

Efecto del descascarillado de semillas de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) sobre antinutrientes, parámetros hematológicos y desempeño productivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Effect of dehulled of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seeds in antinutrients, haematological parameters and productive performance of tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Francisco Valdez-González*^{1,2}, Iram Zavala-Leal^{1,2}, Marcial Ruiz-Velazco^{1,2}, Juan Pacheco-Vega^{1,2}, Juan González-Hermoso¹, Breidy Cuevas-Rodríguez¹, Iván Díaz-Vázquez² y Arturo Polanco-Torres³

¹Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera a Los Cocos km. 12, Bahía de Matanchén San Blas, Nayarit, México.

²Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras - Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela, km 9 C.P. 63780, Xalisco, Nayarit.

³Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa, Guasave, Sinaloa, México.

Recibido: 03 de abril de 2018

Aceptado: 30 de mayo de 2018

Resumen

La alimentación representa aproximadamente el 70% de los costos de producción en el cultivo de tilapia, por lo que una línea prioritaria de investigación es la sustitución de la harina de pescado por subproductos agroindustriales de bajo costo. La semilla de jaca (*Artocarpus heterophyllus*), puede ser

utilizada como una fuente proteínica alternativa en la elaboración de alimentos para peces, ya que contiene hasta 20 % de proteína. Se elaboró una dieta control (DC), una dieta que contenía harina con semilla de jaca integral (SJI) y otra con harina con semilla descascarillada de jaca (SYD). Se utilizaron tanques de (1600 L), cada tratamiento fue probado por triplicado, con organismos con peso promedio de (7.5± 0.5 g). Los resultados obtenidos en el presente trabajo con harinas de semilla de yaca descascarillada, se relacionan con la disminución de fibra y taninos que permiten una mejor asimilación del contenido proteínico. El descascarillado es un proceso de bajo costo que incrementa el aprovechamiento nutrimental de las semillas de jaca, mejorando el desempeño productivo en tilapia. Este proceso permitió elaborar dietas con mejor contenido nutrimental, más digestibles y con una disminución significativa de fibra y antinutrientes, lo que ayudó a obtener un aumento en ganancia en peso, así como también mantener organismos saludables. Estos resultados indican que se puede sustituir en un 30% la harina de pescado por harina de semillas de yaca descascarilladas, sin afectar las variables productivas. Esto permitirá un ahorro considerable en los piscicultores debido a que este subproducto no tiene ningún costo.

Abstract

Feeding represents approximately 70% of the production costs in the culture of tilapia, so a priority line of research is the substitution of fishmeal by low-cost agro-industrial byproducts. The jackfruit seed (*Artocarpus heterophyllus*), can be used as an alternative protein source in the preparation of fish feed, as it contains up to 20% protein .

A control diet (DC) was elaborated, a diet that contained flour with whole jackfruit seed (SJI) and another with flour with dehulled seed (SJD). Tanks were used (800 L), each treatment was tested in triplicate, with organisms with an average weight of (7.5 ± 0.5 g). The results obtained in the present work with dehulled seed flours, are related to the decrease of fiber and tannins that allow a better assimilation of the protein content. Dehulled is a low-cost process that increases the nutritional use of jackfruit seeds, improving the productive performance of tilapia. This process allowed to develop diets with better nutritional content, more digestible and with a significant decrease in fiber and antinutrients, which allowed to obtain an increase in weight gain, as well as maintaining healthy organisms. These results indicate that fishmeal can be substituted 30% by dehulled seed meal, without affecting the productive variables. This will allow a considerable saving in the fish farmers due to the fact that this byproduct has no cost.

Palabras Claves: Descascarillado, semillas de jaca, tilapia, antinutrientes y rendimiento

Keywords: Dehulled, jackfruit seeds, tilapia, antinutrients and performance

Introducción

La contribución de la acuicultura al suministro mundial de pescado, crustáceos, moluscos y otros animales acuáticos ha ido en aumento en los últimos años (FAO, 2014). El rápido crecimiento de la acuicultura, en la actualidad proporciona casi la mitad de todo el pescado destinado al consumo humano, alcanzando por primera vez en 2014 una producción de 73.8 millones de toneladas (FAO, 2016). Con base en lo anterior se sitúa como el principal

sector que suministra alimento de origen animal (Deng *et al.*, 2015).

