

Evaluación de harina de yuca como sustituto del trigo en la alimentación de *Clarias gariepinus*

Evaluation of cassava meal as substitute for wheat in the feeding *Clarias gariepinus*

José Llanes – Iglesias¹ 

¹Empresa Desarrollo Tecnologías Acuícola. Carretera Central km 20 ½, Loma de Tierra, Cotorro, La Habana. Cuba.

Autor de correspondencia:

José Llanes-Iglesias. Empresa Desarrollo Tecnologías Acuícolas (EDTA)-Cuba. Email: josellanes9811@gmail.com

Como citar:

Llanes-Iglesias J (2025) Evaluación de harina de yuca como sustituto del trigo en la alimentación de *Clarias gariepinus*. Tropical Aquaculture 3 (1): e5746. DOI 10.19136/ta.a3n1.5746

Fecha de recepción: 19 de mayo de 2025

Fecha de aceptación: 13 de junio de 2025

Licencia creative commons:

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International



Resumen

Se evaluó la harina de yuca integral (HYI), como sustituto parcial de la harina de trigo (HT), en el pienso comercial de *Clarias gariepinus* durante la preceba. Se utilizaron 180 animales de $10,6 \pm 0,05$ g de peso medio inicial, ubicados según diseño completamente aleatorizado en cuatro tratamientos con tres repeticiones y se analizaron con un ANOVA de un factor, seguido de la prueba estadística de Duncan con 5% de probabilidad. Los tratamientos fueron: control con formulación del pienso comercial de bagres y tres alimentos experimentales con HYI con un 25, 50 y 75 % de sustitución del trigo del control. Los pellets con HYI tuvieron buena integración física y aceptación por los animales. No se encontraron diferencias en las cantidades de alimento (87.13, 85.80, 87.56 y 85.33 g) y proteína suministrados por animal (26.80, 24.82, 26.02 y 24.89 g). Tampoco hubo diferencias en los pesos finales (62.58, 60.28, 64.85, 60.25 g) y conversión alimentaria (1.65, 1.64, 1.59 y 1.68). Sin embargo, la mejor eficiencia proteica se obtuvo al sustituir el 50 % de trigo (1.96, 2.02, 2.10 y 2.00). La supervivencia fue 100 % en todos los tratamientos. Los costos de alimentación y beneficios económicos favorecieron todos los tratamientos con HYI. El mayor ahorro se alcanzó al remplazar 50 % de la HT (US \$115.22/t de pescado). Se concluye que la harina de yuca integral puede sustituir hasta el 75% de la harina de trigo en el pienso de alevines de *C. gariepinus*, sin comprometer el comportamiento productivo de los animales y con un efecto económico positivo.

Palabras claves: almidón, bagres, cereales, dieta, nutrición.

Abstract

The present study evaluated the use of whole cassava meal (HYI) as a partial substitute for wheat meal (HT) in the commercial feed of *Clarias gariepinus* during the pre-fattening stage. A total of 180 animals, with an average initial weight of 10.6 ± 0.05 g, were utilized in the study. These animals were randomly allocated to one of four treatments, with each treatment having three replicates. A one factor ANOVA followed by a Duncan significance test at the 5% probability level were employed to analyze the results. The treatments were: a control group using a formulation of the commercial catfish feed and three experimental diets with HYI that represented the replacement of 25, 50, and 75% of the wheat meal from the control diet, respectively. The pellets containing HYI demonstrated optimal physical integration and acceptance by the animals. No differences were detected in the amounts of food (87.13, 85.80, 87.56, and 85.33 g) or protein supplied per animal (26.80, 24.82, 26.02, and 24.89 g). The final weights and feed conversion rates were comparable across the groups, with no significant differences observed ($p > 0.05$). However, the protein efficiency (1.96, 2.02, 2.10, and 2.00) was enhanced when 50% of the wheat was substituted. The survival rates were found to be 100% across all treatment groups. The economic analysis revealed that all treatment options with HYI exhibited both reduced feed costs and tangible economic benefits. The most significant cost reductions were realized through the substitution of 50% of the wheat meal (US \$115.22/t of fish). The findings of this study demonstrate that the incorporation of whole cassava meal into the commercial feed of *C. gariepinus* fingerlings can substitute for up to 75% of wheat meal, without adversely affecting the animals' productivity or exerting a favorable economic influence.

