

Artículo científico

Empleo de vísceras porcinas como alternativa en la alimentación del pez guppy (*Poecilia reticulata*)

Valeria Porras-Matamoros², Alejandro Chacón-Villalobos³, Juan Ignacio Herrera-Muñoz⁴

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de corazón y riñón porcinos en la dieta sobre el crecimiento y la eficiencia reproductiva del pez guppy (*Poecilia reticulata*). El experimento se realizó durante ocho semanas (marzo a mayo de 2023) en el Módulo Acuícola de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM), en Cartago, Costa Rica. Se utilizaron cuatro tratamientos con 64 peces cada uno (edad promedio de 45 días post-eclosión y relación macho:hembra de 1:3): grupo control (100% alimento comercial guppy - AB), T1 (100% alimento para tilapia), T2 (49,9% alimento para tilapia + 50,1% corazón porcino) y T3 (46,0% alimento para tilapia + 54,0% riñón porcino). Luego de 15 días de aclimatación, los peces se distribuyeron aleatoriamente en peceras con recirculación cerrada. Se midió la ganancia de peso total (GPT) quincenalmente y la longitud estándar (iSLE) al inicio y al final del experimento, además de registrar el consumo para calcular el factor de Fulton (K), el coeficiente térmico de crecimiento (CTC), la tasa de crecimiento específico (SGR), la conversión alimenticia (FCR), el índice de eficiencia proteica (PER), mortalidad, fecundidad y edad al primer parto. Se

¹Este trabajo formó parte del proyecto de investigación: 737-C2171 "Inclusión de vísceras de la industria cárnica en la dieta de la especie acuícola ornamental *P. reticulata* y su efecto sobre crecimiento y reproducción".

²Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia. San Pedro, San José. Correo electrónico: valeria.porrasmatamoros@ucr.ac.cr. (<https://orcid.org/0009-0007-5231-2371>).

³Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia. Estación Experimental Alfredo Volio Mata. La Unión, Cartago. 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. Autor para correspondencia: juanignacio.herrera@ucr.ac.cr. (<https://orcid.org/0000-0001-5004-0826>).

Recibido: 03 febrero 2025 Aceptado: 01 agosto 2025

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



observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre T1 y los demás tratamientos en: GPT (g) (AB: 0,46; T1: 0,24; T2: 0,47; T3: 0,50); iSLE (mm) (AB: 8,15; T1: 4,77; T2: 8,10; T3: 8,97); CTC (AB: 0,18; T1: 0,11; T2: 0,18; T3: 0,19); SGR (%) (AB: 2,03; T1: 1,37; T2: 2,09; T3: 2,21) y FCR (AB: 1,65; T1: 3,10; T2: 1,82; T3: 1,60). No se detectaron diferencias significativas en las variables reproductivas ($p > 0.1$). En conjunto, estos resultados sugieren que el corazón y el riñón porcino poseen un valor nutricional comparable al alimento comercial y, por tanto, podrían representar una alternativa de bajo costo para la alimentación del guppy.

Palabras Clave: *Poecilia reticulata*, vísceras porcinas, parámetros zootécnicos, alternativa alimenticia, acuariofilia.

ABSTRACT

Use of porcine viscera as an alternative in the feeding of Guppy fish (*Poecilia reticulata*). This study aimed to evaluate the effect of including porcine heart and kidney in the diet on the growth and reproductive performance of Guppy fish (*Poecilia reticulata*). The experiment was conducted over eight weeks (March to May 2023) at the Aquaculture Module of the Alfredo Volio Mata Experimental Station (EEAVM), in Cartago, Costa Rica. Four treatments were tested, each with 64 fish (average age: 45 days post-hatching; male-to-female ratio: 1:3): control group (100% commercial Guppy feed - AB), T1 (100% Tilapia feed), T2 (49.9% Tilapia feed + 50.1% porcine heart), and T3 (46.0% Tilapia feed + 54.0% porcine kidney). After 15 days of acclimation, fish were randomly distributed into tanks with a closed recirculation system. Total weight gain (TWG) was measured biweekly, and standard length (iSLE) was recorded at the beginning and end of the experiment. Feed intake was monitored to calculate Fulton's condition factor (K), thermal growth coefficient (TGC), specific growth rate (SGR), feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER), mortality, fecundity, and age at first birth. Significant differences ($p < 0.05$) were observed between T1 and the other treatments for TWG (g) (AB: 0.46; T1: 0.24; T2: 0.47; T3: 0.50), iSLE (mm) (AB: 8.15; T1: 4.77; T2: 8.10; T3: 8.97), TGC (AB: 0.18; T1: 0.11; T2:

0.18; T3: 0.19), SGR (%) (AB: 2.03; T1: 1.37; T2: 2.09; T3: 2.21), and FCR (AB: 1.65; T1: 3.10; T2: 1.82; T3: 1.60). No significant differences were found in reproductive variables ($p > 0.1$). The results suggest that porcine heart and kidney have a nutritional value comparable to commercial feed and may serve as cost-effective alternatives for guppy nutrition.

Keywords: *Poecilia reticulata*, porcine viscera, zootechnical parameters, feed alternative, aquarium hobby.

INTRODUCCIÓN

Complementar las dietas de animales de producción con suplementos nutricionales puede aumentar de forma significativa los costos en todas las etapas de producción (Cuadros et al., 2023). A esto se suma que, según Soto (2021), los precios de los alimentos balanceados están sujetos a variaciones considerables debido a la adquisición de insumos importados, así como a factores relacionados con el cambio climático a nivel mundial. En este contexto, la inclusión de subproductos como sustitutos en dichas dietas se plantea como una estrategia viable para la reducción de costos (Bocos, 2019).

Entre los subproductos generados por la industria animal existe una amplia variedad de materias primas, cuya aceptación para el consumo humano varía según factores sociodemográficos, como creencias religiosas o estándares microbiológicos y sanitarios (Alao et al., 2017; China, 2021). Tal es el caso de órganos como hígado, bazo, intestinos, cráneo, cuernos, páncreas, lengua, riñones, pulmones, corazón, testículos e incluso sangre (Toldrá, 2016).

La disposición inadecuada de estos subproductos puede tener repercusiones severas tanto en la salud pública como en el ambiente. Se estima que hasta la mitad del peso vivo de un animal queda excluido de la cadena alimentaria humana y se clasifica como subproductos animales no destinados al consumo humano (SANDACH) (Otlés et al., 2021). No obstante, esto no implica su descarte total, ya que mediante técnicas como el *rendering* se les puede otorgar un

valor agregado, permitiendo su incorporación en diversas industrias. Estos subproductos han sido utilizados en sectores como el farmacéutico, biomédico y en la fabricación de alimentos comerciales y golosinas para mascotas (Wilkinson y Meeker, 2021).

En el ámbito de la nutrición animal, los subproductos han demostrado ser útiles para mejorar el aporte de macro y micronutrientes en la dieta. Órganos como el corazón y los riñones bovinos, por ejemplo, son buenas fuentes de minerales como el hierro, y su uso puede ajustarse según variables como la especie, raza o sexo (Alao et al., 2017; Ludwiczak et al., 2020). Además de sus beneficios nutricionales, en el caso particular de la acuicultura, los subproductos se han reportado como aliados estratégicos para reducir los costos de producción en peces ornamentales (Portales et al., 2015).

Al igual que los subproductos bovinos, los órganos porcinos como el corazón y los riñones, son altamente nutritivos y capaces de enriquecer una dieta animal, ya que aportan diversas vitaminas del complejo B, minerales como hierro y zinc, proteínas y aminoácidos esenciales como leucina, treonina y taurina (Biel et al., 2019). Estos beneficios nutricionales se complementan con un alto contenido de humedad y bajos niveles de grasa, cenizas y sal (Seong et al., 2014).

La acuariofilia (entendida como la cría y el mantenimiento de peces ornamentales de agua dulce o salada) es una práctica ampliamente difundida a nivel mundial, con un crecimiento anual estimado en alrededor del 14%, lo que representa la venta de aproximadamente mil millones de peces (Maceda-Veiga et al., 2016; Evers et al., 2019). Entre estos destacan los cerca de 800 000 individuos exportados desde Costa Rica entre 1998 y 2004 hacia países como Estados Unidos, Alemania y China, con fines ornamentales (Allen et al., 2017). Aunque se estima que estos valores han aumentado con el tiempo, existe escasa información actualizada al respecto.

A pesar de que la acuariofilia es un pasatiempo popular en todo el mundo, siguen existiendo muchas oportunidades de investigación en este campo. En particular, *Poecilia reticulata*, conocida comúnmente como pez guppy, esta es una de las especies más utilizadas para estudios relacionados con la inclusión de ingredientes en la dieta. Esto se debe a sus colores

atractivos, su plasticidad adaptativa, su corto ciclo de vida y, especialmente, al amplio conocimiento existente sobre su comportamiento, gracias a numerosas investigaciones previas (Gavriloaie et al., 2016; Maceda-Veiga et al., 2016; Sharon et al., 2016; Imai et al., 2022). En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la sustitución parcial de una dieta comercial por subproductos porcinos (corazón y riñones) en *Poecilia reticulata*, mediante el análisis de parámetros morfométricos y de eficiencia reproductiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en el Módulo Acuícola de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM) de la Universidad de Costa Rica, durante el periodo comprendido entre marzo y mayo de 2023. Esta unidad está ubicada en El Alto de Ochomogo, Cartago, Costa Rica y registró una temperatura promedio de 15 °C durante la estación seca, así como una precipitación media de 41,8 mm (IMN, 2024).