El cultivo de peces es una actividad de gran importancia en muchos países y aunque se cultivan gran variedad de peces, los dulceacuícolas representan el mayor volumen de producción comparado con otros grupos de especies (FAO, 2016). Dentro de ese grupo, la tilapia (*Oreochromis niloticus*) es la segunda especie de mayor relevancia acuicultura tropical (Deng *et al.*, 2015), por adaptarse a diversas condiciones de cautiverio. Además, por su valor comercial, sus cualidades para consumo humano y sus hábitos alimenticios; su cultivo se ha extendido por todo el mundo (Khalifa *et al.*, 2016).

El cultivo de tilapia en Latinoamérica se ha incrementado en los últimos años (FAO, 2014). Sin embargo, a medida que han aumentado las actividades acuícolas, también han surgido necesidades importantes que limitan la rentabilidad de dicha actividad; entre estas se encuentra todo lo relativo a la dieta (Collins *et al.*, 2012), lo cual representa entre el 50 % y 70 % total de los costos de producción en acuicultura intensiva y superintensiva (Zhu *et al.*, 2001; Valdez-González *et al.*, 2017).

Tradicionalmente, la harina de pescado ha sido la principal fuente de proteína empleada en la elaboración de alimentos para organismos acuícolas, por lo cual se convierte en la materia prima más costosa (Bowzer *et al.*, 2015). Además, su disponibilidad es limitada e impredecible (Liu *et al.*, 2011). Por esas razones y con el fin de reducir los costos de producción, se han realizado numerosas investigaciones donde se utilizan fuentes de proteína de origen vegetal para sustituir parcial o totalmente a la harina de pescado (Oliveira *et al.*, 2006; Valdez-González *et al.*, 2018).

Entre las materias primas que se pueden evaluar se menciona la semilla de yaca (*Artocarpus heterophyllus*), que puede ser utilizada como fuente alternativa de proteína en la elaboración de alimentos para peces, por poseer alto contenido proteínico (Madrigal-Aldana *et al.*, 2011). Sin embargo, la riqueza nutrimental de este ingrediente se ve afectada por la presencia de antinutrientes (Swami *et al.*, 2012), que provocan baja palatabilidad y reducen los coeficientes de digestibilidad (Phumee *et al.*, 2010). No obstante, existen diferentes procesos que pueden mejorar el aprovechamiento nutrimental de fuentes vegetales, entre los que se encuentran: el descascarillado (Valdez-González *et al.*, 2017).

Características generales de la semilla de jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

Las semillas de yaca miden de 2 a 3 cm de longitud y una fruta contiene de 100 a 500 semillas lo que representa de 8-15 % del peso total de la fruta con alto contenido de proteínas (22 %) y almidón. (Madrigal-Aldana *et al.*, 2011). Las semillas se componen de cotiledón 80 % y cáscara leñosa 20 % (Hernández, 2008). Sin embargo, después de aprovechar la fruta las semillas son desechadas (Madruga *et al.*, 2013), causando pérdidas de nutrientes que mediante algunos procesos podrían ser podría ser una alternativa de reemplazo de la harina de pescado en dietas para peces.

Al igual que otros vegetales la semilla de jaca también contiene antinutrientes como taninos, inhibidores de tripsina y fenoles; resultando no ser digestivo si se ingiere crudo (Akinmutini, 2006; Swami *et al.*, 2012).

Proceso de descascarillado de granos y subproductos para su utilización en alimentación

El descascarillado es un proceso que puede mejorar el aprovechamiento de ingredientes vegetales en la elaboración de dietas para peces (Pastor-Cavada *et al.* 2011; Valdez-González *et al.*, 2018). Se ha utilizado para disminuir o eliminar antinutrientes, así como el contenido de fibra cruda, mejora apariencia, textura, calidad de cocción, palatabilidad, digestibilidad proteínica y disminuye la concentración de taninos (Egounlety y Aworh, 2003; Valdez-González *et al.*, 2017).

Las innovaciones propuestas en este trabajo inciden en la reducción de costo de elaboración de alimento balanceado, aprovechando subproductos del fruto de la jaca, así como la formulación de dietas con porcentaje óptimo de digestibilidad proteínica y eliminación de antinutrientes, que repercutan en un mayor crecimiento sin tener efecto adverso en la salud de la tilapia.

