



Evaluación de harina de hojas de yuca en el alimento para tilapia del Nilo GIFT

Evaluation of cassava leaf meal in GIFT Nile tilapia feed

José E. Llanes - Iglesias¹ 
Pedro H. Toledo - Agüero² 

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

² Departamento de Acuicultura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte. Coquimbo. Chile.

Autor de correspondencia: José E. Llanes – Iglesias. Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas. Carretera Central km 20 ½, Loma de Tierra. Cotorro. La Habana, Cuba. jose@edta.alinet.cu

Como citar: Llanes-Iglesias JE, Toledo- Agüero (2026) Evaluación de harina de hojas de yuca en el alimento para tilapia del Nilo GIFT. Tropical Aquaculture 3 (2): e57535. DOI 10.19136/ta.a3n2.5753

Recibido: .

Aceptado: .

Licencia creative commons:
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International



Resumen

Ante el creciente interés global en el uso de recursos de origen local para la alimentación de peces, se evaluaron diferentes niveles de inclusión de harina de hojas de yuca (HHY) (0, 6, 9 y 12 %) en el alimento para alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) GIFT. Un total de 144 animales, con un peso promedio inicial de 0.36 ± 0.01 g, se asignó aleatoriamente a cuatro tratamientos, con tres repeticiones, y se analizó mediante análisis de varianza de una vía y, en caso necesario, la prueba estadística de Duncan con 5% de probabilidad. Los tratamientos consistieron en cuatro dietas: la formulación del alimento de alevines de tilapias (control) y las restantes con 6, 9 y 12 % de HHY como sustituto parcial de las harinas de soya y trigo del control. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de alimento (14.01, 13.36, 12.90 y 13.52 g) y de proteína suministrada (4.32, 4.11, 3.91 y 4.02 g) por animal. También los pesos finales (6.50, 6.15, 6.13 y 5.98 g) y la conversión alimentaria (2.28, 2.30, 2.22 y 2.38) no se vieron afectados por ningún tratamiento. La supervivencia fue adecuada en todas las dietas (mayor al 91.67 %). Los costos de alimentación y los beneficios económicos favorecieron todos los tratamientos con HHY. El mayor ahorro se alcanzó con 9 % (US\$ 105,44 /t). La inclusión de hasta un 12 % de HHY no compromete el desempeño productivo de los alevines de tilapia GIFT del Nilo, con un efecto económico positivo.

Palabras clave: carbohidratos, economía circular, materias primas locales, peces.

Abstract

Due to a growing interest in the use of local resources for fish feed, different inclusion levels (0, 6, 9, and 12 %) of cassava leaf meal (CLM) in the feeding of Nile tilapia GIFT (*Oreochromis niloticus*) fingerling were evaluated. A total of 144 animals, with an average initial weight of 0.36 ± 0.01 g, were utilized in the study. These animals were randomly assigned to four treatments with three replicates and analyzed using one-way analysis of variance and Duncan's test at the 5% probability level, as necessary. The treatments consisted of four diets: the tilapia fingerling feed formulation (control) and the remaining diets with 6, 9, and 12 % CLM as partial replacements for the soybean and wheat meals in the control. No statistical differences were found in the amounts of feed (14.01, 13.36, 12.90, and 13.52 g) and protein supplied (4.32, 4.11, 3.91, and 4.02 g) per animal. Also, the final weights (6.50, 6.15, 6.13, and 5.98 g) and feed conversion ratio (2.28, 2.30, 2.22, and 2.38) were not affected by treatment ($p > 0.05$). Survival was appropriate across all diets (greater than 91,67 %). Feed costs and economic benefits favored all CLM treatments. The most significant savings were achieved at 9% (US\$ 105.44 per ton). The inclusion of up to 12% cassava leaf meal does not compromise the productivity of GIFT Nile tilapia fingerlings and has a positive economic effect.

Keywords: carbohydrate, circular economy, local raw materials, fish.

Introducción

La situación económica actual de Cuba y de otros países latinoamericanos en vías de desarrollo no garantiza la disponibilidad de materias primas necesarias para la elaboración de alimentos destinados al cultivo de tilapias. Estos balanceados incluyen altos porcentajes de soya y trigo, típicamente importados, y, dada la tendencia alcista de los precios en el mercado internacional, resulta imposible mantener la estabilidad adquisitiva, lo que provoca inseguridad en su producción (Chalaune *et al.*, 2022). Esto conlleva una disminución de los rendimientos productivos, por lo que se requiere buscar opciones nacionales como fuentes de nutrientes.

