











# Efecto del palmiste en la nutrición de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Aroldo Botello León<sup>1\*</sup> ; Yordan Martínez Aguilar<sup>2</sup> ; María Teresa Viana<sup>3</sup> ;  
Marcos Ortega Ojeda<sup>1</sup> ; Charles Morán Montaña<sup>1</sup> ; Kirenía Pérez Corría<sup>1</sup> ;  
Yuniel Méndez-Martínez<sup>4</sup> ; Borja Velázquez Martí<sup>5</sup> .

<sup>1</sup>Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Zootecnia, Laboratorio de Acuicultura, Esmeraldas, Ecuador.

<sup>2</sup>Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria, Honduras.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Ensenada, México.

<sup>4</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Quevedo - Los Ríos, Ecuador.

<sup>5</sup>Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España.

Correspondencia: [aroldo.botello@utelvt.edu.ec](mailto:aroldo.botello@utelvt.edu.ec)

Recibido: Julio 2021; Aceptado: Diciembre 2021; Publicado: Mayo 2022.

## RESUMEN

**Objetivo.** Determinar la respuesta de los indicadores productivos al incluir palmiste (*Elaeis guineensis*) en dietas para la nutrición de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Material y métodos.** Se utilizaron 300 machos masculinizados de tilapia ( $4.89 \pm 0.09$  g) y se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento (20 peces por repetición). Se utilizó palmiste para formular cinco dietas isoproteicas (30.64%), isolipídicas (7.38%) e isoenergéticas ( $11.84$  MJ kg<sup>-1</sup> de alimento), control (T0), 5% (T5); 10% (T10); 15% (T15) y 20% (T20) para alimentar los juveniles de tilapia durante 60 días. **Resultados.** Los peces alimentados con los tratamientos T0, T5 y T10, no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), pero sí con T15 y T20 en la digestibilidad de los nutrientes, el crecimiento y la composición del cuerpo. La inclusión de palmiste hasta el 20% de la dieta, disminuyó el costo del alimento. Se observó un alto grado de dependencia entre el contenido de fibra detergente neutro (%), la digestibilidad aparente de la materia seca (%) y la digestibilidad aparente de la proteína (%) ( $R^2 = 0.732$  y  $R^2 = 0.774$ ;  $p < 0.000$ ), respectivamente. **Conclusiones.** El palmiste se puede usar hasta el 10% en dietas para alevines de tilapia, sin afectar la digestibilidad aparente de los nutrientes, el crecimiento y el contenido nutricional en todo el cuerpo. La inclusión progresiva de palmiste en las dietas, disminuyó el costo del alimento, para un cultivo de tilapia más rentable.

**Palabras clave:** Acuicultura; alimentación; peces; proteína (Fuente: CAB).

## ABSTRACT

**Objective.** To determine the response of the productive indicators when including palm (*Elaeis guineensis*) kernel cake (PKC) in diets for the nutrition of tilapia fry (*Oreochromis niloticus*). **Material and methods.** Three hundred sex-reversed males of tilapia ( $4.89 \pm 0.09$  g) were used and

### Como citar (Vancouver).

Botello LA, Martínez AY, Viana MT, Ortega OM, Morán MC, Pérez CK, et al. Efecto del palmiste en la nutrición de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Rev MVZ Córdoba. 2022; 27(2):e2527. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2527>



©El (los) autor (es) 2022. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

distributed according to a completely random design for 60 days, in three replicates per treatment (20 fish per replicate). The PKC was used to formulate five diets isoproteic (30.64%), isolipidics (7.38%) and isoenergetic (11.84 MJ kg<sup>-1</sup> of feed), control (T0), 5% (T5); 10% (T10); 15% (T15), and 20% (T20). **Results.** Fish fed T0, T5, and T10 treatments did not show statistical differences among groups ( $p > 0.05$ ), but yes with the T15 and T20 in the overall nutrient digestibility, growth, and body composition. However, the inclusion of up to 20% PKC in the diet decreased the feed cost. There is a high dependency degree between the neutral detergent fiber (%) and the apparent dry digestibility (%) and apparent protein digestibility (%) ( $R^2 = 0.732$  and  $R^2 = 0.774$ ;  $p < 0.000$ ), respectively. **Conclusions.** The palm kernel cake can be used up to 10% on tilapia fry diets without affecting apparent nutrient digestibility, growth, and whole-body nutritional contents. The progressive inclusion of PKC in the diets decreased the feed cost for more profitable tilapia culture.

**Keywords:** Aquaculture; feeding; fish; protein (*Source; CAB*).

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura permite proporcionar alimentos sostenibles y de calidad a la población mundial creciente. La tilapia (*Oreochromis niloticus*) se encuentra entre las principales especies producidas a nivel mundial, después de las carpas. Esta especie acuícola tiene un crecimiento rápido, condiciones de reproducción adecuadas en cautiverio, fácil adaptación y resistente a diversas enfermedades. Además, que es un pescado de gran aceptación en el mercado internacional, por sus características nutricionales y organolépticas (1,2). Sin embargo, el principal problema en la producción de tilapia es el alto precio y la inestabilidad de las materias primas utilizadas en la formulación de dietas para esta especie (1).

Por tanto, es necesario encontrar nuevos alimentos disponibles para la elaboración de los balanceados (3). El palmiste es un subproducto del proceso de extracción de aceite de la palma (*Elaeis guineensis* Jacq), una producción que está aumentando en Asia, América, África y Europa (4). El palmiste es una fuente vegetal de proteína entre el 12 y 21%. Además, tiene un alto contenido de fibra detergente neutra (55 a 65%) y fibra cruda (14 a 30%), que limita su uso en las formulaciones para animales (5,6,7).

