

Desempeño comparativo de dietas específicas para tilapia vs. trucha sobre el crecimiento, eficiencia alimenticia y rentabilidad de *Oreochromis niloticus* cultivada en sistemas de bajo recambio hídrico

Comparative performance of tilapia-specific vs. trout diets on growth, feed efficiency and profitability of *Oreochromis niloticus* reared in low-water-exchange systems

María Hurtado Zamora^{1,2}; Luis Gonzales Molina²; Cruz Prieto Dueñas²; Jhon Alvarez Veliz²; Francisco Ganoza Chozo²; Jean García Valladares²; Jesús Barreto Meza¹; Esteban Airahuacho Bautista^{3*}

1 Departamento Académico de Ingeniería Pesquera e Ingeniería Acuícola, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Lima, Perú.

2 Área de Investigaciones Pesqueras, Instituto del Mar del Perú, Huacho, Lima, Perú.

* Autor correspondiente: fairahuacho@unjfsc.edu.pe (E. Airahuacho Bautista).

ORCID de los autores:

M. Hurtado Zamora: <https://orcid.org/0009-0006-3651-1648>

L. Gonzales Molina: <https://orcid.org/0000-0002-6910-4903>

C. Prieto Dueñas: <https://orcid.org/0000-0002-4062-8471>

J. Alvarez Veliz: <https://orcid.org/0000-0001-7312-4045>

F. Ganoza Chozo: <https://orcid.org/0000-0002-6910-4903>

J. García Valladares: <https://orcid.org/0009-0005-4507-5617>

J. Barreto Meza: <https://orcid.org/0000-0002-5790-6757>

E. Airahuacho Bautista: <https://orcid.org/0000-0001-7484-0449>

RESUMEN

La investigación evaluó el efecto de dos dietas comerciales con densidades nutricionales contrastantes: alimento para tilapia (T1) y alimento para trucha (T2), sobre el desempeño zootécnico y la eficiencia económica de juveniles tempranos de *Oreochromis niloticus* en un sistema de bajo recambio hídrico durante 112 días. Alevines de 30 días de edad fueron aclimatados y posteriormente distribuidos al azar en dos tratamientos y cuatro réplicas. Los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para la especie, validando la viabilidad del sistema de bajo recambio. Aunque el tratamiento T2 promovió un mayor desarrollo longitudinal ($p < 0,01$), no se hallaron diferencias estadísticas significativas en el peso corporal final (102,8 g para T1 vs. 116,8 g para T2; $p = 0,13$). La dieta T1 demostró una superioridad metabólica con una conversión alimenticia de 0,72 frente a 0,87 en T2 ($p < 0,01$), atribuida a una mejor utilización de nutrientes y al aprovechamiento del alimento natural. El análisis económico reveló que el uso de alimento para trucha es contraproducente, alcanzando apenas el 64% de la eficiencia económica relativa obtenida con T1, debido a un mayor costo de alimentación (71% superior). Se concluye que la dieta específica para tilapia optimiza el rendimiento biológico y financiero en *O. niloticus* bajo sistemas de bajo recambio costero.

Palabras clave: eficiencia alimenticia; eficiencia económica; nutrición acuícola; sistemas de bajo recambio.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of two commercial diets with contrasting nutritional densities, tilapia feed (T1) and trout feed (T2), on the zootechnical performance and economic efficiency of early juvenile *Oreochromis niloticus* reared in a low water-exchange system for 112 days. Thirty-day-old fingerlings were acclimated and subsequently randomly distributed into two treatments with four replicates each. Physicochemical parameters remained within optimal ranges for the species, validating the viability of the low-exchange system. Although the T2 treatment promoted greater longitudinal growth ($p < 0.01$), no statistically significant differences were observed in final body weight (102.8 g for T1 vs. 116.8 g for T2; $p = 0.13$). The T1 diet demonstrated metabolic superiority, achieving a feed conversion ratio (FCR) of 0.72 compared to 0.87 in T2 ($p < 0.01$), which was attributed to improved nutrient utilization and the exploitation of natural food sources. Economic analysis revealed that using trout feed is counterproductive, attaining only 64% of the relative economic efficiency obtained with T1 due to a 71% higher feeding cost. It is concluded that a tilapia-specific diet optimizes both biological performance and financial yield in *O. niloticus* cultured in coastal low water-exchange systems.

