



INVESTIGACIÓN

<https://doi.org/10.22463/issn.0122-820X>

Efecto de diferentes niveles lipídicos y proteicos en la dieta sobre el desempeño productivo de juveniles del pez ángel o escalar (*Pterophyllum scalare*)

Lina Isabel Arevalo Ibarra,^a Issamar Suarez García,^b Camilo E. Guerrero Alvarado.*^c

^aTecnóloga Agropecuaria, Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, Colombia.

^bTecnóloga Agropecuaria, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

^cDoctor en Acuicultura, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

Recibido el 23 de Julio de 2017; Aprobado el 02 de Diciembre de 2017.

Efecto de diferentes niveles lipídicos y proteicos en la dieta sobre el desempeño productivo de juveniles del pez ángel o escalar (*Pterophyllum scalare*)

PALABRAS CLAVE

acuariofilia, pez ornamental, requerimiento nutricional, tasa específica de crecimiento, tasa de eficiencia proteica

Antecedentes: Actualmente, en nuestro país los peces ornamentales son un segmento importante de la piscicultura nacional, siendo el pez ángel o escalar (*Pterophyllum scalare*), una de las especies cultivadas más popular y apetecida en el mundo de acuariofilia, gracias a su belleza, majestuosidad y forma estilizada. Sin embargo, son pocos los autores que han estudiado sus exigencias nutricionales en términos de niveles lipídicos y proteicos. **Objetivo:** La presente investigación evaluó seis dietas, conformadas por la combinación de dos niveles de extracto etéreo (EE) 9 y 11 % y de tres niveles de proteína bruta (PB) 32, 34 y 36 %, para determinar su efecto sobre el desempeño productivo y la sobrevivencia de juveniles de pez escalar (*P. scalare*). **Metodología:** Fueron usados 324 juveniles de *P. scalare* con peso promedio de 753,5 ± 0,14 mg, los cuales fueron distribuidos en 18 acuarios con volumen de 105L, a una densidad de 18 peces/acuario y alimentados al 6% de la biomasa. **Resultados:** los hallazgos mostraron que un nivel 32% de proteína bruta en la dieta no afecta la sobrevivencia, pero si el desempeño productivo (p<0,05), y que niveles de 34 ó 36% de PB lo mejoran. También se evidencio que no hubo diferencia estadística (P>0,05) entre los dos niveles (9 y 11%) de extracto etéreo utilizados en las dietas. **Conclusión:** Se concluye que dietas para juveniles de esta especie, que contengan 32% de PB pueden afectar el desempeño productivo en términos de baja ganancia de peso, alta conversión alimenticia y bajas tasas específicas de crecimiento y de eficiencia proteica.

KEYWORDS

Fishkeeping, ornamental fish, nutritional requirement, specific growth rate, protein efficiency rate

Effect of the different lipid and protein levels in the diet on the performance of Angelfish juveniles (*Pterophyllum scalare*)

Background: Currently, ornamental fish are an important element of the pisciculture in our country, with Angelfish (*Pterophyllum scalare*), being one of the most popular and desired cultured species in the fishkeeping field, given its beauty, majesty and stylized form. However, few authors have studied their nutritional requirements in terms of lipid and protein levels. **Objective:** This research evaluated six diets, formed by the combination of two levels of crude fat (CF) 9 and 11% and three levels of crude protein (CP) 32, 34 and 36%, to determine its effect on productive performance and the survival of juvenile angelfish (*P. scalare*). **Methodology:** 324 juveniles of *P. scalare* with average weight of 753.5 ± 0.14 mg were randomized in 18 aquariums with volume of 105L, a density of 18 fish/aquarium and fed to 6% of the biomass. **Results:** We found that a 32% level of crude protein in the diet did not affect the survival, but affected the productive performance (p < 0.05), and that levels of 34 or 36% of CP improve it. It was also evidenced that there was no statistical difference (P > 0.05) between the two levels (9 and 11%) of the crude fat used in the diets. **Conclusion:** It is concluded that diets for juveniles of this species, containing 32% PB can affect the productive performance in terms of low weight gain, high feed conversion and low specific growth rates and protein efficiency.

Palavras-chave:

acuariofilia, exigência nutricional, peixe ornamental, taxa específica de crescimento, taxa de eficiência proteica

Efeito de diferentes níveis lipídicos e proteicos na dieta sobre o desempenho produtivo de juvenis de Acará Bandeira (*Pterophyllum scalare*)