Además, el palmiste tiene un precio bajo y una alta disponibilidad en muchos países tropicales, es una fuente alternativa de proteína para rumiantes, aves y cerdos (5,6,7). Aunque el palmiste se ha utilizado en la alimentación de peces (8,9), sin embargo, los niveles óptimos de inclusión para la dieta de tilapia no se han investigado a fondo, debido a variaciones en las especies de tilapia, hábito alimenticio (omnívoro o herbívoro), etapa del cultivo, parámetros físico-químicos del agua, así como diferencias

en las características nutritivas del palmiste, producto al origen de la palma, influencia del medioambiente y proceso de extracción de aceite (químico o mecánico) (4,5,6,7). Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo determinar la respuesta de los indicadores productivos al incluir palmiste (*Elaeis guineensis* Jacq) en dietas para la nutrición de alevines de tilapia (*O. niloticus*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Dietas experimentales.** En la tabla 1, se muestra la composición del palmiste que se utilizó en la formulación de cinco dietas isoproteicas (30,64%, proteína cruda), isolipídica (7.38%, grasa cruda) e isoenergéticas (11.84 MJ kg<sup>-1</sup> de alimento) (Tabla 2). Para la elaboración de las dietas se tuvo en cuenta las investigaciones (10,11). La harina de subproductos avícolas (HSA) y la harina de maíz (HM) disminuyeron según se incrementó el palmiste en las dietas (Tabla 2). El alimento se pesó con una balanza digital ( $\pm 0.01$  g, FX-2000i A&D Weighing). Para la preparación de las dietas, se molieron y tamizaron (250  $\mu$ m) las HSA, HM, harina de soya (HS) y el palmiste (ingredientes primarios) y se mezclaron para obtener una masa homogénea (Tabla 2). El resto, aceite de soya, DL-metionina, L-lisina HCL, cloruro de sodio, premezclas minerales y vitamínicas, bentonita y fosfato monocálcico, se mezclaron en una forma homogénea y se añadieron lentamente a los ingredientes primarios. El agua destilada tibia (300 ml kg<sup>-1</sup> de las dietas) se añadió a cada tratamiento dietético. La elaboración de los granulados se realizó con la mezcla húmeda a temperatura ambiente, utilizando un molino de carne (Hakka #8 Brothers USA), con gránulos de salida de 2 mm de diámetro. Las dietas se secaron a 60°C en un horno de convección (BINDER,

Modelo ED 56, Alemania) hasta peso constante y se almacenaron en bolsas plásticas a -2°C (11), hasta su uso en la prueba de alimentación.

**Tabla 1.** Composición química (% , en base seca) del palmiste.

Contenido de nutrientes	Concentración
MS (%)	93.90 ± 0.11
PC (%)	16.78 ± 0.12
GC (%)	7.16 ± 0.07
Cenizas (%)	5.12 ± 0.09
FC (%)	18.79 ± 0.10
FDN (%)	57.49 ± 0.66
FDA (%)	36.37 ± 0.22
LAD (%)	9.50 ± 0.13
Fósforo (%)	0.58 ± 0.02
Calcio (%)	0.26 ± 0.01
Potasio (%)	0.77 ± 0.03
Magnesio (%)	0.28 ± 0.01
Cobre (mg / kg)	33.41 ± 0.51
Azufre (%)	0.21 ± 0.01
Zinc (mg / kg)	45.60 ± 2.16
Manganeso (mg / kg)	171.91 ± 4.36
Hierro (mg / kg)	332.67 ± 4.16

Media ± Desviación estándar (DE). Materia seca (MS), proteína cruda (CP), grasa cruda (GC), fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina ácida detergente (LAD).

**Peces y tratamientos.** Los alevines machos masculinizados de tilapia (*O. niloticus*) se obtuvieron de la Estación Piscícola Cacharí, Ministerio de Acuicultura y Pesca, Provincia de Los Ríos, Ecuador. Trescientas tilapias con un peso promedio, 4.89±0.09 g. Las tilapias se distribuyeron aleatoriamente en 15 tanques circulares (120 L). Se asignaron veinte peces a cada tanque (cinco tratamientos con tres réplicas). El estudio de alimentación se llevó a cabo durante 60 días. Antes del experimento, las tilapias se aclimataron durante dos semanas a las condiciones de laboratorio y se alimentaron (PC = 31% y GC = 6.10%).

**Condiciones experimentales.** Durante el bioensayo, se mantuvo el agua dulce filtrada (malla de 50 micrones) y con temperatura de 28,0 °C. Se utilizó termostato de acero inoxidable con sensor en cada tanque. Se promovió la aireación continua utilizando un aireador de doble salida. Todos los peces de cada tanque, fueron alimentados con sus respectivas dietas (8.00, 12:00 y 16:00 h), hasta saciedad aparente. En el bioensayo, los peces se pesaron cada 15 días (13). Para eliminar los residuos de alimentos y

heces de los tanques, se sifonearon diariamente a las 7:00 am. Se mantuvo el fotoperíodo de 12 h de luz y 12 h de oscuridad. La temperatura (28.0 °C), el oxígeno disuelto (6.3 mg L<sup>-1</sup>) y el pH (7.2) del agua se registraron diariamente, utilizando Medidor Multiparamétrico Portátil, Orion Star A3290 (Thermo Scientific). La temperatura, el oxígeno disuelto y el pH estuvieron dentro de los límites aceptables para el crecimiento de la tilapia (14).

