

Artículo Científico

Efecto de alimentos comerciales sobre parámetros zootécnicos en la fase inicial de tilapia azul (*Oreochromis aureus*)¹Maricruz Campos-Mas², Alejandro Chacón-Villalobos³, Juan Ignacio Herrera-Muñoz⁴

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar parámetros de crecimiento y eficiencia en la fase inicial de desarrollo de la tilapia azul (*Oreochromis aureus*) al consumir alimentos comerciales con diferentes contenidos nutricionales y bajo distintas tasas de alimentación diarias (TAD). La investigación se realizó durante 56 días en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM) de la Universidad de Costa Rica. Se utilizaron 96 alevines sometidos previamente a un proceso de reversión hormonal con un peso inicial de $5 \pm 1,5$ g. Después de una aclimatación de 10 días, los peces se dividieron, según su peso, en grupos de seis individuos y en doce peceras. Se utilizaron alimentos comerciales A y B con proteína cruda (PC) al 40% y 36%, respectivamente; ofrecidos a una TAD inicial de 5% y 7%. Los tratamientos PC 40/7, PC 36/7, PC 40/5 y PC 36/5 se asignaron aleatoriamente, resultando en cuatro repeticiones cada uno. Se monitoreó diariamente el consumo de alimento y cada 15 días se anestesiaron los animales para evaluar las ganancias de peso (P), la longitud estándar (LE), el ancho total (AT), el coeficiente térmico de crecimiento (CTC), la tasa de

¹Este trabajo formó parte del proyecto de investigación Indicadores zootécnicos de desempeño en alevines de tilapia azul (*Oreochromis aureus*) bajo distintos regímenes de alimentación y temperatura. 737-C1-158.

²Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia. San Pedro, San José, Costa Rica. Correo electrónico: mariadelacruz.campos@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0009-0003-9870-7302>).

³Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia. Estación Experimental Alfredo Volio Mata. La Unión, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: alejandro.chacon@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-8454-9505>).

⁴Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia. San Pedro, San José, Costa Rica. Autor de correspondencia: juanignacio.herrera@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0001-5004-0826>).

Recibido: 23 enero 2023 Aceptado: 14 diciembre 2023

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



crecimiento específico (SGR), el factor de condición K (FK), la tasa de conversión alimenticia (FCR), la tasa de eficiencia proteica (PER) y el índice viscerosomático (IVS). La energía de los alimentos fue el principal determinante en la relación PD:ED, que fue estimada en 91,04 g PD/Mcal ED para el A y de 82,66 g PD/Mcal ED para el B; ambas menores a las especificadas según su etiqueta. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos según la TAD inicial aplicada; la de 7% resultó en mejores variables de crecimiento (P, LE, AT, SGR y CTC) y la de 5% en las de eficiencia (PER y FCR). El alimento solo afectó significativamente ($p = 0.035$) la LE final y la interacción TAD-alimento sobre el IVS ($p = 0.016$), pero no se consideraron determinantes ante el desempeño general de los animales.

Palabras clave: *Oreochromis aureus*, alevines, relación proteína:energía, tasa de alimentación diaria, parámetros zootécnicos, acuicultura.

ABSTRACT

Effect of two commercial feeds on the initial phase of blue tilapia (*Oreochromis aureus*). The objective of the study was to evaluate blue tilapia (*Oreochromis aureus*) growth and efficiency parameters when consuming commercial feeds with different nutritional contents under different daily feeding rates (DFR). The 56-day investigation was carried out at the Alfredo Volio Mata Experimental Station (EEAVM) of the University of Costa Rica, using 96 previously hormone-reversed fingerlings, with an initial weight of 5 ± 1.5 g. After acclimatization for 10 days, the fish were divided according to their weight into groups of six in twelve tanks. Commercial feeds A and B with 40% and 36% crude protein (CP) were used at an initial DFR of 5% and 7%, respectively. The treatments CP 40/7, CP 36/7, CP 40/5, and CP 36/5 were randomly assigned, resulting in four repetitions each. Feed consumption was monitored daily and every 15 days the animals were measured to assess weight gains (P), standard length (LE), total width (AT), thermal growth coefficient (CTC), specific growth rate (SGR), condition factor K (FK), feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER) and viscerosomatic index (IVS). Feed energy was the main determinant in the DP:DE ratio, which was

91.04 g DP/Mcal DE in feed A and 82.66 g DP/Mcal DE in B, both lower than those reported in the guaranteed analysis. Significant differences ($p < 0.05$) were observed between treatments according to the initial TAD applied, 7% resulted in better growth variables (P, LE, AT, SGR, and CTC) and 5% in those of efficiency (PER and FCR). The food only affected significantly ($p = 0.035$) the final LE and the TAD-food interaction on the IVS ($p = 0.016$). However, they were not considered determinants of the general performance of the animals.

Keywords: *Oreochromis aureus*, fry, protein:energy ratio, daily feeding rate, zootechnical parameters, aquaculture.

INTRODUCCIÓN

Los peces disminuyen el consumo de alimento conforme se acerca su nivel de saciedad, lo que puede resultar en el desperdicio de alimento y podría comprometer el bienestar y el crecimiento de los animales por contaminación del agua (Abou-Zied y Ali, 2015; Mohamed, 2013). Las estrategias alimenticias aumentan el aprovechamiento del alimento y son importantes para la sostenibilidad ambiental y económica de los sistemas productivos (Chowdhury, 2011).

La alimentación restringida por medio de una TAD (tasa de alimentación diaria) puede ser una alternativa, ya que puede tener un impacto directo sobre el aprovechamiento del alimento y la calidad del agua (Abou-Zied y Ali, 2015; Silva et al., 2019). Se presenta como un porcentaje del peso vivo de los animales y se calcula relacionando una variable de aumento de peso con una de aprovechamiento nutricional (Arce-Vega, 2014).

La medición de parámetros zootécnicos en los sistemas productivos aumenta la capacidad de toma de decisiones administrativas de los productores, ya que les permite conocer la eficiencia de las prácticas de manejo y el rendimiento de los animales (Campos-Mas, 2023). Dentro de esos parámetros se encuentran la Tasa de Conversión Alimenticia (FCR) y la Tasa de Eficiencia Proteica (PER); que son índices de desempeño que relacionan el alimento y la proteína consumidos con el peso de los animales, por lo que se utilizan para el cálculo de la TAD (Arce-Vega, 2014).

Una práctica alimenticia utilizada en alevines de tilapia es la disminución de la TAD conforme aumenta el peso de los animales, esta busca mantener un buen consumo y aprovechamiento nutricional de los animales durante su vida (Chowdhury, 2011; Silva et al., 2019).

En Costa Rica, el mercado de tilapia tiene un gran potencial de crecimiento por sus condiciones climáticas, hidrográficas y topográficas, representando una excelente alternativa de producción cárnica. Las especies *O. niloticus* y *O. aureus* son las más producidas, llegando a representar más del 80% de la producción acuícola nacional en el 2019 (Peña-Navarro y Chacón-Guzmán, 2019; INCOPECA, 2019).

El crecimiento del sector se ha dado en conjunto con una intensificación de los sistemas productivos y de la alimentación de los animales (Múnera, 2013). No obstante, esta intensificación depende del uso de dietas balanceadas que aporten los nutrientes necesarios de la forma más eficiente posible. Esto puede ser un desafío por el difícil acceso en zonas rurales, la capacidad económica de los productores y la desinformación en cuanto a correctas prácticas de alimentación (INCOPECA, 2019). Por otro lado, los sistemas, cada vez más intensivos, requieren una planificación precisa para asegurar un adecuado uso de los recursos, por lo que la generación de parámetros zootécnicos de referencia es una estrategia fundamental.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los parámetros de crecimiento y la eficiencia productiva de la tilapia azul (*Oreochromis aureus*) al consumir alimentos comerciales con diferentes proporciones de proteína:energía y bajo distintas tasas de alimentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se realizó en los meses de octubre y noviembre de 2021 en el Módulo de Investigación Acuícola de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM) de la Universidad de Costa Rica; ubicada en Ochomogo, Cartago, Costa Rica. Los alevines de tilapia azul o aurea (*Oreochromis aureus*) provinieron de la Estación Acuícola Diamantes ubicada en Guápiles, Pococí, Costa Rica; que pertenece al Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA).

Diseño y condiciones experimentales

Se utilizaron 300 alevines previamente masculinizados por la Estación Acuícola Diamantes con la hormona 17- α -metiltestosterona en una dosis de 60 mg/kg de alimento, para obtener una población monosexo de machos *Oreochromis aureus* (Vega-Galarza et al., 2021). Los animales se transportaron hacia la EEAVM en bolsas de plástico reforzadas con una atmósfera supersaturada de oxígeno (FAO, 2018) y llenas de agua con sal común (NaCl) en una concentración de 3 g/L.

El peso medio de las tilapias, cuando llegaron al laboratorio, fue de $5 \pm 1,5$ g y se recibieron en agua con una salinidad de 1,5 g/L. Seguidamente, estos animales pasaron por un proceso de aclimatación de 10 días en peceras de vidrio con nueve alevines cada una, en el que se ofreció a saciedad un alimento balanceado comercial código DAA:774-103, con una granulometría menor a 1,5 mm y 42% de proteína (DAASIRE, 2022). La ración diaria se ofreció en tres partes y, al final del último día de la aclimatación, se midió el peso, la longitud y el ancho de los animales con un micrómetro vernier y una balanza granataria con capacidad para 3 kg y una precisión de 0,1 g.

Al inicio de la fase experimental, los animales se dividieron en grupos de seis individuos por pecera según el peso, buscando que las medias de todos los tratamientos fueran similares. La fase experimental duró 56 días y se utilizó un modelo de sistema de recirculación de acuicultura (RAS). Cada pecera tenía una capacidad de 60 L (40 cm x 40 cm x 36 cm) y se acomodaron en líneas de cuatro; cada una se conectó a un filtro multicapa integrado tipo "canister" (JT, JHW-303B) con una capacidad de recambio real de 800 L/hora, espuma de poliuretano de baja densidad como material filtrante y piezas de cerámica cilíndricas como sustrato de la filtración biológica tipo lecho móvil.

Durante la prueba, los parámetros del agua (pH, oxígeno disuelto, salinidad y temperatura) se monitorearon y controlaron todos los días con un instrumento multiparamétrico (Professional Plus, YSI) antes del primero y después del segundo tiempo de comida. Para medir el nitrógeno amoniacal total (TAN), los nitritos (NO₂) y los nitratos (NO₃), se utilizó un kit colorimétrico (Freshwater Master Test Kit, API); al inicio se midieron cada dos días y, después de que se comprobó la estabilización de

la filtración biológica, el TAN y NO_2 se midieron semanalmente, mientras que los NO_3 cada dos semanas. La Figura 1 muestra el cambio de estas variables a lo largo del experimento y el esfuerzo realizado por mantener las condiciones del agua lo más estables posible a lo largo del experimento. Estas no se utilizaron como variables, ya que fueron usadas como información complementaria para mantener el bienestar de los animales en las peceras.