Keywords: starch, catfish, cereals, diet, nutrition.

Introducción

El sector piscícola en Cuba presenta entre sus mayores limitantes la baja disponibilidad de materias primas de alta calidad para la producción de piensos. El trigo es la fuente energética que mayoritariamente se utiliza en los piensos del cultivo intensivo del bagre africano *Clarias gariepinus*. Este cereal se importa con precio elevado, debido a que el país no produce las cantidades suficientes de maíz para cubrir la demanda del consumo animal. Se estima que la alimentación piscícola representa entre 67 y 70 % del costo operacional (Corrêa *et al.*, 2020 y Perea *et al.*, 2022).

La yuca (*Manihot esculenta*), es una importante fuente de carbohidratos considerada como el cuarto producto básico más importante después del arroz, el trigo y el maíz (Torres y Hurtado 2022). La harina elaborada con los tubérculos es una fuente de energía rica en almidón y la posible sustitución total o parcial de otras harinas (básicamente el trigo), podría suplir importaciones, con el consiguiente beneficio económico. Referente a esto, Vázquez *et al.* (2013) reportaron digestibilidades aparentes de 74.8 % de materia seca, 83.7 % de proteína y 79.9 % de energía de la harina de yuca en la cachama (*Piaractus brachyomus*) y Torres y Hurtado (2022) informaron 77.5 % de materia seca, 87.51 % de proteína y 83.14 % de energía en dietas elaboradas para tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

La yuca se produce favorablemente en condiciones que pueden resultar muy difíciles para otras plantas del trópico (caña de azúcar, maíz y arroz), debido a su elevada tolerancia a la sequía y su capacidad para cultivarse en suelos ácidos y de baja fertilidad (Celis *et al.*, 2019); ventajas que justifican su alta disponibilidad en el país. De ahí, el objetivo de este trabajo fue evaluar la harina de yuca integral (HYI), de producción nacional, como sustituto parcial del trigo de importación en el pienso balanceado de alevines de *C. gariepinus*.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Nutrición de peces de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA) en La Habana, Cuba. La instalación cuenta con tanques circulares de cemento de 68 L de capacidad con flujo de agua regulado para un 100 % de recambio en 24 h.

Preparación de la harina de yuca integral

Se realizó según la metodología descrita por Valdivié (2022). Las raíces de yuca se limpiaron con agua a presión para quitar toda la tierra impregnada. Se trocearon en una picadora criolla, se colocaron en bandejas metálicas y se orearon 24 h al aire libre. Posteriormente, se culminaron de secar en un horno artesanal durante 24 h a 60°C. El producto resultante se molió en un molino de martillos, primero a un tamaño de 5 mm y después aproximadamente a 250 μ m. La composición química de la HYI se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química de la harina de yuca integral experimental

| Indicadores | % |
|-----------------|-------|
| Materia seca | 87.82 |
| Proteína bruta | 2.57 |
| Extracto etéreo | 0.56 |
| Fibra bruta | 5.22 |
| Cenizas | 3.61 |
| Calcio | 0.31 |
| Fosforo | 0.23 |

Bioensayo

Se utilizaron alevines de *C. gariepinus*, que se mantuvieron una semana de adaptación en una piscina de cemento de 4.5 m², donde recibieron el pienso comercial de preceba de bagres (30.84% de proteína bruta y 2,707.58 Kcal de energía digestible). Al cabo de este tiempo se seleccionaron

180 animales de 10.6 ± 0.05 g de peso medio inicial, los cuales se ubicaron al azar en doce tanques (15 peces por tanque). Se empleó un diseño completamente aleatorizado de un factor (dietas) con cuatro tratamientos: Un control a base de pienso de preceba de bagres y tres dietas

experimentales con diferentes niveles de HYI que representaron el 25, 50 y 75 % de sustitución de la harina de trigo en la formulación de la dieta control (tabla 2). Cada dieta tuvo tres repeticiones, donde el tanque fue la unidad experimental.