Antecedentes: Atualmente, em nosso país os peixes ornamentais são um segmento importante da piscicultura nacional, sendo o Acará Bandeira (*Pterophyllum scalare*), uma das espécies cultivadas mais popular e apetecida no mundo da aquariofilia, graças a sua beleza, grandiosidade e forma estilizada. No entanto, são poucos os autores que tem estudado suas exigências nutricionais em termos de níveis lipídicos e proteicos. **Objetivo:** A presente pesquisa avaliou seis dietas, conformadas pela combinação de dois níveis de extrato etéreo (EE) 9 e 11 % e de três níveis de proteína bruta (PB) 32, 34 y 36 %, para determinar seu efeito sobre o desempenho produtivo e a sobrevivência de juvenis de acará bandeira (*P. scalare*). **Metodologia:** Foram usados 324 juvenis de *P. scalare* com peso médio de 753,5 ± 0,14 mg, os quais foram distribuídos em 18 aquários com volume de 105L, numa densidade de 18 peixes/aquário e alimentados ao 6% da biomassa. **Resultados:** as descobertas mostraram que um nível 32% de proteína bruta na dieta não afeta a sobrevivência, mas sim o desempenho produtivo (p<0,05), e que níveis de 34 ou 36% de PB o melhoram significativamente. Também se evidenciou que não houve diferença estatística (P>0,05) entre os dois níveis (9 e 11%) de extrato etéreo utilizados nas dietas. **Conclusão:** Conclui-se que dietas para juvenis desta espécie, que contenham 32% de PB podem afetar o desempenho produtivo em termos de baixo ganho de peso, alta conversão alimenticia e baixas taxas específicas de crescimento e de eficiência proteica.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: camiloernestoga@ufps.edu.co (Camilo Ernesto Guerrero Alvarado).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Francisco de Paula Santander, Este es un artículo bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El mercado de especies de peces ornamentales es un segmento importante en la acuicultura mundial y viene mostrando gran crecimiento en los últimos años [1]. La piscicultura de estas especies es una actividad bastante promisoriosa tanto a nivel nacional como internacional. Las exportaciones mundiales de peces ornamentales desde 2000 aumentaron constantemente de US\$ 177,7 millones a un máximo de US\$ 364,9 millones en 2011, luego disminuyeron ligeramente a US \$ 347.5 millones en 2014 [2].

En 2014, los peces recolectados de la acuicultura ascendieron a 73,8 millones de toneladas, lo que se estimó en un valor de primera venta de 160.200 millones de dólares, compuesto por 49,8 millones de toneladas de peces de escama, que generaron una venta de 99.200 millones de dólares [3].

Debido al gran potencial de exportación y a la posibilidad de aumentar la renta de los piscicultores rurales en diversos países, se está incentivando cada vez más la producción y el comercio de peces ornamentales [4]. En Suramérica los peces ornamentales de agua dulce exportados provienen principalmente de Colombia, Perú y Brasil [5]. Colombia ha sido catalogado como un país mega-diverso, ocupando el segundo lugar con mayor diversidad biológica del mundo por unidad de área principalmente en región Amazónica, que dispone de un número alto de especies ícticas con potencial para la acuariofilia, que ha posicionado al país en el mercado internacional de peces ornamentales [6].

Siendo así, los peces ornamentales ocupan un renglón importante dentro de las exportaciones colombianas. No obstante, el 98,7% de estos individuos corresponde a peces capturados del medio natural y solamente, el 1,3% restante es producido en cautiverio [5]. Esta situación no deja de preocupar a quienes trabajan en la preservación de los recursos naturales, por cuanto la cifra de captura es muy superior, puesto que de los peces capturados solamente un pequeño porcentaje llega a las bodegas de acopio y pueden ser exportados; desafortunadamente no se tienen acceso a los datos de mortalidad durante los procesos de pesca y almacenamiento de los individuos, los cuales ilustrarían mejor el grave problema de sobreexplotación a que han sido sometidos estas especies en los últimos años [7].

La expansión del sector productivo de peces ornamentales y el consecuente suministro de los mercados interno y externo dependen de la intensificación de los sistemas de producción y de generación de tecnologías adecuadas. Por eso, es necesario el conocimiento de las exigencias nutricionales de cada especie ornamental, para formular raciones balanceadas [8].

Entre las principales especies de peces ornamentales se encuentra el pez ángel o escalar *Pterophyllum scalare*, sin embargo, esta especie ha sido capturada, producida y comercializada durante muchos años de una manera empírica, ocasionando muchas veces elevadas mortalidades, baja fertilidad, incidencia de enfermedades y lento crecimiento [9].

Los requerimientos nutricionales en la dieta del *P. scalare* y de otras especies acuáticas cultivadas, se pueden estudiar bajo cinco diferentes grupos de nutrientes: proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales. La ciencia de la nutrición y alimentación piscícola está comprometida con el suministro de estos nutrientes en la dieta de los peces [10]. La búsqueda por establecer los requerimientos nutricionales en peces para mejorar la sobrevivencia y el desempeño productivo en términos de crecimiento, está determinada fundamentalmente por la cantidad y la calidad del alimento ingerido [11]. De estos nutrientes los lípidos y las proteínas son los más importantes en la nutrición de los peces [12].

Como ingredientes en las raciones, los lípidos son nutrientes de bajo costo y de todos, los que tienen mayor contenido de energía [13]. Sin embargo, los niveles óptimos máximos de estos nutrientes son desconocidos en varias especies ornamentales, como es el caso del *P. scalare*. Basados en la investigación realizada por [8], en la cual concluyeron que dietas conteniendo 34% de proteína bruta y 5% de extracto etéreo, atienden las necesidades nutricionales de juveniles de *P. scalare*, se decidió probar en este estudio con niveles más elevados de extracto etéreo, probando valores de 9 y 11% y variando el nivel de proteína bruta 2% arriba y 2% abajo, 32 y 36% de PB, respectivamente. Por lo tanto, fue evaluado en esta especie la inclusión de lípidos en cantidades de 1,8 y 2,2 veces superiores a las recomendadas por [8]. Por lo anteriormente expuesto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de seis dietas experimentales, compuestas por la mezcla de dos niveles de extracto etéreo (9 y 11 %) y tres niveles de proteína bruta (32, 34 y 36 %), sobre el desempeño productivo y la sobrevivencia de juveniles del pez ángel (*P. scalare*).