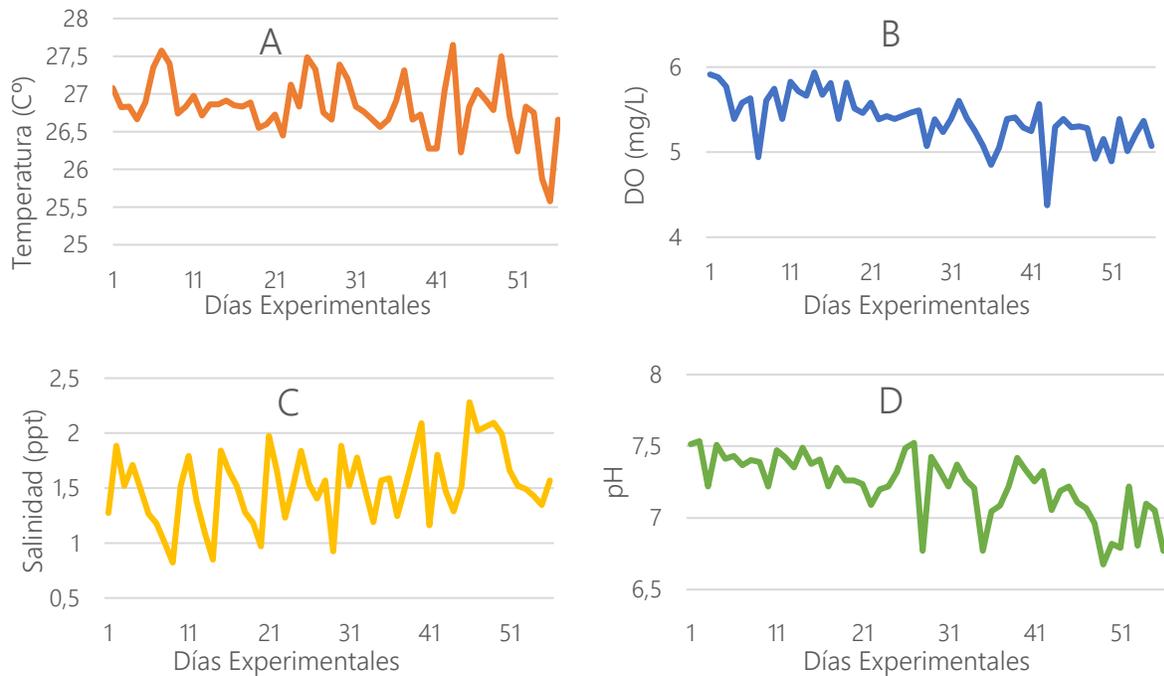


Figura 1. Valores promedio de temperatura (A), oxígeno disuelto (B), salinidad (C) y pH (D) del agua a lo largo del experimento.

Caracterización de los alimentos balanceados

La selección de los alimentos comerciales se basó en las observaciones de campo, la disponibilidad en el mercado y los conocimientos previos con experimentos realizados en el mismo laboratorio (Salazar-Murillo et al., 2023; Zumbado-Salas et al., 2022). El alimento A presentó un tamaño de partícula de 2 mm y el B de 3 mm; ambos se encontraron dentro del rango adecuado (2,0-3,2 mm) para la fase de crecimiento en estudio (FAO, 2020; Terpstra, 2015). Antes de iniciar la fase experimental con los animales, se realizó un análisis proximal completo de ambos alimentos en el

Laboratorio de Bromatología de la EEAVM para corroborar el aporte nutricional reportado. En el Cuadro 1 se observa el análisis proximal completo de los alimentos que evaluó el contenido de humedad, la proteína cruda, la fibra cruda, el extracto etéreo, las cenizas y el extracto libre de nitrógeno, así como la estimación de la relación proteína:energía de cada uno.

Cuadro 1. Análisis proximal de alimentos balanceados para la fase de inicio en tilapia, según el análisis realizado por el Laboratorio de Bromatología de la EEAVM.

Nutriente (% MS)	Alimento A DAA: 016-145	Alimento B DAA: 762-032
Humedad (%)	11,99	14,09
Cenizas (%)	12,07	10,31
Extracto Etéreo (%)	5,50	4,08
Proteína Cruda (%)	40,41	35,99
Energía Bruta (Kcal/kg)	4700	4610
Relación PD:ED (g PD/Mcal ED)*	91,04	82,66

*Asumiendo una digestibilidad del 90% de la proteína y 85% de la energía (NRC, 2011; IAFFD, 2022).

Fuente: Elaboración propia con datos del Laboratorio Acuícola EEAVM.

Tratamientos y estrategias de alimentación

La ración diaria se estimó según el consumo máximo de materia seca de los animales, resultando en un porcentaje de la biomasa total que cambió según el crecimiento (Arce-Vega, 2014). Las TAD máximas se definieron en un 7% y 5% del peso vivo, según el tratamiento asignado (FAO, 2020; Ng y Romano, 2013; Arce-Vega, 2014), y estas se redujeron en un 0,5% semanalmente. Esto asumiendo que, conforme aumentara la talla de los animales, disminuyera su consumo, comportamiento que ha sido observado en el campo y en experimentos realizados anteriormente en el mismo laboratorio (Salazar-Murillo et al., 2023; Zumbado-Salas et al., 2022; FAO, 2020). Se utilizó un diseño factorial 2 x 2 y se aplicaron cuatro tratamientos: alimento comercial A, alimento comercial B, TAD de 7% y TAD de 5%.

El alimento se ofreció en tres porciones: 40% a las 7:00 a. m., 30% a las 12:00 m. d., y el 30% restante a las 4:00 p. m. (Spieler, 2000). Los primeros dos suministros fueron manuales y el tercero con alimentadores automáticos graduados, modelo Resun AF2009-D. Todos los días se registró el consumo y el desperdicio del alimento ofrecido, contando manualmente las partículas de alimento

no consumidas. Al tratarse de dietas comerciales con formulaciones distintas, estas no fueron isoproteicas ni isoenergéticas.

Tratamientos

Se realizaron cuatro repeticiones de cada tratamiento: alimento A con TAD inicial de 7% (PC 40/7); alimento A con TAD inicial de 5% (PC 40/5); alimento B con TAD inicial de 7% (PC 36/7); y alimento B con TAD inicial de 5% (PC 36/5). Cada repetición (pecera) representó una unidad experimental, resultando en un total de 16 unidades experimentales.

Parámetros zootécnicos

En el primer día, todos los animales se midieron y se registraron sus pesos (P), la longitud estándar (LE) y el ancho total (AT). Este proceso se repitió cada 15 días a lo largo del experimento, resultando cinco mediciones en total. A partir de estas, el experimento se dividió en 4 periodos: del día 1 al 15, del 16 al 28, del 29 al 42 y del 43 al 56.

Antes de las mediciones, los alevines se anestesiaron por inmersión en Eugenol (Dharma, Eugenol 100%-USP Grade) a una concentración de 50 mg/L (Ackerman et al., 2005). Se mantuvieron anestesiados durante la medición y se recuperaron en sus peceras (Rairat et al., 2021). Al final del experimento, se utilizó una dosis de Eugenol 10 veces mayor (500 mg/L) para el sacrificio de los animales, que posteriormente se diseccionaron para recuperar las vísceras y determinar el índice viscerosomático (IVS).

Variables evaluadas

Los parámetros zootécnicos se estimaron a partir de las mediciones de campo y las ecuaciones planteadas por Lugert et al. (2014) y Dumas et al. (2010) presentadas en el Cuadro 2. Se calculó la varianza, la desviación estándar y los coeficientes de variación de todos los parámetros.

Cuadro 2. Parámetros zootécnicos evaluados en el presente estudio con su ecuación asociada.

Parámetro Zootécnico	Ecuación Asociada
Ganancia de Peso Total	$GPT = \text{Peso}_{Final} - \text{Peso}_{inicial}$
Incremento de Longitud Estándar	$iLE = LE_{Final} - LE_{inicial}^*$
Incremento Longitud de Ancho	$iAT = AT_{Final} - AT_{inicial}^{**}$
Coefficiente Térmico de Crecimiento	$CTC = \left(\frac{(\text{Peso final})^{1/3} - (\text{Peso inicial})^{1/3}}{\Sigma \text{Temp } (^{\circ}C)} \right) 1000$
Tasa de Crecimiento Específico	$SGR = \left(\frac{\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}}{\text{tiempo (días)}} \right) 100$
Tasa de Conversión Alimenticia	$FCR = \frac{\text{kg Alimento consumido}}{\text{kg Incremento en biomasa}}$
Tasa de Eficiencia Proteica	$PER = \frac{\text{kg Incremento en biomasa}}{\text{kg Proteína consumida}}$
Mortalidad	$Mor = \frac{\text{Peces muertos}}{\text{Peces iniciales totales}} \times 100$
Índice Viscerosomático	$IVS = \frac{\text{Peso de las vísceras}}{\text{Peso corporal}} \times 100$
Factor de Condición K	$FK = \left(\frac{\text{Peso}}{LE^3} \right) \times 100$

*LE: distancia entre el extremo anterior de la boca y el límite posterior de la última vértebra, excluyendo la aleta caudal del pez.

**AT: distancia entre el punto más anterior de la aleta dorsal a la aleta pectoral del pez.

Fuente: Lugert et al. (2014) y Dumas et al. (2010).

Durante el experimento se midió el cambio del P, la LE y el AT de los animales, en función del tiempo y según el tratamiento. Estos datos fueron obtenidos por medio de estadística descriptiva (media + EE), de forma que se evidenció la conducta de las variables con el paso del tiempo. Los índices de SGR, CTC, FCR, PER y FK se calcularon en cada etapa, pero en estas variables se utilizó todo el período experimental para el análisis estadístico inferencial. El índice viscerosomático se calculó solamente al final del estudio por la naturaleza de esta variable.

Se aplicó un ANOVA factorial a cada variable para determinar el efecto principal de la TAD y del alimento. Cuando se encontró un efecto significativo ($p < 0.05$) en alguno, se realizó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para identificar diferencias entre las medias de los tratamientos.

RESULTADOS

Inicialmente, el diseño experimental contemplaba una muestra compuesta exclusivamente por tilapias masculinizadas al 100%. Sin embargo, al concluir el experimento y realizar el sexado de los animales, se observó que un 42,5% de la población resultó ser hembra, posiblemente debido a un proceso de masculinización deficiente. Cabe destacar que esta característica inesperada no ejerció una influencia significativa en los resultados, ya que no formaba parte del diseño experimental original y no se registraron diferencias significativas en las muestras en relación con este aspecto.