Keywords: feed efficiency; economic efficiency; aquaculture nutrition; low-exchange systems.

Recibido: 04-07-2026.

Aceptado: 30-09-2026.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad determinante para garantizar la seguridad alimentaria mundial y es el sector de producción de alimentos que más se ha expandido en los últimos 50 años (Novodvorski et al., 2024). Entre los peces más cultivados se encuentra la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), una especie ampliamente producida por su rusticidad (Nunes et al., 2024), y que se destaca como la tercera especie más cultivada a nivel mundial (Novodvorski et al., 2024).

El crecimiento de la tilapia en sistemas de producción intensivo está basado en el uso de alimento balanceado, que llega a representar entre el 60 a 80% de los costos de producción (Ragasa et al., 2022), por ello, su gestión es crítico para mejorar la rentabilidad. El aporte equilibrado de nutrientes, como la proteína junto con la energía, permitirá al organismo manifestar todo su potencial genético reflejado en un óptimo crecimiento. Las proteínas dietarias, hidrolizadas en el intestino y absorbidas como aminoácidos, parte de ellas serán desaminadas y el nitrógeno resultante serán excretadas en el agua como amoníaco (Hardy y Kaushik, 2021). Por tanto, el aporte innecesario de proteína podría contribuir con los problemas de eutrofización y la calidad de agua (Wang et al., 2019), por lo que la utilización de dietas equilibradas en nutrientes con relación a la energía optimizará el crecimiento y la salud de los animales, y minimizará los impactos medioambientales negativos (Novodvorski et al., 2024). Este equilibrio es particularmente relevante en sistemas de bajo recambio hídrico, donde la acumulación de metabolitos nitrogenados puede comprometer el desempeño zootécnico.

La tilapia, al ser un típico pez herbívoro, aprovecha eficientemente el alto contenido de fibra de dietas compuestos por la harina de soya, una de las

fuentes de proteína más utilizadas en la alimentación animal (Peng et al., 2024). La fibra dietaria es clave para mantener la función intestinal normal, a partir de su fermentación microbiana que ocurre principalmente en el intestino delgado y grueso distal, y de la generación de metabolitos microbianos que son la principal fuente de energía para las células intestinales (Hu et al., 2023).

En el Perú, el cultivo de tilapia aún no alcanza una escala comercial consolidada debido a limitaciones técnicas asociadas a su histórica prohibición en 1991 (Resolución Ministerial N° 277-99-PE); sin embargo, el impulso productivo de países vecinos ha reactivado el interés de emprendimientos locales. A pesar de ello, persiste un vacío de conocimiento sobre los requerimientos nutricionales específicos de las cepas locales adaptadas al litoral peruano (Ng y Romano, 2013). Esta falta de información y la escasa disponibilidad regional de piensos formulados para la especie han propiciado el uso empírico de dietas para trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), dada su fácil comercialización. No obstante, los efectos fisiológicos y económicos de emplear estos alimentos hiperproteicos e hiperlipídicos en sistemas de bajo recambio hídrico en el país aún no han sido evaluados sistemáticamente.

Bajo este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de dos alimentos comerciales con densidades nutricionales contrastantes (alimento específico para tilapia vs. alimento para trucha) sobre el rendimiento zootécnico, la conversión alimenticia aparente y la eficiencia económica de juveniles tempranos de *Oreochromis niloticus* cultivados en un sistema de bajo recambio hídrico.

METODOLOGÍA

Ubicación

El estudio se realizó en el Laboratorio Costero del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), sede Carquín (11°05'31"S 77°37'42"O), provincia de Huaura, Lima. El área experimental consistió en una estructura de 90 m² cubierta con malla raschel (95% de sombra), proporcionando un ambiente controlado para el desarrollo del cultivo.

Material biológico y aclimatación

Se adquirieron 2,000 alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de 30 días de edad del Centro Acuícola "El Gran Paso" (Tarapoto, San Martín). Los ejemplares fueron transportados por vía aérea y terrestre en bolsas de polietileno con oxígeno suplementario durante un periodo de 9 horas.

La aclimatación se realizó durante 30 días en tanques de fibra de vidrio bajo condiciones controladas de temperatura (27,9 ± 1,8 °C). Durante este periodo, se estabilizó el pH mediante mezclas progresivas de agua local y se ajustó la

temperatura gradualmente hasta alcanzar el rango de 28 a 30 °C, simulando las condiciones ambientales del área de estudio.