Tabla 2. Composición porcentual y química de las dietas experimentales para la alimentación de alevines de *Clarias gariepinus* (%)

| Ingredientes | CONTROL | D-25 % | D-50 % | D-75 % |
|--------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Harina de pescado | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| Harina de soya | 45.00 | 45.50 | 47.00 | 48.00 |
| Trigo blando molido | 40.00 | 29.50 | 18.00 | 6.80 |
| Harina de yuca integral | 0.00 | 10.00 | 20.00 | 30.00 |
| Accite vegetal | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Fosfato di cálcico | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 |
| *Mezcla Vit-mineral | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Análisis calculado | | | | |
| Materia seca | 89.90 | 88.73 | 89.29 | 88.92 |
| Proteína bruta | 3,84 | 30.11 | 29.72 | 29.14 |
| Extracto etéreo | 4.93 | 4.82 | 4.70 | 4.58 |
| Fibra bruta | 4.36 | 4.69 | 4.96 | 5.29 |
| Cenizas | 6.72 | 6.91 | 7.12 | 7.49 |
| Fósforo disponible | 0.62 | 0.61 | 0.66 | 0.63 |
| Energía digestible (Kcal/kg) | 11.34 | 11.14 | 10.95 | 10.76 |

*Mezcla vitamínica-mineral (Composición por kg de dieta): Vitamina A 5500IU; Vitamina D3 1000 IU; Vitamina E 50 mg; Vitamina K3 10 mg; Vitamina B1 20 mg; Vitamina B2 20 mg; Vitamina B3 (ácido pantoténico) 25 mg; Vitamina B6 10 mg; Vitamina B12 0.05mg; Vitamina C 150 mg; Niacina 120 mg; Ácido fólico 5 mg; Biotina 0.3 mg; Colina 600 mg; Inositol 100 mg; Pantotenato de calcio 50 mg; Selenio 0.1mg; Sulfato ferroso 50 mg; Sulfato de manganeso 15 mg; Magnesio 6.75 mg; Sulfato de zinc 30 mg; Sulfato de cobre 5 mg; Cloruro de Sodio 0.2 mg; Yodo 0.5 mg; Sulfato de cobalto 0.1 mg; Hidroxitolueno butilado (BHT) 1 mg.

Preparación de las dietas

Las harinas se molieron en el molino de martillos aproximadamente a 250 μ m y las mezclas se realizaron en una mezcladora (*HOBART MC-600*[®], Canadá), donde gradualmente se adicionaron el aceite vegetal, el fosfato dicálcico y la premezcla de vitaminas y minerales y por último el agua. La peletización se realizó en un molino de carne (*JAVAR 32*, Colombia), y el secado en una estufa

(Selecta, España) a 60°C por 24 h. Los análisis bromatológicos se realizaron por triplicado a los ingredientes según los métodos descritos por Latimer (2016) y la energía digestible (ED) se calculó con los coeficientes calóricos referidos por Toledo *et al.* (2015).