Alimentos Balanceados

Según el análisis proximal, el contenido nutricional de los alimentos comerciales fue diferente al reportado ante la DAA, principalmente en el contenido de proteína, energía y su relación.

El análisis garantizado de ambos alimentos reportó un menor contenido de proteína, en comparación con los resultados en el Cuadro 1. Sin embargo, al tratarse de valores mínimos garantizados, se consideró que los alimentos sí cumplen con lo reportado. El alimento A reportaba un 38%, cuando su contenido real fue de 40,41%, y el B reportó un 33%, teniendo un verdadero contenido de 35,99%; resultando así en una diferencia de 2-3%. Sin embargo, al tratarse de valores mínimos garantizados, se consideró que los alimentos sí cumplen con lo reportado.

En el caso de la energía, las diferencias sí fueron mayores: en el alimento A se reportó un contenido de energía digestible de 2600 kcal/kg y de 3800 kcal/kg en el B. Según los datos del Cuadro 1, la diferencia fue de casi un 35% menos que el valor real estimado. De acuerdo con el reporte de la DAA, la relación PD:ED estimada era de 131,5 g PD/Mcal ED en el alimento A y de 78,2 g PD/Mcal ED en el B. No obstante, se encontraron relaciones de 91,0 y 82,7 g PD/Mcal ED, respectivamente.

Variables de crecimiento

El alimento, la TAD y su interacción se consideraron las principales causas que podrían haber afectado significativamente las variables de estudio. En el Cuadro 3 se presenta el efecto de cada una de estas, su interacción sobre cada variable de crecimiento, junto con el error estándar asociado como medida de dispersión.

Cuadro 3. Efecto del alimento, la tasa de alimentación diaria (TAD) y su interacción sobre las variables respuestas de crecimiento.

Parámetro	p-valor *			Alimento		TAD		Dietas Experimentales			
	Alim	TAD	Alim*TA D	A	B	7 %	5 %	PC 40/7	PC 36/7	PC 40/5	PC 36/5
Pi (g)	0.218	0.927	0.307	8,41 ± 0,06	8,51 ± 0,05	8,46 ± 0,07	8,46 ± 0,05	8,46 ± 0,11	8,47 ± 0,09	8,36 ± 0,07	8,55 ± 0,02
Pf (g)	0.100	<0.001**	0.992	44,36 ± 2,65	42,18 ± 2,54	49,81 ± 0,98	36,74 ± 0,82	50,91 ± 1,51	48,71 ± 1,18	37,82 ± 1,39	35,65 ± 0,62
LEi (cm)	0.393	0.804	0.307	6,08 ± 0,05	5,94 ± 0,14	5,99 ± 0,14	6,03 ± 0,05	6,14 ± 0,04	5,84 ± 0,28	6,01 ± 0,07	6,04 ± 0,07
LEf (cm)	0.035**	<0.001**	0.955	10,56 ± 0,19	10,32 ± 0,17	10,88 ± 0,08	9,99 ± 0,08	10,99 ± 0,13	10,76 ± 0,04	10,12 ± 0,13	9,88 ± 0,07
ATi (cm)	0.543	0.697	0.781	2,46 ± 0,02	2,49 ± 0,03	2,48 ± 0,03	2,47 ± 0,03	2,48 ± 0,04	2,49 ± 0,05	2,45 ± 0,03	2,49 ± 0,05
ATf (cm)	0.056	<0.001**	0.948	3,98 ± 0,08	3,89 ± 0,08	4,13 ± 0,04	3,74 ± 0,03	4,18 ± 0,07	4,07 ± 0,04	3,79 ± 0,04	3,69 ± 0,02
FK Final	0.284	0.008**	0.838	3,74 ± 0,04	3,80 ± 0,06	3,87 ± 0,06	3,67 ± 0,02	3,83 ± 0,04	3,91 ± 0,11	3,64 ± 0,04	3,71 ± 0,02
SGR (%) Total	0.074	<0.001**	0.600	2,95 ± 0,11	2,83 ± 0,11	3,16 ± 0,04	2,62 ± 0,05	3,20 ± 0,07	3,12 ± 0,03	2,69 ± 0,08	2,55 ± 0,03
CTC Total	0.068	<0.001**	0.704	1,02 ± 0,05	0,97 ± 0,05	1,11 ± 0,02	0,87 ± 0,02	1,13 ± 0,02	1,10 ± 0,02	0,90 ± 0,03	0,85 ± 0,01

*El análisis utilizado para obtener los p-valor fue un ANOVA factorial.

**Efecto significativo del tipo de alimento o TAD sobre los parámetros (medida de dispersión refiere al EE).

Pi: Peso inicial; Pf: Peso final; LEi: Longitud Estándar inicial; LEf: Longitud Estándar final; ATi: Ancho Total inicial; ATf: Ancho Total final; FK Final: Factor de Condición K Final; SGR Total: Tasa Específica de Crecimiento Total; CTC Total: Coeficiente Térmico de Crecimiento Total.

Según los resultados, no existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos al inicio del experimento. Sin embargo, al final sí existió un efecto ($p < 0.001$) de la TAD sobre todas las variables morfológicas (P, LE y AT), mientras que el alimento lo tuvo ($p = 0.035$) sobre la LE final. La TAD afectó el valor FK final ($p = 0.008$), el CTC total y la SGR total ($p < 0.001$). Se observaron tendencias ($p < 0.1$) que indicaban que el alimento pudo influenciar el AT final. En ambos casos, la TAD de 7% y el alimento con 40% de proteína resultaron en valores mayores.

Peso (P)

En la Figura 2.A presenta los valores promedio de los pesos de los animales a lo largo del experimento y 2.B muestra las ganancias de peso promedio en los muestreos.

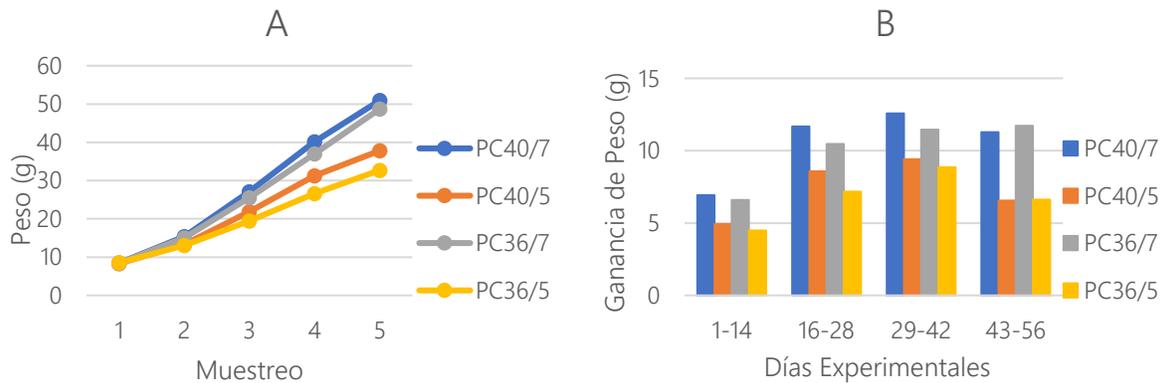


Figura 2. Peso (g) (A) de los animales según tratamiento y muestreo; ganancia de peso (g) (B) de los animales en los periodos entre muestreos, según tratamiento.

Independientemente del tratamiento aplicado, el P de todos los animales aumentó durante el experimento, tal como se observa en la Figura 2.A; que también evidencia una clara diferencia según la TAD aplicada. De acuerdo con los datos presentados en la Figura 2.B, la relación entre los tratamientos con contenido proteico de 40% es la misma que entre los que tienen 36% de proteína. Esta relación se mantuvo constante, incluso cuando se aplicaron tratamientos con una TAD y un contenido proteico más elevados, lo que resultó en un aumento en los pesos corporales. Los tratamientos con TAD de 7% generaron pesos finales similares de 50,92 g con PC 40/7 y 48,72 g con

PC 36/7; los cuales fueron mayores a los generados por PC 40/5 y PC 36/5, de 37,82 g y 32,70 g, respectivamente.

Longitud estándar y ancho total (LE y AT)

En la Figura 3 se muestran las medidas de la LE y el AT registradas en los pesajes. En los gráficos de línea se observa su cambio con el paso del tiempo (curvas de crecimiento) y en los de barras las ganancias en cada período. En general, estas variables presentaron una diferencia entre tratamientos, según la TAD inicial.

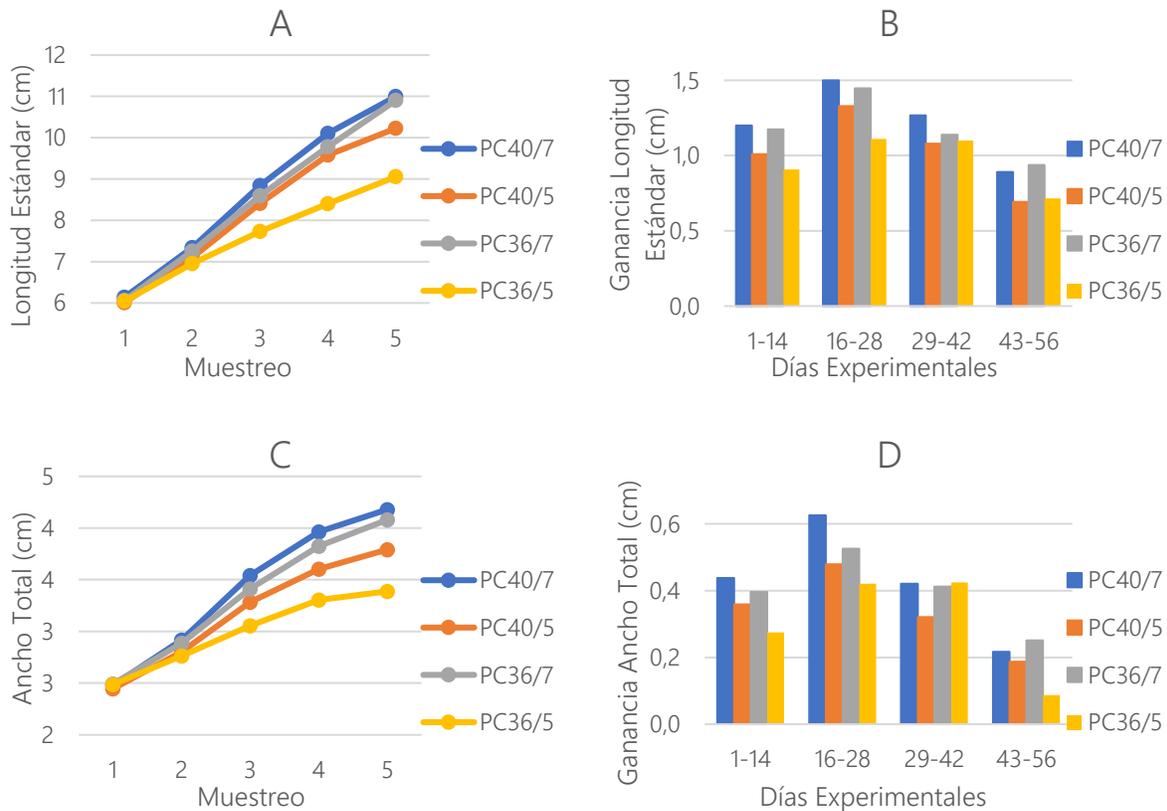


Figura 3. Longitud estándar (cm) (A), incremento en longitud estándar (cm) (B), ancho total (cm) (C) y el incremento en ancho total (cm) (D) de los animales en cada uno de los pesajes realizados a lo largo del experimento.