Sistema de cultivo y monitoreo de calidad de agua

El experimento se desarrolló en ocho tanques de fibra de vidrio con un volumen útil de 490 L cada uno. El sistema operó bajo un régimen de bajo recambio hídrico, con renovaciones semanales del 20% del volumen total. El soporte técnico para mantener la calidad del agua incluyó sedimentadores de sólidos, filtración mecánica y biológica, desinfección mediante radiación ultravioleta (UV) y aireación constante provista por un soplador de 2 HP.

El monitoreo térmico se realizó tres veces al día (08:00, 12:00 y 16:00 h). Semanalmente, se determinó la concentración de oxígeno disuelto mediante un oxímetro digital (YSI Pro20), mientras que los niveles de pH y compuestos nitrogenados (nitrógeno amoniacal, nitrito y nitrato) se

evaluaron utilizando kits colorimétricos estándar. Los rangos de referencia para la interpretación de la calidad del agua se basaron en lo propuesto por Saldaña Escorcía et al. (2022) (Figura 1).

Diseño experimental y regímenes alimenticios

El experimento se extendió por 112 días (18 de enero al 10 de mayo de 2021). Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con dos tratamientos y cuatro réplicas por tratamiento. Cada unidad experimental fue sembrada con 100 peces de 56 días de edad. Los tratamientos consistieron en dos dietas comerciales con densidades nutricionales contrastantes: T1 (alimento para tilapia) y T2 (alimento para trucha).

El alimento se suministró manualmente cuatro veces al día (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00 h). La cantidad diaria de alimento asignada a cada unidad experimental (Ración Diaria, RD) se calculó en función de la biomasa total activa:

$$RD \text{ (g/día)} = \frac{\text{Biomasa total del tanque (g)} \times \% \text{ Tasa de alimentación}}{100}$$

Donde la biomasa total del tanque se obtuvo multiplicando el peso promedio individual (determinado en las biometrías) por la población de peces vivos en cada réplica.

La tasa de alimentación se ajustó quincenalmente recalculando la biomasa y aplicando porcentajes decrecientes del peso vivo según las siguientes etapas de desarrollo por edad del pez:

- Pre-inicio (60 a 96 días de edad): Tasa de alimentación del 10% del peso vivo.
- Inicio (97 a 120 días de edad): Tasa de alimentación del 8% del peso vivo.
- Crecimiento 1 (121 a 154 días de edad): Tasa de alimentación del 5% del peso vivo.
- Crecimiento 2 (155 a 172 días de edad): Tasa de alimentación del 2,5% del peso vivo.

La composición química de los alimentos comerciales utilizados se basó en la información técnica y el análisis declarado por la empresa fabricante (AQUATECH). La composición nutricional declarada de los piensos para cada etapa se presenta en la Tabla 1.



Figura 1. Secuencia del proceso experimental con *Oreochromis niloticus*: A) Aclimatación de alevines; B) Sistema de cultivo en tanques de fibra de vidrio de bajo recambio; C) Evaluaciones de calidad de agua mediante kits colorimétricos; D) Alimentación manual; E) Medición de longitud total en ictiómetro; F) Registro de peso en balanza digital.

Tabla 1

Contenido nutricional del alimento evaluado según las etapas de crecimiento

Nutriente	Alimento tilapia (T1)				Alimento trucha (T2)		
	Pre inicio	Inicio	Crec. 1	Crec. 2	Pre inicio	Inicio	Crec. 1 y 2
MS, %	88	88	88	88	88	88	88
ED, kcal/kg	3,6	3,1	3,0	2,9	3,8	3,8	3,6
Proteína, %	45	40	35	32	55	50	42
Grasa, %	7	5	5	4	12	12	15
Fibra, %	2,5	4	5	6	2,0	2,0	3,0
ELN, %	21,5	27	31	34	7	12	16
Calcio, %	1,6	1,2	1,0	0,8	1,2	1,2	1,2
Fosforo, %	1,0	0,8	0,7	0,6	1,5	1,5	0,7

Nota: Valores nutricionales correspondientes al análisis e información garantizada declarada por la empresa fabricante (AQUATECH) en el empaque de los alimentos comerciales utilizados.