Entre las alternativas se encuentra la yuca (Manihot esculenta, Crantz), planta arbustiva muy productiva en el trópico, que se cultiva por sus tubérculos para la alimentación humana y animal y para usos industriales, como el almidón (Blanquiceth *et al.*, 2025). Por otra parte, las hojas representan un potencial importante como fuente de proteínas foliares, carotenos, vitaminas y minerales para la alimentación animal (Valdivié 2022).

La obtención de harina de hojas de yuca (HHY) para su uso en alimentos acuícolas y la posible sustitución parcial de otras harinas (soya y trigo) permitirían disminuir las importaciones, con el consiguiente beneficio económico. El nivel de proteína de las hojas de yuca puede fluctuar entre 17 y 30 %, según la edad del corte (Leguizamón *et al.*, 2021). No obstante, presentan altos contenidos de ácido cianhídrico y de fibra bruta (Mukhtar *et al.*, 2023), que podrían limitar su nivel de inclusión.

Un estudio realizado por Amare *et al.* (2024) en tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*) reveló que la inclusión de 16.7 % de HHY disminuyó la digestibilidad, el crecimiento y la eficiencia alimentaria de los animales en comparación con el grupo control. Algunos autores señalan como principales limitantes su baja aportación de aminoácido metionina y su bajo valor energético (Toledo *et al.*, 2015; Valdivié, 2022).

La alta disponibilidad de hojas de yuca en todo el país y la necesidad de innovar en nuevas formulaciones con materias primas nacionales justifican el desarrollo de dietas innovadoras que consideren la inclusión de derivados de la yuca, toda vez que el alimento representa el mayor porcentaje de los costos operacionales de la piscicultura intensiva (Cala *et al.*, 2024). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes niveles

de inclusión (0, 6, 9 y 12 %) de HHY en el alimento para alevines de tilapias del Nilo (*O. niloticus*) GIFT.

Materials and methods

El experimento se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Alimentación 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 constante (recambio del 100 % diario).

Preparación de la harina de hojas de yuca: Las hojas se recolectaron de una plantación de yuca (variedad CMC-40) con seis meses de siembra. Su elaboración se realizó según la metodología de Valdivié (2022). Las hojas se recolectaron manualmente y se fraccionaron en una picadora artesanal. El producto resultante se colocó en una bandeja metálica para secado al sol durante tres días y se rotó diariamente para lograr un secado uniforme. Posteriormente, el material se pulverizó hasta 3 mm de tamaño en un molino de martillo y las partículas grandes se separaron con un tamiz de 1 mm. La composición química de la HHY se presenta en la Tabla 1.

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

Indicadores	%
Materia seca	88.36 ± 0.09
Proteína bruta	23.87 ± 0.21
Extracto etéreo	4.84 ± 0.35
Fibra bruta	16.60 ± 0.25
Cenizas	10.05 ± 0.10

Preparación de las dietas

Todas las harinas se molieron en un molino de martillos artesanal, con cribado de aproximadamente 250 µm. La harina de trigo se mezcló con 30 % de agua caliente a 100 °C para hidratar el almidón y formar un gel que mejora la mezcla con el resto de los ingredientes, fundamentalmente con la HHY. La mezcla gradual de los ingredientes se realizó en una mezcladora (HOBART MC-600®, Canadá), donde se adicionaron el aceite de girasol, el fosfato dicálcico, la premezcla de vitaminas y minerales y 20 % de agua estéril para su

acondicionamiento. La peletización se realizó con un molino de carne (*JAVAR 32*[®], Colombia) y, posteriormente, los pellets se secaron en una estufa (Selecta, España) a 60 °C durante 24 h. Los análisis químicos se realizaron en los ingredientes empleados según los métodos descritos por Latimer (2016) en el Laboratorio de Nutrición y Análisis Químico de la Universidad Católica del Norte, en Coquimbo, Chile. La energía digestible (ED) se calculó utilizando los coeficientes calóricos de Toledo *et al.* (2015).