La LE de los animales aumentó al inicio del experimento. Sin embargo, la tasa a la que se dio el aumento fue disminuyendo conforme pasó el tiempo. La Figura 3.A, muestra que la TAD de 7% y de mayor proteína generaron valores de LE más altos. Los tratamientos PC 40/7 y PC 36/7 resultaron

en valores finales similares de 11,0 cm y 10,9 cm, distintos a los de 10,23 cm para PC 40/5 y 9,05 cm para PC 36/5; siendo este último el menor en comparación con el resto.

En el caso de las ganancias en la LE, la Figura 3.B presenta que, al final del periodo 3, todos los tratamientos dieron resultados cercanos entre sí, pero en el cuarto muestreo se diferenciaron según la TAD. Los tratamientos resultaron en un incremento de 0,72 cm PC 36/5, 0,69 cm PC 40/5, 0,89 cm PC 40/7 y 0,94 cm PC 36/7.

Un aumento en el AT era esperable, ya que responde al crecimiento natural de los animales. Sin embargo, en la Figura 3.C se observa que la curva de crecimiento tuvo una tendencia menos lineal que la de LE para esta fase. Las Figuras 3.C y 3.D tienen la misma TAD; la proteína al 40% resultó en valores mayores.

En los periodos 1 y 2, el aumento de AT fue similar al observado en la LE, pero se determinaron cambios en los muestreos 2 y 3. Las ganancias con PC 36/5 se mantuvieron constantes durante el 2 y el 3, pero disminuyeron en el último. En general, los tratamientos PC 40/7 y PC 40/5 fueron mayores a PC 36/7 y PC 36/5, respectivamente. De esta manera se intuye que un mayor contenido proteico resultó en animales con mayor LE.

Tasa de crecimiento específico (SGR)

Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los valores de SGR, según la TAD aplicada (Cuadro 3). Esto se puede observar en la Figura 4.

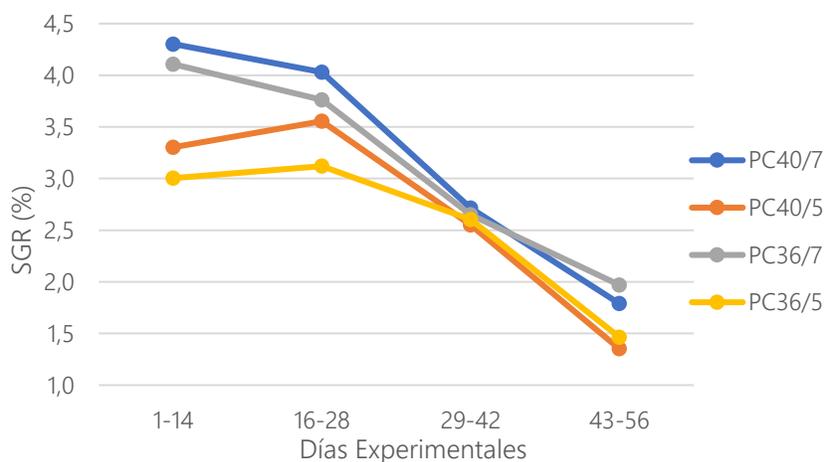


Figura 4. Datos de SGR obtenidos al final de cada periodo experimental.

Los valores presentaron un comportamiento similar según la TAD y todos disminuyeron conforme aumentó el P de los animales. En el periodo 1, los tratamientos PC 40/5 y PC 36/5 iniciaron con valores de 3,30% y 3,01%, respectivamente; mientras que PC 40/7 presentó un valor de 4,30% y PC 36/7 de 4,11%.

Durante los periodos 2 y 3, todos los tratamientos se acercaron entre sí, pero en el 4 se diferenciaron según el alimento. Los tratamientos con alimento A, PC 40/7 y PC 40/5, resultaron en valores de 1,79% y 1,35%, respectivamente. Por otra parte, los del B fueron de 1,97 % para PC 36/7 y de 1,47% para PC 36/5. Es posible observar que, durante el último periodo, la SGR mayor fue la del PC 36/7.

Coeficiente térmico de crecimiento (CTC)

Al igual que la SGR, el CTC se calculó al final de cada periodo. La Figura 5 muestra que los tratamientos con TAD inicial de 7% presentaron valores cercanos entre sí y mayores a los de 5%.

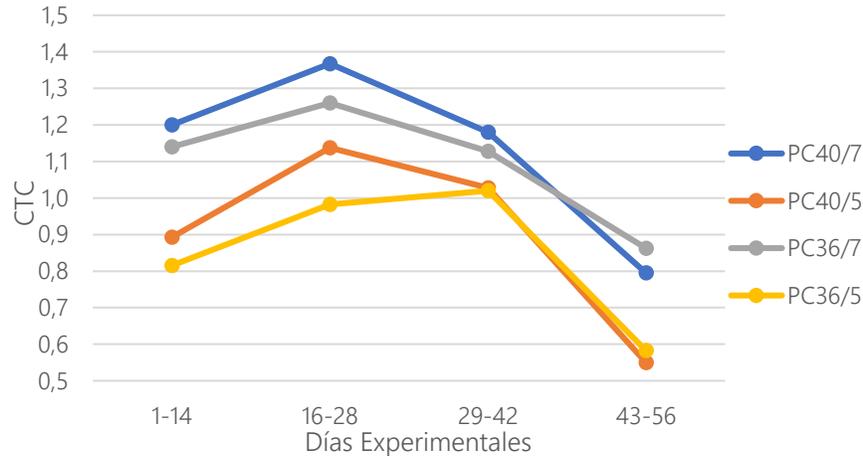


Figura 5. Datos de CTC obtenidos al final de cada periodo experimental.

En el periodo 3, los tratamientos con TAD de 5% contabilizaron un valor de 1,03, mientras que los de 7% obtuvieron 1,18 y 1,13. En el periodo 4, los CTC fueron similares según la TAD. El tratamiento PC 40/5 presentó el valor más bajo, de 0,55 y PC 36/7 fue el más alto con 0,86. En general, la curva del CTC mostró un comportamiento menos lineal que la del SGR y la caída en la tasa de crecimiento fue menor. El efecto de la restricción alimenticia es evidente para todos los tratamientos al final del experimento. Sin embargo, al comparar los valores de los tratamientos con la misma TAD, se observó que el alimento B generó valores mayores.

Cabe mencionar que, durante el experimento, se procuró mantener la temperatura de las peceras en 27 °C, pero, por una falta de agua en las instalaciones del laboratorio, esta disminuyó gradualmente hasta llegar a los 25,5 °C en el periodo 4 y, al final del experimento, sucedió de nuevo, por lo que se disminuyó la tasa de alimentación para no comprometer la calidad del agua. Esta condición pudo haber influido en la disminución del CTC durante los últimos periodos.

Factor de conversión K (FK)

El FK se calculó a partir de la talla y el peso de los animales. Esto se presenta en la Figura 6.

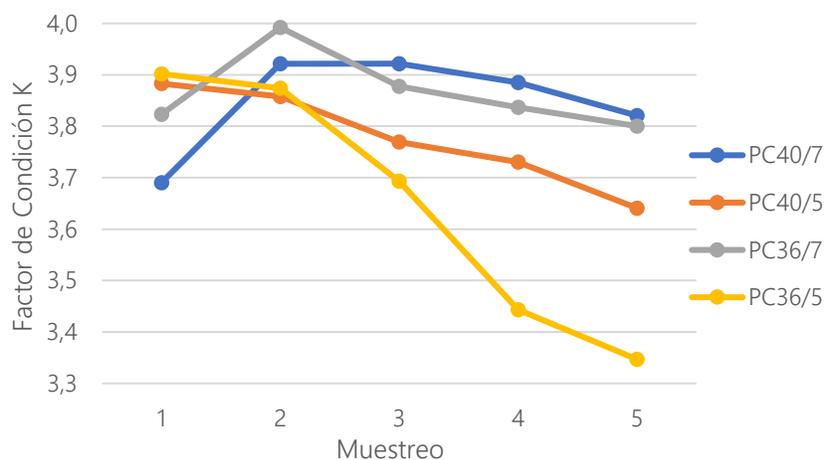


Figura 6. FK por tratamiento calculado para cada muestreo experimental.

Aunque se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los FK finales según tratamiento, la Figura 6 permite apreciar que todos tendieron a disminuir, especialmente en las últimas dos mediciones del tratamiento PC 36/5. Los tratamientos con TAD de 7% mostraron un aumento del periodo 1 al 2, pero tendieron a bajar al final del experimento.

Variables de eficiencia

El efecto significativo ($p < 0.05$) de los factores principales (TAD, alimento e interacción) sobre las variables de eficiencia se presenta en el Cuadro 4, junto con el error estándar asociado como media de dispersión y la diferencia entre tratamientos.

Cuadro 4. Efecto del alimento, la TAD y su interacción sobre las variables de eficiencia.

Parámetro	Alimento	p-valor*		Alimento		TAD		Dietas Experimentales			
		TAD	Alim*TAD	A (%PC)	B (%PC)	7%	5%	PC40/7	PC36/7	PC40/5	PC36/5
FCR Total	0,079	0.019**	0.263	1,14±0,04	1,21±0,02	1,22±0,02	1,13±0,03	1,21±0,04	1,23±0,02	1,08±0,05	1,18±0,02
PER Total	0,323	0.022**	0.259	2,54±0,09	2,62±0,03	2,48±0,05	2,68±0,06	2,39±0,07	2,56±0,03	2,69±0,12	2,67±0,05
IVS	0,087	0.151	0.016**	9,55±0,23	9,96±0,15	9,93±0,15	9,59±0,24	10,03±0,17	9,82±0,26	9,07±0,27	10,10±0,16
%Sobrevivencia	> 0,05	> 0.05	> 0.05	100	95,83	100	95,83	100	100	100	91,65

*El análisis utilizado para obtener los p-valor fue un ANOVA factorial.