MS: Materia seca; ED: Energía digestible estimada; ELN: Extracto libre de nitrógeno.

Cada 28 días se realizó una biometría al 30% de los peces de cada unidad experimental (previo ayuno de 12 h). Con el propósito de minimizar el estrés por manipulación sin emplear anestésicos, los ejemplares fueron capturados y procesados individualmente con rapidez fuera del agua (tiempo de exposición menor a 30 segundos) utilizando toallas húmedas para proteger la mucosa cutánea. Se registró el peso corporal ($\pm 0,1$ g) mediante una balanza digital analítica (OHAUS, precisión $\pm 0,01$ g) y la longitud total ($\pm 0,1$ cm) con un ictiómetro digital, reincorporando de inmediato a los peces a sus respectivos tanques con aireación constante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos registrados durante los 112 días de experimentación se presentan en la Tabla 2. La temperatura (25 a 29 °C) y el pH (7,2 a 7,9) permanecieron dentro de los niveles óptimos para el desarrollo de la especie. Pese al régimen de bajo recambio hídrico, el oxígeno disuelto se mantuvo en niveles de saturación (7,6 a 7,9 mg/L) gracias al sistema de aireación constante. Los compuestos nitrogenados exhibieron una tendencia acumulativa, alcanzando concentraciones máximas de 1,90 mg/L de nitrito y 200 mg/L de nitrato; no obstante, estos valores no excedieron los rangos de tolerancia reportados para *O. niloticus* (Saldaña Escorcía et al., 2022).

Tabla 2

Parámetros físicos y químicos de cultivo de alevines de tilapia

Parámetro	Rango*	Durante el estudio	
		Mínimo	Máximo
Temperatura, °C	20 a 42	25	29
Oxígeno disuelto, mg/L	1,6 a > 9	7,6	7,9
pH	5 a 11	7,2	7,9
Nitrito, mg/L	0 a 5	0,01	1,90
Nitrato, mg/L	0 a 300	15	200

* Según Saldaña Escorcía et al. (2022).

La estabilidad de los indicadores fisicoquímicos registrados (Tabla 2) ratifica que el sistema de bajo recambio hídrico proporcionó un entorno adecuado para el cultivo, manteniendo la temperatura y el pH en rangos óptimos para el metabolismo de *O. niloticus*. La notable tolerancia medioambiental de esta especie, factor determinante de su éxito biológico y potencial invasivo (Zhang et al., 2022), le permitió adaptarse a la acumulación progresiva de compuestos nitrogenados. Aunque el sistema favoreció el incremento de nitritos y nitratos, las concentraciones finales se mantuvieron bajo los umbrales de seguridad críticos para la tilapia en etapas de crecimiento (Saldaña Escorcía et al., 2022), validando la viabilidad técnica de este modelo de producción bajo las condiciones del litoral costero.

El crecimiento en términos de peso corporal y longitud de *O. niloticus* durante los 112 días de experimentación se presenta en la Figura 2. Se observaron diferencias estadísticas significativas

Índices de desempeño y análisis de datos

Se determinaron los siguientes indicadores:

Ganancia de peso = $(\text{Peso final} - \text{peso inicial}) / \text{días}$

Consumo de alimento = $\text{Consumo total (g)} / \text{número de peces}$

Conversión alimenticia aparente = $\text{Ganancia de peso total} / \text{Consumo de alimento total}$

El beneficio neto se calculó como la diferencia entre los ingresos por ganancia de peso (precio de venta) y los costos variables (alevines y alimento total). La normalidad de los datos fue validada y se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes utilizando el software R.

($p < 0,05$) a favor del tratamiento con alimento para trucha (T2), el cual mostró una tendencia superior en el peso corporal (Figura 2A) y una longitud consistentemente mayor (Figura 2B) a lo largo del estudio.