Materiales y métodos

Peces y condiciones experimentales Fueron utilizados 380 juveniles de pez ángel o escalar (*P. scalare*) provenientes de un mismo desove con un peso promedio de 170 ± 30 mg, los cuales fueron adquiridos en la empresa Piscícola Agualinda (Cumaral, Meta). Los ejemplares viajaron 17 horas por tierra y una vez llegaron al Laboratorio de Peces Ornamentales, ubicado en el Complejo Experimental Campos Eliseos de la Universidad Francisco de Santander (UFPS), localizado en el Municipio de Los Patios, fueron acondicionados en acuarios de vidrio. Antes de ubicar los peces en los acuarios, las bolsas en que venían fueron colocadas dentro de los mismos, para realizar una aclimatación durante un periodo de 45 minutos, tiempo durante el cual se tomó la temperatura y el pH, tanto del acuario como de las bolsas usando el termómetro de la marca HANNA®, para conocer estos parámetros en el agua de las bolsas y poder igualarlos con el de los acuarios.

Posteriormente fueron retirados de las bolsas con una red de nylon y distribuidos en 4 acuarios de vidrio (6 mm de grosor), con dimensiones de 47 cm de alto, 48 cm de ancho y 60 cm de largo, con capacidad total de aproximadamente 135 L (105 L de volumen útil), a una densidad de 1,106 L/pez (95 peces/acuario).

Efecto de diferentes niveles lipídicos y proteicos en la dieta sobre el desempeño productivo de juveniles del pez ángel o escalara (*Pterophyllum scalare*)

Luego de un periodo de 21 días de adaptación a las condiciones del laboratorio 56 juveniles de *P. scalare* fueron descartados debido a que no presentaban pesos homogéneos. Así, para el experimento se usaron finalmente 324 juveniles de esta especie. Los acuarios fueron mantenidos con aireación continua y filtración (Filtro Resun® HF-2001) adecuado con cartucho de guata y carbón activado. El agua utilizada para los acuarios provenía del sistema de acueducto del Municipio de Los Patios, Departamento de Norte de Santander.

Fase experimental

Al momento de seleccionar los peces para el inicio de la fase experimental, fue descartado el 14,74%, esto con el objeto de homogenizar la población. Finalmente, 324 juveniles de *P. scalare* (85,26% de la población inicial), fueron distribuidos en forma aleatoria en 18 acuarios a una densidad de siembra de 18 peces/acuario (5,83 L/pez).

Los peces fueron alimentados conforme al cálculo de la biomasa, cinco veces al día durante toda la fase experimental, que duró 58 días. Los acuarios fueron sifonados diariamente para la limpieza, retirada de las heces y renovación del 20% del volumen total de agua (aprox. 21 L). Los peces fueron pesados mediante biometrías quincenales (día 1, día 16, día 31, día 46 y día 58), a excepción de la última biometría que fue realizada con intervalo de solo 12 días. Las biometrías se realizaron con el fin de conocer la evolución del peso y así calcular la biomasa de los peces, para ajustar la cantidad de alimento a ser suministrada.

Los pesajes se realizaron en una balanza analítica (Boeco® 0.0001 mg de sensibilidad). Este procedimiento consistió en el pesaje individual de cada ejemplar, colocándolo sobre una toalla absorbente para retirar así el exceso de humedad y posteriormente en un vaso plástico previamente tarado sobre la balanza analítica, dicho procedimiento nunca duro más de 40 segundos, para evitar el estrés del pez.

Durante los 58 días de experimentación se mantuvo un fotoperiodo natural (12 h luz: 12 h oscuridad), la temperatura diaria promedio ambiental del laboratorio fue de $30,1 \pm 2,3$ °C y la humedad relativa de $68,6 \pm 15,0$ %. Durante el experimento, fueron monitoreados diariamente los siguientes parámetros fisicoquímicos del agua: temperatura (°C) y pH, usando el pHmetro de la marca HANNA® y quincenalmente el oxígeno disuelto (O₂ mg/L), el amonio no ionizado (NH₃ mg/L), la dureza total (CaCO₃ mg/L), la alcalinidad (CaCO₃ mg/L), el dióxido de carbono (CO₂ mg/L), el cloro (Cl mg/L), el cloruro de sodio (mg/L) y el nitrito (mg/L NO₂-) con el kit de análisis de calidad de agua para acuicultura de la marca Hach® Modelo FF-1^a.

Dietas experimentales y alimentación de los peces

Los ingredientes utilizados en este experimento fueron obtenidos de proveedores comerciales nacionales. Los análisis de composición proximal (Tabla I) fueron realizados en el laboratorio de Nutrición Animal de la UFPS, para cada uno de los ingredientes y usados para la formulación de las dietas.