**Tabla 2.** Formulación y composición nutricional (% , base húmeda) de las dietas.

Componentes	T0	T5	T10	T15	T20
Palmiste	-	5.00	10.00	15.00	20.00
HSA	25.00	23.00	21.00	19.00	17.00
HS	32.18	34.08	36.04	37,94	39,82
HM	33.84	28.94	23.97	19.05	14.16
Aceite de soya	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
L-lisina HCL	0.02	0.01	-	-	-
DL-metionina	0.26	0.27	0.29	0.31	0.32
Premezcla <sup>1</sup>	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Cloruro de sodio	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Fosfato monocálcico	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Bentonita	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50

#### Composición nutricional (%)

MS	92.54	92.63	92.75	92.86	92.96
PC	30.64	30.60	30.68	30.62	30.66
GC	6.92	7.10	7.47	7.69	7.74
FC	1.99	2.85	3.71	4.56	5.42

#### Valores calculados

ED (MJ Kg <sup>-1</sup> de alimento)	12.06	11.92	11.85	11.75	11.61
PC ED <sup>-1</sup> (mg PC MJ <sup>-1</sup> )	25.41	25.71	25.85	26.08	26.39
FC palmiste FC	-	30.91	47.59	58.00	65.09
Total <sup>1</sup> (%)					
FDN (%)	5.28	7.75	10.19	12,64	15.11
FDA (%)	2.36	4.02	5.67	7.33	8.99

#### Aminoácidos esenciales (g 100g<sup>-1</sup> MS)

Lisina	1.43	1.43	1.44	1.46	1.47	1.43
Valina	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	0.78
Leucina	2.25	2.22	2.19	2.15	2.12	0.95
Histidina	0.83	0.81	0.79	0.76	0.74	0.48
Arginina	1.66	1.69	1.72	1.74	1.77	1.18
Treonina	1.12	1.19	1.19	1.18	1.17	1.05
Isoleucina	1.18	1.18	1.19	1.19	1.19	0.87
Metionina	0.73	0.73	0.73	0,73	0.73	0.73
Fenilalanina	1.09	1.09	1.08	1.07	1.07	1.05
Triptófano	0.31	0.32	0.32	0.33	0.33	0.28

Harina de subproductos avícolas (HSA), harina de maíz (HM), harina de soya (HS).

<sup>1</sup>Premezcla, composición por kg: vitamina D3: 200.000 UI. Vitamina A: 1200.000 UI. Vitamina K3: 2400 mg. Vitamina E: 12000 mg. Vitamina B1: 4800 mg. Vitamina B2: 4800 mg. Vitamina B12: 4800 mg. Vitamina B6: 4000 mg. Ácido pantoténico: 12000 mg. Ácido fólico: 1200 mg. Biotina: 48 mg. Vitamina C: 48000 mg. Niacina: 24000 mg. Colina: 65000 mg. Cu: 600 mg. Mg: 4000 mg. Zn: 6000 mg. I: 20 mg. Fe: 10000 mg. Se: 20 mg. Co: 2 mg.

<sup>2</sup>Requerimientos de aminoácidos esenciales de la tilapia (*O. niloticus*) según NRC (14).

**Digestibilidad aparente.** Para la prueba de digestibilidad aparente se recolectaron heces: 8:00 y 17:00 h. Las heces intactas se extrajeron manualmente y se almacenaron individualmente (por unidad experimental) a -20°C hasta su análisis. Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) se calcularon según Araiza et al (15):

$$CDA (\%) = 100 - \left[ 100 \times \left( \left( \frac{\%MD}{\%MH} \right) \times \left( \frac{\%NH}{\%ND} \right) \right) \right]$$

Dónde:

MD = marcador en la dieta

MH = marcador en heces

NH = nutriente en heces

ND = nutriente en la dieta

**Parámetros de crecimiento.** Todos los peces se pesaron individualmente ( $\pm 0.01$  g, FX-2000i A&D Weighing). En el bioensayo se utilizaron las siguientes fórmulas según Devic et al (16):

Tasa de crecimiento específico (TCE):

$$TCE (\%/día) = 100 \times \left[ \frac{(\logn PCFM - \logn PCIM)}{días} \right]$$

Ganancia diaria promedio (GDP):

$$GDP (g/day) = \frac{(PCFM - PCIM)}{días}$$

Factor de conversión alimenticia (FCA):

$$FCA = \frac{ACO}{GPV}$$

Tasa de eficiencia alimenticia (TEA):

$$TEA = \frac{GPV}{ACO}$$

Tasa de eficiencia proteica (TEP):

$$TEP = \frac{GPV}{PCO}$$

Retención proteica (RP):

$$RP (\%) = 100 \times \left[ \frac{(PCF - PCI)}{PCO} \right]$$

Supervivencia (SUP):

$$SUP (\%) = 100 \times \left( \frac{NPF}{NPI} \right)$$

Dónde:

Logaritmo natural (logn)

Peso corporal inicial medio (PCIM, g)

Peso corporal final medio (PCFM, g)

Alimento consumido (ACO, g)

Ganancia de peso vivo (GPV, g)

Proteína consumida (PCO, g)

Proteína corporal final (PCF, g)

Proteína corporal inicial (PCI, g)

Número de peces final (NPF)

Número de peces inicial (NPI)