Condiciones experimentales de los peces

El experimento tuvo una duración de ocho semanas (56 días) y se desarrolló en un sistema de recirculación cerrado compuesto por 16 peceras, cada una con una capacidad de 58 litros (40 × 40 × 36 cm). Las peceras estaban interconectadas mediante filtros tipo *canister* (SunSun HW-304B), con una capacidad efectiva de bombeo de 800 L/h. Como material filtrante se utilizó espuma de alta densidad y cilindros cerámicos como sustrato para la filtración biológica en un lecho móvil. Estos últimos fueron previamente preparados mediante el uso del producto *Stability* (Seachem Laboratories, Inc., GA, EUA), para garantizar la maduración del filtro biológico y una adecuada capacidad de oxidación de compuestos nitrogenados antes del inicio del ensayo.

Los peces utilizados fueron adquiridos de un productor local de *Poecilia reticulata* en Naranjo,

Alajuela, Costa Rica, y transportados posteriormente a la EEAVM. A su llegada, se aplicó el producto comercial *Stress Guard* (*Seachem*, EUA) con el objetivo de reducir el estrés por manejo y minimizar la mortalidad. De un lote inicial de aproximadamente 500 peces, se seleccionaron visualmente 256 individuos con una edad estimada de 30 ± 3 días, priorizando aquellos con buena conformación corporal, sin malformaciones y con un tamaño lo más homogéneo posible.

Los peces fueron sometidos a un periodo de aclimatación de 15 días, durante el cual se ajustó la salinidad del agua a 3,0 g/L. Además, se implementó un protocolo de desparasitación preventiva utilizando *Expel-P* (levamisol, Fritz, EUA) e *ICH-X* (formaldehído, metanol, verde malaquita, *Aquarium Solutions*, EUA), para prevenir infecciones por *Camallanus cotti* (gusano rojo), previamente identificado en peces del mismo origen.

Una vez finalizado el periodo de aclimatación y con los peces alcanzando los 45 ± 3 días de edad, se distribuyeron en las 16 unidades experimentales, con una proporción de 12 hembras y 4 machos por pecera (relación macho:hembra de 1:3), sumando un total de 64 individuos por tratamiento. El sexado se realizó mediante observación visual, identificando el gonopodio en los machos (modificación de la aleta anal) y el punto grávido en las hembras (área oscura en el oviducto distal).

Las condiciones ambientales fueron controladas a lo largo de todo el experimento. Se estableció un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad mediante un temporizador, utilizando bombillos fluorescentes (Philips, 32 W, 2600 lúmenes) instalados en el techo del laboratorio. La temperatura del agua se mantuvo entre 26 °C y 29 °C, gracias al uso de termostatos individuales (Penn Plax, Cascade Heat, 150 W) en cada pecera.

Se realizaron mediciones diarias de temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y pH utilizando un equipo multiparamétrico con sondas (YSI ProPlus), que permite el registro simultáneo de todos los parámetros. La tasa de recirculación del agua fue del 300% por hora y la tasa de recambio diaria fue de aproximadamente un 5%. Todos los parámetros de calidad del agua se mantuvieron dentro de los rangos recomendados para *P. reticulata* según Deacon (2023).

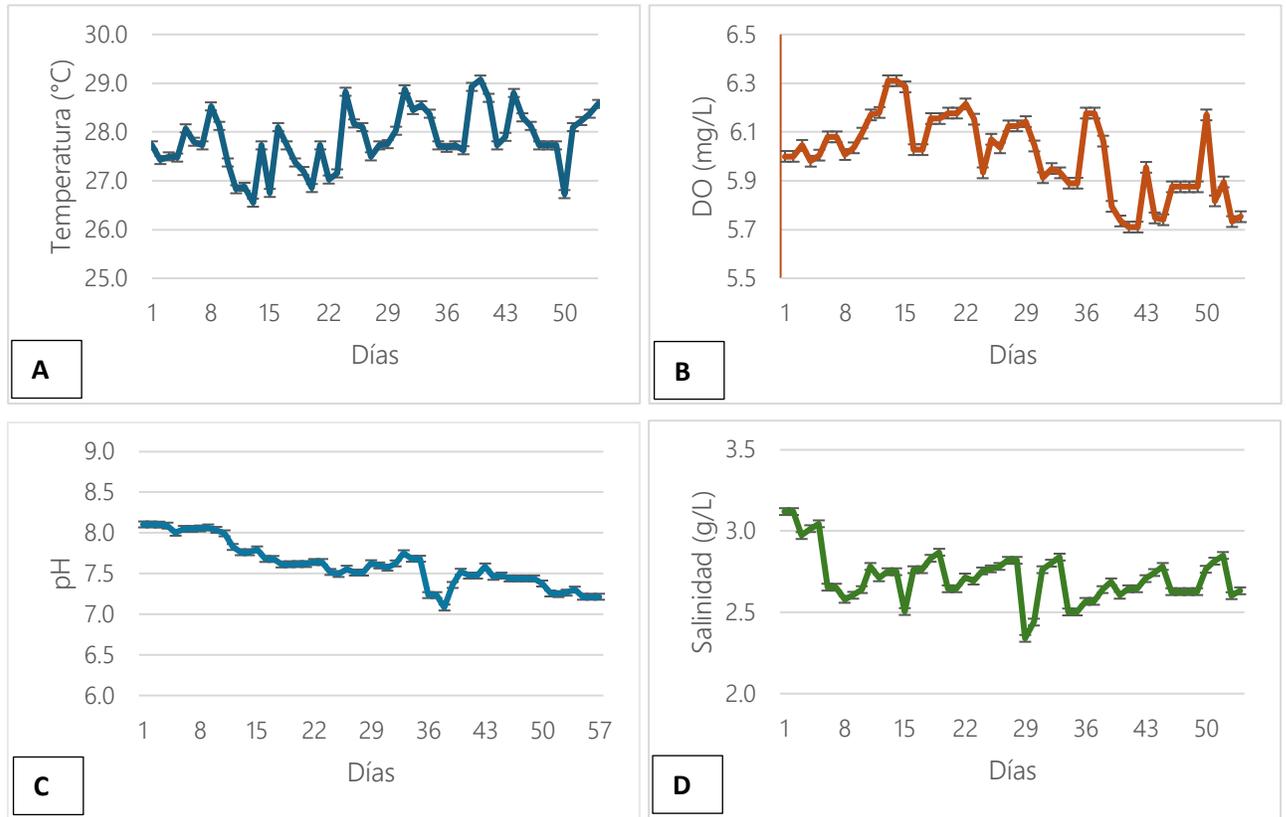


Figura 1. Valores promedio de temperatura (A), oxígeno disuelto (DO) (B), pH (C) y salinidad (D) del agua para las condiciones experimentales según el tiempo.

El nitrógeno amoniacal total (TAN) y los nitritos fueron evaluados dos veces por semana, mientras que la alcalinidad, la dureza del agua y los nitratos se determinaron con una frecuencia semanal. Para estas mediciones se utilizaron kits colorimétricos específicos (API, Freshwater Master Test Kit). La Figura 2 presenta los valores medios de estos parámetros registrados a lo largo del periodo experimental.

En cumplimiento con las normas de bienestar animal, durante la toma de medidas morfométricas, los peces fueron sometidos a anestesia por inmersión utilizando eugenol al 99% de pureza, disuelto en etanol y agua, a una concentración de 30 mg/L. El tiempo de inducción anestésica se registró mediante cronómetro, con una duración aproximada de dos minutos. Finalizado el procedimiento, los peces fueron devueltos a sus respectivas peceras, donde pasaron por un periodo de recuperación de entre dos y cinco minutos. Durante este tiempo, se monitorearon parámetros como movimientos operculares, reflejos y capacidad de nado (Chacón et al., 2019).