Materiales y métodos

Obtención de materias primas

Se utilizaron semillas de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) en sus presentaciones integral y descascarillada. El descascarillado se realizó por lotes de 500 g de semilla de jaca, se utilizó un molino eléctrico de granos con un motor de 0.5 HP para partir la semilla en cuatro fragmentos. Debido al proceso de molienda, la cascarilla fue separada de los cotiledones fragmentados, para posteriormente ser eliminada con una corriente de aire aplicada a los fragmentos con un abanico doméstico. El pulverizado de las semillas se realizó en (Molino Tecator, mod 1083, Suecia) hasta obtener harinas que atravesaron malla 80 (0.180 mm).

Elaboración de las dietas

Se prepararon tres dietas, una dieta control a base de harina de pescado y dos tratamientos experimentales: semillas de yaca integral (SJI) y semillas de yaca descascarilladas (SJD). Los ingredientes fueron molidos hasta pasar una malla # 40 (0.425 mm). Posteriormente, se mezclaron los ingredientes y se homogeneizaron. El alimento fue elaborado en un molino de carne marca Torrey® México (Monterrey, México).

Diseño experimental del bioensayo de crecimiento

Durante el estudio de crecimiento se utilizaron unidades experimentales con capacidad de 1600 L. Se utilizaron 3 réplicas por tratamiento y peso inicial de 5 ± 2 g. Cada unidad experimental mantuvo aireación continua, con el nivel de oxígeno en 5 ± 0.5 mg/l y la temperatura en 28 ± 3 °C. Se realizaron biometrías cada 15 días para determinar el peso en gramos de todos los organismos de cada unidad. Al inicio del bioensayo de crecimiento los organismos se alimentaron a razón de 6 % de la biomasa total. Posteriormente, de acuerdo a la biomasa calculada para cada una de las tinas de los tratamientos, en cada una de las biometrías de los organismos se proporcionaron las raciones alimenticias por tina para los diferentes tratamientos. La alimentación se realizó tres veces al día manualmente. Al final del bioensayo se determinaron las variables productivas de tasa de crecimiento diario (TCD) $TCD = \frac{M_f - M_i}{t}$, tasa de crecimiento específico (TCE) $TEC = 100 * \{[\ln(PF) - \ln(PI)] / t\}$, factor de conversión alimenticia (FCA) $FCA = \text{Alimento consumido (kg)} / \text{incremento de peso (kg)}$, supervivencia (S).

Los análisis químicos de los ingredientes, dietas y heces se realizaron siguiendo la metodología descrita por AOAC (1998). Para determinar proteína se utilizó el método MicroKjeldahl, la determinación de nitrógeno se realizó en un sistema Kjeltex (Mod 1009 y 1002, Tecator, Suecia). Para la determinación de lípidos se empleó sistema Soxtec (Mod 1043, Tecator, Suecia) de extracción con éter de petróleo. La fibra se determinó mediante el secado y calcinación de la muestra después de la extracción con 0.5 M de H₂SO₄ y 0.5 M de NaOH. El contenido de cenizas se determinó mediante calcinación de la muestra en (horno Mufla Thermolyne 6000) a 600 °C por cinco horas.

Determinación de antinutrientes

Ácido fítico

El ácido fítico se determinó siguiendo el método reportado por Latta y Eskin (1980). La extracción se realizó mediante agitación (400 rpm/25 °C/1 h) de 1 g de harina, con 20 mL de HCl al 2.4%. Después, la suspensión se centrifugó (20,000 x g/25 °C/5 min) y el sobrenadante se guardó en refrigeración. Posteriormente, se utilizó una columna de vidrio (0.7 x 27 cm) empacada con fibra de vidrio y 0.5 g de resina de intercambio iónico marca (Bio-Rad). La columna se lavó con 15 mL de HCl al 5% y luego con 20 mL de agua desionizada. El sobrenadante se diluyó 1:25 y se agregaron 10 mL en la columna. Una vez que el líquido pasó por la columna se aplicaron 15 mL de NaCl 0.1 M y se descartó el eluato. Se colocó un recipiente de 25 mL bajo la columna y se añadieron 15 mL de NaCl 0.7 M para coleccionar el eluato, el cual se llevó a un volumen de 25 mL con agua desionizada. De esta solución se tomaron 3 mL y se le adicionaron 3 mL de agua desionizada y 1 mL

de reactivo de Wade (0.15 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + 1.5 g de ácido sulfosalicílico en 500 mL de agua desionizada). La mezcla se agitó vigorosamente. Los tubos se centrifugaron ($5000 \times g/25^\circ\text{C}/10 \text{ min}$) y se aisló el sobrenadante, del cual se tomó lectura del color en un espectrofotómetro (Spectronic mod 21D, Milton Roy, EUA) a 500 nm.