Bioensayo

Se utilizaron alevines de tilapia del Nilo GIFT, que se acondicionaron durante una semana en un estanque de cemento de 4.5 m², con alimento comercial para tilapias

(30.84 % de proteína bruta y 2 707,58 kcal de energía digestible). Posteriormente, fueron pesados y seleccionados 120 animales de 1.26 ± 0.06 g de peso promedio, que se asignaron al azar a 12 tanques (10 animales por tanque). Los tratamientos consistieron en cuatro dietas: un control, correspondiente a la formulación del alimento comercial de tilapias, y las experimentales con 6, 9 y 12 % de HHY como sustituto parcial de las harinas de soya y de trigo (Tabla 2); cada formulación estuvo integrada por tres repeticiones.

Tabla 2. Composición porcentual y química de las dietas experimentales para la alimentación de alevines de tilapias del Nilo GIFT (%)

Ingredientes	D0	D6	D9	D12
Harina de pescado	10	10	10	10
Harina de soya	45	42.5	40	38.5
Trigo blando molido	39.5	36	35.5	34
Harina de hoja yuca	0	6	9	12
Aceite vegetal	3	3	3	3
Fosfato dicálcico	1	1	1	1
*Mezcla Vit-mineral	1	1	1	1
Carboximetil celulosa	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	100	100	100	100
Análisis calculado				
Proteína bruta	30.84	30.77	30.32	30.21
Extracto etéreo	4.93	5.15	5.28	5.40
Fibra bruta	4.36	4.68	4.79	4.95
Cenizas	6.72	7.10	7.24	7.42
Fósforo disponible	0.6	0.6	0.6	0.6
Energía digestible (Kcal/kg)	2 707.58	2 685.62	2 675.58	2 664.75

*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 B12,0.05 mg; 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.

Las dietas se ofrecieron en dos raciones, del 8 al 6 % de la biomasa, durante 60 días. Los horarios de alimentación fueron 08:00 AM, 12.30 PM y 04:00 PM. Diariamente se registraron los valores de temperatura y de oxígeno disuelto con un oxímetro digital (*HANNA*[®], Rumanía) y el pH con un potenciómetro digital (*HANNA*[®], Rumanía). Cada 15 días se ajustaron las raciones y, al final del bioensayo, se realizó el pesaje

individual de todos los animales con una balanza digital (*DIGI*[®] modelo DB, Japón) para el cálculo de los principales indicadores productivos referidos por Chalaune *et al.* (2022).

- 1) Alimento/pez (g) = cantidad total de alimento / número final de peces.
- 2) Proteína suministrada/pez (g) = cantidad total de proteína / número final de peces.

- 3) Peso medio final (g).
- 4) Ganancia de peso diaria (g/día) = (peso final - peso inicial) / días de cultivo.
- 5) Conversión alimentaria = Alimento añadido / Ganancia de peso.
- 6) Eficiencia proteica = Ganancia en peso / Proteína suministrada
- 7) Supervivencia (%) = No. Animales finales / No. Animales iniciales x 100.

Base de datos y análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) según el modelo de clasificación simple. Se verificaron los supuestos teóricos del ANOVA para todas las variables mediante las pruebas de Shapiro & Wilk (1965) de normalidad de los errores y de Levene (1960) de homogeneidad de varianzas. Las variables cumplieron con los supuestos teóricos del ANOVA, excepto la supervivencia, para lo cual se empleó la transformación arcoseno. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat® versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012) y los valores medios se compararon mediante la prueba de comparación múltiple de Duncan (1955) cuando correspondió.

Análisis económico

Se realizó según el procedimiento de Toledo *et al.* (2015) y, para ello, se calcularon los costos de las raciones a partir de los precios internacionales de las materias primas correspondientes a mayo de 2025 (www.indexmundi.com/preciosdemercados) (Tabla 3). A los resultados se les sumó el 45 % del total de costos de materias primas, por conceptos de gastos adicionales (transportación, maquila y administrativos) para Cuba. Estos valores se multiplicaron por los FCA obtenidos en este estudio para determinar los costos de alimentación.

Tabla 3. Precios de las materias primas que se utilizaron en las dietas experimentales (\$ US /t)

Materias primas	Valor
Harina de pescado	1 664.00
Harina de soya	358.00
Trigo blando	237.00
Harina de hoja de yuca	51.00
Aceite vegetal	1 156.17
Fosfato dicálcico	465.00
Mezcla Vit-mineral	1 380.00

Resultados

La temperatura del agua de los estanques osciló entre 25.7 y 26.9 °C, mientras que el oxígeno disuelto varió entre 5.1 y 6.0 mg/L. Por su parte, los registros de pH oscilaron entre 7.1 y 7.3.