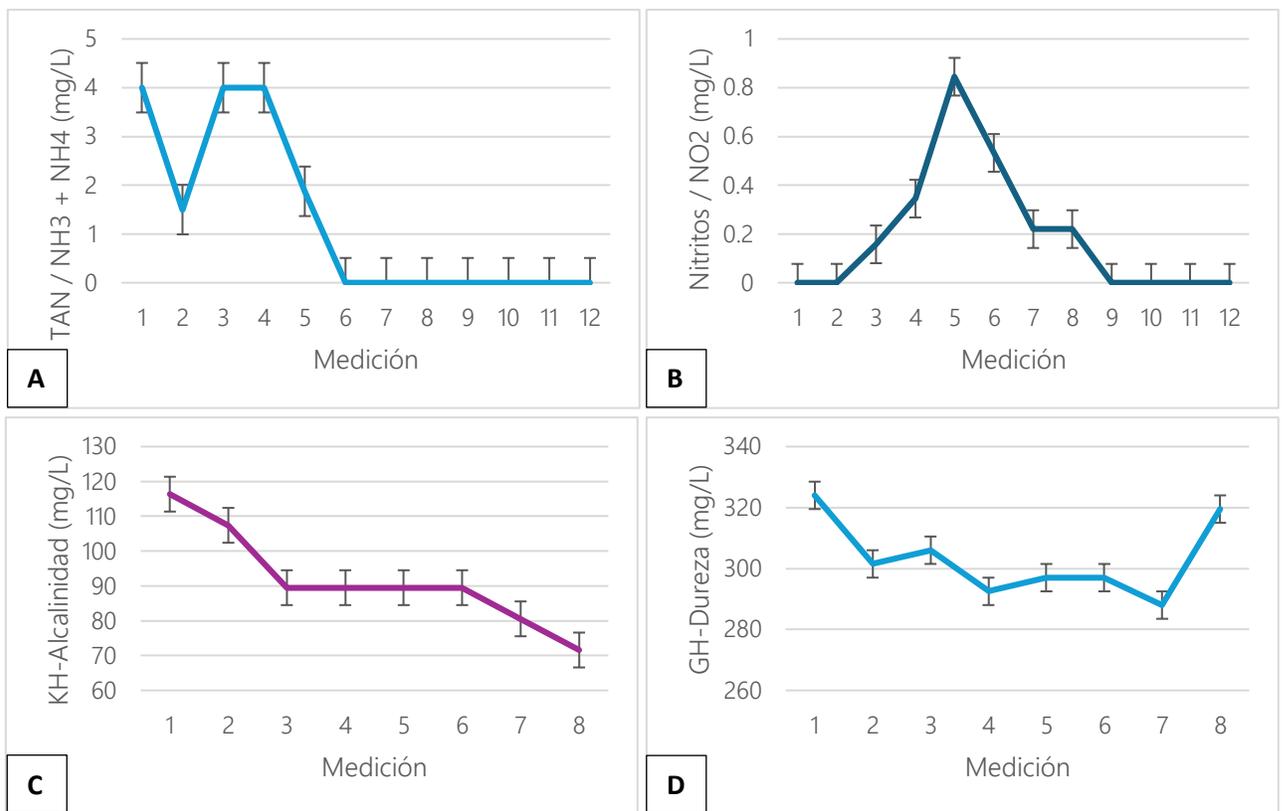


Figura 2. Valores promedio de nitrógeno amoniacal total (TAN) (A), nitritos (B), KH-alcalinidad (C) y GH-dureza (D) del agua durante el experimento.

Para evitar que el canibalismo afectara las estimaciones de natalidad, se utilizaron parideras flotantes con la planta *Ceratophyllum demersum*, de modo que sirvieran como refugio para los alevines neonatos y se minimizara la mortalidad.

Recursos alimenticios utilizados experimentalmente

Se utilizó como tratamiento control el alimento comercial Hikari Tropical Fancy Guppy (Lic. DAA-MAG-575-110), formulado según las necesidades nutricionales específicas del pez guppy.

Con el fin de balancear la composición de la dieta y asegurar que fuera isoproteica, se utilizó un alimento comercial de engorde para tilapia (Lic. DAA-762-032) como base para formular las dietas experimentales con vísceras porcinas.

El mismo presentó un contenido de proteína cruda (PC) del 33%, con una granulometría de 3 mm, la cual fue reducida y tamizada a partículas de 0,3 - 0,5 mm utilizando un procesador de alimentos y un colador convencional de cocina (Cuisinart, PG13658), para que todas las dietas experimentales presentaran la misma granulometría.

En cuanto a las vísceras, tanto el corazón como el riñón porcino se adquirieron de la empresa cárnica Argri, localizada en Paso Ancho, San José, Costa Rica. Se utilizaron nueve riñones y siete corazones frescos, que se trasladaron debidamente empacados en plástico PET, al Laboratorio Acuícola de la EEAVM en hieleras que contenían una mezcla de agua con hielo para mantener la temperatura entre 5 - 7 °C durante el transporte. A su llegada, las vísceras se pesaron de manera individual, se eliminó la grasa y el tejido conectivo y se pesaron de nuevo, con la intención de estimar rendimientos. Seguidamente, el material fue cortado en trozos finos menores a 0,5 cm de grosor (Cáñez-Carrasco et al., 2016), y se deshidrataron por aproximadamente dos horas a una temperatura de 60 °C - 69 °C en un horno de construcción artesanal con cuatro lámparas de calor de 250 W, hasta que se obtuvo un mínimo aproximado de 88% de materia seca (MS) en las vísceras. Una vez seco el sustrato, se molió con un procesador de alimentos (Cuisinart, PG13658), y se tamizó hasta obtener partículas de

aproximadamente 0,3 mm - 0,5 mm. Finalmente, se analizó por cuadruplicado el contenido de MS de cada una de las vísceras deshidratadas en una estufa a 70 °C durante 24 horas, la PC se midió con el método AOAC 990.03, el extracto etéreo (EE) empleando el método AOAC 920.39 y la energía bruta (EB) por medio de un calorímetro adiabático (AOAC, 2023).

El experimento de alimentación involucró cuatro tratamientos experimentales: un grupo control y tres grupos con dietas experimentales definidas en torno al recurso alimenticio.

- Grupo control (AB): alimentado al 100% con un alimento balanceado comercial "Fancy Guppy" (Hikari, Lic. DAA-MAG-575-110), formulado específicamente para *P. reticulata*.
- Tratamiento 1 (T1): control negativo integrado por 100% alimento balanceado formulado para tilapia-fase de inicio (Lic. DAA-762-032).
- Tratamiento 2 (T2): formulación al 49,9% alimento balanceado + 50,1% corazón porcino deshidratado.
- Tratamiento 3 (T3): formulación de 46,0% alimento balanceado + 54,0% riñón porcino deshidratado.

Las proporciones de las mezclas se decidieron a partir de un balance nutricional realizado con el software de formulación de raciones WinFeed versión 2.8 (WinFeed [UK] Limited, 2018), con el fin de que estas fuesen isoproteicas en relación con el AB, realizando un balance nutricional con el alimento comercial de tilapia a partir de los análisis bromatológicos. A lo largo de la prueba, las raciones se ofrecieron dos veces al día, según el grupo experimental y, siguiendo el programa de alimentación establecido por Sharon et al. (2016), y ajustado en relación con edad de consumo y el peso vivo promedio de los individuos, siempre monitoreando consumo y limitando ofrecimiento cuando se observó una baja aceptación del alimento.

VARIABLES EVALUADAS

Durante el periodo experimental de 56 días, se realizaron mediciones de peso al inicio del experimento y luego cada dos semanas para ajustar la tasa de alimentación diaria (TAD) y monitorear el desarrollo de los peces. Para ello, se utilizó una balanza de precisión con capacidad de 1000 g y precisión de $\pm 0,01$ g (W&J Instruments, BE10002). Al inicio y al final del ensayo, se midió la longitud estándar de todos los guppies utilizando un micrómetro digital de precisión (Stanley, 150 mm). Además, se registró diariamente el consumo de alimento.

Con estos datos, se calcularon los siguientes parámetros de crecimiento y eficiencia alimentaria:

- Ganancia de peso total (GPT): diferencia entre el peso final y el peso inicial de los peces.
- Factor de conversión alimenticia (FCR): relación entre la cantidad de alimento consumido y el incremento en peso corporal.
- Tasa específica de crecimiento (SGR): expresión porcentual del crecimiento diario en relación con el peso corporal.
- Coeficiente térmico de crecimiento (CTC): indicador de la eficiencia del crecimiento en función de la temperatura del agua.
- Factor de condición de Fulton (K): relación entre el peso y el volumen corporal, utilizado para evaluar el estado físico de los peces.
- Eficiencia proteica (PER): medida de la eficiencia con la que los peces convierten la proteína consumida en crecimiento corporal.
- Incremento en longitud estándar (iSLE): diferencia entre la longitud estándar final e inicial de los peces.

Además, se monitorearon los siguientes parámetros reproductivos:

- Mortalidad: porcentaje de peces que fallecieron durante el periodo experimental.
- Fecundidad: número de alevines nacidos por hembra durante el periodo experimental.
- Edad al primer parto: tiempo transcurrido desde el inicio del experimento hasta el primer nacimiento de cada hembra.

Los alevines nacidos en las peceras durante el periodo experimental fueron contados y retirados diariamente de las parideras. Posteriormente, se trasladaron a una pecera separada, distinta de los grupos experimentales. El Cuadro 1 resume las variables evaluadas y su fórmula de cálculo.

Cuadro 1. Indicadores zootécnicos evaluados y su ecuación asociada.

Parámetro zootécnico	Ecuación asociada ¹
Incremento de longitud estándar	$iSLE = SLE_{Final} - SLE_{Inicial}$
Ganancia de peso total	$GPT = Peso_{Final} - Peso_{inicial}$
Coeficiente térmico de crecimiento	$CTC = \frac{(Peso\ final)^{1/3} - (Peso\ inicial)^{1/3}}{\sum Temp\ (^{\circ}C)} * 1000$
Tasa específica de crecimiento	$SGR = \left(\frac{\ln\ peso\ final - \ln\ peso\ inicial}{tiempo\ (días)} \right) 100$
Conversión alimenticia	$FCR = \frac{Gramos\ consumidos\ de\ alimento}{Gramos\ producidos\ de\ biomasa}$
Factor de condición de Fulton	$K = \left(100 * \left[\frac{Peso}{L^3} \right] \right)$
Mortalidad	$MT = \frac{Peces\ muertos}{Peces\ totales\ inicial} * 100$
Fecundidad	$Fecundidad = \frac{alevines\ nacidos\ vivos}{hembras\ por\ tratamiento}$
Eficiencia proteica	$PER = \frac{Gramos\ producidos\ de\ biomasa}{Gramos\ consumidos\ de\ proteína}$

¹ SLE: longitud estándar en milímetros. L: Longitud estándar de los animales en centímetros, medida de la boca al pliegue hipural del pedúnculo caudal. Todos los pesos medidos en gramos.

Análisis estadístico

Se llevaron a cabo pruebas de normalidad y homocedasticidad para las variables, con el

objetivo de determinar si debían aplicarse pruebas paramétricas o no paramétricas en cada caso. Asimismo, se utilizó la prueba *post-hoc* de LSD Fisher, en caso de encontrarse diferencias significativas entre los grupos. Se establecieron como variables independientes aquellas asociadas a los tratamientos de alimentación y al sexo de los peces guppy, de forma que las variables respuesta fueron todas las mediciones descritas previamente en esta metodología.