Tabla I. Composición proximal de los ingredientes incluidos en las dietas experimentales¹

Ingrediente	Materia Seca (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	ENN (%)
Harina de avena	98,7	16,9	11,0	10,6	1,6	58,6
Harina de maíz	93,0	7,8	0,5	1,7	0,7	82,3
Harina de pescado	96,6	54,3	8,1	0,0	21,8	12,4
Harina de soya	92,5	42,9	1,2	5,8	6,3	36,3
Harina de plátano	96,6	0,0	0,3	0,0	2,5	93,8
Harina de trigo	92,4	11,0	0,2	2,3	0,7	78,2
Salvado de trigo	92,0	15,6	3,0	10,4	5,7	57,3
Harina de yuca	92,8	2,4	0,1	5,4	0,2	84,7
Aceite de maíz	-----	-----	99,0	-----	-----	-----

¹Promedio de dos réplicas. ENN = Extracto No Nitrogenado

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal - UFPS, 2013

La composición proximal de las dietas experimentales, es presentada en la **Tabla II**.

Tabla II. Composición proximal de las dietas experimentales para juveniles de pez ángel o escalara (*Pterophyllum scalare*) incluyendo dos niveles de extracto etéreo (9 y 11%) y tres niveles de proteína (32, 34 y 36%)

Composición proximal (%)	32 % PB		34 % PB		36 % PB	
	9 % EE	11 % EE	9 % EE	11 % EE	9 % EE	11 % EE
Materia seca	97,36 ± 0,02	96,63 ± 0,06	96,90 ± 0,21	96,38 ± 0,69	96,88 ± 0,54	97,32 ± 0,11
Proteína bruta	31,96 ± 0,25	32,10 ± 0,03	34,15 ± 0,28	34,26 ± 0,14	35,94 ± 0,08	36,08 ± 0,14
Extracto etéreo	8,73 ± 0,26	9,96 ± 0,06	8,97 ± 0,16	10,84 ± 0,59	8,78 ± 0,13	11,93 ± 0,20
Fibra bruta	1,00 ± 0,60	1,34 ± 0,11	0,96 ± 0,13	1,38 ± 0,13	0,88 ± 0,00	1,03 ± 0,11
Materia mineral	16,03 ± 0,18	14,50 ± 0,06	15,55 ± 0,13	12,37 ± 0,10	14,59 ± 0,05	14,41 ± 0,66
Extracto no nitrogenado ¹	39,64	38,73	37,27	37,53	36,69	33,87
Carbohidratos ²	40,64	40,07	38,23	38,91	37,57	34,90
Energía bruta ³ (Kcal/kg)	4.300	4.399	4.348	4.556	4.405	4.597
Relación Energía:Proteína (Kcal EB/g de PB)	430:32	440:32	435:34	456:34	441:36	460:36

¹Extracto no nitrogenado = MS-(PB+EE+FB+MM); ²Carbohidratos = (fibra bruta+ extracto no nitrogenado); ³Energía bruta = ponderada aritméticamente. Fuente: Autores

Los ingredientes de las dietas fueron pesados individualmente y molidos, posteriormente, fueron combinados en seco, continuando con la adición de aceite de maíz y un 40% de agua. Obtenida la mezcla homogénea, se elaboraron los pellets, mediante el uso de un molino para carne. Los pellets fueron extendidos en bandejas procediendo al secado en una estufa a 55°C durante 24 horas.

Los pellets fueron peletizados, siguiendo la sugerencia de [14], quienes lo recomiendan sobre la presentación en harina. El tamaño de los pellets fue ajustado al tamaño de la boca de los peces. Todas las seis dietas fueron almacenadas en el refrigerador a 5°C. Los juveniles de *P. scalare* fueron alimentados durante 58 días consecutivos, con una frecuencia de suministro de 5 veces/día en el horario de: 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 y 16:00. La cantidad de alimento ofrecida diariamente se calculó en base a la biomasa del conjunto de peces, siguiendo la recomendación de [15], que sugiere un nivel de alimentación en proporción al 6 % de peso vivo/día.

El alimento fue pesado diariamente para cada una de las cinco raciones, llevando registros de estos pesos, para determinar el consumo diario y total de los animales vivos por cada tratamiento. Teniendo en la composición nutricional de los ingredientes disponibles, fueron formuladas seis dietas experimentales: La dieta 1 con 32% de PB y 9% EE, la dieta 2 con 32% de PB y 11% EE, la dieta 3 con 34% de PB y 9% EE, la dieta 4 con 34% de PB y 11% EE, la dieta 5 con 36% de PB y 9% EE y la dieta 6 con 36% de PB y 11% EE.

Análisis bromatológicos Los análisis químicos de los ingredientes y de las dietas experimentales fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal, adscrito al Departamento de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente de la UFPS. Los análisis de los porcentajes de materia seca (MS), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y materia mineral (MM) se determinaron según [16], [17]. El contenido de materia seca (MS) fue determinado sometiendo las muestras a 105°C por 16 horas en estufa de circulación forzada. El contenido de proteína bruta (PB) fue calculado por el contenido de nitrógeno total, determinado por el método de Kjeldahl y multiplicado por el factor 6,25.