Desarrollo del Bioensayo

Las dietas se ofrecieron en dos raciones al 6 % de la biomasa durante 60 días. Los horarios de

alimentación fueron 09:00 am y 04:00 pm. Todos los días se registraron los valores de temperatura y oxígeno disuelto con un Oxímetro digital (HANNA, Rumania) y pH con un potenciómetro digital (HANNA, Rumania). Cada 15 días se ajustaron las raciones y al final del bioensayo se realizó un pesaje individual a todos los animales con una balanza digital (DIGI modelo DB, Japón) para el cálculo de los siguientes indicadores productivos:

$Cantidad\ de\ alimento\ suministrado/pez\ (g) = Cantidad\ total\ de\ alimento/número\ final\ de\ peces.$

$Cantidad\ de\ proteína\ suministrada/pez\ (g) = Cantidad\ total\ de\ proteína/número\ final\ de\ peces$

$Peso\ medio\ final\ (g)$

$Ganancia\ peso\ diaria\ (g\ /día) = Peso\ final - Peso\ inicial/Días\ de\ cultivo$

$Conversión\ alimentaria = Alimento\ añadido/Ganancia\ peso$

$Eficiencia\ proteica = Ganancia\ en\ peso/Proteína\ suministrada$

$Sobrevivencia\ (%) = No.\ Animales\ finales/No.\ Animales\ iniciales \times 100.$

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado. Se verificaron los supuestos teóricos del ANOVA a las variables a partir de las dójimas de Shapiro & Wilk (1965) para la normalidad de los errores y la dójima de Levene (1960) para la homogeneidad de varianza. Las variables cumplieron con los supuestos teóricos del ANOVA y los valores medios se compararon mediante la dójima de Duncan (1955) en los casos donde el ANOVA indicó significancia estadística. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012).

Análisis económico

Se realizó un análisis económico según el procedimiento de Toledo *et al.*, (2015). Se calcularon los costos de las raciones a partir de los precios internacionales de las materias primas (tabla 3) para diciembre de 2024 por Indexmundi (2025). A los resultados se le sumó el 45 % del total de costos de materias primas, por conceptos de gastos adicionales (transportación, maquila y costos administrativos) para Cuba. Estos valores se multiplicaron por los FCA que se obtuvieron en este estudio para estimar los costos de alimentación.

Tabla 3. Precios de las materias primas que se utilizaron para el análisis económico (\$ US /t)

| Materias primas | Valor USD |
|-------------------------|-----------|
| Harina de pescado | 1,600.60 |
| Harina de soya | 358.75 |
| Trigo | 253.75 |
| Harina de yuca integral | 92.00 |
| Aceite vegetal | 1,099.89 |
| Fosfato di cálcico | 491.00 |
| Mezcla Vit-mineral | 1,200.00 |

Resultados

Durante el periodo experimental se mantuvo la recirculación de agua durante las 24 h. La temperatura del agua de los tanques osciló entre 26.1 y 27.6°C, el oxígeno disuelto entre 4.8 y 6.2 mg/l y el pH entre 7.1 y 7.5.

Se observó que las dietas experimentales tuvieron buena integración física cuando se sumergieron en el agua y los peces la consumieron rápidamente. En cuanto los indicadores productivos, no se encontraron diferencias en los valores de cantidad de alimento y proteína suministrados por animal entre el control y las dietas con diferentes niveles de HYI (tabla 4). Por su parte, los pesos finales y las

ganancias de pesos diarios no difirieron entre los tratamientos experimentales.

En cuanto a los indicadores de eficiencia alimentaria, la conversión del alimento no se desfavoreció al sustituir hasta 75 % de la harina de trigo (HT), pero la eficiencia proteica fue mejor cuando se remplazó el 50 % de la HT. No hubo registro de mortalidades en ninguno de los tratamientos, por tanto, las supervivencias fueron del 100 % (tabla 4).

Los resultados del análisis económico (tabla 5) mostraron que la incorporación de HYI redujo los costos de las dietas experimentales en relación al alimento comercial (control). De igual forma, los costos de alimentación disminuyeron en todos tratamientos experimentales, aunque el mayor beneficio monetario se alcanzó al sustituir el 50 % de HT.