Taninos

El contenido de taninos se determinó por el método de la vainillina propuesto por Price *et al.* (1980), con ciertas modificaciones. La extracción se llevó a cabo dentro de las 24 h posteriores a la molienda sobre 1 g de muestra y 10 mL de una solución al 1% de HCl en metanol. La suspensión se agitó durante 40 min a temperatura ambiente y se centrifugó ($20,000 \times g$, 30°C , 20 min). A 1 mL de sobrenadante se agregaron 5 mL de reactivo de vainillina (50:50 v/v vainillina al 1% en metanol y HCl al 8% en metanol) a razón de 1 mL/min. Se dejó reposar durante 20 min en la oscuridad y se procedió a realizar la lectura en espectrofotómetro (Spectronic mod 21 D Milton Roy, EUA) a 500 nm. Se preparó un blanco de absorbancia cero con 1 mL de metanol adicionándole 5 mL de HCl al 4% a razón de 1 mL/ min. Se construyó una curva estándar de catequina y los resultados se reportaron como equivalentes de catequina.

Parámetros hematológicos

Al final de la prueba de alimentación, los peces no fueron alimentados durante las 24 h inmediatamente antes del muestreo de sangre. Se recolectó sangre con una jeringa hipodérmica de la vena caudal. Cada jeringa contenía 0.5 mL de EDTA, utilizado como anticoagulante para hematología (hemoglobina, hematocrito). La hemoglobina

(Hb) se determinó colorimétricamente midiendo la formación de cianometahemoglobina según Van Kampen y Zijlstra (1961). Los valores de hematocrito (Ht) se determinaron inmediatamente después del muestreo colocando sangre fresca en tubos capilares de vidrio y centrifugando durante 5 minutos en una centrífuga de microhematocrito.

Los índices hematológicos (VCM, HCM y CHCM) se calcularon mediante las fórmulas convencionales: Volumen corpuscular medio (VCM) = $Hct \times 10 / CSR \times 10^6/mm^3$. La Hemoglobina corpuscular media (HCM) = $Hb \times 100 / CSR \times 10^6/mm^3$, La Concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM %) = $Hb \times 100 / CSR \times 10^6/mm^3$. El Contenido total de proteínas se determinó colorimétricamente de acuerdo con (Henry (1964).

Resultados

El proceso de descascarillado afectó significativamente ($P < 0.05$), el contenido de proteínas, lípidos, fibra y cenizas (Cuadro 1). En el presente estudio se observó que el descascarillado redujo el contenido de taninos en semillas de yaca (). En este trabajo se observó que el descascarillado redujo el contenido de taninos en semillas de jaca (Cuadro 1). El procesamiento de harinas de semilla de yaca no permitió una disminución de ácido fólico.

La dieta con SJD no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) con respecto a la dieta control (DC), en las variables productivas PG, TC y FCA (Cuadro 2). No se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en supervivencia (S) entre las dietas experimentales y la DC (Cuadro 3).

Cuadro 1. Composición química proximal y antinutrientes presentes en ingredientes utilizados en dietas para tilapia *O. niloticus*.

Nutriente	Harina de pescado	SJI	SJD
Proteína	65.5±0.06	17.6±0.04 ^b	18.98±0.07 ^a
Lípidos	12.17±0.04	0.40±0.08 ^a	0.38±0.05 ^a
Fibra	0.03±0.01	5.87±0.08 ^b	1.30±0.05 ^a
Cenizas	26.73±0.03	7.5±0.08 ^b	6.10±0.03 ^a
ELN	5.57	68.63	73.24
Antinutriente	-	(mg/g)	(mg/g)
Ácido fítico	-	8.45±0.1 ^a	83.5±0.3 ^a
Taninos	-	0.3 ± 0.01 ^b	0.1±0.02 ^a

*SYI= Semilla de jaca integral

*SYD= Semilla de jaca descascarillada

Cuadro 2. Formulación y composición química de dieta control y dietas con semilla de yaca *A. heterophyllus* en tilapia nilótica *O. niloticus*.

