	53,9	35,78
Grasa	7,6	8,4	11,2	8,8	40,67
Ceniza	6,1	6,5	7,1	5,5	3,05
Fibra	2,0	2,0	2,0	2,0	1,03
pH	6,7	6,7	6,7	6,6	-

T1, T2, T3, Testigo: dietas balanceadas con 5, 10, 15 y 0 % de HSC, SSC: (semilla seca de copoazú)

Indicadores de crecimiento

De acuerdo a los resultados estadísticos procesados, estos no mostraron diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados ($P > 0,05$) para los indicadores de crecimiento, mostrando diferencias numéricas como se muestran en la Tabla 3, donde se observan los resultados de las determinaciones biométricas. Se puede observar que los índices de crecimiento obtenido con el T1 fueron superiores a los otros tratamientos, con excepción del TCE para el T3 que fue superior y el PS que fue igual para todos los tratamientos (Figura 5).

Tabla 3. Indicadores de crecimiento de juveniles de Paco después de 90 días de cultivo

Índices de crecimiento	Tratamientos*			
	T1	T2	T3	Testigo
LT (cm)	33,60±1,26	32,77±2,01	33,13±1,26	33,07±1,21
GP (g)	644,44±115,49	617,22±139,74	619,44±91,95	557,22±78,69
GPD (g/día)	7,16±1,28	6,86±1,55	6,88±1,02	6,19±0,87
ICA	1,27±0,24	1,38±0,36	1,27±0,22	1,32±0,19
TCE (% por día)	1,65±0,16	1,62±0,21	1,67±0,14	1,53±0,12
PS (%)	100%	100%	100%	100%

*Los valores son expresados como la media ± desvió estándar ($n=3$) LT: Longitud total, GP: Ganancia de peso, GPD: Ganancia de peso diario, ICA: Índice de conversión alimenticia, TCE: Tasa de crecimiento específico, PS: Porcentaje de supervivencia y T1, T2, T3, Testigo: son dietas balanceadas con 5, 10, 15 y 0 % de HSC harina de semilla de copoazú.



Figura 5. Monitoreo del peso y longitud de paco

Longitud total (LT)

Los valores de LT obtenidos en la presente investigación son superiores a los reportados por Fuentes (2009), quien estudio el efecto de dietas balanceadas formuladas con castaña (*Bertholletia excelsa*), pijuayo (*Bactris gasipaes*) y mucuna (*Mucuna pruriens*) en la alimentación de juveniles de Paco. Así mismo, los investigadores Casanova-Flores y Chu-koo (2008) obtuvieron resultados inferiores para la LT en juveniles de Gamitana (*C. macropomum*) alimentados con dietas formuladas con la inclusión de polvillo de malta de cebada, Sin embargo los resultados de la presente investigación fueron inferiores a lo reportado por Gutiérrez-Mendoza et al (2012), debido a la inclusión de probióticos en la formulación de dietas balanceadas en la alimentación del híbrido Pacotana, El efecto de la alimentación de los peces no siempre se reflejara en el tamaño, sino que también es posible la existencia de captación de alimento con alto contenido graso, capaz de incrementar el peso más que el tamaño (Fuentes 2009).

Ganancia de peso (GP)

La GP obtenida en la presente investigación fue superior a los obtenidos en juveniles Paco alimentadas con raciones formuladas con castaña, pijuayo y mucuna (Fuentes 2009); en híbrido Pacotana alimentadas con raciones suplementadas con probióticos (Gutiérrez-Mendoza et al 2012); en Paco y Gamitana alimentadas con dietas extrusadas (Rebaza et al 2008); en híbrido Pacotana alimentados con raciones compuestas por dos tipos de pulpa de café ecológicas ensilada sin melaza y con melaza (Bautista et al 2005); en Paco, Gamitana y Pacotana en viveros fertilizados (Paula, 2009); en bujurqui-tucunaré, Paco y gamitana criados bajo el sistema de policultivo y alimentados con una dieta extrusada (Tafur et al 2009); en Pacos criados en sistemas con diferentes densidades de siembra y alimentadas con dietas balanceada peletizada (Deza et al 2002); en gamitana alimentadas con dietas formuladas utilizando polvillo de malta de cebada (Casanova-Flores y Chu-Koo 2008).

Los valores elevados en GP del presente estudio pueden atribuirse al contenido de ácidos grasos insaturados propios de la semilla de copoazú, que son altamente digeribles (Flores, 1997), Asimismo, la tasa de alimentación puede haber influenciado en la GP en los juveniles Paco de la presente investigación, observaciones semejantes fueron realizadas en otras investigaciones empleando diferentes tasas de alimentación (Casanova-Flores y Chu-Koo 2008; Gutiérrez-Mendoza et al 2012; Fuentes (2009); Rebaza et al (2008); Casanova-Flores y Chu-Koo 2008), De igual manera, la densidad utilizada en el cultivo influye sustancialmente en los resultados de GP finales, según Díaz y López (1993), es importante tener en cuenta la densidad de siembra, pues influye en el rendimiento de la producción y la calidad de agua.