Tabla 4. Comportamiento productivo en la preceba de *Clarias gariepinus* con las dietas experimentales

| Indicadores | CONTROL | D-25 % | D-50 % | D-75 % | ± EE | P |
|------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|-------|
| Alimento / pez (g) | 87.13 | 85.8 | 87.56 | 85.33 | 0.92 | 0.210 |
| Proteína / pez (g) | 26.8 | 24.82 | 26.02 | 24.89 | 0.33 | 0.065 |
| Pesos finales (g) | 62.58 | 60.28 | 64.85 | 60.25 | 1.39 | 0.576 |
| Ganancia peso (g/día) | 0.88 | 0.84 | 0.92 | 0.84 | 0.02 | 0.581 |
| Conversión alimentaria | 1.65 | 1.64 | 1.59 | 1.68 | 0.01 | 0.075 |
| Eficiencia proteica | 1.96 ^a | 2.02 ^{ab} | 2.10 ^{bc} | 2.00 ^{ab} | 0.02 | 0.036 |
| Supervivencia (%) | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | - | - |

Letras diferentes en la misma fila difieren para $p < 0,05$ según Duncan (1955)

Tabla 5. Costo de la alimentación en la preceba de *Clarias gariepinus* con las dietas experimentales (\$ USD/t de pescado)

| Indicadores | CONTROL | D-25% | D-50% | D-75% |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Costo de la dieta | 718.04 | 694.56 | 672.67 | 650.69 |
| Costo de la alimentación | 1,184.76 | 1,139.08 | 1,067.54 | 1,093.16 |
| Ahorro | - | 45.68 | 115.22 | 91.60 |

Discusión

La calidad del agua durante la etapa de experimentación fue óptima para todos los tratamientos. Los valores registrados están acordes a los rangos de tolerancia para un buen comportamiento productivo de la especie (Toledo *et al.* 2015). La composición química de la HYI fue similar a los tenores reportados por Rodríguez *et al.* (2024) y presenta menor contenido proteico que el trigo (11,4 %). Según Valdivié (2022), en la HYI

alrededor del 50 % es proteína verdadera, aminoácidos libres y compuestos no proteicos como nitritos, nitratos y glucósidos cianogénicos entre otros. También, el autor informó que posee un reducido contenido de aminoácidos, particularmente azufrados.

El nivel de lípidos de la HYI es bajo y aporta alrededor de 0.4 % de ácido linoleico (Valdivié 2022), por lo tanto, cuando se utilizan altas concentraciones de esta harina, se debe adicionar

aceite vegetal para aportar este ácido graso esencial, así como para contribuir a la reducción de la consistencia pulverulenta de la dieta. Celis *et al.*, (2019) informaron que, dependiendo del tamaño de la raíz, la cáscara constituye entre 15 y 20 % del peso del tubérculo y en ella se concentra la mayor proporción de nutrientes, mientras que en la pulpa la mayor cantidad de carbohidratos digeribles y asimilables por los animales (almidón), de ahí que puedan aprovecharse por completo los tubérculos para la elaboración de piensos.

La buena integración física de los pellets se puede relacionar con los altos contenidos de almidón de la HYI que tiene un efecto aglutinante; característica favorable para las raciones acuícolas que evita su disolución en el agua y pérdidas de nutrientes por lixiviación. Por otra parte, las raciones tuvieron buena aceptación por los animales cuando la HYI se ofrece en forma de harina. Estos resultados coinciden con los reportes en gamitas (*Colossoma macropomum*) al sustituir el maíz por harina de yuca integral (Pereira *et al.* 2013) y en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* \times *O. niloticus*) al remplazar hasta un 15 % del pienso comercial por igual fuente energética (Rodríguez *et al.* 2024).

La buena aceptación de las raciones con un balance adecuado del nivel de proteína bruta y energía digestible permitió no afectar el consumo de alimento y por tanto de proteína entre los tratamientos. Esto favoreció que los pesos promedio de los peces no se afectaran en los tres muestreos realizados a los 15, 30 y 45 días y en consecuencia las cantidades de alimento y proteína a suministrar fueron similares para todos los tratamientos. Además, no hubo mortalidades, aspecto que puede incrementar la disponibilidad de alimentos en determinada etapa del bioensayo e influir en los indicadores productivos y no responder a la evaluación verdadera del ingrediente experimental.