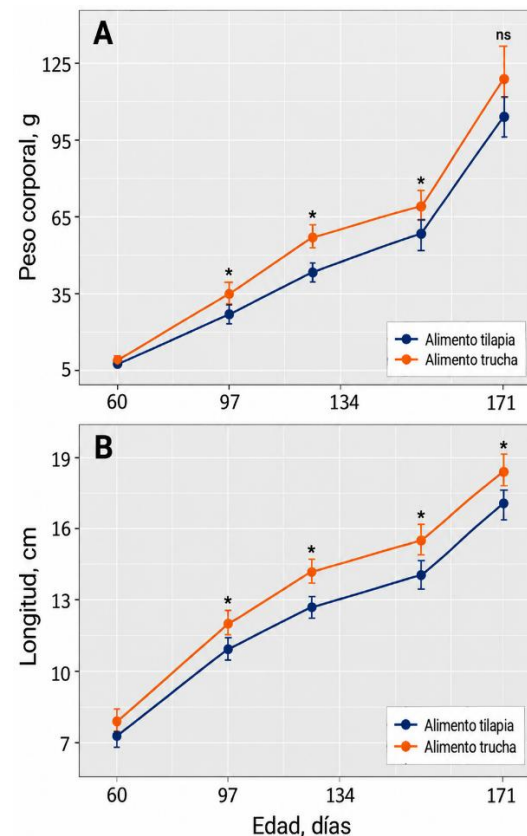


Figura 2. Peso corporal (A) y longitud (B) de *O. niloticus* en crecimiento alimentadas con dos tipos de alimento comercial. El asterisco indica diferencias estadísticas significativas.

Los parámetros zootécnicos finales se detallan en la Tabla 3. Al finalizar el periodo evaluado, la sobrevivencia fue elevada en ambos tratamientos ($97,0 \pm 3,0\%$ en T1 y $98,0 \pm 2,0\%$ en T2; $p=0,32$), confirmando la inocuidad de las dietas y el adecuado manejo. Se registraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la longitud final, el consumo total de alimento y la conversión alimenticia aparente. Sin embargo, el peso corporal

final ($p = 0,13$) y la ganancia diaria de peso ($p = 0,16$) no mostraron diferencias estadísticamente significativas, a pesar de la superioridad numérica de T2.

Aunque la dieta para trucha (T2) promovió una mayor longitud final ($18,3 \pm 0,6$ cm vs. $17,0 \pm 0,4$ cm en T1; $p=0,01$), no generó diferencias significativas en peso final ($116,8 \pm 13,7$ g vs. $102,8 \pm 7,8$ g; $p = 0,13$) ni en ganancia diaria ($0,968$ g/d vs. $0,855$ g/d; $p = 0,16$) (Tabla 3). En contraste, la conversión alimenticia aparente (FCR) fue significativamente superior en T1 ($0,72 \pm 0,04$) frente a T2 ($0,87 \pm 0,06$; $p < 0,01$) (Tabla 3). Ambos FCR resultan inferiores al rango convencional de 1,2 a 1,8 reportado en agua clara para *O. niloticus* (Ng & Romano, 2013; Novodvorski et al., 2024). Esta elevada eficiencia se debe al mayor aprovechamiento proteico en juveniles tempranos (Meurer et al., 2025) y, principalmente, a la productividad primaria endógena (perifiton, bioflóculo incipiente y microalgas) favorecida por el bajo recambio hídrico (Savonitto et al., 2021). Esta biomasa natural actuó como alimento suplementario, sustituyendo parcialmente el consumo de pellets y subestimando el FCR aparente (Savonitto et al., 2021; Meurer et al., 2025).

La ingesta de todos los nutrientes evaluados presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos (Tabla 4). El mayor consumo voluntario registrado en las tilapias alimentadas con dieta para trucha (T2) se tradujo en una ingesta superior de energía digestible (ED), proteína cruda, grasa, calcio y fósforo. Por el contrario, los ejemplares del tratamiento T1 (alimento para tilapia) mostraron una ingesta significativamente mayor de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (ELN) en comparación con el grupo T2.

Aunque los teleósteos suelen incrementar el consumo para compensar dietas de baja densidad energética (Mebratu et al., 2023), T1 registró un consumo total significativamente menor ($68,3 \pm 1,9$ g vs. $94,3 \pm 10,6$ g en T2; $p < 0,01$) (Tabla 3). Esto indica que el nivel de fibra en T1 ($5,0 - 6,0\%$ declarada; $3,1 \pm 0,1$ g ingerida) superó el umbral

fisiológico de tolerancia para juveniles de *O. niloticus*, estimado entre 3% y 5% (Ng & Romano, 2013; Lansakara et al., 2024). Superado este umbral, los polisacáridos no almidonosos ejercen un efecto antinutricional que causa llenado mecánico y distensión gástrica, acelerando el tránsito intestinal y reduciendo la digestibilidad de la materia seca (Bonvini et al., 2018; Mebratu et al., 2023). Por ello, la fibra en T1 actuó como un limitante físico que provocó saciedad mecánica, inhibiendo la ingesta voluntaria antes de satisfacer los requerimientos energéticos de los peces (Bonvini et al., 2018).