Ingredientes	Control	SJI	SJD
Harina de pescado	400	350	350
Semilla de yaca integral	-	510	-
Semilla de yaca descascarillada	-	-	640
Harina de trigo	429	119	119
Aceite de pescado	20	25	25
Lecitina de soya	20	25	25
¹ Premezcla de minerales	10	10	10
² Premezcla de vitaminas	1	1	1
Grenetina	40	40	40
Composición química de dietas (g/kg)			
Proteína	301.5	294.5	298.13
Lípidos	103.41	101.5	98.97
Fibra	18.45	8.7	6.45
Cenizas	97.73	37.16	44.62
ELN	478.91	557.74	551.83

¹Mezcla de minerales (g kg⁻¹ dieta): KCl (0.5); MgSO₄•7H₂O (0.5); ZnSO₄•7H₂O (0.09); MnCl₂•4H₂O (0.00234); CuSO₄•5H₂O (0.005); KI (0.005); CoCl₂•2H₂O (0.00025); Na₂HPO₄ (2.37).

²Mezcla de vitaminas (unidades en mg/kg excepto): retinol (5000 IU); colecalciferol (4000 IU); α-tocoferol acetato (100); menadiona (5); tiamina (60); riboflavina (25); piridoxina HCl (50); ácido pantoténico (75); niacina (40); biotina (1); inositol (400); cianocobalamina (0.2); ácido fólico (10).

Cuadro 3. Desempeño productivo de dietas en tilapia nilótica *O. niloticus*

Dietas	Supervivencia (%)	PGF	TCD (%)	FCA
Control	98	84.28 ± 22.3 ^a	1.47 ± 0.06 ^a	1.7 ± 0.05 ^a
SJD	98	85.25 ± 20.3 ^a	1.48 ± 0.05 ^a	1.6 ± 0.24 ^a
SJI	98	65.36 ± 20.6 ^b	1.12 ± 0.48 ^b	2.0 ± 0.06 ^b

*PGF= Peso final ganado

*TCD= Tasa de crecimiento diario

*FCA= Factor de conversión alimenticia

El descascarillado es un proceso que permitió un mejor rendimiento en variables productivas con respecto al tratamiento con cascarilla y no presentó diferencias significativas ($P>0.05$), con respecto a la dieta control elaborada a base de harina de pescado.

Se determinaron distintos parámetros hematológicos en las tilapias, se realizó la determinación de hemoglobina, hematocrito, volu-

men corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media, concentración de la hemoglobina corpuscular media y proteínas totales (Cuadro 3). No se presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los distintos parámetros hematológicos ni valores por debajo del rango normal para peces de agua dulce (Cuadro 4).

Cuadro 4. Respuestas hematológicas de dietas experimentales en tilapia nilótica *O. niloticus*.

Parámetros hematológicos	Control	SJI	SJD
HCT (%)	30.2±4.4 ^a	26.2±2.7 ^a	27.9±4.5 ^a
HB (g/dL)	7.7±0.4 ^a	7.5±0.6 ^a	7.3±0.7 ^a
VCM (fL)	1.08x10 ⁴ ±5.8 ^c	1.34x10 ⁴ ±5.2 ^b	1.42x10 ⁴ ±3.5 ^a
HCM (pg)	43.9±1.2 ^a	43.4±1.5 ^a	45.7±1.1 ^a
CHCM (g/dL)	30.5±1.3 ^a	31.4±1.2 ^a	29.6±1.5 ^a
PT (%)	6.3±0.3 ^a	5.7±0.4 ^a	5.8±0.6 ^a

*HCR= Hematocrito

*HB= Hemoglobina

*VCM= Volumen corpuscular medio

*HCM= Hemoglobina corpuscular media

*CHCM= Concentración de la hemoglobina corpuscular media

*PT= Proteínas totales

Los organismos alimentados con la dieta SJI presentaron un valor promedio de HCT de (26.2 %), y los organismos que fueron alimentados con la dieta control (30.2 %). Los valores de Hb obtenidos en el presente estudio, concuerdan con los valores normales de Hb reportados para tilapia que oscilan entre (6.5 y 8.5 g dL⁻¹). Los valores obtenidos de VCM oscilan entre (115,000 y 174,000 fL). Los resultados obtenidos de HCM oscilan entre 34 y 51 pg en dietas para tilapia nilótica. Los valores obtenidos sobre HCM indican que las dietas experimentales probadas en este estudio, no provocaron anemia o desnutrición en la tilapia nilótica. No se encontraron diferencias significativas entre los valores de MHCM obtenidos en el presente estudio. Los valores obtenidos oscilaron entre (21.22 y 29.85 g/dL). No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en el porcentaje de proteína en los organismos alimentados con las dietas experimentales

Discusión

La eliminación de la cascarilla de la semilla de jaca permitió disminuir el contenido de ceniza y fibra principalmente, como consecuencia de la testa que contiene ciertos minerales (calcio, fósforo, magnesio, hierro, potasio) y una alta concentración de fibra (Williams y Singh, 1987; Valdez-González *et al.*, 2017). El aumento en el contenido de proteína y lípidos en los granos sin cascarilla puede ser un efecto de la concentración, teniendo en cuenta la pérdida de otros componentes tales como ceniza y fibra.