El extracto etéreo (EE) fue analizado después de extracción en (Soxhlet), teniendo como solvente el éter de petróleo (punto de ebullición 30 – 60 °C), con reflujo continuo a través de la muestra, durante 5 horas. La concentración de materia mineral (MM) fue determinada carbonizando las muestras en mufla a 500°C por 3 horas. La energía bruta (EB) fue ponderada aritméticamente, usando la metodología utilizada por [18].

Análisis del desempeño productivo Fueron utilizadas las siguientes fórmulas para evaluar el desempeño productivo de los juveniles de *P. scalare*:

$$\text{Ganancia de peso GP (g)} = \text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}$$

$$\text{Conversión alimenticia CA (g/g)} =$$

$$\frac{\text{Consumo de alimento individual (g/pez)} / \text{Ganancia de peso (g)}}{100}$$

$$\text{Tasa específica de crecimiento TEC (\%/día)} =$$

$$100 \left(\frac{\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}}{\text{periodo de alimentación (días)}} \right), \text{ donde } \ln = \text{logaritmo natural}$$

$$\text{Tasa de eficiencia proteica TEP (g/g)} =$$

$$\frac{\text{Ganancia de peso (g)}}{\text{proteína bruta consumida (g)}}$$

$$\text{Tasa de sobrevivencia (\%)} =$$

$$100 - \left(\frac{\# \text{ Peces iniciales} - \# \text{ Peces finales}}{\# \text{ peces iniciales}} \right) \times 100$$

Análisis estadístico Fue utilizado un diseño experimental con seis (6) tratamientos en arreglo factorial 2 x 3, correspondiendo a dos (2) niveles de extracto etéreo (9 y 11%) tres (3) niveles de proteína bruta (32, 34 y 36%). Cada tratamiento usado en el diseño tuvo tres acuarios como replicas (n=3), para un total de 18 unidades experimentales. Todos los resultados fueron expresados como promedios ± desviación estándar.

La normalidad de los datos [19], y la homogeneidad de la varianza [20], fueron realizadas antes de la aplicación del Análisis de Varianza (ANOVA).

Los datos expresados como porcentaje (sobrevivencia y tasa específica de crecimiento) fueron previamente transformados en: $\arcsen(\sqrt{x/100})$. Cuando se encontraron diferencias significativas para las variables analizadas ($p < 0,05$), los promedios de los tratamientos fueron comparados con la prueba de Tukey-Kramer. Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados usando SPSS 19,0.

Resultados

Condiciones fisicoquímicas del agua Los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua determinados en este estudio, permanecieron dentro de los rangos recomendados para el cultivo de *P. scalare* [7]. Los valores encontrados fueron homogéneos ($p > 0,05$) entre los 18 acuarios donde se mantuvieron los juveniles de pez ángel. Los valores promedio (± desviación estándar) encontrados fueron: temperatura 28,60 ± 0,07 °C, pH 8,07 ± 0,01, alcalinidad 85,50 ± 0,01 mg/L CaCO₃, dureza 149,15 ± 3,15 mg/L CaCO₃, cloruro de sodio 327,76 ± 17,04 mg/L NaCl, cloro 202,22 ± 11,75 mg/L Cl, dióxido de carbono 12,78 ± 0,52 mg/L CO₂, amonio ionizado 0,24 ± 0,01 mg/L NH₄, amonio no ionizado 0,02 ± 0,00 NH₃ y nitrito 0,56 ± 0,05 mg/L NO₂.

Desempeño productivo y porcentaje de sobrevivencia

Los promedios (± desviación estándar) de los parámetros de desempeño productivo y sobrevivencia en juveniles de pez ángel o escalar (*P. scalare*) alimentados con dos niveles de lípidos y tres niveles de proteína, se pueden apreciar en la Tabla III.

Para ninguna de las variables evaluadas hubo interacción entre factores (niveles de lípido vs. niveles de proteína), pero analizadas aisladamente mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para los niveles de proteína, aunque no para los de lípidos.

La ganancia de peso (GP), la tasa específica de crecimiento (TEC) y la tasa de eficiencia proteica (TEP) presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en las dietas que contenían un nivel de 32% de PB, con valores promedio más bajos, al compararlas con los niveles de 34 y 36% de PB que no difirieron entre sí, pero que tenían valores más altos (Tabla III).

La conversión alimenticia (CA) presentó valores significativamente más bajos (Tabla III), con niveles de 34 y 36% de PB, lo cual es ventajoso desde el punto de vista económico. Sin embargo, un nivel de 32% de PB, aumento los valores de la conversión alimenticia, haciendo gastar más gramos de alimento para ganar un gramo de peso.

El parámetro sobrevivencia no se vio alterado ($p > 0,05$) en ninguna de las dietas, ni para los dos niveles de lípido, ni para los tres niveles de proteína.