**Análisis químico.** Al comienzo del bioensayo, se tomaron 35 peces para análisis del cuerpo entero (75.08% de humedad, 14.65% de PC, 3.69% de GC). Al final del bioensayo, se tomaron al azar cinco peces de cada tanque (15 peces / tratamiento) y se almacenaron a -20°C hasta su análisis. Se analizaron muestras de peces, alimentos y heces para determinar la composición química, según la AOAC (17). Se caracterizó la fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina ácida detergente (LAD), según Van Soest et al (18). La energía digestible (ED) se estimó teóricamente según Ramanathan et al (19) a partir de los factores de conversión de 4.25 proteína animal, 8.0 para lípidos, 2.0 (leguminosa), 3.8 proteína vegetal y 3.0 kcal g<sup>-1</sup> para carbohidratos (no leguminosas). La ceniza ácido insoluble (CAI) como marcador interno se determinó en las dietas y heces; según la técnica validada por Van Keulen y Young (20). El azufre (S) y el fósforo (P) se analizaron mediante espectrofotometría-colorimetría visible, utilizando un espectrofotómetro Spectronics-USA, modelo Genesys, EEUU, 2006, digital rango: de 325 a 1100 nm. El magnesio (Mg), calcio (Ca), cobre (Cu), potasio (K), zinc (Zn), hierro (Fe) y manganeso (Mn) se analizaron por absorción atómica con un equipo GBC XplorAA Dual, Australia, 2014. Todos los análisis químicos se realizaron por triplicado.

**Análisis Económico.** El costo de las dietas experimentales se calculó en dólar de los Estados Unidos (USD). El análisis de la relación costo-beneficio se calculó multiplicando los costos de la dieta por el FCA y así obtener el ahorro por concepto de alimentación de las dietas experimentales con relación al grupo control (T0), en la producción de un kg de tilapia, según Palupi et al (21) y Mansour et al (22).

**Análisis estadístico.** Cada tratamiento formado por tres réplicas, según un diseño completamente aleatorizado. Los datos obtenidos de los

indicadores productivos, al incluir el palmiste en las dietas de las tilapias, se sometieron a análisis de varianza (ANOVA). Se utilizó la prueba de Duncan, para analizar diferencias entre las medias. Además, se realizó un análisis de regresión cuadrática para el nivel de FND (%) en las dietas y DAMS (%) y DAPC (%). Todos los análisis se realizaron de acuerdo al programa estadístico IBM SPSS versión 23 (2014).

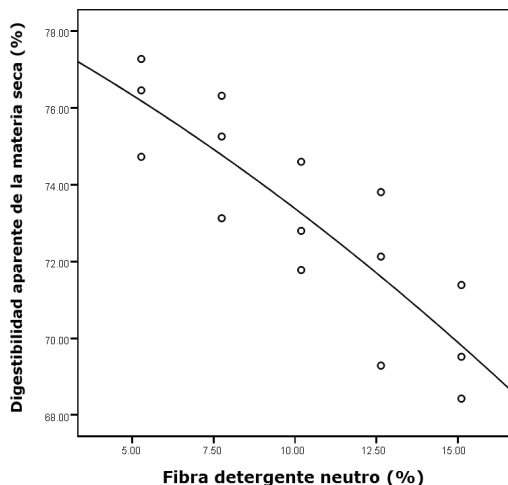
## RESULTADOS

La digestibilidad aparente de la materia seca y de la proteína, fueron significativamente similares ( $p < 0.05$ ) entre T0, T5 y T10, mientras que T15 y T20 mostraron los valores más bajos (Tabla 3). Además, existe un alto grado de dependencia entre la fibra detergente neutro (%) y la digestibilidad aparente de la materia seca (%) y la digestibilidad aparente de la proteína (%) ( $R^2 = 0.732$  y  $R^2 = 0.774$ ;  $p < 0.000$ ), respectivamente (Figura 1, 2).

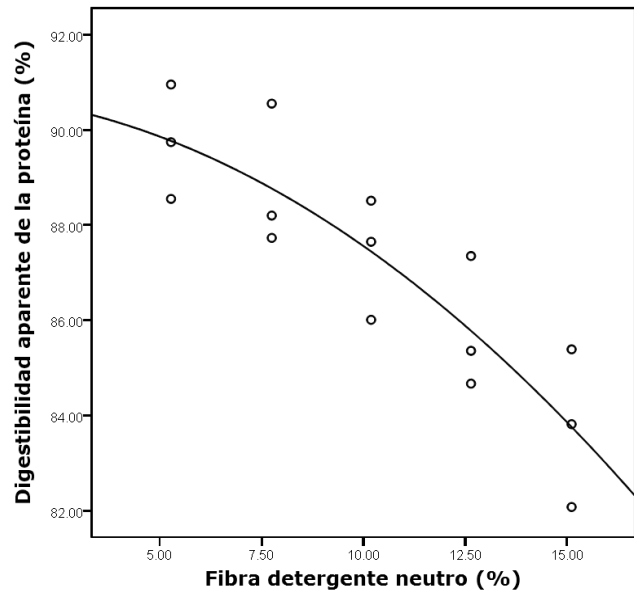
**Tabla 3.** Resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente (%) de la MS, PC y GC en la nutrición de la tilapia con palmiste en la dieta.