Para GPT, iSLE, K, CTC y SGR, se efectuó un análisis factorial de varianza de dos factores, para cuatro niveles del factor "tipo de alimentación" y dos niveles del factor "sexo del pez", con un 95% de confianza ($\alpha = 0.05$). Para FCR y PER, se efectuó un análisis de varianza simple, para cuatro niveles del factor "tipo de alimentación", y considerando un 95% de confianza ($\alpha = 0.05$). En el caso de la mortalidad, se aplicó un análisis factorial de varianza de dos factores para cuatro niveles del factor "tipo de alimentación" y dos niveles del factor "sexo del pez" en un 95% de confianza ($\alpha = 0.05$). La fecundidad y edad a primer parto se estudiaron con un análisis de varianza simple, para cuatro niveles del factor "tipo de alimentación" en las hembras, considerando un 95% de confianza ($\alpha = 0.05$).

El análisis general del estudio se realizó utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics 25 (IBM, 2017).

RESULTADOS

Rendimientos y perfiles nutricionales de las vísceras evaluadas y de las dietas derivadas

El corazón porcino presentó un peso medio de 300 ± 27 g en su estado recién cosechado, mientras que el del riñón fue de 157 ± 22 g. Una vez eliminados los tejidos grasos y conectivos, se obtuvo una media de tejido previo a la deshidratación de 133 ± 16 g para el corazón y de 102 ± 16 g para el riñón. Una vez deshidratados, se obtuvieron en promedio 29 ± 3 g de corazón, lo que implicó un rendimiento de $9,7 \pm 0,6\%$, y de 23 ± 3 g de riñón, para un rendimiento total del $15 \pm 1\%$. Ambas vísceras necesitaron dos horas de secado; el corazón requirió 1,3 horas de limpieza y el riñón 0,9 horas. El proceso se llevó a cabo a una temperatura media de 60 °C, valor considerado óptimo en la literatura, siempre que no se sobrepasen los 70 °C (Yu et al., 2016).

El Cuadro 2 presenta los resultados obtenidos para rendimiento y composición de las vísceras porcinas deshidratadas a partir del análisis químico, así como para las dietas experimentales formuladas a partir de las mezclas.

Cuadro 2. Composición bromatológica de las vísceras y dietas experimentales formuladas en base seca.

Componente (g/100 g)	Recurso nutricional evaluado					
	Vísceras		Dietas experimentales			
	Riñón	Corazón	AB	T1	T2	T3
Humedad (%)	10,07	11,12	7,79	6,88	9,00	8,60
Proteína cruda (PC) (%)	77,89	81,33	59,01	37,61	59,01	59,01
Energía bruta (kcal/kg)	5882	5710	4793	4731	5210	5342
Extracto etéreo (%)	9,30	5,42	8,32	5,10	5,26	7,47
Ratio PD/ED (g/Mcal)	140,21	150,82	130,36	84,17	119,93	116,96

PD = Proteína digestible, estimada asumiendo un factor de digestibilidad general de la PC del 90%; ED = Energía digestible, estimada asumiendo un factor de digestibilidad general de la energía bruta del 85% (IAFFD, 2024).

El riñón, en comparación con el corazón, presentó menores contenidos de PC y humedad, mientras que mostró niveles más altos de EB y EE. Por otro lado, las dietas AB, T2 y T3 tuvieron un contenido isoproteico, en contraparte a la dieta T1 que presentó un nivel más bajo de PC. En términos del contenido energético, las dietas T2 y T3 tuvieron valores energéticos equiparables entre sí, a la vez que sobrepasaban a la dieta AB y T1. En comparación con los otros ingredientes analizados, el riñón presentó una mayor proporción de EE, equivalente a un contenido energético superior en la dieta T3, que se aproxima al AB. A pesar de las similitudes en el perfil lipídico de T1 y T2, los ácidos grasos que contienen pueden variar debido al amplio uso de fuentes vegetales en las dietas de tilapia (Ng y Romano, 2013).

Consumo de nutrientes en función de la dieta experimental

El Cuadro 3 muestra el consumo medio diario de nutrientes por pez, en términos de MS. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en el contenido de PC entre el T1 y los demás tratamientos ($p < 0.001$), mientras que en términos de EB estas diferencias significativas se establecieron entre T1 con respecto a T2 y T3 ($p < 0.05$). Con respecto al parámetro EE, el alimento del grupo AB se diferenció significativamente de todos los demás ($p < 0.001$). El consumo de PC, EB y EE en el tratamiento T1 fue menor que el resto, aspecto que podría impactar el crecimiento de los animales.

Por su parte, la Figura 3 señala el consumo promedio diario por pecera según el tratamiento y evidencia la tendencia hacia un consumo similar entre grupos y a un aumento con el tiempo.

Cuadro 3. Consumo promedio de nutrientes, ajustado por mortalidad, por pez por día en MS.

Parámetro	Dietas experimentales				Valor p
	AB	T1	T2	T3	
Consumo					0.565
MS/pez/día	0,020	0,018	0,019	0,019	
(g)					
PC (g)	0,012 ^a	0,007 ^b	0,012 ^a	0,011 ^a	<0.001
EB (kcal)	0,096 ^{ab}	0,084 ^b	0,102 ^a	0,103 ^a	0.003
EE (g)	0,002 ^a	0,001 ^b	0,001 ^b	0,001 ^b	<0.001

MS: materia seca; PC: proteína cruda; EB: energía bruta; EE: extracto etéreo.

Superíndices diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

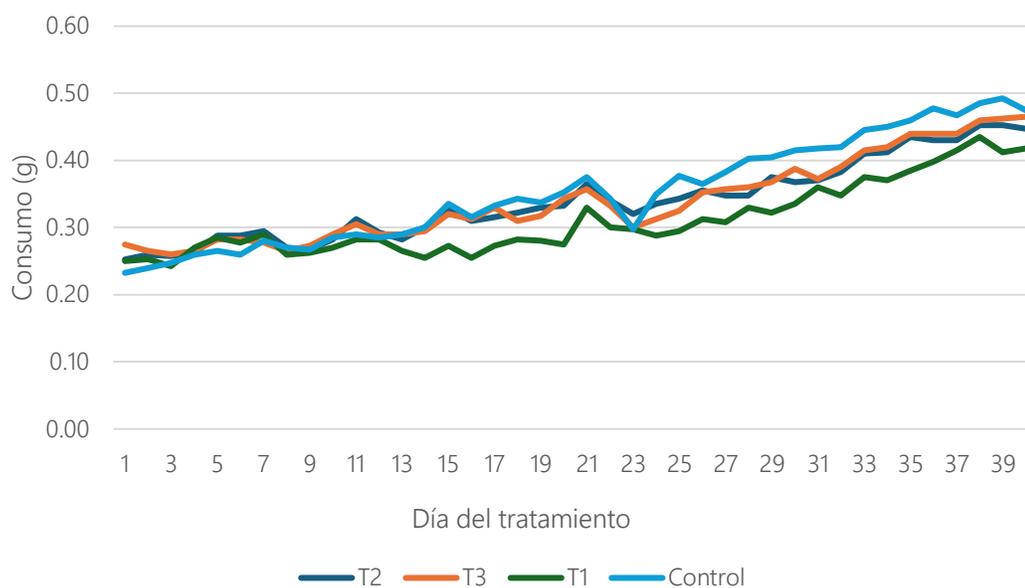


Figura 3. Consumo medio total por pecera tal como ofrecido a lo largo de la fase experimental según tratamiento evaluado.

Variables de Crecimiento

El Cuadro 4 resume las medias de las variables de crecimiento según sexo, así como los resultados derivados de su análisis inferencial. En dicho cuadro se entiende como una variable “general” a la media de todos los individuos de ese tratamiento, sin diferenciar el sexo de los peces involucrados.

Cuadro 4. Medias obtenidas en los tratamientos experimentales para las variables ganancia diaria de peso (GPT) (g), incremento en longitud estándar (iSLE) (mm) y factor de condición de Fulton (K).

Variable	Grupo Experimental				Valor p
	AB	T1	T2	T3	
GPT _g	0,46±0,02 ^a	0,24±0,02 ^b	0,47±0,03 ^a	0,50±0,02 ^a	<0.001
GPT _h	0,78±0,06 ^a	0,38±0,05 ^b	0,77±0,18 ^a	0,81±0,10 ^a	<0.001
GPT _m	0,14±0,60 ^{ab}	0,10±0,30 ^b	0,17±0,50 ^{ab}	0,19±0,13 ^a	>0.001
iSLE _g	8,15±1,19 ^a	4,77±0,25 ^b	8,10±0,95 ^a	8,97±0,53 ^a	<0.001
iSLE _h	13,28±0,93 ^a	7,35±0,61 ^b	13,51±2,12 ^a	13,20±1,24 ^a	<0.001
iSLE _m	3,02±1,45 ^{ab}	2,19±0,63 ^b	2,69±1,18 ^{ab}	4,74±1,18 ^a	0.044
K _g	2,78±0,03	2,70±0,12	2,77±0,04	2,82±0,10	0.204
K _h	2,54±0,04	2,64±0,21	2,57±0,09	2,64±0,04	0.582
K _m	2,64±0,10	2,60±0,05	2,65±0,09	2,68±0,15	0.734

Superíndices diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos. g=parámetro medio general, h=parámetro medio hembras, m=parámetro medio machos.