La composición química de la HHY (Tabla 1) reveló que presenta un alto contenido de proteínas respecto a la harina de tubérculos (2.8 %) y un alto nivel de fibra bruta (FB). Por otro lado, se observó que los pellets con HHY presentaron una buena integración física al vertirse en el agua, aunque su captura por los animales fue rápida.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en las cantidades de alimento y de proteína suministradas por animal (Tabla 4). También los indicadores de crecimiento y eficiencia alimentaria no difirieron ($P > 0.05$) hasta el mayor nivel de inclusión evaluado (12 %) en las raciones de tilapia del Nilo GIFT (Tabla 4). Las supervivencias registradas mostraron valores elevados (superiores al 91,67 %) en todos los tratamientos.

El análisis económico del estudio mostró que el incremento de HHY favorece la reducción del costo de las raciones y de la alimentación en todos los tratamientos (Tabla 5). El mayor ahorro monetario se observó cuando se incluyó 9 % de HHY en la dieta.

Discusión

Las condiciones generales de la evaluación experimental en el presente estudio resultaron satisfactorias. Los valores de calidad del agua registrados se consideran de confort para el buen desempeño productivo de la tilapia del Nilo (Abd El-Hack *et al.*, 2022).

La composición química de la HHY experimental reveló que el contenido de proteína bruta fue similar al reportado por Amare *et al.* (2024), de 24.6 % al secar las hojas de yuca (HY) al aire libre. Estos autores evaluaron otros métodos de procesamiento e informaron incrementos en los niveles de proteína para las fermentaciones con fluido de rumen (29.3 %), levadura – melaza (27.8 %) y fluido de rumen – levadura (30.3 %),

debido al crecimiento de bacterias y levaduras durante el proceso de fermentación, que también son fuentes de proteínas.

Tabla 4. Comportamiento productivo en el alevinaje de tilapias del Nilo GIFT con las dietas experimentales

Indicadores	D0	D6	D9	D12	± EE	P
Alimento/pez, g	14.01	13.36	12.90	13.52	0.30	0.689
Proteína /pez, g	4.32	4.11	3.91	4.02	0.10	0.618
Pesos finales, g	6.50 ±0.33	6.15 ±0.31	6.12 ±0.29	5.97 ±0.37	-	0.713
Ganancia peso diaria, g/día	<u>0.10</u> ±0.01	<u>0.09</u> ±0.01	<u>0.09</u> ±0.01	<u>0.09</u> ±0.01	-	0.834
Conversión alimentaria	2.28	2.30	2.24	2.38	0.06	0.855
Eficiencia proteica	1.43	1.43	1.49	1.39	0.04	0.859
Supervivencia, %	94.44 (78.81)	97.22 (84.41)	94.44 (78.81)	91.67 (76.37)	2.62	0.811

Valores entre paréntesis (arcsen√%)

Tabla 5. Análisis económico en el alevinaje de tilapia del Nilo GIFT con las dietas experimentales (US \$ / t)

Indicadores	D0	D6	D9	D12
Costo de la dieta	689.38	667.09	654.62	643.89
Costo de alimentación	1,571.79	1,534.31	1,466.35	1,532.46
Ahorro		37.48	105.44	39.37

Costo de alimentación = Costo de la dieta x conversión alimentaria

Por otra parte, Blanquiceth *et al.* (2025) reportaron niveles de PB del 25.3 % para la HHY de una variedad dulce venezolana (MCol 2215) y del 19.1 % para una variedad de yuca amarga Corpoica Tai (MTAI 8). Estos contenidos proteicos de las HHY se encuentran dentro de los valores referenciados por Leguizamón et al. (2021) y dependen de los factores agroclimáticos, del sistema de manejo de los cultivos, del tipo de rendimiento para el que se utilizan las variedades, de su genética y de los métodos de procesamiento en la elaboración de la harina. Los mismos autores refirieron, además, que las

HHY presentan una alta concentración de lisina, prolina y leucina.