Variables (%)	T0	T5	T10	T15	T20	EE ±	p
DAMS	76.16 <sup>a</sup>	74.91 <sup>ab</sup>	73.06 <sup>ab</sup>	71.74 <sup>bc</sup>	69.78 <sup>c</sup>	0.704	0.006
DAPC	89.75 <sup>a</sup>	88.83 <sup>a</sup>	87.39 <sup>ab</sup>	85.80 <sup>bc</sup>	83.76 <sup>c</sup>	0.650	0.003
DAGC	85.03 <sup>a</sup>	83.52 <sup>a</sup>	81.28 <sup>ab</sup>	79.82 <sup>ab</sup>	75.93 <sup>b</sup>	1.043	0.021

a,b,c. Letras difieren en la misma fila ( $p < 0.05$ ). ±EE: error estándar. DAMS=Digestibilidad aparente de la materia seca. DAPC=digestibilidad aparente de la PC. DAGC=digestibilidad aparente de la GC.



**Figura 1.** Digestibilidad aparente de la materia seca (%) y la fibra detergente neutro (%) en las dietas.  $y = 78.77 - 0.43x - 0.01x^2$   $R^2 = 0.732$  ( $p < 0.000$ ).



**Figura 2.** Digestibilidad aparente de la proteína (%) y la fibra detergente neutro (%) en las dietas.  $y = 90.76 - 0.04x - 0.03x^2$   $R^2 = 0.774$  ( $p < 0.000$ ).

La supervivencia de las tilapias alimentadas con diferentes dietas experimentales resultó en un 100%. La inclusión de palmiste al 5% y 10%, no fueron estadísticamente diferente al control, aunque T15 y T20 mostraron resultados significativamente inferiores en la PCFM y TCE ( $p < 0.05$ ). No obstante, la GDP hasta 5% de inclusión de palmiste en la ración no se vio afectada significativamente (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados del crecimiento y la supervivencia de la tilapia (*O. niloticus*) alimentada con palmiste en las dietas.

Variables	T0	T5	T10	T15	T20	EE ±	p
PCIM (g)	4.82	4.85	4.93	4.97	4.87	0.089	0.985
PCFM (g)	31.82 <sup>a</sup>	29.80 <sup>ab</sup>	28.23 <sup>ab</sup>	25.45 <sup>bc</sup>	22.71 <sup>c</sup>	0.702	0.000
GDP (g día <sup>-1</sup> )	0.45 <sup>a</sup>	0.42 <sup>ab</sup>	0.39 <sup>bc</sup>	0.34 <sup>cd</sup>	0.30 <sup>d</sup>	0.016	0.001
TCE (% día <sup>-1</sup> )	3.36 <sup>a</sup>	3.03 <sup>ab</sup>	2.91 <sup>ab</sup>	2.73 <sup>b</sup>	2.58 <sup>b</sup>	0.092	0.041
SUP (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		

a,b,c,d. Letras difieren en la misma fila ( $p < 0.05$ ). ±EE: error estándar. Peso corporal inicial medio (PCIM, g). Peso corporal final medio (PCFM, g). Ganancia diaria promedio (GDP, g / día). Tasa de crecimiento específico (TCE, % / día). Supervivencia (SUP, %).

Asimismo, los tratamientos dietéticos T5 y T10, mostraron resultados similares ( $p > 0.05$ ) al control para FCA, TEA, TEP y RP (%). Sin

embargo, se observó resultados inferiores ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos T15 y T20, con cifras más bajas para T20 (Tabla 5).

**Tabla 5.** Eficiencia alimentaria de la tilapia alimentada con palmiste en la ración.

Variables	T0	T5	T10	T15	T20	EE $\pm$	p
FCA	1.55 <sup>a</sup>	1.61 <sup>ab</sup>	1.66 <sup>abc</sup>	1.77 <sup>bc</sup>	1.84 <sup>c</sup>	0.035	0.026
TEA	0.65 <sup>a</sup>	0.62 <sup>ab</sup>	0.60 <sup>abc</sup>	0.57 <sup>bc</sup>	0.54 <sup>c</sup>	0.012	0.023
TEP	2.11 <sup>a</sup>	2.03 <sup>ab</sup>	1.97 <sup>abc</sup>	1.85 <sup>bc</sup>	1.78 <sup>c</sup>	0.041	0.031
RP (%)	37.13 <sup>a</sup>	34.76 <sup>a</sup>	32.71 <sup>ab</sup>	28.30 <sup>bc</sup>	25.64 <sup>c</sup>	1.253	0.002

<sup>a,b,c</sup>. Letras difieren en la misma fila ( $p < 0.05$ ).  $\pm$ EE: error estándar. Factor de conversión alimenticia (FCA). Tasa de eficiencia alimenticia (TEA). Tasa de eficiencia proteica (TEP). Retención proteica (RP, %).

El valor de humedad en la tilapia, fue estadísticamente ( $p < 0.05$ ) mayor en los tratamientos T15 y T20, con relación a T0, T5 y T10. Sin embargo, los niveles de proteína aumentaron estadísticamente ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos T0, T5 y T10, en relación con los grupos que consumieron la mayor cantidad de palmiste (T15 y T20) (Tabla 6). El contenido de GC fue similar en los tratamientos.

**Tabla 6.** Resultados del contenido nutricional de todo el cuerpo (% base húmeda) de la tilapia alimentadas con palmiste en la ración.

CN (%)	T0	T5	T10	T15	T20	EE $\pm$	p
Humedad	73.11 <sup>c</sup>	73.84 <sup>bc</sup>	74.61 <sup>bc</sup>	75.74 <sup>ab</sup>	76.93 <sup>a</sup>	0.444	0.018
PC	17.14 <sup>a</sup>	16.73 <sup>a</sup>	16.28 <sup>ab</sup>	15.18 <sup>bc</sup>	14.44 <sup>c</sup>	0.311	0.006
GC	5.45	5.32	5.00	4.36	3.60	0.281	0.193

<sup>a,b,c</sup>. Letras difieren en la misma fila ( $p < 0.05$ ).  $\pm$ EE: error estándar. Contenido de nutrientes (CN). Proteína cruda (PC). Grasa cruda (GC).