Para la variable de ganancia de peso total (GPT), se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento T1 y todos los demás, siendo T1 el que presentó el valor más bajo ($p < 0.01$). No se detectaron diferencias entre el tratamiento AB, T2 y T3. En cuanto al factor "sexo del pez", las hembras mostraron una GPT superior a la de los machos, con una diferencia también significativa. Además, se evidenció una interacción relevante entre el tipo de alimentación y el sexo ($p < 0.01$). En las hembras, el tratamiento T1 difirió del resto, mientras que en los machos se identificó una diferencia puntual entre T1 y T3. Estos hallazgos reflejan una interacción marcada entre ambos factores evaluados.

Respecto a la longitud estándar (iSLE), se encontraron diferencias significativas tanto entre tratamientos como entre sexos ($p < 0.01$). El tratamiento T1 se diferenció del resto, al igual que

las hembras de los machos. La interacción entre tipo de alimentación y sexo también resultó significativa ($p < 0.01$). En los machos, la diferencia se presentó entre T1 y T3, mientras que en las hembras se distinguió nuevamente el T1 frente a los demás tratamientos.

Por su parte, el factor de condición de Fulton (K) no presentó diferencias entre tratamientos ni entre sexos, lo que sugiere que, si bien hubo efectos sobre la ganancia de peso y el crecimiento, la condición general de los peces se mantuvo estable.

La Figura 4 muestra el comportamiento del aumento de peso de los peces con el tiempo según el tratamiento experimental, notándose una diferenciación clara después de la primera semana entre T1 y los demás tratamientos.

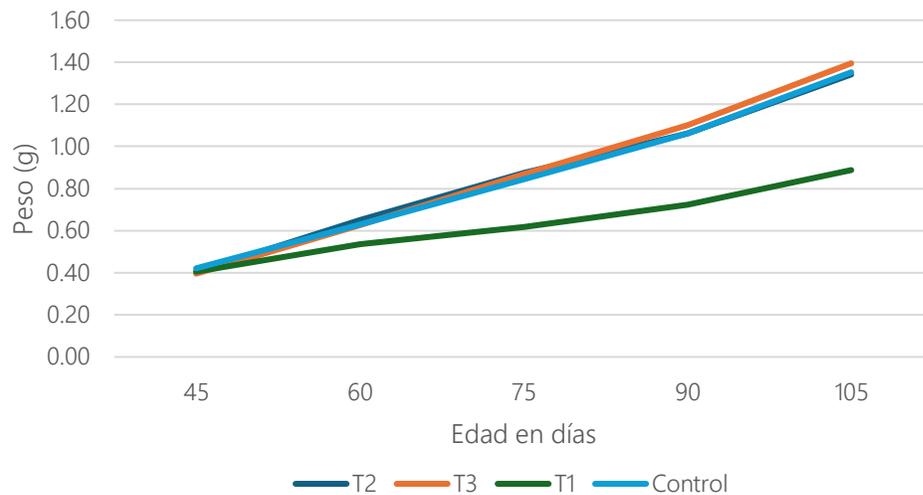


Figura 4. Curvas de crecimiento de los peces a lo largo de la fase experimental en términos del tratamiento evaluado.

El Cuadro 5 presenta los valores promedio para las variables de CTC y SGR. Se observaron diferencias significativas en la CTC entre el T1 y los demás tratamientos ($p < 0.001$), así como

entre sexos, siendo las medias más altas en las hembras. Además, se detectó una interacción significativa entre tratamiento y sexo ($p < 0.001$), con diferencias marcadas entre el T1 y los otros tratamientos únicamente en las hembras.

En cuanto a la SGR, también se encontraron diferencias significativas entre el valor promedio del T1 y el resto de los tratamientos ($p < 0.001$), así como entre sexos. Se evidenció una interacción significativa entre tratamiento y sexo ($p < 0.05$), destacando que en las hembras el T1 difirió significativamente de los demás tratamientos ($p < 0.001$).

Cuadro 5. Medias obtenidas en los tratamientos experimentales para las variables coeficiente térmico de crecimiento (CTC) y tasa de crecimiento específico (SGR) (%).

Variable	Grupo Experimental				Valor p
	AB	T1	T2	T3	
CTC _g	0,18±0,02 ^a	0,11±0,01 ^b	0,18±0,02 ^a	0,19±0,01 ^a	<0.001
CTC _h	0,26±0,02 ^a	0,16±0,02 ^b	0,26±0,04 ^a	0,27±0,02 ^a	<0.001
CTC _m	0,07±0,02	0,05±0,02	0,08±0,03	0,09±0,01	0.057
SGR _g	2,03±0,22 ^a	1,37±0,17 ^b	2,09±0,26 ^a	2,21±0,09 ^a	<0.001
SGR _h	2,85±0,19 ^a	1,92±0,19 ^b	2,86±0,38 ^a	2,98±0,16 ^a	<0.001
SGR _m	0,84±0,31 ^{ab}	0,67±0,20 ^b	1,01±0,20 ^{ab}	1,13±0,11 ^a	0.053

Superíndices diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos. g=parámetro medio general, h=parámetro medio hembras, m=parámetro medio machos.

VARIABLES DE EFICIENCIA

El Cuadro 6 resume los valores promedio obtenidos para las variables que permiten evaluar el efecto de los tratamientos sobre la eficiencia del uso de recursos, como el FCR, PER y el porcentaje de mortalidad (Mort).

Cuadro 6. Medias obtenidas para variables experimentales factor de conversión alimenticia (FCR), índice de eficiencia proteica (PER) y mortalidad porcentual (Mort).

Parámetro	Tratamiento Experimental				Valor p
	AB	T1	T2	T3	
FCR _g	1,65±0,06 ^a	3,10±0,22 ^b	1,82±0,23 ^a	1,60±0,09 ^a	<0.001
PER _g	0,97±0,05 ^{ab}	0,92±0,07 ^b	1,03±0,12 ^{ab}	1,27±0,07 ^a	0.035
Mort _g	0	0	5,41±9,38	1,14±3,13	0.566
Mort _h	0	0	8,32±16,67	2,27±4,55	0.502
Mort _m	0	0	2,50±5,00	0	0.426

Superíndices diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos. g=parámetro medio general, h=parámetro medio hembras, m=parámetro medio machos.

Se determinó que el FCR presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$). En particular, el tratamiento T1 mostró un valor significativamente más alto en comparación con los demás ($p < 0.01$). En cuanto a la PER, también se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$); específicamente entre el T1 y el T3, con valores intermedios en los tratamientos AB y T2.

Respecto a la mortalidad, no se detectaron diferencias significativas ni entre tratamientos ni entre sexos ($p > 0.05$). Este resultado era esperable, ya que las muertes registradas fueron mínimas y respondieron principalmente a factores asociados al manejo de los peces, más que a los tratamientos en sí.

En términos de la eficiencia reproductiva, el Cuadro 7 muestra los resultados asociados a las variables fecundidad y edad a primer parto obtenidos en el proceso experimental.

Cuadro 7. Medias experimentales para la fecundidad y edad a primer parto.

Tipo de alimentación	Fecundidad*	Edad a primer parto (días)
AB	3,18±1,60	75,5±5,45
T1	2,10±1,01	74,00±5,29
T2	3,10±2,82	76,00±2,00
T3	2,33±1,52	70,75±5,68
Valor p	0.796	0.446

*Promedio de alevines nacidos vivos por hembra.

No existieron diferencias significativas entre la media de los valores de fecundidad según los tratamientos observados ($p > 0.05$), ni tampoco para la de edad primer parto ($p > 0.05$).

DISCUSION

Rendimientos y perfil del recurso nutricional

Los datos obtenidos evidencian que el riñón presentó un mejor rendimiento que el corazón, aspecto que derivó del hecho de que este último requiere de la eliminación de una mayor cantidad de tejido adiposo, tejido conectivo y una mayor pérdida de agua durante el proceso de deshidratación. Purchas et al. (2015) encontraron pérdidas de 43,7% y 53,4% para el corazón y riñón bovino secados a 90 °C - 100 °C por periodos de 1,5 - 2 horas, por lo cual una pérdida de peso importante es normal e inherente a estos procesos. El requerimiento de un proceso de acalamiento más extenso para los corazones explica el mayor tiempo de labor manual necesario, lo que tiene implicaciones de un mayor costo de mano de obra.

El Cuadro 2 sugiere que el riñón y el corazón son posibles sustratos nutricionales adecuados con contenidos de energía y proteína apropiados. La proteína de origen animal, como es el

caso de las vísceras, generalmente es más digestible que la que proviene de recursos vegetales (Sklan et al., 2004). Debido que los peces requieren menos energía para el mantenimiento y la síntesis de proteínas, la relación proteína:energía disponible es mayor (Velasco y Gutiérrez, 2019). Al comparar las vísceras, se puede confirmar que el riñón cuenta con una menor cantidad de PC (en MS) que el corazón, lo cual puede estar relacionado con el hecho de que este último está compuesto por tejidos conectivos y musculares más fuertes (Moore et al., 2015).

En ambos casos, las vísceras resultan ser buena opción para ser aprovechados como recursos nutricionales, ya que cumplen con la PC recomendada para *Poecilia reticulata* en un rango de 30% - 40% (Velasco y Gutiérrez, 2019). De hecho, ambas vísceras presentaron contenidos proteicos comparables o incluso mayores que otras fuentes nutricionales como insectos (20% - 70% PC), (Avendaño et al., 2020); alimentos comerciales para peces ornamentales (40% PC), (Kumaratunga y Radampola, 2019) y algas (17% - 30%), (Velasco y Gutiérrez, 2019). Situación similar ocurre al comparar el contenido energético de estas vísceras con el fitoplancton (2200 – 3800 kcal/kg EB), oligoquetos (5600 kcal/kg EB), artemia (5800 kcal/kg EB) y copépodos (5500 kcal/kg EB); a la misma vez, las dietas experimentales presentaron concentraciones de energía digestible (ED) superiores a 3546 kcal/kg MS (asumiendo un coeficiente de digestibilidad general para la energía bruta del 85%), (IAFFD, 2024); lo que las hace adecuadas para los propósitos de este estudio (Velasco y Gutiérrez, 2019).