**Efecto significativo del tipo del alimento o TAD sobre los parámetros (medida de dispersión refiere al EE).

FCR Total: Tasa de Conversión Alimenticia Total; PER Total: Tasa de Eficiencia Proteica Total; IVS: Índice Viscerosomático.

Se observó que la TAD afectó los valores de la PER ($p = 0.022$) y del FCR ($p = 0.019$) totales, mientras que la interacción entre el alimento y la TAD solo tuvo un efecto significativo ($p = 0.016$) sobre el IVS.

Tasa de conversión alimenticia (FCR)

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores de FCR total según la TAD. La Figura 7 presenta los resultados calculados al final de cada periodo para demostrar sus comportamientos con el paso del tiempo.

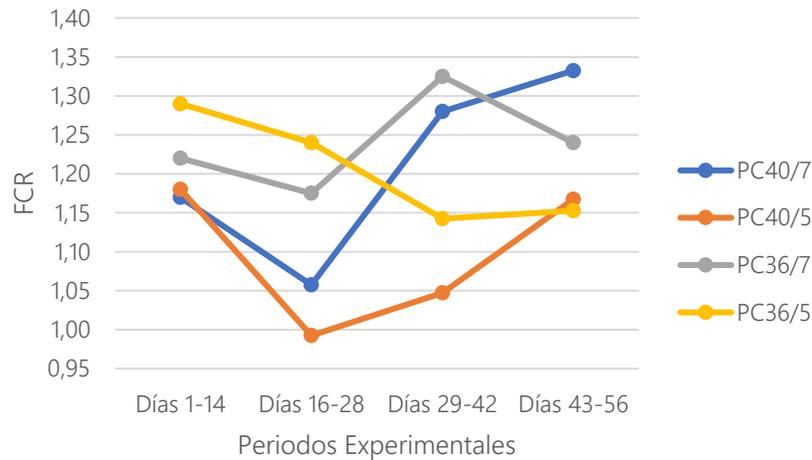


Figura 7. Datos de FCR obtenidos al final de cada periodo experimental.

En el periodo 1, las FCR se distribuyeron según el alimento y todos se encontraron entre 1,17 y 1,29. Los tratamientos con alimento A empezaron con el mismo valor, que fue menor a los obtenidos con el B. En el periodo 2, todos disminuyeron, en especial los tratamientos con alimento A. Durante el tercer periodo, tres tratamientos aumentaron: el PC 36/7 llegó a 1,33, que fue la FCR más alta en el experimento; el PC 40/7 llegó a 1,28; y el PC 36/5 a 1,14. Por otra parte, el tratamiento PC 40/5 presentó un valor medio de 1,05, siendo el menor del periodo.

En términos de eficiencia, en el periodo 4 se observó que los tratamientos con TAD de 5% fueron mejores al final del experimento: PC 36/5 se mantuvo en 1,14 y PC 40/5 presentó una FCR final de 1,17. En cambio, PC 36/7 terminó con 1,24 y PC 40/7 aumentó a 1,33, siendo el valor más alto.

Tasa de eficiencia proteica (PER)

Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, según la TAD, presentados en la Figura 8.

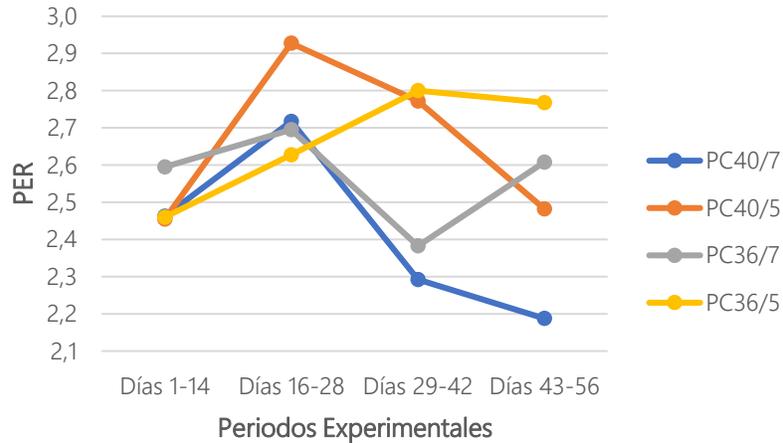


Figura 8. Datos de PER obtenidos al final de cada periodo experimental.

Los tratamientos con TAD del 5% mostraron valores más altos en la mayoría de las mediciones a lo largo del experimento. Sin embargo, al final del primer período (PC 40/7, PC 40/5 y PC 36/5) registraron una PER del 2,5%, mientras que el de PC 36/7 alcanzó un 2,6%. En el segundo periodo casi todos aumentaron, presentando valores entre 2,6% y 2,7%; con la excepción de PC 40/5, que generó la PER más alta del experimento con un 2,9%. Al final del periodo tres, el tratamiento PC 40/5 disminuyó, mientras que PC 36/5 incrementó, ambos registrando un valor de 2,8%. Por otro lado, los tratamientos PC 40/7 y PC 36/7 descendieron a valores de 2,3% y 2,4%, respectivamente. En el cuarto período, los tratamientos con proteína de 40% experimentaron una disminución significativa, llegando a valores de 2,19%, el valor más bajo de todo el experimento, y de 2,5%. Por otro lado, PC 36/7 aumentó hasta 2,6% y PC 36/5 se mantuvo en 2,8%. El tratamiento anterior presentó la mayor PER, mientras que PC 40/7 obtuvo la menor.

Índice viscerosomático (IVS)

El IVS de todos los tratamientos se calculó al final del experimento. Los tratamientos PC 36/5 y PC 40/7 presentaron valores significativamente ($p < 0.05$) más altos que el PC 40/5, mientras el PC 36/7 fue intermedio. El PC 36/5 generó el mayor IVS de 10,09% y el PC 40/5 el menor de 9,07%. Los tratamientos PC 36/7 y 40/7 PC resultaron en valores de 9,82% y 10,03%, respectivamente. Además, se calculó el IVS del tratamiento PC 36/5 sin tomar en cuenta la mortalidad, con el fin de

comparar el efecto de los tratamientos en las mismas condiciones, y se obtuvo un valor de 9,24%, que se acerca al presentado por PC 40/5.

DISCUSIÓN

La eficiencia nutricional del alimento para peces depende principalmente de la relación PD:ED (Konnert et al., 2022). No obstante, la proteína es el nutriente con el mayor costo económico de inclusión (Villarino, 2020). Por esta razón, se busca que tengan el menor contenido proteico posible y la energía suficiente que asegure su aprovechamiento y evite el exceso de producción de tejido grasoso (Mohammadi et al., 2020; Shizari, 2020).

Según el análisis proximal, las relaciones PD:ED encontradas en los dos alimentos se encuentran cerca del extremo inferior del rango de referencia establecido por el NRC (2011), entre 84 y 105 g PD/Mcal ED. Del mismo modo, es posible plantear que la diferencia entre las relaciones de PD:ED reportadas y las reales se debe principalmente a la diferencia en el contenido energético estimado de los alimentos.

En la práctica se busca que esta relación sea lo mayor posible dentro de un rango para cada especie y etapa, ya que ha demostrado generar mayores ganancias de P y mejor eficiencia proteica en los animales (Konnert et al., 2022; Kabir et al., 2019). Sin embargo, autores como Li et al. (2012) compararon relaciones de PD:ED de 77 a 100 g PD/Mcal ED en tilapias con un peso final de 39,04 g y encontraron mayores ganancias de P y mejores valores de FCR cuando la relación fue de 89 g PD/Mcal ED. Esta depende de factores como las condiciones productivas, la calidad del alimento y el tamaño de los animales (Konnert et al., 2022; Li et al., 2012), por lo que debería determinarse una relación específica como ideal.

Aunque la relación fue mayor con el alimento A, no se consideró que la diferencia fuera suficiente para ver un efecto notable en el desempeño de los animales alimentados con el B. Además, las relaciones encontradas en ambos sustentos se consideran adecuadas, según las referencias disponibles.

El comportamiento de las ganancias de peso coincide con los hallazgos de Chowdhury (2011), que reportó aumentos de consumo y ganancia de peso en tilapias juveniles alimentadas con TAD iniciales de 8% a 6%. Del mismo modo, Quang-Tuong y Phil-Nam (2017) observaron mayores ganancias en el P de juveniles de tilapias *O. niloticus* que consumieron alimento con un contenido proteico de 35%; a diferencia de cuando el contenido fue de 21% en las mismas condiciones, porque hubo una menor ganancia de peso.

El cambio de LE de los animales, según la proteína en los tratamientos, coincide con lo reportado por Abdel-Tawwab et al. (2015), que encontraron un crecimiento positivo al ofrecer dietas con contenido proteico de 45%, en comparación con dietas de 25% y 35% en alevines de tilapia *O. niloticus*. Por otro lado, los tratamientos con TAD de 7% presentaron valores mayores, que es un comportamiento esperado, ya que un mayor consumo de alimento supone un aumento en la LE. Esto evidencia que una restricción de la TAD al 5%, con este contenido nutricional, podría limitar el crecimiento de los animales (Cadorin et al., 2021; Chavarry-Castillo, 2012).

El aumento de AT en los diferentes periodos concuerda con un estudio realizado por Al-Wan y Abdul-Razak (2019), en el que, independientemente del sexo de los animales, juveniles de *O. aureus* presentaron un crecimiento acorde con su P y un aumento visible en la corpulencia y profundidad del cuerpo con el paso del tiempo. Chavarry-Castillo (2012) estudió una población mixta de tilapia azul y encontró un aumento en el P (de 0,5 g a 195,5 g) y en la LE (de 1,95 cm a 20,9 cm) de los animales a lo largo de seis meses. El alimento presentó diferente contenido proteico (de 45% a 30%) según la etapa de crecimiento y se ofreció a una TAD inicial de 8% que disminuyó en un 0,5% cada semana.

El consumo de alimento y las condiciones ambientales pueden reducir los valores de SGR, ya que depende de condiciones intrínsecas como el sexo, la edad y la genética de los animales; y extrínsecas como la calidad del agua, la densidad de la siembra y la composición nutricional del alimento (Abdel-Aziz et al., 2021; Bombardelli et al., 2017; Genschick et al., 2021).