Los pesos finales y las tasas de crecimiento diario presentaron valores acordes al nivel de proteína de las raciones (30 %), la tasa de alimentación y la densidad de siembra (Toledo *et al.* 2015). De igual forma, los indicadores de eficiencia alimentaria (FCA y eficiencia proteica) fueron óptimos, lo que indica que esta especie tiene capacidad para aprovechar eficientemente el almidón de la HYI. Estos resultados productivos pueden tener relación con los buenos valores de digestibilidad aparente de la harina de yuca reportados en cachama (Vásquez *et al.*, 2013) y tilapias rojas (Torres y Hurtado 2022); especies tropicales de hábitos omnívoros.

El trigo se considera una fuente energética clave en los alimentos comerciales para peces en muchos países por su alto contenido de carbohidratos digeribles y almidón que lo hacen superior al maíz (Toledo *et al.*, 2015). Es importante resaltar que en este estudio se utilizó el trigo blando molido, por tanto, la harina contiene el tegumento externo que le proporciona determinado nivel de fibra y, además, se incluyó directo en la ración sin tratamiento térmico previo. Por su parte, la HYI se secó al calor; proceso que puede favorecer la digestión del ingrediente al degradar y solubilizar los gránulos del almidón (gelatinización) y justifica los buenos resultados de este trabajo.

Un trabajo de Pereira *et al.* (2013) reveló que el remplazo de maíz por harina de yuca en gamitas fue viable debido que no comprometió los indicadores productivos, solo la sustitución total proporcionó una deposición de grasa en la canal, que atribuyeron a una mayor inclusión de aceite de soya y harina de carne en esa ración. Por su parte, Rodríguez *et al.* (2024) incorporaron 5, 10 y 15 % de harina de yuca en un pienso comercial con 32 % de proteína bruta para alimentar alevines de tilapia roja, y no encontraron diferencias en los crecimientos, pero la conversión alimentaria se desfavoreció con 10 y 15 % de harina de yuca y que, aunque los autores no

explicaron la causa, esto pudiera relacionarse con las menores cantidades de proteína bruta que recibieron los animales, al diluir las concentraciones de proteína por la harina de yuca.

Omoike *et al.* (2019) evaluaron la sustitución de maíz por granos secos de cervecera (19.6 % de proteína y 37.89 % de CHO) en la alimentación de *C. gariepinus* y concluyeron que los subproductos de cervecera pueden reemplazar razonablemente el 40 % del maíz sin variación significativa en el rendimiento productivo. Los valores más favorables se alcanzaron con el control, lo que atribuyeron a la palatabilidad del maíz, que mejora el consumo de alimento, no así los subproductos de cervecera que durante la elaboración y destilación de cerveza se elimina solo el almidón y el azúcar del grano y quedan porciones que no se fermentan como proteínas, grasas, carbohidratos insolubles, vitaminas y minerales. Además, también contiene apreciables cantidades de levaduras formada durante la fermentación.

Los valores de supervivencias indican que la HYI no fue promotora de mortalidades y no compromete la salud de los alevines de *C. gariepinus*. La yuca acumula dos glucósidos cianogénicos en las raíces y hojas: linamarina y lotaustralina en proporción de 93:7. Estos dos glucósidos son capaces de generar ácido cianhídrico (HCN), de forma que la concentración de cianuro y el uso de yuca como alimento animal están condicionados a una hidrólisis enzimática de esos dos glucósidos cianogénicos que requieren ser disminuidos o eliminados para no provocar mortalidades en los animales. Las variedades de yuca son normalmente clasificadas por el contenido de cianuro (CN) en la pulpa de la raíz, en dulces (< 100 mg HCN/Kg) y amargas (> 100 mg HCN/Kg) (Torres y Hurtado, 2022). La mayor parte de la harina para el consumo animal se hace con yuca dulce después del uso de técnicas de preparado más simples como troceado,

oreo y secado (Valdivié 2022), lo que se pudo corroborar con los buenos resultados de este trabajo donde se utilizó yuca dulce y la preparación de la harina se realizó según la metodología descrita por Valdivié (2022).