Diversos autores indican que la inhibición enzimática causada por taninos, disminuye la digestibilidad de los nutrientes nitrogenados (Allan y Rowland, 1994; Booth *et al.*, 2001),

causando una baja digestibilidad proteínica (Reichert *et al.*, 1980). Pinto *et al.* (2000) mencionan que los niveles de taninos superiores a 0.63 mg/g afectan significativamente la digestibilidad de materia seca, proteínica y lipídica en tilapia nilótica. Además, la eliminación de la testa puede provocar una disminución en antinutrientes endógenos de la cascarilla, así como en los polisacáridos estructurales, que en altas concentraciones reducen la digestibilidad de la materia seca en dietas para peces (Booth *et al.*, 2001). Diversos reportes mencionan que los niveles de fibra inferiores a 3 % mejoran la digestibilidad proteínica en tilapia nilótica (Lanna *et al.*, 2004). En este estudio, el proceso de descascarillado permitió reducir los niveles de fibra por debajo de ese nivel, lo que pudo influir en un incremento en la digestibilidad proteínica de los ingredientes.

Diversos autores mencionan que existen varios factores que afectan el crecimiento de la tilapia nilótica, como son: los requerimientos proteínicos, la tasa de alimentación y la temperatura del agua, entre otros (Yue y Zhou, 2008; Hernández *et al.*, 2010; Akinleye *et al.*, 2011). Toledo y Llanes (2011) mencionan que cuando de requerimientos proteínicos se trata, es necesario considerar la calidad de las proteínas, el contenido de energía y la digestibilidad de los ingredientes, por lo que al incluir una mezcla de cereal/leguminosa en las raciones para tilapia, se garantiza que puedan contar con una cantidad importante de proteína de alto valor biológico, que se traduce en una adecuada disponibilidad de aminoácidos esenciales, ácidos grasos y alta digestibilidad de la proteína (Vidotti *et al.*, 2002; 2003).

Los resultados obtenidos de HT en el presente estudio son similares a los encontrados por (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010; Akinleye *et al.*, 2012), los cuales reportan porcentajes de 25 a 35 % de Ht. Estos resultados se encuentran dentro del rango normal para un pez de agua dulce. Los valores de Hb obtenidos en el presente estudio, concuerdan con los valores normales de Hb reportados por Sun *et al.* (1995) que oscilan entre (6.5 y 8.5 g dL⁻¹). Los peces de agua dulce presentan valores de Hb menores que los peces marinos, debido a que la hemoglobina presenta mayor afinidad por el oxígeno en agua dulce (Conroy, 1988).

Los valores de VCM obtenidos en este estudio son similares a los reportados por Abdel-Tawwab (2012) en tilapia nilótica. Los resultados obtenidos en este estudio de HCM son similares a los obtenidos por (Akinleye *et al.*, 2012; Lourenco *et al.*, 2014) que oscilan entre 34 y 51 pg con tilapia nilótica. Los valores obtenidos sobre HCM indican que las dietas experimentales probadas en este estudio, no provocaron anemia o desnutrición en la tilapia nilótica. No se encontraron diferencias significativas entre los valores de MHCM obtenidos en el presente estudio. Los valores obtenidos oscilaron entre (21.22 y 29.85 g/dL). Los valores de proteína oscilaron entre (4.30 % y 5.32 %). Resultados similares fueron reportados por Abdel-Tawwab *et al.* (2010) en tilapia nilótica. Se utiliza la concentración de proteína total en la sangre como un índice básico de referencia para determinar la salud y el estado nutricional de los peces (Martínez, 2004).

El descascarillado disminuyó el contenido de fibra en harinas de semilla de yaca con respecto a las harinas integrales así como la

disminución significativa del contenido de taninos con respecto a las harinas integrales. El descascarillado es un proceso de bajo costo que incrementa el aprovechamiento nutrimental de las semillas de jaca, mejorando el desempeño productivo en tilapia. Este proceso permitió elaborar dietas con mejor contenido nutrimental, más digeribles y con una disminución significativa de fibra y antinutrientes, lo que ayudó a obtener un aumento en ganancia en peso, así como también organismos saludables. Estos resultados indican que se puede sustituir en un 30% la harina de pescado por harina de semillas de yaca descascarilladas, sin afectar las variables productivas. Esto permitirá un ahorro considerable en los piscicultores debido a que este subproducto no tiene ningún costo.

Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). Se agradecen las facilidades brindadas por el Centro de Investigación Institucional para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa) y la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera ENIP-UAN para realizar gran parte de este trabajo.

Referencias

Abdel-Tawwab M, Mohammad H, Ahmad B, Yassir AE, Khattab B y Shalaby, ME. (2010). Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 298, 267-274.

- Abdel-Tawwab, M. (2012). Effects of dietary protein levels and rearing density on growth performance and stress response of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). International Aquatic Research, 4:3
- Akinleye AO, Kumar V, Makkar HPS, Angulo-Escalante MA y Becker K. (2012). *Jatropha platyphylla* kernel meal as feed ingredient for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): growth, nutrient utilization and blood parameters. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 96, 119-129
- Akinmutini A.H. (2006) Nutritive value of raw and processed jack fruit seeds (*Artocarpus heterophyllus*): Chemical analysis Agricultural Journal, 04,266-271.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1998) Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International, 16th edn. AOAC, Arlington, VA.
- Allan GL y Rowland SJ. (1994). The use of Australian oilseeds and grain legumes in aquaculture diets. *Asian Fisheries Society Publication*, Manila, Philippines, pp. 667-670.
- Booth M, Allan G, Frances J y Parkinson S. (2001). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus* IV. Effects of dehulling and protein concentration on digestibility of grain legumes. *Aquaculture*, 196, 67-85.
- Bowzer J., Trushenski J. Rawles S., Gaylord T.G. y Barrows F.T. (2015). Apparent digestibility of Asian carp-and common carp-derived fish meal in feeds for hybrid striped bass *Morone saxatilis* X *M. chrysops* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*. 21, 43-53.
- Collins SA, Desai AR, Mansfield GS, Hill JE, Kessel van AG y Drew MD. (2012). The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation. *Aquaculture*, 02.018.
- Conroy, D. (1998). Manual de métodos y técnicas de laboratorio de uso común en la hepatología pisciaria. Pharma-fish S.R.L. Maracay, Estado Aragua, Venezuela. 25 pp.
- Deng J. M., Wang Y., Chen L. Q., Mai K. S., Wang Z. y Zhang X. (2015). Effects of replacing plant proteins with rubber seed meal on growth, nutrient utilization and blood biochemical parameters of tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Aquaculture Nutrition*. 44, 436-444.
- Egounlety M y Aworh OC. 2003. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). *Journal of Food Engineering*, 56, 249-254.
- FAO (2014) The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome Italy, p. 218.
- FAO (2016) The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome Italy, p. 218.
- Henry RJ. Biuret method in clinical chemistry. En Harper and Row Publisher, eds. New York: 1964.p.181-4.
- Hernández F. (2008). Propiedades nutritivas y curativas del árbol del pan o yaca (*Artocarpus heterophyllus*). Tlahui- Medic. No. 27, 1/2009 tomado de <http://www.tlahui.com/medic/medic27/yaca.htm>