En el periodo 1, la SGR de los tratamientos con TAD de 5% fue cercana a la reportada por Mohamed (2013), que alimentó alevines *O. mossambicus* con una TAD de 6% y observó valores de 3,31%. Por el contrario, los tratamientos con TAD de 7% generaron valores semejantes al 4,7% mencionado por

Cadorin et al. (2021) en alevines de *O. niloticus*, con un peso de 6,5 g alimentados a una TAD de 5% a 6%, y al 4,2% encontrado por Malik-Daudpota et al. (2014) en alevines de 5,8 g alimentados a una TAD de 5% con un contenido proteico de 40%. La SGR tiende a ser menor conforme aumenta el peso vivo de los animales, ya que el metabolismo es más rápido en las primeras semanas de vida y disminuye después de cierto punto de crecimiento, por lo que la disminución de SGR, conforme aumentó el P, fue esperada (Chavarry-Castillo, 2012). En el último periodo, el tratamiento PC 36/7 presentó la mayor SGR de todas. No obstante, según el peso de los animales, se consideró como baja, ya que debería acercarse a 2,7% (Balkew-Workagegn, 2012).

El desperdicio de alimento aumentó en casi todas las peceras en las últimas semanas del experimento, especialmente en las de los tratamientos con TAD de 7% y durante el periodo 4. Esto se debió a que, en el último periodo, se alcanzó la capacidad máxima de filtración biológica del sistema por una falta de agua en las instalaciones. Esto resultó en una disminución en la capacidad de recambio del sistema y, por ende, se aplicó una disminución en la tasa de alimentación para todos los tratamientos con el fin de mantener la calidad del agua. Ambos factores pudieron afectar la disponibilidad de nutrientes de la dieta y su aprovechamiento, resultando en valores bajos de SGR (Abdel-Aziz et al., 2021; Cadorin et al., 2021).

Los peces son animales ectotermos, por lo que la temperatura del medio afecta considerablemente su crecimiento y, a diferencia de la SGR, el CTC sí la toma en cuenta para predecirlo (Arce-Vega, 2014; Lugert et al., 2014; Shizari, 2020). La temperatura ambiental puede afectar el bienestar y el metabolismo de los animales, ya que un incremento puede acelerar el metabolismo basal y el crecimiento, aumentando sus requerimientos de proteína dietética. En contraposición, una disminución provoca que el metabolismo de los nutrientes sea parcial y desacelere el crecimiento de los animales (Chavarry-Castillo, 2012; Genschick et al., 2021; Shizari, 2020).

Los resultados de CTC en el periodo 3 coinciden con los reportados por Arce-Vega (2014), que encontró valores de 1,17 y 1,03 en alevines de *O. niloticus* y *O. mossambicus* en las mismas etapas de crecimiento, según su P vivo. Además, fueron criados a una temperatura promedio de 28 °C y alimentados con contenidos proteicos de 45% y 38%, respectivamente.

El tratamiento PC 40/5 presentó el menor valor de 0,55 en el periodo 4. Autores como Khalafalla et al. (2020) han reportado valores de más de 0,50 en animales con pesos mayores a los 50 g. Por lo tanto, los CTC del experimento se consideran bajos para el tamaño de los peces, lo que probablemente se debió también a las condiciones particulares en el último periodo. En el caso del mayor valor, el tratamiento PC 36/7, obtuvo 0,86 al final del experimento, el cual se considera aceptable. Barreto-Curiel et al. (2015) obtuvieron valores de 0,89 en tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. aureus*) y Mengistu et al. (2020) reportaron valores aproximados en un rango de 0,80 y 0,88 en *O. niloticus*.

En general, se considera que los CTC obtenidos en el presente estudio son ligeramente menores a los esperados, principalmente por la reducción en el consumo de alimento y la disminución gradual de la temperatura en el periodo 4. Esto coincide con lo mencionado por Balkew-Workagegn (2012) y Mirea et al. (2013), quienes observaron un menor crecimiento en alevines de *O. niloticus* conforme bajó la temperatura ambiental de 28 °C a 24 °C.

La disminución metabólica mencionada y el consecuente desperdicio de alimento observados en el último periodo pueden indicar que el contenido proteico en el alimento B y la TAD de 5% eran asimilables. Por otra parte, la diferencia proteica en el alimento A y la TAD de 7% pudieron representar un exceso, de forma que el crecimiento de los animales se vio afectado (Malik-Daudpota et al., 2014).

El FK permite evaluar el bienestar de los animales como una función de su condición corporal. y calcular la biomasa de una población a partir del P medio, la frecuencia de tallas y las características morfológicas (Castro-Silva et al., 2015; Karal-Marx et al., 2014). El FK depende mucho del sexo, ya que las tilapias presentan madurez sexual y reproducción precoz, por lo que los machos suelen crecer más rápido que las hembras, porque estas destinan una porción de la energía dietética a funciones reproductivas (Abou-Zied y Ali, 2015; Bombardelli et al., 2017).

Este indicador suele ser mayor cuando los animales tienen una mejor condición corporal; aumenta conforme se acercan a la madurez sexual y suele ser mayor en las hembras de *O. niloticus* (Augmassie, 2018; Asmamaw et al., 2019; Ighwela y Ahmed, 2011). Valores mayores a 1 indican condiciones ambientales favorables para el crecimiento de los peces, pero es común encontrar FK

mayores a 1 en tilapias (Keyombe et al., 2015). Autores como Mehrim et al. (2021) y Khalafalla et al. (2020) encontraron valores de FK entre 1,74-1,80 y 1,47-1,56 en alevines de *O. niloticus* alimentados a una TAD de 5% y 3%, respectivamente, con un P inicial de 15-17 g y un contenido proteico de 30%. Debido a la proporción de hembras encontradas, la población del experimento podría considerarse mixta. Sin embargo, no se considera que el FK haya afectado la condición corporal de los animales, ya que todos los tratamientos presentaron valores mayores a 1. Estos se acercan a los reportados por Malik-Daudpota et al. (2014), quienes mencionan valores de 3,5 y 3,6 en alevines de *O. niloticus* alimentados con 35% y 40% de proteína. El FK también puede ser menor conforme disminuye la temperatura (Santoyo-Telles et al., 2019), por lo que la clara disminución en todos los tratamientos pudo deberse en parte al cambio en la temperatura del agua en las últimas semanas del experimento.

Los valores de FCR durante el periodo 1 se diferenciaron según el alimento y no la TAD aplicada. De acuerdo con Malik-Daudpota et al. (2014), Mohammadi et al. (2020) y Nguyen et al. (2020), este comportamiento es esperado, ya que observaron mejoras en el FCR de alevines de *O. niloticus* conforme aumentó el contenido de proteína en el alimento.

En el periodo 1, todos los valores de FCR se consideraron aceptables, ya que fueron similares a los mencionados por Afram et al. (2021) y Boonanuntananasarn et al. (2018), de 1,20 y 1,30 en machos reversados de *O. niloticus*. Durante el periodo 2, el PC 40/5 alcanzó un valor de 0,99 que fue el menor en todo el experimento. De acuerdo con la revisión bibliográfica de Shizari (2020), un valor de FCR de 0,96 es el mínimo encontrado en tilapias de *O. niloticus* con un peso vivo aproximado de 1 g, por lo que se considera bajo para el P de los animales en ese momento del experimento.

El FCR más alto fue de 1,33 en el periodo 3, que se considera bajo, ya que se han reportado valores de hasta 2,24 en tilapias con un peso similar (Shizari, 2020; Khalafalla et al., 2020). En los tratamientos PC 40/5 y PC 36/5 fueron de 1,05 y 1,14, respectivamente. Estos son similares a los de 1,04 y 1,16 encontrados por Nguyen et al. (2020) en alevines de *O. niloticus*, alimentados con TAD iniciales de 5% a 6% y contenidos de proteína entre 24% y 32%, respectivamente. Al final del experimento, todos los tratamientos presentaron un comportamiento similar y se diferenciaron según la TAD aplicada.

Los valores de FCR de los alevines de tilapia suelen encontrarse dentro de un rango de 1,4 a 2,4, de acuerdo con autores como Fry et al. (2018); mientras que Chavarry-Castillo (2012) reporta valores entre 1,0 y 1,5 en *O. niloticus* con pesos de 30 g a 40 g. Asimismo, Khalafalla et al. (2020) mencionan valores de FCR entre 2,1 y 2,7 en tilapias entre 40 g y 50 g. Al comparar los valores encontrados en la literatura con los reportados en esta investigación, es posible deducir que la tilapia *O. aureus*, en las condiciones experimentales evaluadas, presentó un alto nivel de eficiencia nutricional con todos los tratamientos, pero los mejores resultados se obtuvieron con la TAD de 5%, específicamente en el PC 36/5.

Estos resultados pueden relacionarse con un aumento de 0,89 a 1,75 reportado por Chowdhury (2011) al aumentar la TAD de 1% a 5% en *O. niloticus*, quien concluyó que las ganancias de P en estos animales disminuyeron conforme aumentó su peso vivo. Del mismo modo, Aanyu et al. (2017) reportan un crecimiento proporcional en P y LE al utilizar TAD iniciales de 5% a 6% en animales de 7 g, y una reversión en este tipo de crecimiento cuando la TAD fue de 7%.

La proteína de la dieta puede ser utilizada por los peces como fuente de energía metabólica, por lo que una deficiencia puede afectar negativamente su crecimiento muscular (Konnert et al., 2022; Malik-Daudpota et al., 2014). Los valores de PER obtenidos durante el periodo 1 fueron mayores a los expuestos por Malik-Daudpota et al. (2014), que reportan valores de 1,1 en alevines de tilapia nilótica alimentados con 35% de proteína. Sin embargo, se asemejan a los encontrados por Amin et al. (2020), de 2,5 en tilapia nilótica alimentada con 25% de contenido proteico.

En el periodo 2, casi todos los valores fueron similares a los 2,6 y 2,7 mencionados por Mohammadi et al. (2020) en *O. niloticus* alimentada con 36% de contenido proteico en agua salada. Al final del periodo 3 se observaron valores de PER entre 2,3 y 2,8, que se asemejan a los 2,2 y 2,4 encontrados por Fefil et al. (2022) y Nguyen et al. (2020) al utilizar alimentos con 35% y 30% de proteína, respectivamente.

En general, los valores obtenidos fueron mayores a los esperados porque se encontraron dentro del rango de 2,5 y 3,0 que se ha reportado en alevines alimentados con contenido proteico de 30% (Fefil et al., 2022; Wang et al., 2022; Mohamed, 2013; Mohammadi et al., 2020). Del mismo modo, al utilizar alimentos con 40% de proteína, autores como Abdel-Tawwab et al. (2015), Barreto-Curiel et

al. (2015) y Malik-Daudpota et al. (2014) han encontrado valores de PER de 0,9, 2,1 y 1,2. Mientras que Soltan et al. (2006) y Wang et al. (2017) presentan valores de 1,9 y 1,6 en tratamientos con 36% de proteína.