En cuanto al nivel de FB, fue alto en comparación con el bajo requerimiento de *O. niloticus*, lo que puede limitar su nivel de inclusión. El valor encontrado fue similar a las HHY (15 % y 19 %) referidas por Blanquiceth *et al.* (2025). Sin embargo, estos autores también elaboraron harinas a partir de peciolos, y los niveles fueron de 48 % (MCol 2215) y 32 % (MTAI 8), mientras que las harinas de tallos fueron de 64 % (MCol 2215) y 37 % (MTAI 8). Esto sugiere que para la alimentación de peces es importante solo utilizar las hojas y el resto de las partes aéreas de la planta de yuca tienen un limitante por el alto contenido de FB, en comparación con las otras harinas comerciales, condicionando a estas harinas como suplemento para rumiantes, debido a que estos animales están capacitados con la microbioma funcional en el rumen y un ciego pilórico que les permite la asimilación de alimentos de tipo fibrosos y, por ende, tienen una mejor conversión alimenticia, no así los peces.

La buena aceptabilidad de las dietas con HHY puede indicar que el troceado y el secado redujeron los factores antinutricionales (FAN) y, por tanto, no comprometieron el consumo de las raciones. En las variedades de yuca dulce, los contenidos de HCN son más bajos (menos de 118 ppm) que en las amargas (300 ppm); sin embargo, en ambas, los contenidos de HCN son más bajos en las raíces que en las hojas (Valdivié 2022).

La buena integración física de los pellets se atribuye a la hidratación del almidón de yuca con agua caliente, cuyo gel contribuyó a la aglutinación final de la ración. Es importante señalar que la HHY forma parte del follaje y, cuando se seca, tiene poco peso; por tanto, el 12 % de inclusión representó un volumen casi similar al del resto de la mezcla. Esto puede desfavorecer la aglutinación de la dieta al no disponer de una materia prima con alta concentración de almidón. En este estudio, la ración D12 presentó 34 % de trigo, que aporta aproximadamente 19 % de almidón, y 0.5 % de carboximetilcelulosa, lo que pudo contribuir a la buena aglomeración de los pellets.

Los indicadores de crecimiento y eficiencia alimentaria evidenciaron que hasta 12 % de HHY no provocó ningún desbalance nutricional para la especie, en cuanto a la composición de aminoácidos esenciales (fundamentalmente metionina) y la energía; nutrientes que pueden afectar el desempeño de los animales cuando se utiliza la HHY, según los criterios de Toledo *et al.* (2015) y Valdiviá (2022). Esto sugiere que la HHY debe mezclarse con otros ingredientes proteicos para complementar los niveles de aminoácidos limitantes, y con aceite vegetal o con una fuente rica en almidón, para aportar la energía necesaria y mejorar su valor nutricional.

En la formulación de las raciones, con la inclusión de 12 % de HHY, se sustituyó el 15 % de soya, reglón de mayor costo, y el 14 % de trigo por su menor disponibilidad para su uso en la alimentación humana. De esta forma, se logró mantener las dietas isoproteicas sin afectar los requerimientos relativos (%) y absolutos (g/kg de peso vivo) de proteínas de las dietas experimentales respecto al control, y así no comprometer el comportamiento productivo de los animales.

En relación con lo anterior, Amare *et al.* (2024) sustituyeron el 37 % de soya, el 5 % de harina de pescado y el 7.52 % y el 3.75 % del trigo y del maíz, respectivamente, lo que desfavoreció en 2 % el nivel de proteína bruta (28 %) de la dieta experimental respecto al control (30 %). Esta diferencia proporciona una disminución del consumo de proteína de 240 g en los 120 días de alimentación, lo que pudo influir en el menor desempeño productivo de los animales que consumieron la HHY.

Otro trabajo consultado en la literatura respalda la efectividad de utilizar la HHY, como el informado por Bohnenberger *et al.* (2010), quienes lograron incorporar hasta un 20 % de concentrado proteico elaborado a partir de hojas de yuca para alimentar larvas de tilapias del Nilo. Este resultado y los obtenidos en este estudio pueden corroborar los valores de digestibilidad aparente de materia seca (54.8 %) y de proteína (79.8 %) en *O. niloticus* (Amare *et al.*, 2024), que pueden considerarse satisfactorios para un subproducto agrícola que, en muchas ocasiones, constituye un desecho.

Investigaciones de digestibilidad de la proteína de la HHY en ratas revelaron una digestibilidad cercana al 80 % en hojas jóvenes y al 67 % en hojas más viejas; esto sugiere que es importante determinar el tiempo de corte más conveniente para una composición nutritiva más acorde a los requerimientos de cada especie. Se encontró también que el porcentaje de utilización de la proteína fue bajo: llegó a 32 % en hojas jóvenes y 39 % en hojas más viejas, aunque mejoró a 61 % cuando se adicionó el aminoácido limitante, que en este caso fue metionina (Lancaster y Brooks 1983).