En cuanto al análisis económico, la tabla 7 muestra una reducción en los costos de las dietas y el costo por kg de tilapia a medida que aumentó el palmiste en la dieta.

**Tabla 7.** Análisis económico de la tilapia alimentada con palmiste en las dietas.

Variables	T0	T5	T10	T15	T20
Costo / kg dietas (USD)	0.72	0.69	0.66	0.63	0.60
FCA	1.55	1.61	1.66	1.77	1.84
Costo / kg de tilapia (USD)	1.116	1.111	1.096	1.115	1.104
Utilidad / T0 (USD)	-	0.005	0.020	0.001	0.012
Relativo (%)	-	0.46	1.83	0.08	1.08

FCA: Factor de conversión alimenticia

## DISCUSIÓN

El palmiste se puede utilizar como fuente alternativa de proteína vegetal en la nutrición de la tilapia, sustituye en las formulaciones, proteínas convencionales animales y vegetales, debido a su alta disponibilidad y bajo costo. Aunque, existe variación en la composición química del palmiste, dependiendo de los métodos de cultivo de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y el proceso de extracción de aceite (4). En el presente estudio, las características nutricionales palmiste se encuentran dentro de los valores investigados por otros autores (5,6), destacando la PC (16.78%) y la GC del 7.17%, aunque se observaron valores altos de FC (18.79%) y FND (57.49%) (% base seca) (Tabla 1).

La caracterización nutricional de las dietas cuando se incluyó el palmiste, mostró que eran isoproteicas (30.64% PC), que coincide con los requerimientos de PC para alevines de tilapia (12), además de un aporte similar en el perfil de aminoácidos esenciales que satisfacen los requerimientos para esta especie (12).

La digestibilidad aparente de los nutrientes, mostró que hasta 10% de inclusión del palmiste en la dieta, la DAMS (%) y DAPC (%), no se afectaron. Aunque, niveles más altos de palmiste en la dieta (15-20%) provocaron una reducción en la digestibilidad de los nutrientes (Tabla 3). En otros estudios, con 30% de palmiste en la dieta de la tilapia (*O. niloticus*), se afectó la digestibilidad de la MS, PC y GC (8,9).

A su vez, Obirikorang et al (10) demostraron que el patrón de vaciado gastrointestinal diario de la tilapia (*O. niloticus*) alimentada con 30% de palmiste en la dieta, tuvo tiempos de retención del alimento más cortos y mayor volumen de heces ( $p < 0.05$ ), en comparación con el grupo control. El alto volumen de materia fecal obtenido, está relacionado con los elevados niveles dietéticos de fibra no digerible en la dieta, además, de la preocupación por la calidad del agua, especialmente en los estanques acuícolas (10).

Según Maas et al (23), el aumento de niveles de polisacáridos no amiláceos (NSP) dietéticos en la tilapia (*O. niloticus*), resultó en una correlación negativa entre la digestibilidad de la PC, GC y energía ( $p < 0.001$ ). En este estudio, con el incremento de la FND (%) en la dieta (Tabla 2), se observó una reducción en el DAMS (%) y DAPC (%) (coeficiente de regresión de 0.732 y 0.774;  $p < 0.000$ , respectivamente), que

resultó en una disminución de la disponibilidad de nutrientes (Figura 1, 2). Al aumentar el NSP en la ración de la tilapia (*O. niloticus*), provocó una reducción significativa ( $p < 0.05$ ) de la digestibilidad aparente de la energía y PC (32).

Cuando se formula una dieta, el uso de carbohidratos debe tomarse con precaución. Al aumentar los polisacáridos no amiláceos insolubles, se incrementa la velocidad de paso del quimo en el intestino, que podría resultar en un deterioro fisiológico, aumentando el contenido fecal y reduciendo la tasa de absorción de los nutrientes en los peces (25).

El palmiste no tiene elementos tóxicos ni factores antinutricionales letales (8,9), considerando que la supervivencia fue del 100% a los dos meses de cultivo de la tilapia (Tabla 4).

Se ha demostrado que la inclusión de 5% y 10% de palmiste en las dietas, no afectó significativamente ( $p > 0.05$ ) los indicadores productivos de la tilapia (*O. niloticus*) (Tabla 4 y 5), teniendo en cuenta que ambos tratamientos tuvieron contribuciones de nutrientes similares en las dietas. Sin embargo, resultados negativos se observaron en los indicadores de crecimiento, al incrementar el palmiste en la dieta de 15 a 20%. Probablemente por el aumento de la fibra cruda (4.6 y 5.4%) y fibra detergente neutro (12.6 y 15.1%), en los tratamientos T15 y T20, respectivamente. En este sentido, Obirikorang et al (9) demostraron que la inclusión de palmiste de 18 a 36% en la dieta, afectó negativamente al rendimiento de tilapia juvenil (*O. niloticus*). Además, estos autores no suplementaron las dietas con aminoácidos esenciales, lo que podría causar desequilibrio del perfil de aminoácidos en la ración, con reducción en el crecimiento de la tilapia (9).

La tilapia (*O. niloticus*) se define como un pez omnívoro, capaz de digerir una gran variedad de nutrientes, con impacto positivo en su cultivo (25,26,28). No obstante, se ha informado que la adición de carbohidratos en cantidades más altas de sus niveles óptimos, podría reducir su crecimiento (25, 29).