De acuerdo con los resultados, se podría deducir que la cantidad de proteína en todos los tratamientos se encontró en el límite máximo para la fase, ya que se observó una disminución en la eficiencia de los tratamientos con 40% de proteína y TAD de 7% con en el paso del tiempo. También se observó una mayor eficiencia con un menor contenido proteico y TAD de 5%.

La grasa alrededor de los órganos viscerales que no es utilizada como energía para la ganancia de P es un indicador de la productividad final y eficiencia en el uso de nutrientes, por lo que valores bajos indican un mayor rendimiento del animal (Afram et al., 2021; Chowdhury, 2011). Este indicador depende principalmente de la relación PD:ED, ya que autores como Bombardelli et al. (2017) han observado valores mayores conforme se aumentó el contenido energético en la dieta de tilapias. Por su parte, Chowdhury (2011) menciona valores mayores de IVS como resultado de una acumulación de grasa visceral por un exceso de energía en la dieta de tilapias.

Los resultados obtenidos en el experimento se acercan a los reportados por Afram et al. (2021), que reportan valores de 9,35% en *O. niloticus* reversados hormonalmente. Son menores al rango de 11,1% y 11,6% observados por Wang et al. (2022) en alevines con un peso de 32,2 g y 30% de proteína en la dieta. No obstante, pueden relacionarse con el patrón reportado por Nguyen et al. (2020), que mencionan una disminución en el IVS conforme aumentó la proteína en la dieta de alevines de *O. niloticus* de 23% a 35%.

Estadísticamente, solo el IVS se vio afectado por la interacción del alimento y la TAD, lo que puede deberse a que es la variable que refleja de forma más directa el efecto de la relación PD:ED de los alimentos. En el experimento, el alimento con un contenido proteico de 40% presentó una relación PD:ED ligeramente mayor al de 36%. Sin embargo, la relación de ambos alimentos se acercó al valor inferior del rango recomendado para tilapias por el NRC (2011), de 84 y 105 g PD/Mcal ED. Estas características podrían explicar la interacción observada.

CONSIDERACIONES FINALES

El factor con mayor efecto sobre el desempeño de los animales fue la TAD, especialmente la de 7%, que resultó en mejores variables de crecimiento (P, LE, AT, SGR y CTC), mientras que la de 5% generó valores de eficiencia preferibles (PER y FCR). Aunque el tipo de alimento no determinó el desempeño de los animales y las relaciones PD:ED fueron ligeramente menores a lo recomendado según la literatura, ambas fueron adecuadas para la fase de crecimiento de los animales del presente estudio. La interacción entre el alimento y la TAD inicial tuvo un efecto significativo sobre el IVS que presentó un valor más favorable con el tratamiento, una mayor relación PD:ED y TAD menor. La mayor parte de los parámetros zootécnicos generados se ajustan a otros estudios similares encontrados, por lo que pueden considerarse una buena referencia para utilizar en condiciones similares a la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean extender un agradecimiento a la Estación Experimental Alfredo Volio Mata perteneciente a la Universidad de Costa Rica, cuyo apoyo permitió la concreción del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- Aanyu, A., E. Ganda, R. Ddungu, F. Musimbi y C.C. Ondhoro. 2017. Feeding chart for semi-intensive pond production of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a plant-based diet and economic performance. *Journal of Natural Sciences Research*, 7 (2): 42-52. <https://core.ac.uk/download/pdf/234656834.pdf>
- Abdel-Aziz, M.F.A., H.U. Hassan, A.M. Yones, Y.A. Abdel-Tawwab y A.A. Abdel-Tawwab Metwalli. 2021. Assessing the effect of different feeding frequencies combined with stocking density, initial weight, and dietary protein ratio on the growth performance of tilapia, catfish and carp. *Scientific African*, 12: e00806. doi: 10.1016/j.sciaf.2021.e00806
- Abdel-Tawwab, M., A.E. Hagra, H.H.M. Elbaghdady y M.N. Monier. 2015. Effects of dissolved oxygen and fish size on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.): growth performance, wholebody composition, and innate immunity. *Aquaculture International*, 23 (5). doi: 1261-1274. 10.1007/s10499-015-9882-y
- Abou-Zied, R.M. y A.A.A. Ali. 2015. Effect of feeding rate and frequency on growth performance, sex conversion ratio and profitability of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry in hapa at commercial hatcheries. *Egyptian Journal Nutrition and Feeds*, 18 (2): 451-459. https://ejnf.journals.ekb.eg/article_104520_239b24469997a478ab1f01500e2b3cd2.pdf
- Ackerman, P., J. Morgan y G. Iwama. 2005. Guidelines on the care and use of fish in research, teaching and testing. Canadian Council on Animal Care. Ottawa, Canada.
- Afram, F., N.W. Agbo, D. Adjei-Boateng y H. Egna. 2021. Effects of Feeding Strategies on Growth Performance and Economic Returns on the Production of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Fertilized Ponds. *Aquaculture Studies*, 21 (2): 63-73. doi: 10.4194/2618-6381-v21_2_03
- Al-Wan, S.M. y M.M. Abdul-Razak. 2019. Analysis of the Biological Features of the Blue Tilapia, *Oreochromis aureus* in the Garmat Ali River, Basrah, Iraq. *Asian Journal Applied Sciences*, 7 (6): 776-787. doi: 10.24203/ajas.v7i6.6037

- Amin, M., L. Musdalifah y M. Ali. 2020. Growth performances of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, reared in recirculating aquaculture and active suspension systems. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 441: 012135. doi: 10.1088/1755-1315/441/1/012135
- Arce-Vega, J. 2014. Determinación de la tasa de alimentación para tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1759) en condiciones comerciales, corregida por el coeficiente térmico de crecimiento. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Asmamaw, B., B. Beyene, M. Tessema y A. Assefa. 2019. Length-weight relationships and condition factor of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (*Cichlidae*) in Koka Reservoir, Ethiopia. International Journal of Fisheries and Aquatic Research, 4 (1): 47-51.
- Augmassie, T. 2018. Overview of length-weight relationship, condition factor and size at first maturity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in different water bodies of Ethiopia: a review. Greener Journal of Biological Sciences, 8 (3): 021-028. doi: 10.15580/GJBS.2018.3.060618077
- Balkew-Workagegn, K. 2012. Evaluation of growth performance, feed utilization efficiency and survival rate of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) reared at different water temperature. International Journal of Aquaculture, 2 (9): 59-64. <https://pdfs.semanticscholar.org/6aad/46eec3dea51bc9a3346b9fefafb3368e3eba.pdf>
- Barreto-Curiel, F., E. Durazo y M.T. Viana. 2015. Crecimiento, excreción de amonio y consumo de oxígeno de la tilapia híbrida roja (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis aureus*) cultivada en agua de mar y en agua dulce. Ciencias Marinas, 41 (3): 247-254. doi: 10.7773/cm.v41i3.2526
- Bombardelli, R.A., E.S. dos Reis Goes, S.M. de Negreiros Sousa, M.A. Syperreck, M.D. Goes, A.C. de Oliveira Pedreira y F. Meurer. 2017. Growth and reproduction of female Nile tilapia fed diets containing different levels of protein and energy. Aquaculture, 479: 817-823. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.07.031
- Boonanuntanasarn, S., S. Kumhong, K. Yoohat, E. Plagnes-Juan, C. Burel, L. Marandel y S. Pansera. 2018. Molecular responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of dietary carbohydrates. Aquaculture, 48 (2): 117-123. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.09.032

- Cadorin, D.I., M.F.O. da Silva, K. Masagounder y D.M. Fracalossi. 2021. Interaction of feeding frequency and feeding rate on growth, nutrient utilization, and plasma metabolites of juvenile genetically improved farmed Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Journal of the World Aquaculture Society: 1–16. doi: 10.1111/jwas.12833
- Campos-Mas, M. 2023. Indicadores zootécnicos de desempeño durante la fase inicial de crecimiento de la tilapia (*Oreochromis aureus*) con el uso de dos alimentos comerciales bajo distintas tasas de alimentación. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Castro-Silva, T.S., L.D. dos-Santos, L.C. da-Silva, M. Michelato, V.R. Barriviera-Furuya y W. Massamitu-Furuya. 2015. Length–weight relationship and prediction equations of body composition for growing–finishing cage–farmed Nile tilapia. Revista Brasileira de Zootecnia, 44 (4): 133-137. doi: 10.1590/S1806-92902015000400001
- Chavarry-Castillo, R.V. 2012. Cultivo intensivo de *Oreochromis aureus* “tilapia azul” utilizando el sistema de recirculación. Tesis Grad., Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4744>
- Chowdhury, D.K. 2011. Optimal feeding rate for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis Mast., Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norway. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/186022/Thesis.pdf?sequence=1> (consultado 13 Mar., 2023).
- DAASIRE (Dirección de Alimentos para Animales del Servicio Nacional de Salud Animal). 2022. Consulta oficial de registros. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://sis.senasa.go.cr/daasire> (consultado 13 Mar., 2023).
- Dumas, A., J. France y D. Bureau. 2010. Modelado del crecimiento y la composición corporal en peces nutrición: ¿dónde hemos estado y hacia dónde vamos? Aquaculture Research, 41: 161-181. doi: 10.1111/j.1365-2109.2009.02323.x
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura, cumplir los objetivos del desarrollo sostenible. Italia, Roma. <https://www.fao.org/3/i9540es/I9540ES.pdf> (consultado 13 Mar., 2023).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Tables-

- Tilapia del Nilo. Aquaculture Feed and Fertilizer Resources Information System. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/affris/img/Niletilapia_table/table_26.pdf (consultado 13 Mar., 2023).
- Flefil, N.S., A.M. Aboseif y A.M. Hussain. 2022. Improvement of Growth and Viability of *Oreochromis niloticus* in a Biofloc System Using *Chlorella vulgaris*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 21: 491-500. doi: 10.4194/1303-2712-v21_10_02
- Fry, J.P., N.A. Mailloux, D.C. Love, M.C. Mili y L. Cao. 2018. Feed conversion efficiency in aquaculture: ¿do we measure it correctly? Environmental Research Letters, 13: 024017. doi: 10.1088/1748-9326/aaa273
- Genschick, S., W. Mekki, C. Rossignoli y J.A.H. Benzie. 2021. Growth performance of three strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on four different feeds in Western and Central Kenya. Aquaculture Reports, 20: 100701. doi: 10.1016/j.aqrep.2021.100701
- IAFFD (International Aquaculture Feed Formulation Database). 2022. Nutrition specification database (ASNS): Nile Tilapia specification record. <https://app.iaffd.com/asns> (consultado 15 Mar., 2023).
- Ighwela, K. A. y A.B. Ahmed. 2011. Condition factor as an indicator of growth and feeding intensity of Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) fed on different levels of maltose. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences. 11: 559-563. [https://www.idosi.org/aejaes/jaes11\(4\)11/17.pdf](https://www.idosi.org/aejaes/jaes11(4)11/17.pdf)
- INCOPESCA (Instituto Costarricense de Pesca y Agricultura). 2019. Plan Estratégico de la Acuicultura en Costa Rica 2019-2023. http://www.infoagro.go.cr/Documents/Plan_Estrategico_Acuicultura_Costa_Rica_2019-2023.pdf (consultado 15 Mar., 2023).
- Kabir, K.A., M.C.J. Verdegem, J.A.J. Verreth, M.J. Phillips y J.W. Schrama. 2019. Effect of dietary protein to energy ratio, stocking density and feeding level on performance of Nile tilapia in pond aquaculture. Aquaculture, 511: 634200. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.06.014