La dieta para trucha (T2), rica en proteína (42% – 55% PC) y lípidos (12% – 15% grasa) (Tabla 1), estimuló un mayor consumo voluntario que resultó en una ingesta de proteína cruda 70,8% superior ($43,4 \pm 4,7$ g vs. $25,4 \pm 0,7$ g; $p < 0,01$) y un consumo de energía digestible 62,1% mayor (347 ± 39 kcal vs. 214 ± 6 kcal; $p < 0,01$) respecto a T1 (Tabla 4). No obstante, este exceso calórico y proteico no incrementó de forma significativa el peso final ($p = 0,13$) ni la ganancia diaria ($p = 0,16$) (Tabla 3). Fisiológicamente, cuando el consumo proteico excede el requerimiento ontogenético, el exceso de aminoácidos se cataboliza mediante desaminación hepática para obtener energía o sintetizar lípidos en lugar de depositar masa muscular (Haidar et al., 2018; Hardy & Kaushik, 2021). Este proceso genera un alto costo bioenergético por la síntesis y excreción del nitrógeno amoniacal resultante, explicando por qué una mayor ingesta de proteína no mejoró el rendimiento ponderal (Hardy & Kaushik, 2021; Novodvorski et al., 2024). Asimismo, la elevada ingesta de grasa en T2 ($11,0 \pm 1,4$ g vs. $3,3 \pm 0,2$ g; $p < 0,01$) pudo inducir una acumulación lipídica visceral y hepática anormal que satura la capacidad metabólica del hígado (Zhang et al., 2023). Por el contrario, la dieta T1 promovió una utilización más eficiente de los nutrientes que, sumada al aprovechamiento de la productividad primaria natural del sistema, justifica la obtención de una conversión alimenticia aparente superior ($0,72 \pm 0,04$) (Savonitto et al., 2021).

Tabla 3

Parámetros zootécnicos de *O. niloticus* alimentadas con dos dietas comerciales

Parámetros	Alimento de tilapia (T1)	Alimento de trucha (T2)	Probabilidad
Peso corporal inicio, g	6,95 $\pm$ 0,36	8,17 $\pm$ 0,90	
Peso corporal final, g	102,8 $\pm$ 7,8 ^a	116,8 $\pm$ 13,7 ^a	0,13
Ganancia de peso, g/d	0,855 $\pm$ 0,07 ^a	0,968 $\pm$ 0,12 ^a	0,16
Longitud inicial, cm	7,13 $\pm$ 0,15	7,65 $\pm$ 0,30	
Longitud final, cm	17,0 $\pm$ 0,4 ^b	18,3 $\pm$ 0,6 ^a	0,01
Consumo de alimento total, g	68,3 $\pm$ 1,90 ^b	94,29 $\pm$ 10,59 ^a	< 0,01
Conversión alimenticia	0,72 $\pm$ 0,04 ^a	0,87 $\pm$ 0,06 ^b	< 0,01
Sobrevivencia, %	97,0	98,0	0,32

Tabla 4

Ingesta de nutrientes de *O. niloticus* (60 a 172 días de edad) alimentadas con dos dietas comerciales

Nutriente	Alimento de tilapia (T1)	Alimento de trucha (T2)	Probabilidad
ED, kcal	214 $\pm$ 6 ^b	347 $\pm$ 39 ^a	< 0,01
Proteína cruda, g	25,4 $\pm$ 0,7 ^b	43,4 $\pm$ 4,7 ^a	< 0,01
Grasa cruda, g	3,3 $\pm$ 0,2 ^b	11,0 $\pm$ 1,4 ^a	< 0,01
Fibra cruda, g	3,1 $\pm$ 0,1 ^a	2,5 $\pm$ 0,3 ^b	< 0,01
ELN, g	19,9 $\pm$ 0,6 ^a	12,9 $\pm$ 1,6 ^b	< 0,01
Calcio, g	0,75 $\pm$ 0,02 ^b	1,13 $\pm$ 0,13 ^a	< 0,01
Fosforo, g	0,51 $\pm$ 0,01 ^b	0,96 $\pm$ 0,09 ^a	< 0,01