- Khalifa N.S.A., Belal I.E.H., Tarabily K.A., Tariq S. y Kassab A.A. (2016). Evaluation of replacing fish meal with Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings commercial diet. *Aquaculture Nutrition*, 17, 288-296.
- Lanna EA, Pezzato LU, Furuya WM, Vicentini CA, Cecon PR y Barros MM. (2004). Fibra Bruta e Óleo em Dietas Práticas para Alevinos de Tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 2177-2185.
- Latta, M y Eskin M. (1980). A simple and rapid colorimetric method for phytate evaluation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 28, 1313-1315.
- Liu, L.W., Su, J.M., Zhang, T., Liang, X-F. & Luo, Y.L. (2011) Apperent digestibility of nutrients in Grass carp (*Ctenopharyngodonidellus*) diet supplement with graded levels of neutral phytase using pretreatment and spraying methods. *Aquaculture Nutrition* 19, 91-99.
- Lourenço KG, Claudiano GS, Eto SF, Aguinaga JY, Marcusso PF, Salvador, R y de Moraes FR. (2014). Hemoparasite and hematological parameters in Nile tilapia. *Comparative Clinical Pathology*, 23(2), 437-441.
- Madrigal-Aldana D. L., Tovar-Gómez B., Mata-Montes de Oca M., Sagayo-Areydi S. G., Gutierrez-Meraz F., & Bello-Pérez L. A. (2011) Isolation and characterization of Mexican jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus* L) sedes starch in two mature stages. *Starch Starke*, 63,364-372.
- Madruga M.S., Medeiros de Albuquerque F.S., Alves Silva I.R., Silva do Amaral D., Magnani M. & Queiroga Neto V. (2013) Chemical, morphological and functional proparties of Brazilian jakfruit (*Artocarpus heterophyllus*L.) sedes starch. *Food Chemistry*, 143,440-445.
- Martínez CBR, Nagae MY, Zaia CTBV y Zaia DAM. (2004). Acute morphological and physiological effects of lead in the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Brazilian Journal of Biology*, 64, 797-807.
- Oliveira, J.M., Oliveira de Souza, E. & Singh, P. (2006) Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Linneaus) feed. UFP, Brazil, 58059-000.
- Pastor-Cavada E., Drago S.R, González R.J., Juan R., Pastor J.E., Alaiz M. & Vioque J. (2011) Effects of the addition of wild legumes (*Lathyrus annuus* and *Lathyrus clymenum*) on the physical and nutritional proparties of extruded products based on whole corn and brown rice. *Food Chemistry*, 128, 961-967.
- Phumee, P., Wei, W.Y., Ramachandran, S. & Hashim, R. (2010) Evaluation of soybean meal in the formulated diets for juvenile *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878). *Aquaculture. Nutrition*, 17, 214-222.
- Pinto LGQ, Pezzato LE, Miranda EC, Barros MM, Furuya WM. (2000). Ação do tanino na digestibilidade de dietas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum*, 22, 677-681.
- Price ML, Van Scoyoc S y Butler, LG. (1978). Processed feedstuffs. *Journal Agriculture Food Chemistry* 26(5), 1214-1218.
- Reichert RD, Fleming SE y Schwab DJ. (1980). Tannin deactivation and Nutritional Improvement of Sorghum by Anaerobic Storage of H₂O-, HCl-, or NaOH- Trated Grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28, 824-829.
- Sun LT, Chen GR y Chang CF. (1995). Acute responses of blood parameters and comatose effects in salt-acclimated tilapias exposed to low temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 20 (3), 299-306.

- Swami S.B., Thakor N.J., Haldankar P.M. y Kalse S.B. (2012). Jackfruit and Its Many Functional Components as Related to Human Health: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
- Toledo J y Llanes J. (2011). Desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con la inclusión de altos niveles de harina de soya en la dieta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45 (2)
- Valdez-González F., Gutiérrez-Dorado R., Hernández-Llamas A., García-Ulloa M., Sánchez-Magaña L., Cuevas-Rodríguez B. & Rodríguez-González H. (2017) Bioprocessing of common beans in diets for tilapia: *in vivo* digestibility and antinutritional factors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17, 214-222.
- Valdez-González, F. J.; Gutiérrez-Dorado, R.; García-Ulloa, M.; Cuevas-Rodríguez, B. L.; Rodríguez-González, H. (2018). Effect of fermented, hardened, and dehulled of chickpea (*Cicer arietinum*) meals in digestibility and antinutrients in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16 (1), e0605.
- Van Kampen, E.J., Zijstra, W.G. (1961), Standardization of hemoglobimometry. II The hemiglobincyanide method. *Clinica Chimica Acta* (6).538- 544.
- Vidotti RM, Carneiro DJ, Macedo-Viegas, EM. (2002). Acid and fermented silage. Characterization and Determination of Apparent Digestibility Coefficient of Crude Protein for Pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Journal World Aquaculture Society*. 33-57.
- Vidotti RM, Viegas EMM, Carneiro DJ. (2003). Aminoacid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*. 105, 199-204.
- Williams PC. y Singh U. (1987). The Chickpea-Nutritional Quality and the Evaluation of Quality in Breeding Programmes, In "The Chickpea", pp324-356. Saxena, M.C. y Singh, K.B. (Ed) Wallington, Oxon, UK: CAB International, Inglaterra.
- Yue YR y Zhou QC. (2008). Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture*, 284(1), 185-189.
- Zhu, S., Chen, S., Ardi, R.W. & Barrows, F.T. (2001) Digestibility, growth and excretion response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to feeds of different particle sizes. *Aquaculture Research.*, 32, 885-893.