Toledo *et al.* (2015) informaron que los taninos condensados presentes en las hojas de yuca pueden ser parcialmente responsables de la baja absorción de la proteína al consumirla, debido a la formación de complejos tanino-proteína indigeribles o al efecto de los taninos sobre la actividad de las enzimas. Además, cuando los tallos se incluyen en la elaboración de la HHY, aumenta el nivel de fibra y disminuye el de proteína.

La literatura consultada describe la evaluación de numerosas harinas de follaje en la alimentación de tilapia del Nilo, con el objetivo de incrementar la disponibilidad de alimentos y disminuir los costos de alimentación. Toledo *et al.* (2016) estudiaron el efecto de 12.5 % y 25 % de harina de follaje de moringa (*Moringa oleifera* Lam., var. *Supergenius*; 25.6 % PB y 23.1 % FB) como sustituto parcial de la harina de pescado y el maíz, y no encontraron diferencias en los indicadores productivos, pero informaron de una tendencia a desfavorarse con un mayor tiempo de cultivo. Hahn *et al.* (2018) informaron que, con la harina de hojas de morera (*Morus alba*) en dietas balanceadas al 30 % de proteína, los mejores resultados se alcanzaron con la inclusión de 4 % como reemplazo de la soya. Los mismos autores comentaron que el aumento del nivel de inclusión de morera disminuyó el consumo de alimento y, por ende, el crecimiento y la eficiencia alimentaria, causados por el bajo contenido de metionina. Chalaune *et al.* (2024) evaluaron niveles de 2.8, 5.6, 8.4 y 11.2 % de harina de *Leucaena leucocephala* como sustituto parcial de la harina de soya y no encontraron diferencias en los indicadores productivos hasta el 5.6 % de inclusión, lo que representó una sustitución del 20 % de la harina de soya.

Una característica que coincide en la mayoría de los follajes referidos anteriormente es su limitado nivel de inclusión por desequilibrio de aminoácidos esenciales, factores antinutricionales y altos niveles de FB, lo cual repercute en la digestibilidad de los alimentos, ya que no pueden ser digeridos por los peces. La FB genera, además, problemas en la absorción de proteínas y minerales, entre otros (Toledo *et al.*, 2015).

Los valores de supervivencia obtenidos en este trabajo evidencian que la HHY no compromete la salud de los alevines de tilapia del Nilo. Según Valdivie (2022), el corte del follaje de la yuca puede ser manual o mecanizado, pero es importante moler y orear el forraje al aire libre durante al menos 24 h para eliminar los glucósidos cianogénicos y el ácido cianhídrico antes de hacer la harina. Según Mukhtar *et al.* (2023), esta sustancia es un potente inhibidor de la respiración celular. La afinidad por iones metálicos como el hierro de la hemoglobina y el cobre del citocromo oxidasa provoca la supresión nerviosa en los centros reguladores, lo que puede derivar en problemas respiratorios y, según la intensidad, provoca la muerte del animal.

El mayor beneficio económico se alcanzó con 9 % de HHY, influido principalmente por el menor costo del ingrediente experimental y por una mejor conversión alimentaria. La HHY, así como las harinas de otros follajes que se han evaluado en la alimentación de tilapias del Nilo (Toledo *et al.*, 2016; Hahn *et al.*, 2018; Amare *et al.*, 2024 y Chalaune *et al.*, 2024), su nivel de inclusión fue limitado, pero todas coinciden en la disminución de los costos de las raciones y si no se desfavorecen los indicadores productivos propician menores costos de alimentación respecto a los alimentos comerciales. Esto se debe a que la mayoría de las materias primas convencionales son importadas, mientras que las harinas de follajes son de producción nacional.

Considerando la situación económica del país, los precios alcistas de las harinas convencionales y de los alimentos para tilapias, y los resultados de este trabajo, se evidencia la importancia de crear la infraestructura para la elaboración de HHY y su incorporación a la producción de alimentos nacionales para tilapias. La yuca es una alternativa viable en dietas para la alimentación de peces; suple las expectativas en cuanto a

nutrición y consumo de alimento, lo que se manifestó en ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento demostrado en *Clarias gariepinus* (Llanes 2025), pero genera grandes volúmenes de follaje, lo que puede generar una ganancia mínima por unidad de producto y no otorgar márgenes de ganancia al productor.