Efecto de diferentes niveles lipídicos y proteicos en la dieta sobre el desempeño productivo de juveniles del pez ángel o escalar (*Pterophyllum scalare*)

Tabla III. Parámetros de desempeño productivo de juveniles de *P. scalare* (promedio \pm desviación estándar) alimentados con dos niveles lipídicos y tres niveles proteicos

Niveles	GP(g)	CA (g)	TEC (%día)	TEP (%)	SOBREVIVENCIA (%)
Extracto etéreo (EE)					
9%	3,84a \pm 0,64	1,86a \pm 0,43	3,10a \pm 0,26	1,68a \pm 0,32	98,15a \pm 3,93
11%	3,72a \pm 0,80	1,93a \pm 0,54	3,05a \pm 0,35	1,75a \pm 0,30	98,77a \pm 2,45
Proteína bruta (PB)					
32%	2,88b \pm 0,28	2,50a \pm 0,28	2,69b \pm 0,14	1,44b \pm 0,14	100,0a \pm 0,00
34%	4,10a \pm 0,21	1,63b \pm 0,12	3,24a \pm 0,08	1,92a \pm 0,10	96,30a \pm 4,54
36%	4,37a \pm 0,25	1,55b \pm 0,14	3,30a \pm 0,11	1,78a \pm 0,37	99,07a \pm 2,27

Ganancia de peso (GP), Conversión alimenticia (CA), Tasa específica de crecimiento (TEC), Tasa de eficiencia proteica (TEP) y Sobrevivencia (%). Letras diferentes dentro de las columnas indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$) para la prueba de Tukey.

Discusión

Según [21] los peces utilizan los lípidos como fuente de energía para mantenimiento, crecimiento y reproducción, pero no para el mantenimiento de la temperatura corporal, como lo hacen mamíferos y aves.

La principal razón para suplementar a la dieta de los peces cultivados con fuentes de lípidos, es ahorrar la utilización de la proteína como fuente de energía [21]. En este estudio los altos niveles de extracto etéreo (lípidos) en la dieta no afectaron ni la sobrevivencia, ni tampoco las variables de desempeño productivo de los juveniles de pez ángel (*P. scalare*) durante el experimento.

Estos resultados concuerdan con los de [11], donde los autores no observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) para los parámetros de desempeño productivo entre las diferentes fuentes de lípidos evaluadas en el *P. scalare*, por lo cual estos mismos autores explican la ausencia de un efecto significativo de las fuentes de aceites vegetales sobre el desempeño productivo, lo cual posiblemente pudo haber ocurrido en función de que el tratamiento utilizado cumplió con las exigencias de energía y ácidos grasos esenciales para esta especie. Por lo tanto, según los resultados de este trabajo, quedo evidente que es posible emplear niveles de hasta un 11% lípidos en dietas para juveniles de *P. scalare*.

La proteína es uno de los más importantes nutrientes que afectan el rendimiento productivo de los peces, pero a su vez es uno de los componentes más costosos en la dieta [22], lo cual se vio reflejado en esta investigación donde los niveles más altos de proteína bruta (34 y 36%) favorecieron mayores ganancias de peso, mayores tasas específicas de crecimiento y mayores tasas de eficiencia proteica, así como menores tasas de conversión alimenticia.

Los niveles de proteína en la dieta deben asegurar cantidades adecuadas de aminoácidos, permitiendo que el organismo sintetice sus propias proteínas para mantenimiento de un desarrollo y crecimiento adecuados [21].

Este estudio muestra la necesidad de hacer futuras investigaciones con *P. scalare*, que evalúen los requerimientos de aminoácidos esenciales como lisina y metionina, así como el concepto de proteína ideal (balance exacto de aminoácidos), relación energía:proteína más adecuada y las exigencias de energía digestible en las dietas para esta especie de pez ornamental. La ganancia de peso (GP) fue mayor para los juveniles de escalar alimentados con las dietas que contenían 34 y 36% de PB, evidenciado posiblemente por el mayor aporte de aminoácidos, en comparación con el nivel más bajo (32%PB) que presentó menores ganancias de peso. [23], evaluaron dietas en pez escalar (*Pterophyllum scalare*) con contenido proteico de 40 y 45% de PB y reportaron resultados de ganancia de peso de $0,448 \pm 0,02$ g y $0,423 \pm 0,33$ g, respectivamente, datos que son inferiores a los presentados en este estudio. Igualmente, en esta investigación los resultados fueron hasta un 6,70% superiores a los reportados por [23], quienes también trabajaron con una dieta de 32% de PB y juveniles de *P. scalare* con pesos iniciales de aprox. 150 mg, con suministro de alimento por un periodo de 84 días. Estas diferencias se pudieron deber a que en el estudio de [24], utilizaron niveles más bajos de extracto etéreo (4,48%), materia mineral (7,34%) y energía bruta (3.389 Kcal/kg), así como niveles más altos de carbohidratos (44,6%).

La mejor conversión alimenticia (CA), valores más bajos, fueron observados en los juveniles de pez escalar (*P. scalare*) alimentados con niveles de 34 y 36% de PB, resultados que son superiores a los reportados por [9], con niveles de 34 a 46% de PB. En esta investigación el nivel de 32% de PB presentó la peor conversión alimenticia (valores más altos); sin embargo, este resultado es mejor a los reportados por [13], que implementaron una dieta con 32% PB, evaluando frecuencia alimenticia y tasas de biomasa en juveniles de pez escalar (*P. scalare*). Tales diferencias se pueden justificar a la mayor frecuencia de alimentación utilizada en este experimento, ya que como lo evidenciaron [13], al aumentar estas frecuencias hay una mejor distribución del aporte de los nutrientes para el metabolismo de los animales además de posibles restricciones a consumir toda la ración prevista en una sola vez por día, básicamente en función del tracto digestivo.