Maas et al (23) demostraron que al incrementar la FC en la dieta de la tilapia de 0 a 16%, paralelamente disminuye la digestibilidad de los carbohidratos de 90 a 30%, respectivamente, impactando en los indicadores de eficiencia. Estos autores obtuvieron un coeficiente de correlación positivo significativo ( $r = 0.50$ ,  $p < 0.010$ ) de acuerdo con el nivel de polisacáridos no amiláceos en la dieta (%). Además, la figura 1 muestra un alto coeficiente

de regresión significativo ( $R^2 = 0.732$ ,  $p < 0.000$ ) entre el contenido de FDN (%) en las dietas y la DAMS (%), como resultado del rendimiento afectado de la tilapia.

La retención de nutrientes en el cuerpo de los peces, refleja una digestibilidad adecuada de los nutrientes. Los resultados de la presente investigación indicaron que la humedad del cuerpo de la tilapia aumentó (T15 y T20) significativamente ( $p < 0.05$ ), según se incrementó el palmiste en la dieta. Al mismo tiempo, el valor de PC disminuyó, cuando los niveles de palmiste en las dietas fueron de 15 y 20%, como se informó anteriormente en otras investigaciones (21,30). Sobre este tema, Adjanke et al (31) demostraron que la inclusión de palmiste hasta un 10% en la dieta, no afectó la humedad y la proteína cruda del cuerpo de la tilapia (*O. niloticus*).

Este estudio confirmó que al incluir gradualmente el palmiste en dietas para las tilapias hasta un 20%, se reduce su costo (Tabla 7) debido al bajo precio y alta disponibilidad de este alimento. Por lo tanto, el uso de palmiste como proteína vegetal alternativa, promueve ganancias económicas para el cultivo de la tilapia en la fase investigada.

En conclusión, el palmiste se puede usar hasta 10% en dietas para alevines de tilapia (*O. niloticus*), sin afectar la digestibilidad aparente de los nutrientes, el crecimiento y el contenido nutricional de todo el cuerpo. Además, la inclusión progresiva de palmiste en las dietas, disminuyó el costo del alimento, para un cultivo de tilapia más rentable.

## Conflicto de intereses

Los autores afirman que no hay conflicto de intereses.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento de la Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas (Código: I + D13). Agradecemos al Ministerio de Acuicultura y Pesca de Ecuador la donación de las tilapias. Asimismo, Antonella Bertero, representante legal de Aniprotein Cía., que donó amablemente la harina de subproductos de aves. También se agradece a Charles Rivas y Luis López, a los estudiantes: Zonia Caicedo, Gabriela Ortiz, Karen Bone y Melissa Panezo.

## REFERENCIAS

1. Tacon AG. Trends in global aquaculture and aquafeed production: 2000–2017. *Rev Fish Sci Aquac.* 2020; 28(1):43-56. <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1649634>
2. Kord MI, Srour TM, Omar EA, Farag AA, Nour AAM, Khalil HS. The immunostimulatory effects of commercial feed additives on growth performance, non-specific immune response, antioxidants assay, and intestinal morphometry of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Front Physiol.* 2021; 12(627499):1-12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.627499>
3. Pinho SM, David LHC, Goddek S, Emerenciano MG, Portella MC. Integrated production of Nile tilapia juveniles and lettuce using biofloc technology. *Aquacult Int.* 2021; 29(1):37-56. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00608-y>
4. Qureshi SS, Nizamuddin S, Baloch HA, Siddiqui TH, Mubarak NM, Griffin GJ. An overview of OPS from oil palm industry as feedstock for bio-oil production. *Biomass Conv Bioref.* 2019; 9:827-841. <https://doi.org/10.1007/s13399-019-00381-w>
5. Son AR, Hyun Y, Htoo JK, Kim BG. Amino acid digestibility in copra expellers and palm kernel expellers by growing pigs. *Anim Feed Sci Technol.* 2014; 187(2014):91-97. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.09.015>
6. Botello AL, Martínez YA, Cotera MB, Morán CM, Ortega MO, Pérez KC, et al. Growth performance, carcass traits and economic response of broiler fed of palm kernel meal (*Elaeis guineensis*). *Cuba J Agric Sci.* 2020; 54(4):1-12. <http://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/986>
7. de Melo Lisboa M, Silva RR, da Silva FF, de Carvalho GGP, da Silva JWD, Paixão TR, et al. Replacing sorghum with palm kernel cake in the diet decreased intake without altering crossbred cattle performance. *Trop Anim Health Pro.* 2021; 53(1):1-6. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02460-x>
8. Obirikorang KA, Amisah S, Fialor SC, Skov PV. 2015. Digestibility and postprandial ammonia excretion in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing different oilseed by-products. *Aquacult Int.* 2015; 23(5):1249-1260. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9881-z>
9. Obirikorang KA, Amisah S, Agbo NW, Adjei-Boateng D, Adjei NG, Skov PV. Evaluation of Locally available Agroindustrial By-products as Partial Replacements to Fishmeal in Diets for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Production in Ghana. *J Anim Nutr.* 2015; 1(1-2):1-9. <https://doi.org/10.21767/2572-5459.100002>
10. Obirikorang KA, Amisah S, Fialor SC, Skov PV. Effects of dietary inclusions of oilseed meals on physical characteristics and feed intake of diets for the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquacult Rep.* 2015; 1(2015):1-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.01.002>
11. Thongprajukaew K, Rodjaroen S, Tantikitti C, Kovitvadhi U. Physicochemical modifications of dietary palm kernel meal affect growth and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Anim Feed Sci Technol.* 2015; 202(2015):90-99. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.01.010>
12. National Research Council (NRC). Nutrient Requirement of Fish. Committee on Animal Nutrition, Board of Agriculture, National Research Council. National Academic Press: Washington, D.C. USA; 1993. <https://www.nap.edu/catalog/2115/nutrient-requirements-of-fish>
13. He JY, Han B, Tian LX, Yang HJ, Zeng SL, Liu YJ. The sparing effect of cystine on methionine at a constant TSAA level in practical diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquac Res.* 2016; 47(6):2031-2039. <https://doi.org/10.1111/are.12657>