- Karal-Marx, K., T. Vaitheeswaran, P. Chidambaram, S. Sankarram y P. Karthiga. 2014. Length weight relationship of Nile tilapia of *Oreochromis niloticus* (linnaeus, 1758) (family: cichlidae). The Indian Journal of Veterinary Sciences and Research, 43 (1): 33-39. <https://oa.mg/work/2183717306>
- Keyombe, J.L., E. Waithaka y R. Obegi. 2015. Length–weight relationship and condition factor of *Clarias gariepinus* in Lake Naivasha, Kenya. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 2 (6): 382-385. <https://www.fisheriesjournal.com/archives/2015/vol2issue6/PartF/2-6-64.pdf>
- Khalafalla, M.M., S.A. Ibrahim, M.M. Zyed, M.N. Awad, R.A. Mohamed. 2020. Effect of a Dietary Mixture of Beneficial Bacteria on Growth Performance, Health Condition, Chemical Composition, and Water Quality of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* Fingerlings. Journal of Aquatic Food Product Technology, 1-13. doi: 10.1080/10498850.2020.1764685
- Konnert, G.D.P., E. Martin, W.J.J. Gerrits, S.W.S. Gussekloo, K. Masagounder, J. Mas-Muñoz y J.W. Schrama. 2022. Interactive effects of protein and energy intake on nutrient partitioning and growth in Nile tilapia. Animal, 16: 100494. doi: 10.1016/j.animal.2022.100494
- Li, Y., A.M. Bordinhon, D.A. Davis, W. Zhan Y X. Zhu. 2012. Protein: energy ratio in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture International, 21 (5): 1109-1119. doi: 10.1007/s10499-012-9616-3
- Lugert, V., G. Thaller, J. Tetens, C. Schulz y J. Krieter. 2014. A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. Reviews in Aquaculture, 6: 1-13. doi: 10.1111/raq.12071
- Malik-Daudpota, A., P.J.A. Siddiqui, G. Abbas, N. Tariq Narejo, S.S.A. Shah, S. Khan y G. Dastagir. 2014. Effect of Dietary Protein Level on Growth Performance, Protein Utilization and Body. International Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies, 2 (2): 135-147. <http://www.ijims.com>
- Mehrim, A.I., M.M. Refaey y O.A. Zenhom. 2021. Whey protein concentrate powder as a growth promoter and an immunostimulant agent for *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries, 25 (4): 1017-1033.

- Mengistu, S.B., H.A. Mulder, J.A.H. Benzie y H. Komen. 2020. A systematic literature review of the major factors causing yield gap by affecting growth, feed conversion ratio and survival in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Reviews in Aquaculture*, 12: 524-541. doi: [10.1111/raq.12331](https://doi.org/10.1111/raq.12331)
- Mirea, C.C., V. Cristea, I.R. Grecu y L. Dediu. 2013. Influence of different water temperature on intensive growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, linnaeus, 1758) in a recirculating aquaculture system. *Lucrări Științifice-Seria Zootehnie*, 60.
- Mohamed, A.H. 2013. Evaluation of growth response and food utilization efficiency in Tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), fingerlings fed supplemented dietary protein levels with varying feeding rates in concrete tanks. *Fisheries and Aquaculture Journal*, FAJ-83: 1-6.
- Mohammadi, M., A.H. Sarsangi, F. Rajabipour, N. Mashaii, A. Bitaraf, M. Hafezieh y A. Imani. 2020. Lipid utilization, protein sparing effects and protein requirement of all male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) in underground brackish water. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19 (3): 1517-1531. doi:10.22092/ijfs.2019.119506
- Múnera, L. 2013. Revisión del nivel de cumplimiento de las buenas prácticas acuícolas en el departamento de producción de finca Aquacorporación Internacional S.A., ubicada en Cañas, Guanacaste, Práctica Dirigida, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/handle/123456789/2788> (consultado 13 Mar., 2023).
- Ng, W.K. y N. Romano. 2013. A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. *Reviews in Aquaculture*, 5: 220–254. doi: 10.1111/raq.12014
- Nguyen, L., H. Dinh y D.A. Davis. 2020. Efficacy of reduced protein diets and the effects of indispensable amino acid supplements for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Animal Feed Science and Technology*, 114593. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114593
- Nguyen, H.Y.N., T.L. Trinh, K. Baruah, T. Lundh y A. Kiessling. 2021. Growth and feed utilisation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed different protein levels in a clear-water or biofloc-RAS system. *Aquaculture*, 536, 736404. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.736404

- NRC (National Research Council). 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. Animal Nutrition Series, National Academies. <https://nap.nationalacademies.org/resource/13039/Fish-Shrimp-Report-Brief-Final.pdf> (consultado 10 Mar., 2023).
- Peña-Navarro, N. y J. Chacón-Guzmán. 2019. Acuicultura en Costa Rica. World Aquaculture 50 (2): 23-25. <https://parquemarino.org/wp-content/uploads/2020/01/AcuiculturaenCostaRica.pdf>
- Quang-Tuong, L y N. Phil-Nam. 2017. Different growth performance – tilapia (*Oreochromis niloticus*) in using two different types of feed at Hoa My Reservoir, Thua Thien Hue province, Vietnam. KHOA HỌC KỸ THUẬT THỦY LỢI VÀ MÔI TRƯỜNG (Ciencia de la Tecnología del Agua y el Medio Ambiente), 56: 9-15. https://www.researchgate.net/publication/326223747_DIFFERENT_GROWTH_PERFORMANCE_-_TILAPIA_OREOCHROMIS_NILOTICUS_IN_USING_TWO_DIFFERENT_TYPES_OF_FEED_AT_HOA_MY_RESERVOIR_THUA_THIEN_HUE_PROVINCE_VIETNAM (consultado 13 Mar., 2023).
- Rairat, Y., Y. Chi, C.Y. Hsieh, Y.K. Liu, N. Chucird y C.C. Chou. 2021. Determination of optimal doses and minimum effective concentrations of tricaine methanesulfonate, 2-Phenoxyethanol and Eugenol for laboratory managements in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Animals, 24 (11): 1521. doi: 10.3390/ani11061521
- Salazar-Murillo, L., A. Chacón-Villalobos y J.I. Herrera-Muñoz. 2023. Crecimiento, eficiencia y composición de tilapia (*Oreochromis aureus*) alimentada con lombriz roja (*Eisenia fetida*). Revista Nutrición Animal Tropical, 17 (1): 1-35. doi: 10.15517/nat.v17i1.54085
- Santoyo-Telles, F., J. Mariscal-Romero, C. Gómez-Galindo y H. Gutiérrez-Pulido. 2019. Relaciones talla-peso y factor de condición de la tilapia *Oreochromis niloticus* en cinco cuerpos de agua del estado de Jalisco, México. CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 8 (16): 82-105. doi: 10.23913/ciba.v8i16.92
- Shizari, F.N. 2020. Modelling Nutrient Requirements of Rainbow Trout and Nile Tilapia Over Their Life Cycle. Tesis Doct., University of Guelph, Ontario, Canada.

- https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/17767/Nemati_Shizari_Fateme_h_202001_PhD.pdf?sequence=1&isAllowed=y (consultado 13 Mar. 2023).
- Silva, W.S., L.S. Costa, J.F. López-Olmeda, N.C.S. Costa, W.M. Santos, P.A.P. Ribeiro y R.K. Luz. 2019. Gene expression, enzyme activity and performance of Nile tilapia larvae fed with diets of different CP levels. *Animal*, 13 (7): 1376–1384.
- Soltan, M.A., K.A. Mohamed y A.H. Eid. 2006. Effect of protein to energy ratio on growth performance and body composition of red tilapia reared in freshwater. *Journal of the Egyptian Aquaculture Society*, 1: 57-68.
- Spieler, R. E. 2000. Revisión sobre ritmos circadianos, frecuencia de alimentación y crecimiento en peces. En: Civera-Cerecedo, R., C.J., Pérez-Estrada, D., Ricque-Marie y L.E., Cruz-Suárez, editores. *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México. pp 220-236.
- Terpstra, A.H.M. 2015. Feeding and growth parameters of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the body weight range from newly hatched larvae (about 5 miligrams) to about 700 grams. <http://www.tilapiastichting.nl/Downloads/3%20-%20AHM%20Terpstra%20-%202015%20-%20Feeding%20and%20Growth%20Parameters%20of%20the%20Tilapia.pdf> (Consultado 12 Abr., 2023).
- Vega-Galarza, E., N. Sandoval-Chaupe y E.B. Ángeles-Escobar. 2021. Masculinización de alevinos de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con el inhibidor de aromatasa letrozol. *Anales Científicos*, 82 (2): 262–278. doi: 10.21704/ac.v82i2.1789
- Villarino, R.T. 2020. Formulated Feeds for Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT). *Fisheries and Aquaculture Journal*, 11 (3): 1-6. doi: 10.35248/2150-3508.20.11.277
- Wang, K.W., J.X. Chen, Q.Q. Liu, X. Deng, L. Luo, S.M. Lin y Y.J. Chen. 2022. A comparison between high carbohydrate and high lipid diets reception on the growth, feed utilization and glucose homeostasis of genetically improved farmed tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Reports*, 24: 101119. doi: 10.1016/j.aqrep.2022.101119

Wang, X., M. Chen, K. Wang y J. Ye. 2017. Growth and metabolic responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) subjected to varied starch and protein levels of diets. Italian Journal of Animal Science, 16 (2): 308-316. doi: 10.1080/1828051X.2016.1275953

Zumbado-Salas, A., A. Chacón-Villalobos y J.I. Herrera-Muñoz. 2022. Efecto sobre parámetros zootécnicos y composición tisular de tilapia aurea (*Oreochromis aureus*) alimentada con lombriz roja (*Eisenia foetida*). Revista Nutrición Animal Tropical, 16 (2): 1-34. doi: 10.15517/nat.v16i2.52231