De acuerdo con lo anterior, el renglón productivo más beneficiado sería el de los pequeños y medianos productores, que manejan pequeñas poblaciones de peces, lo que facilita el aprovechamiento de la yuca producida en sus predios. Con relación a las producciones a gran escala que deben manejar volúmenes mucho mayores, este puede garantizar la competitividad y sostenibilidad agropecuaria, permitiendo a los pequeños y medianos productores competir con la demanda por parte del consumidor final, entregando un producto de adecuado valor nutricional y garantizando la eficiencia en la producción a menores costos. Si es necesario enfatizar el procesamiento, el cual consiste en el troceado de las hojas y la deshidratación, ya sea por exposición al sol o mediante nave de secado, este manejo no genera sobrecostos, disminuye su toxicidad y facilita su almacenaje, lo que podría convertirse en un ingrediente adicional para la alimentación de los peces.

Conclusiones

La inclusión de 12 % de harina de hojas de yuca no compromete el desempeño productivo de los alevines de tilapia GIFT y tiene un efecto económico positivo durante la formulación de dietas.

Conflicto de intereses

Los autores garantizan y declaran que no tienen conflictos de intereses ni personales que pudieran influir en la publicación de este manuscrito.

Literatura citada

Abd El-Hack M E, El-Saadony M, Nader M, Salem H, El-Tahan A, Soliman S M, Khafaga A (2022) Effect

- of environmental factors on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). International Journal of Biometeorology 66:2183–2194. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02347-6>
- Amare T A, Storebakken T, Mørkøre T, Nurfeta A, Ahlstrøm O (2024) Potency of cassava leaf as protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture International 32:10197–10214. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01657-3>
- Blanquiceth Y, Pérez K, Tavera M J, Salcedo J G (2025) Caracterización de harinas derivadas de la parte aérea de dos variedades de yuca y su potencial aprovechamiento en alimentación animal. Ciencia y Tecnología Agropecuaria 26 (1) e3608. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol26_num1_art:3608
- Bohnenberger L, Damasceno G, Machado C, Rogerio B (2010) Concentrado proteico de folhas de mandioca na alimentação de tilápias do nilo na fase de reversão sexual. Revista Brasileira de Zootecnia 39 (6): 1169-1174.
- Cala D, Da Costa J, García, F (2024). Análisis económico de la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp) bajo diferentes alternativas de energía solar en un sistema comercial de biofloc en Colombia. Fishes 9 (12): 505. <https://doi.org/10.3390/fishes910505>.
- Chalaune N, Gupta A K, Gurung S, Singh S K, Chaudhary A (2022) Effect of dietary inclusion of *Leucaena leucocephala* on the growth performances of Nile Tilapia. International Journal of Fisheries and Aquatic Research 7(1):25-35. ISSN: 2456-7248. www.fishjournals.com
- 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, <https://dx.doi.org/10.2307/3001478>.
- Hahn Von Hessberg C M, Grajales A, Grajales S (2018) Experiencia del cultivo de la morera y su utilización en la alimentación de tilapias del Nilo para programa de seguridad alimentaria. Boletín Científico Museo Historia Natural Universidad de Caldas 22(2):42-48. DOI: 10.17151/bccm.2018.22.2.4.
- Lancaster P, Brooks J E (1983). Cassava leaves as human food. The New York Botanical Garden. Economic Botany. P. 341 -348.
- Latimer G W (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].
- Leguizamón A J, Rompato K M, Hoyos R E, Audisio M C (2021) Nutritional evaluation of three varieties of cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) grown in formosa, Argentina. Journal of Food Composition and Analysis 101(3): 103986. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103986>
- 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.
- Mukhtar A, Latif S, Barati Z, Müller J (2023) Valorization of Cassava By-Products: Cyanide Content and Quality Characteristics of Leaves and Peel. Applied Sciences 13, 6340. <https://doi.org/10.3390/app13106340>
- Shapiro S, Wilk M (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. Revista AcuaCUBA 17(1): 5-22. ISSN: 1608-0467.
- Toledo J. Llanes J, Romero Cl (2016) Evaluación de la harina de moringa (*Moringa oleifera* Lam) en tilapias del Nilo GIFT. Revista AcuaCUBA 18(1):12-15. ISSN 1608-0467. RNPS. 0373.
- Valdivié M (2022) Alternativas de alimentación para la producción animal 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.