Los indicadores económicos revelaron diferencias críticas entre los tratamientos (Tabla 5). El tratamiento con alimento para trucha (T2) alcanzó apenas el 64% de la eficiencia económica obtenida con la dieta específica para tilapia (T1) (Tabla 5). Este resultado se atribuye a un incremento combinado en los costos operativos: por un lado, una mayor tasa de ingestión voluntaria en el grupo T2 y, por otro, el elevado valor comercial de dicha dieta, formulada con insumos de alta densidad proteica y lipídica.

Finalmente, la marcada disparidad en la eficiencia económica relativa demuestra que el uso de dietas diseñadas para salmónidos resulta contraproducente en el engorde de *O. niloticus*. Aunque el alimento para trucha se caracteriza por una mayor densidad nutricional, su uso elevó el costo de alimentación en un 71% (0,24\$ USD vs 0,14 USD) sin generar un retorno proporcional en biomasa. Dado que el alimento balanceado es el rubro más crítico en los costos variables totales, el suministro de una dieta que proporciona un exceso de nutrientes conlleva hacia una ineficiencia meta-

bólica (desaminación de proteína por exceso de disponibilidad) (Moraes et al., 2016), traducéndose en una disminución del margen del beneficio neto (0,06 USD en T2 frente a 0,11 USD en T1).

Tabla 5

Eficiencia económica relativa del alimento de tilapias en crecimiento alimentadas con dos tipos de alimento comercial

Parámetros económicos	Alimento de tilapia (T1)	Alimento de trucha (T2)
Ingresos brutos		
Ganancia de peso total, g	96	109
Precio por kg (USD/kg)*	4,05	4,05
Ingreso total por pez (USD)	0,39	0,44
Costos variables		
Costo Alevín (USD)	0,14	0,14
Costo de alimentación (USD)	0,14	0,24
Costo variable total (USD)	0,28	0,38
Análisis de rentabilidad		
Beneficio neto por pez (USD)	0,11	0,06
Eficiencia económica relativa (%)	100	64

*Tasa de cambio: 1 USD = 3,70 PEN.

CONCLUSIONES

Desde una perspectiva aplicativa, se debe rechazar el uso de dietas comerciales hiperproteicas formuladas para trucha en el engorde de *O. niloticus* en sistemas de bajo recambio hídrico, debido a su marcada ineficiencia económica y falta de beneficio en el rendimiento ponderal. En su lugar, las estrategias de nutrición acuícola en estos entornos deben aprovechar la productividad primaria endógena (perifiton y bioflóculo

incipiente) como un complemento natural de alta calidad que optimiza la conversión alimenticia y reduce los costos operativos. Finalmente, se recomienda evaluar el umbral óptimo de fibra dietaria en la etapa de juvenil temprano para evitar efectos de saciedad física, así como validar estos hallazgos en sistemas productivos comerciales a mayor escala.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (UNJFSC) bajo el Concurso de Proyectos de Investigación para Docentes 2020 -