Ganancia de peso diario (GPD)

Los valores promedios de la GPD son superiores a lo reportado por los investigadores, Fuentes (2009), Gutiérrez-Mendoza et al (2012), Rebaza et al (2008), Casanova-Flores y Chu-Koo (2008), Bautista et al (2005), Paula (2009), Tafur et al (2009), El desarrollo de los peces depende en gran medida de la ingestión de ácidos grasos esenciales en combinaciones específicas de ácidos grasos poliinsaturados o altamente insaturados (Vásquez 2004; Morris, 2007), La grasa de las semillas de copoazú contienen dos ácidos grasos esenciales, linoleico (Moreno et al 2013; Escobar et al 2009) y linolénico (Moreno et al 2013), la inclusión de estos dos ácidos grasos esenciales en dietas balanceadas promueven el correcto funcionamiento del sistema inmune y el buen desarrollo del pez (Vásquez 2004; Morris 2007; Wijendran y Hayes, 2004; TCA 1999).

Índice de conversión alimenticia (ICA)

Los ICAs obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro del rango aceptable para Paco, fueron superiores a los reportados por Casanova-Flores y Chu-Koo (2008), Bautista et al (2005), Paula (2009), Gutiérrez-Mendoza et al (2012), Tafur et al (2009) y Deza et al (2002), Valores semejantes al encontrado en esta investigación fueron reportados por Fuentes (2009), La conversión alimenticia depende de la calidad nutricional del alimento balanceado proporcionado a los peces, se sabe que los peces son muy buenos convertidores de alimento (Ensminger y Olentini 1983). El ICA, es un índice muy importante, porque está estrictamente relacionada al lucro en empresas acuícolas.

Tasa de crecimiento específico (TCE)

Los valores de TCE del presente estudio fueron superiores a los reportados por Paula (2009), Bautista et al (2005) y Deza et al (2002), Por otra parte, Gutiérrez-Mendoza et al (2012), Rebaza et al (2008) y Tafur et al (2009) reportaron TCE inferiores a los encontrados en esta investigación. Silva et al (1997) mencionan que un valor de TCE inferior a 1,5% por día indican un crecimiento lento de los peces, debido probablemente a condiciones de cultivo inadecuadas, Contrariamente si los valores de TCE son superiores a 1,5% por día indican un excelente crecimiento y desarrollo rápido, como el observado en el presente estudio.

Porcentaje de supervivencia (PS)

En la presente investigación se trabajó con un total de 180 juveniles de Paco (*P. brachypomus*), donde no se observó la presencia de alguna enfermedad durante todo el estudio, con una supervivencia del 100%. Resultado similar fue observado por Gutiérrez-Mendoza et al (2012). La densidad de comúnmente influye significativamente en el porcentaje de supervivencia del Paco en sistemas de producción acuícola (Deza et al 2002). Los resultados observados en esta investigación demuestran que el Paco es un pez que se adapta a su ambiente y soporta densidades altas de cultivo.

Calidad agua

En la Tabla 4, se muestran los resultados del monitoreo de la calidad del agua de cultivo de peces, la calidad del agua en el cultivo de peces es un aspecto muy importante, se considera que es de buena calidad cuando las variables estudiadas se encuentran dentro de los niveles adecuados para el normal desarrollo de los peces (Kohler et al 2007). La mala calidad de agua produce estrés en los peces y promueve la aparición de enfermedades (Longoni et al 2001).

La temperatura durante el periodo experimental tuvo una máxima de 31°C y una mínima de 27,21°C, esas temperaturas se encuentran dentro de los rangos de temperatura apropiados para el cultivo de Paco (Borghetti y Canzi 1993), El agua del estanque experimental presento una variación del pH de 6,7 a 8, esos valores están próximos a la neutralidad permitiendo que el estanque se más productivo (Kohler et al 2007), El oxígeno disuelto en el agua del estanque vario de 4,1 a 8,64 mg/L, esos valores están dentro de lo recomendado para el buen desarrollo de los peces (Balbuena 2011). La conductividad del agua está influenciada por su mineralización, que se entiende como la capacidad de conducir energía eléctrica debido a la concentración de iones (Córdoba et al 2006). En el presente estudio se observó una variación de la conductividad del agua de 19 a 73 mS/cm, esos valores se encuentran dentro de valores normales para el agua de uso acuícola (Longoni et al 2001).