Variables de Crecimiento

Anka et al. (2016), reportan valores de GPT entre 0,52 g – 0,84 g en fases iniciales de desarrollo al alimentar *Poecilia reticulata* (alevines con peso inicial de 0,5 g), con harinas animales como fuentes de proteína, por lo que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango para la especie.

Al no observarse diferencias en el crecimiento entre los tratamientos experimentales formulados a partir de vísceras porcinas y el grupo control, es posible inferir que la calidad de la proteína en los tres alimentos es suficiente para cumplir los requerimientos de la especie estudiada. Aquellos peces que recibieron solo alimento de tilapia muy posiblemente no

obtuvieron una cantidad suficiente de proteína con el consumo presentado, pues al depender el crecimiento principalmente de la calidad de la proteína suministrada, no lograron crecer al ritmo de los demás individuos experimentales (Gruber et al., 2013; Arce et al., 2018). El hecho que las dietas ofrecidas al grupo AB, el T2 y el T3 fuesen isoproteicas, puede asociarse con la ausencia de diferencias en el crecimiento. Al necesitar una mayor cantidad de proteína, las hembras sí evidenciaron una mayor limitante en crecimiento con el T1, ya que poseían una menor cantidad de proteína y esto es causal de animales de menor tamaño (Mansour et al., 2017). Un menor tamaño fenotípico de los machos implicaría un menor requerimiento total de proteína para lograr expresar un tamaño máximo, lo que explicaría las diferencias encontradas.

El T1, a pesar de cumplir nominalmente con la cantidad bruta de proteína recomendada para la especie, podría no contener un sustrato proteico de igual valor biológico al ser primariamente este de origen vegetal, limitando esto la expresión de un crecimiento máximo. El estudio de Rezaei et al. (2018) demostraron esta diferencia entre la proteína de origen animal y vegetal, una vez empleada la artemia suplementada con levadura β -SE ME, obteniendo una GPT mayor ($1\ 040 \pm 20$ mg) comparativamente con un alimento comercial en hojuelas cuya proteína es de menor calidad (970 ± 5 mg). Arce et al. (2018), por su parte, señalaron crecimientos más acelerados en *Poecilia* cuando les alimentaron con proteína de *Artemia franciscana* de alta calidad (57,3% PC) a que emplear alimento comercial (45% PC).

Un mayor consumo de proteína, si bien es cierto se asocia a un mayor aumento de peso, obliga a contemplar el requerimiento máximo según la especie, pues los excesos generan una mayor excreción de nitrógeno y por ende un mayor gasto energético; una correcta relación proteína:energía conlleva a disminuir gastos económicos (Gruber et al., 2013).

Al observarse una mayor cantidad de EE en los tratamientos AB, T2 y T3 con respecto al T1, se considera que podría constituir también un factor adicional que explica el menor crecimiento en este tratamiento; todo en caso de que los lípidos optimizan la absorción de la proteína importante en el crecimiento de los peces (Kowalska et al., 2022). Una alimentación deficiente en lípidos puede no solo alterar la respuesta inmune de los peces, sino que puede disminuir el apetito, afectando los parámetros de crecimiento (Abdo de la Parra et al., 2023).

Mohideen et al. (2014) reportaron para *Poecilia latipinna* (especie de poecílido ovovivíparo taxonómicamente relacionado de forma cercana a *P. reticulata*) menores valores de iSLE en los animales que fueron alimentados con pellets (35%) y torta de aceite (38%), cuando se les comparaba con contrapartes a las que se les ofrecía Tubifex (52%). Los datos de iSLE de estos autores se asemejaron a los arrojados por los tratamientos del presente ensayo, con excepción del T1, que fue considerablemente menor. Kowalska et al. (2022) obtuvieron valores de iSLE, en 60 días, de 6,5 mm para peces guppy alimentados con un alimento comercial (15,0% EE), y 6,0 mm alimentados con *Zophobas morio* (33,6% EE), lo cual está dentro del rango de lo obtenido en este estudio, pese a que el EE está por encima de lo recomendado para *Poecilia reticulata*. Por lo que el crecimiento no se vio afectado de forma significativa.

Al existir un paralelismo entre el crecimiento de los peces y el consumo de alimento (Figura 4), es de esperar que la ración ofrecida de lípidos en las dietas experimentales se encuentre dentro de los parámetros necesarios para el crecimiento adecuado, sobre todo a la luz de que no disminuyó el apetito. Es posible entonces que la proteína se orientase al crecimiento mientras que la grasa constituyese la fuente energética primaria (Abdo de la Parra et al., 2023).

Lawal (2020) reportó un K entre 1,18 y 1,60 en machos, y en hembras entre 1,05 y 1,62; lo que representa un valor menor al obtenido en el presente estudio, y puede derivar del hecho de que dicha investigación empleó una alimentación establecida con respecto al crecimiento durante el periodo experimental. Por otro lado, Nishshanka et al. (2021) presentan datos de K entre 1,07 – 1,11, que difieren con los obtenidos en el presente trabajo, por lo que los valores ofrecidos de PC y EE fueron menores a los correspondientes al T2 y T3 del presente estudio.

En el caso del parámetro CTC, a la luz de los resultados experimentales, se denota que el consumo de nutrientes y las condiciones térmicas fueron adecuados para que los peces pudiesen alcanzar el peso deseado en edad adulta en tres tratamientos experimentales (Control, T2 y T3). Cuando se registran altas temperaturas del agua, aumentan las funciones metabólicas, lo que deriva en una mayor necesidad de consumo de alimento. Es por ello por lo que, en cuerpos abiertos de agua, los peces descienden o ascienden a lo largo de la columna de agua para encontrar un óptimo metabólico (Kumar et al., 2017).

Mohideen et al. (2014) reportan valores de CTC de 0,16 a 0,51, que coinciden con los obtenidos en esta investigación y hacen eco del hecho de que los valores de CTC incrementan al aumentar la proteína en la ración nutricional. Mientras que Sanabria (2023) reportó valores medios de CTC en el intervalo de 0,21 y 0,23 para peces alimentados con "Fancy Guppy" y concentrados de alimento para tilapia con inclusión de riñón y corazón bovinos. Los perfiles nutricionales de las vísceras bovinas y las porcinas son similares a las empleadas en el presente experimento, lo que explica la obtención de valores comparables. Si bien es cierto, a 28 °C presentan una mayor tasa de crecimiento específico, a menores temperaturas aumenta la sobrevivencia al bajar la tasa metabólica (Kumar et al., 2017). En el presente estudio, en el que se controló la temperatura, la tasa metabólica de los animales se optimizó, por lo cual, al no existir un factor limitante derivado de la ración nutricional, el crecimiento observado se acercó al potencial de la especie, como fue el caso en los tratamientos AB, T2 y T3 para SGR, donde no se encontraron diferencias significativas entre ellos.

Autores como Görelşahin et al. (2018), quienes utilizaron un rango de temperatura equiparable con el del presente estudio, reportaron un SGR entre 1,81% y 2,31%, aunque los resultados obtenidos en el T1 son menores por la deficiencia proteica comparativa que no cumple cabalmente con las necesidades nutricionales de la especie en estudio. En contraparte, Mohideen et al. (2014) señalaron datos entre 1,73% y 2,80%, al emplear alimento comercial (35% PC), comprimido de aceite de maní (38% PC) y Tubifex (52% PC). El grupo experimental alimentado con aceite de maní, al igual que el que consumió alimento comercial, exhibieron valores comparables al tratamiento T1 (alimento para tilapia). El grupo alimentado con Tubifex evidenció contenidos lipídicos y proteicos comparables a los grupos AB, T2 y T3; aspecto que podría vincularse con los valores similares de SGR observados.

Variabes de Eficiencia

Las relaciones de consumo presentadas en la Figura 3, pueden asociarse con una relación apropiada de proteína:energía que favorece que los peces manifestasen su máximo potencial de consumo. Los peces en crecimiento requieren de mayores contenidos proteicos que energéticos para desarrollarse adecuadamente (Mohanta et al., 2016).

Al alimentar a los peces con una dieta alta en proteína de buena calidad, la eficiencia de conversión del alimento fue mayor, siendo el caso que la proteína ofrecida en AB, T2 y T3 se puede inferir es de una calidad similar, ya que no hay diferencias significativas en su FCR. Dado que estos datos de FCR pueden variar en función de la composición proteica, el perfil de aminoácidos y la palatabilidad del alimento, ligado a dietas de mayor contenido proteico (32% PC) suelen generar menores FCR que aquellas con porcentajes menores (28% y 21% PC), (Mansour et al., 2017).