Recursos Ordinarios, según la Resolución Vicerrectoral N°009-2020-VRI-UNJFSC del Vicerrectorado de Investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonvini, E., Bonaldo, A., Parma, L., Mandrioli, L., Sirri, R., Grandi, M., & Gatta, P. P. (2018). Feeding European sea bass with increasing dietary fibre levels: Impact on growth, blood biochemistry, gut histology, gut evacuation. *Aquaculture*, 494, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.05.017>
- Haidar, M. N., Bleeker, S., Heinsbroek, L. T. N., & Schrama, J. W. (2018). Effect of constant digestible protein intake and varying digestible energy levels on energy and protein utilization in Nile tilapia. *Aquaculture*, 489, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.035>
- Hardy, R. W., & Kaushik, S. J. (Eds.). (2021). *Fish nutrition*. Academic Press.
- Hu, R., Li, S., Diao, H., Huang, C., Yan, J., Wei, X., Zhou, M., He, P., Wang, T., Fu, H., Zhong, C., Mao, C., Wang, Y., Kuang, S., & Tang, W. (2023). The interaction between dietary fiber and gut microbiota, and its effect on pig intestinal health. *Frontiers in Immunology*, 14, Art. 1095740. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1095740>
- Lansakara, L. H. M. P. R., Kodithuwakku, S. P., Himali, S. M. C., & Vidanarachchi, J. K. (2024). Effects of supplementation of insoluble dietary fiber obtained from cinnamon spent bark waste on the performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Tropical Agricultural Research*, 35(2). <https://doi.org/10.4038/tar.v35i2.8744>
- Mebratu, A. T., Vanhandsaeme, L., Asfaw, Y. T., Merckx, W., & Janssens, G. P. J. (2023). Exploring fibrous ingredients for fish: The case of feeding sugar beet pulp to tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Heliyon*, 9(12), Artículo e22682. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22682>
- Meurer, F., Novodvorski, J., & Bombardelli, R. A. (2025). Protein requirements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during production and reproduction phases. *Aquaculture and Fisheries*, 10(2), 171–182. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2024.03.00>
- Moraes, M. A. B., Carmo, C. F., Tabata, Y. A., Vaz-Dos-Santos, A. M., & Mercante, C. T. J. (2016). Environmental indicators in effluent assessment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in raceway system through phosphorus and nitrogen. *Brazilian Journal of Biology*, 76(4), 1021–1028. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.07315>
- Ng, W. K., & Romano, N. (2013). A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. *Reviews in Aquaculture*, 5(4), 220–254.
- Novodvorski, J., Matos, É. J. A., Gonçalves, R. M., Bombardelli, R. A., & Meurer, F. (2024). Protein requirements of fattening Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed fish meal-free diets. *Aquaculture Journal*, 4(3), 135–147. <https://doi.org/10.3390/aquacj4030010>
- Nunes, L. J. L., da Silva Campos, C. V. F., da Silva, S. M. B. C., Gálvez, A. O., Brito, L. O., & dos Santos, J. F. (2024). The culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile at different culture technologies: Autotrophic, bioflocs and symbiotic. *Aquaculture*, 588, Art. 740912. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740912>

- Peng, D., Li, Y. X., Dong, L. X., Cheng, K., Wen, H., Tian, J., ... Jiang, M. (2024). Dietary iodine can effectively alleviate the adverse effects of fermented rapeseed meal on the growth, liver health, and antioxidant capacity of tilapia (GIFT, *Oreochromis niloticus*). *Fishes*, 9(12), Art. 501. <https://doi.org/10.3390/fishes9120501>
- Ragasa, C., Osei-Mensah, Y. O., & Amewu, S. (2022). Impact of fish feed formulation training on feed use and farmers' income: Evidence from Ghana. *Aquaculture*, 558, Art. 738378. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738378>
- Saldaña Escorcía, R., Salazar Sánchez, M., Rodríguez Barbosa, L., Hernández Martínez, I., & Sánchez Álvarez, N. (2022). Calidad del agua para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en etapa de alevinaje con tecnología biofloc. *Avances en Investigación*, 52, 289–301.
- Savonitto, G., Barkan, R., Harpaz, S., Neori, A., Chernova, H., Terlizzi, A., & Guttman, L. (2021). Fishmeal replacement by periphyton reduces the fish in fish out ratio and alimentation cost in gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Scientific Reports*, 11(1), Artículo 20990. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00466-5>
- Wang, J., Fu, Z., Qiao, H., & Liu, F. (2019). Assessment of eutrophication and water quality in the estuarine area of Lake Wuli, Lake Taihu, China. *Science of the Total Environment*, 650, 1392–1402. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.137>
- Zhang, L., Mei, X., Tang, Y., Razlutskiy, V., Peterka, J., Taylor, W. D., ... & Zhang, X. (2022). Effects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on phytoplankton community structure and water quality: A short-term mesocosm study. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, (423), Art. 11. <https://doi.org/10.1051/kmae/2022009>
- Zhang, Y., Guo, F., Yang, X., Liu, Y., Bao, Y., Wang, Z., Hu, Z., & Zhou, Q. (2023). Insights into the mechanism of growth and fat deposition by feeding different levels of lipid provided by transcriptome analysis of swamp eel (*Monopterus albus*) liver. *Frontiers in Immunology*, 14, Art. 1118198. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1118198>