Las tasas de crecimiento específico en esta investigación fueron mayores a las observadas en otros estudios por [24]; [14]; [22]; [25]; y [26]. Lo cual determina que el desempeño productivo de los peces no solo está influenciado por la alimentación, sino también por factores como la densidad. No obstante, se ha evaluado alimento vivo frente a alimento seco [12] y [27], obteniendo una tasa de crecimiento específica superior a la reportada en este trabajo, ya que como estos autores lo resaltan, el alimento vivo indica un mayor aprovechamiento de los nutrientes [12], además de que el pez tal vez lo prefiere por su gustosidad y/o aroma, lo cual se ve reflejado en su tasa de crecimiento, representando un mayor aprovechamiento de los componentes nutritivos de este alimento, obteniendo los resultados más satisfactorios de aumento de peso y apariencia física [27].

Al comparar los resultados con un pez de la misma familia *Cichlidae* [29] encontraron con juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) que las tasas de crecimiento específico (TEC) no superaron el 2,5%/día, esta investigación muestra que el potencial de crecimiento del *P. scalare* es evidente ya que incluso con el menor nivel de proteína alcanzó un TEC de 2,69%/día y con el mayor nivel de proteína, un TEC de 3,30 %/día.

Las tasas de eficiencia proteica (TEP) observadas fueron superiores para los niveles de 34 y 36% de PB y no presentaron diferencias estadísticas entre sí ($p > 0,05$).

Los resultados más bajos se obtuvieron con el nivel de 32% de PB. Algunos estudios han reportado que niveles muy altos de proteína dietaria ocasionan valores bajos de TEP [24], llevando al uso de parte de la proteína como fuente de energía, lo que concuerda con lo reportado por [9], donde un nivel de proteína bruta de 46% presentó una TEP significativamente menor que los niveles de 34, 38 y 42%.

La sobrevivencia no se vio afectada por los diferentes niveles de proteína, resultados igualmente reportados por otros autores [24]; [28]; [14]; [25]; [12].

Conclusiones

Esta investigación permite concluir que niveles de proteína bruta de 34 ó 36% mejoran el desempeño productivo de los juveniles de *Pterophyllum scalare*, en términos de mayores ganancias de peso, menores conversiones alimenticias y mayores tasas de crecimiento específico y de eficiencia proteica, y que niveles de 32% de proteína bruta las desmejoran, aunque sin afectar la sobrevivencia. También se puede evidenciar que niveles de extracto etéreo de 9 ó 11% no afectan la sobrevivencia, ni el desempeño productivo. Se concluye que dietas conteniendo 32% de PB pueden afectar el desempeño productivo de los juveniles de esta especie.

Agradecimientos

Al Grupo de Investigación en Ciencias Agronómicas y Pecuarias (GICAP), por facilitar los recursos físicos y tecnológicos para realizar este trabajo científico.

A la Tecnóloga Química, Diana Natali Galvis Mogollón, auxiliar del Laboratorio de Nutrición Animal, por su valioso profesionalismo al realizar los diferentes análisis bromatológicos.

Referencias

[1] Gonçalves-Junior, L.P., Pereira, S.L., Matiello, M.D., Mendonca, P.P. Efeito da densidade de estocagem no desenvolvimento inicial do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.65, n.4, p.1176-1182, 2013.

[2] Dey, V.K. The Global Trade In Ornamental Fish. INFOFISH International 4/2016. www.infofish.org

[3] Food and Agriculture Organization (FAO). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. “Estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016”. Roma: Departamento de pesca y acuicultura de la FAO, 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>

[4] L. Takahashi, et al. “Efeito do tipo de alimento no desempenho produtivo de juvenis de acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*)”. bol. Ins. Pesca, São Paulo, vol.36, No.1, p.1-8. 2010.

[5] S. Huidobro y L. Luchini. “Panorama actual del comercio internacional de peces ornamentales”. Dirección de acuicultura, 2008.p. [En línea]. Disponible en: http://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos/000000_Desarrollos%20Acu%C3%ADcolas/081110_Panorama%20actual%20de%20comercio%20internacional%20de%20Peces%20Ornamentales.pdf

[6] Díaz-Cerón, J.N. Evaluación de tres dietas alimenticias suministradas en la fase de alevino al pez ornamental amazónico escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823). Tesis de grado presentado como requisito para optar al título de Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Manizales. 2016. 80 pág. [En línea]. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2966/1/JamesNorbayron_DiazCeron_2016.pdf.pdf

[7] Landines-Parra, M.A., Sanabria-Ochoa, A.I., Daza, P.V. Producción de Peces Ornamentales en Colombia”. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, INCODER (Instituto Colombiano de Desarrollo Rural), Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Producción Editorial Produmedios, Bogotá, D.C., 2007, 236 p.