Una relación adecuada de proteína:energía alrededor de 80 g - 105 g PD/Mcal ED, siendo mayor para fases iniciales de desarrollo (NRC, 2011), promueve una mayor eficiencia del pez en términos de consumo y crecimiento, (Mohanta et al., 2016). Esto podría explicar que el T1 muestre un FCR mayor que el resto de los tratamientos, ya que el consumo es muy poco eficiente comparativamente (Mansour et al., 2017). Es importante considerar que la relación proteína:energía afecta la digestión de los alimentos, así como que los peces pueden, por medio de una respuesta endógena, regular la ingesta de alimento (Filho et al., 2018). Es por esta última razón que la formulación proteica de la ración debe ser adecuada para no disminuir el consumo total de proteína, perjudicando el desarrollo (Luna-Figueroa y Arce-Urbe, 2017) y, claro está, existe un beneficio en un animal que es capaz de producir una mayor masa corporal con base en un menor consumo de alimento (Kumaratunga y Radampola, 2019). La proteína ingerida implica un incremento de calor necesario para que los peces la puedan aprovechar y un exceso de dicho nutriente incrementa la excreción de compuestos nitrogenados, comprometiendo la calidad del agua y la energía necesaria para dicho proceso (Velasco y Gutiérrez, 2019).

Komilus y Mufit (2021) reportaron un FCR entre 2,93 y 3,33 empleando diferentes porcentajes de alimento comercial y *Acetes spp*, con concentraciones de proteína entre 26,40% – 32,32% PC y de lípidos entre 9,50% - 14,88% EE. Aunque estos valores difieren de lo observado en el presente estudio en los grupos AB, T2 y T3, se acercan más a los resultados obtenidos por el T1. El grupo con mayor contenido de proteína presentó un FCR menor, lo que respalda la afirmación de que una mayor inclusión de proteína y una buena relación proteína:energía

puede disminuir el FCR. Nishshanka et al. (2021), observaron valores de FCR de 2,46 – 3,54, lo que se asemeja a los resultados obtenidos con el T1 ofrecido. Al comparar la PC y EE de cada uno de los ingredientes ofrecidos por estos autores (alimento control: 35,7% PC y 4,7% EE; alimento control con hojas de camote: 32% PC y 4,4% EE; alimento control con semillas de jaca: 34% PC y 4,5% EE; y alimento control con semillas de sésamo: 29,5% PC y 5,1% EE), con respecto a las dietas ofrecidas en el presente estudio para los tratamientos AB, T2 y T3, se puede observar que la cantidad y calidad de los nutrientes es mejor en este último caso, por lo cual la diferencia en los FCR es esperable. Resultados afines a este estudio son presentados por Nishshanka et al. (2021), para un PER de entre 0,10 y 1,15 para valores de PC más bajos. Dado el manejo zootécnico, las mortalidades observadas fueron circunstanciales, fortuitas y muy bajas, dado que no estuvieron relacionadas con los tratamientos, dando como resultado ninguna diferencia significativa ($p > 0.05$).

Lo mismo ocurrió en el caso de Kumaratunga y Radampola, (2019), coincidiendo con el presente estudio al no encontrar ninguna diferencia significativa entre la edad a primer parto para diferentes grupos experimentales con dietas diferenciadas. Dichos autores sugieren que una dieta de mayor contenido proteico puede incrementar la fecundidad. Es importante, sin embargo, considerar que la cantidad de alevines nacidos en *P. reticulata* presenta una alta variabilidad inter-individual. Esto hace difícil obtener estándares de fecundidad para la especie (Oliveira et al., 2014; García y Giraldo-Gongora, 2023). Aunque el ácido eicosapentaenoico es muy importante en la reproducción de los peces, la literatura no lo reporta como importante con respecto a los contenidos de las vísceras empleadas (Yepes-Blandón y Botero-Aguirre, 2018; Kropiwiec-Domańska et al., 2022).

CONSIDERACIONES FINALES

Las vísceras de cerdo evaluadas, tanto el corazón como el riñón, constituyen una excelente opción para complementar la dieta de peces ornamentales como el guppy, ya que presentan

un alto contenido de proteína cruda. Se demostró que esto puede mejorar de forma importante el valor nutricional de los alimentos balanceados cuando se incorporan como sustrato nutricional complementario. Más allá de eso, se puede generalizar que el riñón ofrece ventajas en términos de tiempo de procesamiento, a pesar de que el corazón deshidratado rinde más en términos de producto final. Los resultados obtenidos sugieren que alimentos balanceados fabricados artesanalmente con vísceras porcinas para peces como la *P. reticulata*, son comparables en términos de crecimiento y eficiencia alimentaria con alimentos de mayor costo formulados específicamente para peces guppy. Por esto, se considera que las vísceras porcinas evaluadas son una materia prima valiosa para generar dietas de alta calidad y bajo costo, constituyendo una alternativa interesante tanto para productores como para acuaristas.

AGRADECIMIENTOS

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

LITERATURA CITADA

- Abdo de la Parra, M. I., Rodríguez-Ibarra, L. E., Ibarra-Castro, L., Martínez-Brown, J. M., Álvarez-González, C. A., Peña, E., Velasco-Blanco, G., Domínguez-Jiménez, P. y de Oca. G. R. M. (2023). Evaluación de diferentes niveles de proteína y lípidos dietéticos en el crecimiento, la eficiencia alimenticia y los índices biométricos y hematológicos de juveniles de robalo blanco *Centropomus viridis*. *Ciencias Marinas*, 49: 3368. <https://doi.org/10.7773/cm.y2023.3368>
- Alao, B. O., Falowo, A. B., Chulayo, A., and Muchenje, V. (2017). The potential of animal by-products in food systems: production, prospects and challenges. *Sustainability*, 9 (7): 1089. <https://doi.org/10.3390/su9071089>

- Allen, P. E., Barquero, M. D., Bermúdez, E., Calderón, J. C., Hilje, B., Pineda, W., Saborío-Rodríguez, G., Arguedas, V., and Chacón-Madrigal, E. (2017). Calling for more accurate information in aquarium trade: Analysis of live-fish import permits in Costa Rica. *Management of Biological Invasions*, 8 (4): 533-542. <https://doi.org/10.3391/mbi.2017.8.4.08>
- Anka, I. Z., Jothi, J.S., Sarker, J., Talukder, A., and Islam, M. S. (2016). Growth performance and survival of Guppy (*Poecilia reticulata*): different formulated diets effect. *Asian Journal of Medical and Biological Research*, 2 (3): 451-457. <https://doi.org/10.3329/ajmbr.v2i3.30117>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) International. (2023). *Official Methods of Analysis*. 22nd Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Arce, E., Franco, M. P., and Luna, J. (2018). The effect of live food on the coloration and growth in Guppy fish, *Poecilia reticulata*. *Agricultural Sciences*, 09 (02): 171-179. <https://doi.org/10.4236/as.2018.92013>
- Avendaño, C., Sánchez, M. y Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista Chilena de Nutrición*, 47 (6): 1029-1037. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029>
- Biel, W., Czerniawska, E., and Kowalczyk, A. (2019). Offal chemical composition from veal, beef, and lamb maintained in organic production systems. *Animals*, 9 (8). <https://doi.org/10.3390/ani9080489>
- Bocos, D. (2019). Minimización de residuos producidos en la elaboración de productos cárnicos cocidos. Tesis Lic., Universidad de Valladolid, Valladolid, España. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/35334/TFG-I-1087.pdf?sequence=1>
- Cáñez Carrasco, M. G., Cumplido Barbetia, L. G., Orduño Fragoza, O. y Corella Madueño, M. A. G. (2016). Estudio de las propiedades funcionales de mezclas de proteínas en un sistema modelo. *Acta Universitaria*, 26 (4): 3-11. <https://doi.org/10.15174/au.2016.970>

- Chacón, J., Carvajal-Oses, M., Herrera-Ulloa, Á. y Pauletto, S. (2019). Concentración y tiempo máximo de exposición de juveniles de pargo manchado *Lutjanus guttatus* al eugenol *Syzygium aromaticum*. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 11 (1): 9. <https://doi.org/10.15359/revmar.11-1.1>
- China, A. (2021). Gestión de residuos SANDACH en una industria cárnica. Tesis Lic., Universidad de La Laguna, San Cristóbal de La Laguna, España. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/25460/Gestion%20de%20residuos%20SANDACH%20en%20una%20industria%20carnica.pdf;jsessionid=58EE4E73596B9BBCC3933E3564E51CBB?sequence=1>
- Cuadros, J., Mora, F. y Quiñones, J. (2023). Revisión sistemática de suplementación de harina, a base de vísceras de pollo, en la alimentación sostenible en diferentes especies. Tesis Bach., Universidad Cooperativa de Colombia, Santander, Colombia.
- Deacon, A. (2023). *Poecilia reticulata* (Guppy). CABI Compendium, CABI Compendium, 68208. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.68208>
- Evers, H. G., Pinnegar, J. K. y Taylor M. I. (2019). Where are they all from? – Sources and sustainability in the ornamental freshwater fish trade. *Journal of Fish Biology*, 94 (6): 909-916. <https://doi.org/10.1111/jfb.13930>
- Filho, E. C. T. N., Mattos, B. O., Santos, A. A., Barreto, K. A., Albinati, R. C. B., Oliveira Vidal L. V., Sánchez-Vázquez, F. J., and Fortes-Silva, R. (2018). Geometric approach to evaluate the energy/protein balance in tambaqui (*Colossoma macropomum*): Can fish ensure nutritional intake targets by post-ingestion signals? *Aquaculture Nutrition*, 24 (2): 741–747. <https://doi.org/10.1111/anu.12602>
- García, L. N., and Giraldo-Gongora P. A. (2023). The effect of aquarium size/volume on the reproduction of the Guppy fish *Poecilia reticulata* (Peters, 1859). *AAFL Bioflux*, 16 (3): 1483–1487.
- Gavriloaie, C., Botha, M., Petrescu, M., and Valentin, I. (2016). Some considerations regarding the online trade of Poeciliid fishes in Romania. *Poeciliid Research*, 6 (1): 25–29