Tabla 4. Parámetros físico químicos del agua de estanque

Días	pH	Temperatura	Oxígeno	Conductividad
------	----	-------------	---------	---------------

		(°C)	disuelto (mg/L)	(m S/cm)
Siembra	6,70	28,70	5,60	60
15 Días	7,20	30,80	8,64	73
30 Días	6,93	31,00	5,56	28
45 Días	7,45	29,98	7,90	20
60 Días	6,5	27,21	6,60	25
75 Días	8,00	30,00	6,90	19
90 Días	7,2	28,00	4,10	20
Media ±DE	7,14±0,50	29,38±1,44	6,47±1,54	35±22,06

DE, desviación estándar

Conclusiones

- La inclusión de harina de semilla de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el alimento balanceado para la alimentación de juveniles Paco (*Piaractus brachypomus*), no tuvo efecto significativo sobre los indicadores de crecimiento, tanto para los peces alimentados con las dietas experimentales como con la dieta testigo.
- Los resultados son positivos, debido a que la harina de semilla de copoazú puede ser incluida desde 5 a 15 % en la formulación de dietas balanceadas sin afectar el desarrollo normal de juveniles de Paco
- La harina de semilla de copoazú se torna un insumo potencial para la elaboración de alimento balanceado para peces tropicales, pudiendo contribuir en la disminución de la dependencia de insumos importados.
- Se puede concluir que las dietas experimentales formuladas con harina de semilla de copoazú tuvieron un nivel de consumo aceptable por los peces durante el periodo experimental.

Referencias

Atencio V G 2001 Producción de alevinos de especies nativas. Revista MVZ Córdoba (6)1: 8-14.

<http://www.redalyc.org/html/693/69360102/index.html>

Balbuena E 2011 Manual básico de piscicultura para Paraguay, Ministerio de Agricultura y Ganadería. FAO, pp, 50,

<http://www.fao.org/3/a-as829s.pdf>

Bautista E, Pernía J, Barrueta D y Useche M 2005 Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido Cachamay (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*). Revista Científica, XV (1): 33-40.

<http://www.redalyc.org/html/959/95915106/>

Borghetti J R y Canzi C 1993 The effect of water temperature and feeding rate on the growth rate of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) raised in cages. Aquaculture 114: 93-101

Casanova-Flores R y Chu-Koo F 2008 Evaluación del polvillo de malta de cebada, *Hordeum Vulgare*, como insumo alimenticio para gamitana (*Colossoma Macropomum*), Revista Folia Amazónica 17(1-2): 15-22,

<http://revistas.iiap.org.pe/index.php/fofiaamazonica/article/view/262>

Córdoba E A, González J C A, Ibañez L A M 2006 Perspectivas para el ordenamiento de la pesca y la acuicultura en el área de integración fronteriza Colombo – Peruana del río Putumayo, Bogotá, pp, 85,

<http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/handle/minam/1000/BIV00548.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De la Quintana H 2010 Producción en jaulas flotantes de Pacú y Tambaquí (*Colossoma* y *Piaractus*), Manual I para la producción de Pacú y Tambaquí en Jaulas flotantes, Bolivia: San Ignacio de Moxos, 59 pp, <http://www.ceam->

ong.org/wp-content/uploads/2014/02/Produccion_en_jaulas_de_pacu_y_tambaqui.pdf

Deza S, Quiroz S, Rebaza M y Rebaza C 2002 Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) “Paco” en estanques seminaturales de Pucallpa. Revista Folia Amazónica 13(1-2):49- 64, <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/137>

Díaz F y López R 1993 El cultivo de la “cachama blanca” (*Piaractus brachypomus*) y de la “cachama negra” (*Colossoma macropomum*), Fundamentos de Acuicultura Continental. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA), Bogotá, Colombia, 207-219 pp.

Dirección Regional de la Producción de Madre de Dios (DIREPRO-MDD) 2010 Proyecto: Fortalecimiento de capacidades para la producción piscícola en la Región de Madre de Dios, Catastro Acuícola de la Región Madre de Dios, <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/Informe-Final-Catastro-Acuicola-Madre-de-Dios.pdf>

Ensminger M E y Olentine C G 1983 Alimentos y Nutrición de los Animales. Buenos Aires: Ed, El Ateneo, pp, 682,

Escobar C J, Criollo D y Herrera W 2009 Copoazú (*Theobroma grandiflorum*, Willd, Ex Spreng Schum) Viabilidad y Manejo del Cultivo en el Piedemonte Amazónico. Caquetá-Colombia, Corpoica, pp, 40,

Flores S 1997 Cultivo de Frutales Nativos Amazónicos, Manual para el Extensionista. Secretaría Pro Tempore del TCA, IIAP, Iquitos, Perú