[8] J. Zuanon, J.A.S.; Salaro, A.L.; Balbino, E.M.; Saraiva, A.; Quadros, M.; Fontanari, R.L. “Níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de acará-bandeira”. Revista Brasileira de Zootecnia. vol.35, No.5, p.1893-1896. 2006.

[9] Jiménez-Rojas, J.E., Alméciga-Díaz*, P.A., Herazo-Duarte, D.M. Desempeño de juveniles del pez ángel *Pterophyllum scalare* alimentados con el oligoqueto *Enchytraeus buchholzi*. Universitas Scientiarum, 2012, Vol. 17 N° 1: 28-34.

[10] Food and Agriculture Organization (FAO). “Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación”, Italia, p.592, 1989. [En línea]. Disponible en: <http://goo.gl/Bo9d1q>

[11] J. Luna Figueroa, Z. T. de J. Vargas, and T.J. Figueroa, alimento vivo como alternativa en la dieta de larvas y juveniles de *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823). México. Avances en investigación agropecuaria, vol.14, no.3, pp.63-72, 2010.

[12] Kiyoko, Andrea. Desempenho produtivo e tolerância térmica de juvenis de acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentado com diferentes fontes de lipídeos. Universidade Federal de Viçosa. Dissertação (mestrado), p.65, 2009.

- [13] Vásquez-Torres, W. Principios de Nutrición Aplicada al Cultivo de Peces. Ed. Juan XXIII Ltda. Instituto de Acuicultura de Los Llanos (IALL), Universidad de Los Llanos (Unillanos), Villavicencio – Meta. 101 pág., 2004.
- [14] Rodrigues, L.A., Kochenborger-Fernandes, J.B. Influência do processamento da dieta no desempenho produtivo do acará bandeira (*Pterophyllum scalare*). Acta Sci. Anim. Sci. Maringá, v. 28, n. 1, p. 113-119, Jan./March, 2006.
- [15] L. Avendaño, Níveis de arraçoamento e frequência alimentar no desempenho produtivo do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). Trabalho de graduação. São Paulo. Universidade Estadual Paulista. Dissertação Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP Campus de Jaboticabal. 2008. 49p.
- [16] Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the AOAC International, 16 ed. Washington: AOAC, 1998.
- [17] J. Silva. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Terceira Edição. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2006, p. 35.
- [18] W. M. Furuya, L. E. Pezzato, M. M. Barros, A. C. Pezzato, V. R. B. Furuya y E. C. Miranda, “Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.)”, Aquaculture Research, vol. 35. no.12, pp. 1110-1116, 2004.
- [19] Shapiro, S.S., Wilk, M.B.: 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Pages 591-611. Biometrika 52.
- [20] Snedocor, G.W., Cochran, W.G., 1993. Levine’s test of homogeneity of variance, pages 252-253. In. Statistical Methods. 8th ed. IA State University Press, Ames, IA.
- [21] Pezzato, L.E.; Barros, M.M.; Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. Nutrição de Peixes. Em Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Editora TecArt. São Paulo – SP. Pag. 75-169. 2004.
- [22] F. W. Gutiérrez, Zaldívar, J. Saldivar and G. Contreras. Coeficiente de digestibilidad aparente de harina de pescado peruana y maíz amarillo duro para *Colossoma macropomum* (Actinopterygi, characidae). rev.Peru.biol, vol.15, no.2, pp.111-115, 2009.
- [23] Ureña, F., Avendaño, L. Efecto de tres niveles de proteína en alimento balanceado para alevinos de escalara (*Pterophyllum scalare*). En: Memorias II Congreso Colombiano de Acuicultura “Retos frente a la Globalización de los Mercados”, Universidad de Los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia. 2004. Pág. 88.
- [24] Ribeiro-Silva, F.A., Rodrigues, L.A., Kochenborger-Fernandes, J.B. Desempenho de juvenis de Acará-Bandeira (*Pterophyllum scalare*) com diferentes níveis de proteína bruta na dieta. B. Inst. Pesca, São Paulo, 33(2): 195-203, 2007.
- [25] L. Takahashi, et al. Efeito do tipo de alimento no desempenho produtivo de juvenis de acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). bol. Ins. Pesca, São Paulo, vol.36, no.1, pp.1-8, 2010.
- [26] M. Nagata, et al. Influência da densidade de estocagem no desempenho produtivo do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). Bol.inst.pesca, São Paulo. vol.36, no.1, pp.9-16, 2010.
- [27] Soriano-Salazar, Marta Beatriz y Hernández-Ocampo, Daniel. Tasa de crecimiento del pez ángel *Pterophyllum scalare* (perciformes: cichlidae) en condiciones de laboratorio. México: acta universitaria. vol.12, pp.28-33, 2012.
- [28] Ribeiro, Felipe. Sistemas de criação para o acará-bandeira *Pterophyllum scalare*. Jaboticabal-Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista. Dissertação (mestrado), pp.52, 2007.
- [29] Ricardo Alejandro Miranda-Gelvez, Camilo Ernesto Guerrero-Alvarado. Efecto de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), Respuestas, vol. 20, no. 2, pp. 82 - 92, 2015.