- Görelşahin, S., Yanar, M., and Kumlu, M. (2018). The effects of stocking density, Tubifex feeding and monosex culture on growth performance of Guppy (*Poecilia reticulata*) in a closed indoor recirculation system. *Aquaculture*, 493: 153-157. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.05.004>
- Gruber, A., Pop, I., Păsărin, B., Hoha, G., Radu-Rusu, C., and Radu-Rusu, R. (2013). Influence of the protein quantity from combined fodder on the corporal development of Guppy (*Poecilia reticulata*). *AAFL Bioflux*, 6(2), 145-155. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4439.5688>
- IAFFD (International Aquaculture Feed Formulation Database). (2024). Aquaculture Species Nutritional Specifications Database. <https://app.iaffd.com/asns> (Consultado 21 de ago. 2025).
- IBM SPSS Statistics (USA). (2017). IBM SPSS Statistics (25) (Software). <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>
- Imai, M., Mizoguchi, T., Wang, M., Li, Y., Hasegawa, Y., Tonoki, A., and Itoh, M. (2022). The Guppy (*Poecilia reticulata*) is a useful model for analyzing age-dependent changes in metabolism, motor function, and gene expression. *Experimental Gerontology*, 160: 111708. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2022.111708>
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). (2024). Boletín meteorológico—IMN. <https://www.imn.ac.cr/boletin-meteorologico> (Consultado 21 de ago. 2025).
- Komilus, C. F., and Mufit, N. M. M. (2021). Dried acetes as growth promoter for Guppy (*Poecilia reticulata*) nutrition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 919 (1): 1-12. doi: 10.1088/1755-1315/919/1/012049
- Kowalska, J., Rawski, M., Homska, N., Mikołajczak, Z., Kierończyk, B., Świątkiewicz, S., Wachowiak, R., Hetmańczyk, K., and Mazurkiewicz, J. (2022). The first insight into full-fat superworm meal in Guppy diets: A study on multiple-choice feeding preferences and growth performance. *Annals of Animal Science*, 22 (1): 371-384. <https://doi.org/10.2478/aoas-2021-0072>
- Kropiwić-Domańska, K., Babicz, M., Kedzierska-Matysek, M., Szyndler-Nędzka, M., Skrzypczak, E., and Woliński, B. (2022). Effect of milk thistle (*Silybum marianum*) supplementation on

- pork offal quality. *Animals*, 12 (1526): 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani12121526>
- Kumar, T., Saini, V. P., Ojha, M. L., and Raveender, B. (2017). Effect of temperature on growth and survival of Guppy (*Poecilia reticulata*). *Journal of Experimental Zoology-India*, 20 (1): 505–510.
- Kumaratunga, P. H. S., and Radampola, K. (2019). Effect of different commercial feeds on growth and reproductive performance of Guppy, *Poecilia reticulata* Peters. *Journal of the University of Ruhuna*, 7(1): 6. <https://doi.org/10.4038/jur.v7i1.7930>
- Lawal, M. O. (2020). Growth pattern and length-weight relationship in *Poecilia reticulata* (Peters) (*Poeciliidae*) inhabiting the drainage canal system of Lagos Metropolis (Nigeria). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, 22 (2): 73–86. <https://doi.org/10.2478/trser-2020-0012>
- Ludwiczak, A., Składanowska, J., and Stanisiz, M. (2020). Effect of age and sex on the quality of offal and meat of the Wild Boar (*Sus scrofa*). *Animals*, 10 (4): 1-10. <https://doi.org/10.3390/ani10040660>
- Luna-Figueroa, J., y Arce-Urbe, E. (2017). Un menú diverso y nutritivo en la dieta de peces: “El alimento vivo”. *Agroproductividad*, 10 (9): 112–116.
- Maceda-Veiga, A., Domínguez-Domínguez, O., Escribano-Alacid, J., and Lyons, J. (2016). The aquarium hobby: can sinners become saints in freshwater fish conservation? *Fish and Fisheries*, 17 (3): 860-874. <https://doi.org/10.1111/faf.12097>
- Mansour, O., Idris, M., Noor, N. M., and Das, S. K. (2017). Growth performance of tinfoil barb (*Barbonymus schwanenfeldii*) fry feeding with different protein content diets. *AACL Bioflux*, 10 (3): 475–479.
- Mohanta, K. N., Subramanian, S., and Korikanthimath, V. S. (2016). Effect of different animal protein sources on growth and nutrient utilization of Guppy, *Poecilia reticulata* fingerlings. *Proceedings of the Zoological Society*, 69 (1): 96–103. <https://doi.org/10.1007/s12595-014-0130-7>
- Mohideen, A. K. S., Sheriff, M. A., and Altaff, K. (2014). Effect of three different feeds on the growth and survival of sailfin molly *Poecilia latipinna* (Lesueur, 1821). *Revelation and Science*, 4 (1): 1.

- Moore, K. L., Agur, A. y Dalley, A. (2015). Fundamentos de anatomía con orientación clínica 5th Ed. Lippincott Williams & Wilkins.
- Nishshanka, K. M., Radampola, K., and Bulugahapitiya, V. (2021). Effects of partial replacement of dietary fishmeal using plant-protein sources on the growth performance, coloration and liver histology of Guppy fry (*Poecilia reticulata*) in outdoor farming conditions. *Journal of Applied Aquaculture*, 34 (3): 715-733. <https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1886216>
- Ng, W., and 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. <https://doi.org/10.1111/raq.12014>
- NRC (National Research Council). (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039>.
- Oliveira, T. D., Reis, A. C., Guedes, C. O., Sales, M. L., Braga, E. P. R., Ratton, T. F., Maia, B. P., and Magalhães, A. L. B. (2014). Establishment of non-native Guppy *Poecilia reticulata* (Peters, 1859) (*Cyprinodontiformes*: Poeciliidae) in a municipal park located in Minas Gerais State, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 9 (1): 21–30.
- Otles, S., Despoudi, S., Bucatariu, C., and Kartal, C. (2021). Food waste management, valorization, and sustainability in the food industry. *Food Waste Recovery Processing Technologies and Industrial Techniques*, 3–23. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800351-0.00001-8>
- Portales, A., Llanes, J. E. y Toledo, J. (2015). Caracterización del ensilado químico de subproductos cárnicos porcinos para peces. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 32 (1): 36–39.
- Purchas, R. W., Wilkinson, B. H. P., Carruthers, F., and Jackson, F. (2015). A comparison of the trans fatty acid content of uncooked and cooked lean meat, edible offal and adipose tissue from New Zealand beef and lamb. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41: 151–156. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.01.016>
- Rezaei, V., Ahmadifard, N., Tukmechi A., and Agh, N. (2018). Improvement of reproductive indices, lysozyme activity, and disease resistance in live-bearing ornamental fish, *Poecilia latipinna* using *Artemia* supplementation with treated yeast cell, *Saccharomyces*

- cerevisiae*. Aquaculture Research, 50 (1): 72-79. <https://doi.org/10.1111/are.13869>
- Sanabria, S. (2023). Evaluación del efecto de la inclusión en la formulación de raciones alimenticias de corazón y riñón de bovino, sobre el crecimiento y desempeño reproductivo del pez Guppy (*Poecilia reticulata*). Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, Montes de Oca, Costa Rica.
- Seong, P. N., Park, K. M., Cho, S. H., Kang, S. M., Kang, G. H., Park, B. Y., Moon, S. S., and Van Ba, H. (2014). Characterization of edible pork by-products by means of yield and nutritional composition. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 34 (3): 297–306. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.3.297>
- Sharon, G., Fridman, S., Reiss-Hevlin, N., Sinai, T., Boisot, P., and Zilberg, D. (2016). Effects of different commercial diets on growth performance, health and resistance to *Tetrahymena* sp. Infection in guppies, *Poecilia reticulata* (Peters). Aquaculture Research, 47 (7): 2276-2286. <https://doi.org/10.1111/are.12679>
- Sklan, D., Prag, T., and Lupatsch, I. (2004). Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (*Teleostei, Cichlidae*). Aquaculture Research, 35 (4): 358-364. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01021.x>
- Soto, S. (2021). Las causas detrás del alto costo en el primer semestre de concentrados para animales. AGRONEGOCIOS. <https://www.agronegocios.co/agricultura/las-causas-detras-del-alto-costo-en-el-primer-semester-de-concentrados-para-animales-3201392> (Consultado 21 de ago. 2025).
- Toldrá, F., Mora, L., and Reig, M. (2016). New insights into meat by-product utilization. Meat Science, 120: 54-59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.021>
- Velasco, J. S. y Gutiérrez, M. C. (2019). Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. Revista Politécnica, 15 (30): 82-93. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a8>
- Wilkinson, A. D., and Meeker, D. L. (2021). How agricultural rendering supports sustainability and assists livestock's ability to contribute more than just food. North American Renderers Association (NARA), 11 (2): 24–34. <https://doi.org/10.1093/af/vfab002>
- WinFeed [UK] Limited. (2018). WinFeed (versión 2018) [Software]. <https://www.winfeed.com>

- Yepes-Blandón, J. A., y Botero-Aguirre, M. (2018). Ácidos grasos poliinsaturados en la reproducción de peces: algunos aspectos fisiológicos y endocrinológicos. *Orinoquia*, 22 (1): 68–79. <https://doi.org/10.22579/20112629.483>.
- Yu, T. Y., Morton, J. D., Clerens, S, and Dyer, J. M. (2016). Cooking-induced protein modifications in meat. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (1): 141–159. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12243>