14. Makori AJ, Abuom PO, Kapiyo R, Anyona DN, Dida GO. Effect of water physic-chemical paramaters on tilapia (*Oreochromis niloticus*) in earthen ponds in Teso North Sub-County, Busia County. J Fish Aquat Sci. 2017; 20(30):1-10. <https://doi.org/10.1186/s41240-017-0075-7>
15. Araiza MAF, Hernández LHH, Velázquez EAR, Reyes MLE. Effect of the substitution of fish oil with a mixture of plant-based oils in diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) fingerlings on growth, phosphorus and nitrogen excretion. Isr J Aquacult-Bamid. 2015; 67(2015):1-9. <https://doi.org/10.46989/001c.20681>
16. Devic E, Leschen W, Murray F, Little DC. Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. Aquacult Nutr. 2018; 24(1):416–423. <https://doi.org/10.1111/anu.12573>
17. Official Methods of Analysis (AOAC), 19th edn. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA. 2012. [https://www.techstreet.com/standards/official-methods-of-analysis-of-aoac-international-19th-edition-2012?product\\_id=1881941](https://www.techstreet.com/standards/official-methods-of-analysis-of-aoac-international-19th-edition-2012?product_id=1881941)
18. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. J Dairy Sci. 1991; 74(10):3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
19. Ramanathan G, Ramalakshmi P, Gopperundeve B, Suresh JI. Production Characterization and Aqua Feed Supplementation of Astaxanthin from *Halobacterium salinarium*. Int J Curr Microbiol App Sci. 2015; 4(3):56-63. <https://www.ijcmas.com/vol-4-3/G.Ramanathan,%20et%20al.pdf>
20. Van Keulen J, Young BA. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. J Anim Sci. 1977; 44(2):282-287. <https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x>
21. Palupi ET, Setiawati M, Lumlertdacha S, Suprayudi MA. Growth performance, digestibility, and blood biochemical parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in floating cages and fed poultry by-product meal. J Appl Aquaculture. 2019; 32(1):1-18. <https://doi.org/10.1080/10454438.2019.1605324>
22. Mansour AT, Allam BW, Srour TM, Omar EA, Nour AAM, Khalil HS. The Feasibility of Monoculture and Polyculture of Striped Catfish and Nile Tilapia in Different Proportions and Their Effects on Growth Performance, Productivity, and Financial Revenue. J Mar Sci Eng. 2021; 9(6):1-14. <https://doi.org/10.3390/jmse9060586>
23. Maas RM, Verdegem MC, Wiegertjes GF, Schrama JW. Carbohydrate utilisation by tilapia: a meta-analytical approach. Rev Aquacult. 2020; 12(2020):1851-1866. <https://doi.org/10.1111/raq.12413>
24. Haidar MN, Petie M, Heinsbroek LTN, Verreth JAJ, Schrama JW. The effect of type of carbohydrate (starch vs. non-starch polysaccharides) on nutrients digestibility, energy retention and maintenance requirements in Nile tilapia. Aquaculture. 2016; 463(2016):241-247. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.05.036>
25. Chen JX, Feng JY, Zhu J, Luo L, Lin SM, Wang DS, et al. Starch to protein ratios in practical diets for genetically improved farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Effects on growth, body composition, peripheral glucose metabolism and glucose tolerance. Aquaculture. 2020; 515(2020):734538. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734538>
26. Kamalam BJ, Medale F, Panserat S. Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: new insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. Aquaculture. 2017; 467(2017):3-27. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.007>

27. Boonanuntasarn S, Jangprai A, Kumkhong S, Plagnes JE, Veron V, Burel C, et al. Adaptation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of dietary carbohydrates: New insights from a long term nutritional study. *Aquaculture*. 2018; 496(2018):58-65. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.011>
28. Boonanuntasarn S, Kumkhong S, Yoohat K, Plagnes JE, Burel C, Marandel L, et al. Molecular responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of dietary carbohydrates. *Aquaculture*. 2018; 482(2018):117-123. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.032>
29. Kabir KA, Verdegem MCJ, Verreth JAJ, Phillips MJ, Schrama JW. Dietary non-starch polysaccharides influenced natural food web and fish production in semi-intensive pond culture of Nile tilapia. *Aquaculture*. 2020; 528(2020):1-10. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735506>
30. Magouz FI, Dawood MA, Salem MF, Mohamed AA. The effects of fish feed supplemented with Azolla meal on the growth performance, digestive enzyme activity, and health condition of genetically-improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Ann Anim Sci*. 2020; 20(3):1029-1045. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0016>
31. Adjanke A, Tona K, Ble CM, Toko II, Gbeassor M. Effect of dietary inclusion of palm kernel meal on feed intake, growth and body composition of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* reared in concrete tanks in Togo. *Int J Fish Aquat Stud*. 2016; 4(5):642-646. <https://www.fisheriesjournal.com/archives/2016/vol4issue5/PartI/4-4-51-784.pdf>