Fuentes J A M 2009 Efecto de la suplementación de castaña (*Bertholletia excelsa*), pijuayo (*Bactris gasipaes*), y mucuna (*Mucuna pruriens*), en la alimentación de juveniles de Paco (*Piaractus brachypomus*). Biodiversidad Amazónica 2(2): 14 – 26, <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/52/004-2-1-001.pdf?sequence=1>

Gutiérrez-Alva F W, Zaldivar-Rodríguez J, Deza-Taboada S A, Rebaza-Alfaro M 1996 Determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de Paco, *Piaractus brachypomus* (PISCES CHARACIDAE), Folia Amazónica, 8(2): 35-45, <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/320>

Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD) 2016 Producción Agrícola y Siembra, Producción de los Principales Cultivos Año 2015, Dirección Regional de Agricultura Madre de Dios, <http://www.dramdd.gob.pe/Docgestion/PRODUCCION-CULTIVOS-2015.pdf>

Guerra H, Saldaña G, Tello S y Alcántara F 2006 Cultivando Peces Amazónicos, San Martín, Perú, pp, 201, http://repositorio.iiap.org.pe/bitstream/IIAP/96/2/Humberto_Libro_2006.pdf

Gutiérrez-Mendoza Y, Mocheco-Muñoz O, Díaz-Viteri J E y Chañi-Paucar L O 2012 Efecto de la inclusión de probiótico comercial (Amino Plus) en el alimento extruido sobre el crecimiento del pez híbrido “Pacotana” (*Piaractus brachypomus* ♀ x *Colossoma macropomum* ♂). Biodiversidad Amazónica 4: 87-97,

Kohler C, Kohler S, Camargo W, Campos B, Alcántara F, Del Águila, M, Ramírez P y Silva, M 2007 Cartilla de acuicultura en la Amazonía, 2da ed, Iquitos, Perú,

Longoni C, Gonzáles A, Sánchez S, Ortiz J y Roux J 2001 Calidad de agua en estación de piscicultura de la provincia de corrientes, Instituto de Ictiología del Nordeste INICNE- Facultad de Cs, Veterinarias UNNE, Argentina, <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/04-Veterinarias/V-046.pdf>

Moreno L, Sandoval A, Criollo J y Criollo D 2013 Caracterización fisicoquímica de la grasa de las semillas del fruto de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*, [Willd, ex Spreng], Schum.). Alimentos Hoy 22(30):11-22,

Morris P 2007 Los efectos de la sustitución del aceite de pescado en la salud del pescado de crianza, salud, España: Rev, Skretting Informa: 10-12

Paula G F 2009 Desempenho do Tambaqui (*Colossoma macropomum*), da Pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), e do Híbrido Tambatinga (*C. macropomum* x *P. brachypomum*) mantidos em viveiros fertilizados, na fase de engorda, Dissertação de Mestrado em Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp115646.pdf>

Rebaza C, Villafana E, Rebaza M y Deza S 2002 Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus*, “Paco” en segunda fase de alevinaje en estanques seminaturales, IIAP. Revista Folia Amazónica 13(1-2):121- 134, <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/142>

Rebaza C, Rebaza M, Valdivieso M y Chu-Koo F 2008 Análisis económico del cultivo de gamitana *Colossoma macropomun* y paco *Piaractus brachypomus* usando una dieta extrusada comercial en Ucayali. Revista Folia Amazónica 17(1-2):7-13, <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/261> IBM SPSS 2013 IBM SPSS Softwar Statistics V22.0

Silva J W B E, Bernardino G, Silva Nobre M, Ferrari V A y Mendonca J O J 1997 Cultivo do pacú *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) em duas densidades de estocagem no nordeste do Brasil, B, Tec, CEPTA, 10:61-70pp

Tratado de Cooperación Amazónica (TCA) 1999 Piscicultura amazónica con especies nativas, alimentos y alimentación, <http://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/iiap/iiap1/texto.htm>

Tafur J, Alcántara F, Del Águila M, Cubas R, Mori-Pinedo L y Chu-koo F 2009 “Paco” *Piaractus brachypomus* y “Gamitana” *Colossoma macropomum* criados en policultivo con el Bujurqui-Tucunaré, *Chaetobranchus semifasciatus* (Cichlidae)” IIAP-UNAP. Revista Folia Amazónica 18 (1-2): 97-104, <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/336/405>

Vásquez W 2004 Principio de nutrición aplicada al cultivo de peces. Editor Universidad de los Llanos: Colección Unillanos 30 años, pp, 101,

Wijendran V y Hayes K C 2004 El equilibrio de los ácidos grasos alimentarios n-6 y n-3 y la salud cardiovascular. Annual Review of Nutrition 24: 597-615

Received 4 November 2017; Accepted 9 December 2017; Published 1 January 2018

[Go to top](#)