Los resultados encontrados en este trabajo evidencian que los alevines de bagres africanos también tienen buena habilidad para digerir los almidones presentes en la HYI. El efecto de incluir hasta 30 % de HYI en la dieta de alevines de *Clarias* es novedoso, ya que no se encontraron reportes sobre investigaciones con esta materia energética en alimentos comerciales, que, aunque es una especie omnívora tiene tendencia carnívora y depredadora.

Hermida (2015), evaluó la estabilidad sanitaria de piensos elaborados con 20 y 40 % de harina de yuca durante 42 días y obtuvo un aumento del conteo de moho, pero sin sobrepasar la cifra de 10^4 (valor máximo aceptable para los piensos – NC / ISO, 2007) y no se evidenció presencia de *Salmonella*. Este resultado es importante en las condiciones actuales de producción en Cuba; los piensos y materias primas se almacenan a temperatura ambiente; que unido a la alta humedad relativa favorece el desarrollo de hongos y el crecimiento bacteriano, por lo cual se requieren condiciones de almacenamiento adecuadas en lugares frescos y secos. Así, el autor demostró que la inclusión hasta 40 % de harina de yuca en los piensos no afecta su calidad microbiológica. Los costos de alimentación y los beneficios alcanzados con todos los tratamientos que incluyeron HYI están asociados a las diferencias de precios entre el trigo y la HYI (tabla 3) y no afectarse los indicadores productivos. Resultados que coinciden con los obtenidos por Pereira *et al* (2013), Torres y Hurtado (2022) y Rodríguez *et al* (2024).

Es importante señalar que la HYI tiene menor nivel de proteínas (2.57 %) que el trigo (11.6 %), por lo cual, cuando se sustituye el 75 % del trigo se hace

necesario incrementar 30 kg de harina de soya por cada tonelada de alimento o se necesita utilizar otra fuente proteica más económica que la soya para no afectar el requerimiento absoluto de proteína (g proteína/kg peso vivo), ni el comportamiento productivo de los animales; cuestión que en este trabajo se realizó con la soya y no influyó de forma negativa en los resultados económicos. Se evidencia también, que es más factible pagar la tonelada de HYI a \$92.00 USD a los productores cubanos, en lugar de comprarla a agricultores, transportistas y vendedores de otros países. Es probable, incluso, pagar a productores cubanos la tonelada de HYI a precios superiores y aun así obtener ventajas económicas.

Los resultados de este trabajo indican que es importante desarrollar proyectos agrarios que incentiven la producción eficiente y competitiva de yuca que junto a los subproductos de cereales (salvado o afrecho), estabilizarían las fuentes energéticas para la producción de piensos nacionales, al menos para peces de agua dulce. De esta forma, se disminuye la competencia con el hombre en el consumo de trigo y se enfrenta la crisis ante el elevado precio de los cereales, generada por la crisis económica mundial.

Conclusiones

La harina de yuca integral puede sustituir hasta el 75 % de la harina de trigo en el pienso balanceado de alevines de *C. gariepinus*, sin comprometer el comportamiento productivo de los animales y con efecto económico positivo.

Literatura citada

Celis W, Mathius M, Cáceres J, Aguilar J (2019). Rendimiento productivo de pollos parrilleros

alimentados con harina de yuca (*Manihotesculenta*) como reemplazo del maíz. Rev Inv Vet Perú, 30(2), 676-681.

<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16053>

Corrêa C, Da Silva T, Leonardo A, Reis-Neto R, Enke-Shoffen D (2020). Acid fish silage in the diet of pacu and tambacu reared at cold suboptimal temperature. Pesquisa Agropecuária Brasileira 55 (n. e 01653): 1-8. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2020.v55.01653>

Di Rienzo J A, Casanoves F, Balzarini M G, González L, Tablada M & Robledo C W (2012). Infostat versión 2012. Grupo Infostat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <http://www.infostat.com.ar>. [Consulted: October 9, 2019]

Duncan D B (1955). "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1. ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478

Hermida H (2015). Inclusión de harina de raíz de yuca en la dieta de pollos camperos K-53. Pastos y Forrajes, 38 (2): 207-212. ISSN 2078-8452.

Indexmundi (2023). Precios de mercado de materias primas y fertilizantes. Disponible en: www.indexmundi.com/preciosdemercados. [Consultado: 14 de julio de 2023].

Latimer GW (2016). *Official methods of analysis of AOAC International*. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available: <<http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>>, [Consulted: September 22, 2016].

Levene H (1960). Robust tests for the equality of variance In: Olkin, I., Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling, Stanford University Press, pp. 278–292, ISBN: 978-0-8047-0596-7.

Martínez C, Brito I (2019). Caracterización de algunas propiedades físico-mecánicas y químicas de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Rev Cie Téc Agr, 28(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207100542019000200006&lng=es&tln_g=es

Omoike A, Falaye A, Ogunyemi A (2019). Use of Agro-Industrial Waste (Brewer's Dried Grain) to Substitute Maize in the Diet of African Catfish *Clarias gariepinus*. African Journal of Resources Management Fisheries and Aquatic 4: 91-98. ISSN: 2672-4197 (Prints). www.theajfarm.com

Perea C, Garces Y, Morales Y, Jiménez M, Hoyos JL, Vivas NJ (2022). Digestibilidad de hidrolizados enzimáticos de vísceras de origen animal en *Piaractusbrachyomus*, Cuvier 1818. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 20 (1): 54-67. DOI: <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1606>

Pereira G, Pereira EM, Filho M, Barbosa P, Shimodas E, Brandao LV (2013). Desempenhoproductivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818) alimentados comrações contendo farinha de crueira de mandioca (*Manihote sculenta*, CRANTZ) em substituição aomilho (*Zea mays*). ACTA AMAZONICA 43 (2): 217-226. ISSN 0044-5967.

Rodríguez JM, Burgos BA, González WR, Acosta, J (2024). Harina de yuca en la alimentación de tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). Código Científico Revista De Investigación, 5(E4): 36–52.

DOI / URL:
<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE4/460>

Shapiro SS, Wilk MB (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). Biometrika, 52(3/4): 591–611, ISSN: 0006-3444, DOI: 10.2307/2333709.

Toledo J, Llanes J, Romero C (2015). Nutrición y alimentación de peces de aguas cálidas. *AcuaCUBA*, 17(1): 5-22. ISSN: 1608-0467.

Torres D, Hurtado V (2022). Digestibilidad aparente de la energía bruta y proteína de alimentos para tilapia roja (*Oreochromis sp.*). IV Congreso Internacional de Ciencias Agrarias y Ambientales. Seguridad Alimentaria (CICAA 2022), 305-309, Virtual 9, 10 y 11 de noviembre. ISSN 2745-1801.

Valdivié M (2022). Alternativas de alimentación para la producción de aves, cerdos y conejos en Cuba. Taller Producción de monogástricos. Memorias Convención Producción Animal y Agrodesarrollo. Del 10 al 14 de octubre 2022. Centro de Convenciones Plaza América. Varadero, Matanzas, Cuba. ISBN: 978-959-7171-86-7.

Vásquez W, Yossa MI, Gutiérrez MC (2013). Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. Pesq. agropec. bras. Brasília 48 (8): 920-927. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000800016

