

Productive performance of *Clarias gariepinus* small fish, feeding with reduced protein and similar energy concentration

Comportamiento productivo de alevines de *Clarias gariepinus*, alimentados con reducción de proteína y similar concentración energética

J. E. Llanes¹ and Magaly Herrera²

¹Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas. Carretera Central km 20 ½, Loma de Tierra, Cotorro. La Habana, Cuba

²Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba
Email: jose@edta.alinet.cu

J. E. Llanes: <https://orcid.org/0000-0002-6687-8284>

Magaly Herrera: <https://orcid.org/0000-0002-2641-1815>

The productive performance of *Clarias gariepinus* small fish, feeding with reduced protein and similar energy concentration was evaluated. A total of 360 animals were random distributed according to a one-way model in three treatments, with three repetitions. The experimental treatments were: D1 control) 60 % of fish meal (47.89 % CP and 14.04 MJ/kg DE), D2) 51 % of fish meal (44.71 % CP and 13.62 MJ/kg) and D3) 42 % of fish meal (41.08 % CP and 13.54 MJ/kg DE), supplied at 10 % of body weight for 40 days. There were differences in the supply of crude protein (8.25, 7.56 and 6.67 g), which only affected the final weight of the fish in the D3 treatment (14.89, 14.61 and 13.46 g). However, feed conversion (1.24, 1.25 and 1.29) and survival (89.17, 86.67 and 85.83%) did not differ between treatments and protein efficiency improved (1.69, 1.80 and 1.87). The economic analysis showed monetary savings for feeding of \$US 162.09 and 268.00 /t, by reducing the concentrations of crude protein in the rations. It is concluded that the productive performance of *Clarias gariepinus* small fish, feeding with reduced protein and similar energy concentration, is not compromised and has a positive economic effect.

Key words: *feeding, catfish, nutrition, nutritional requirements.*

Since its introduction in 2000 from Thailand, the catfish *Clarias gariepinus* has become the main intensively farmed species in Cuba. As part of the culture biotechnics, there is the small fish that is carried out, mainly, in cement or fiberglass pools in a super-intensive way, to obtain animals of 10.0 g of average weight in 35 - 40 d. Initially, it started with imported feed (41.02 % of crude protein, CP and 11.80 MJ/kg of digestible energy, DE), but the dependence on this market caused destabilization in the successful development of the technology, so it was necessary a national formulation.

Llanes *et al.* (2009) carried out a comparative study between the imported food and another of national production with 60 % fish meal, FM (47.89 % CP and 14.04 MJ/kg DE), with which they achieved better productive and economic results. This formulation is

Se evaluó el comportamiento productivo de alevines de *Clarias gariepinus*, alimentados con reducción de proteína y similar concentración energética. Un total de 360 animales se distribuyeron al azar, según modelo de clasificación simple en tres tratamientos, con tres repeticiones. Los tratamientos experimentales fueron: D1 control) 60 % de harina de pescado (47.89 % PB y 14.04 MJ/kg ED), D2) 51 % de harina de pescado (44.71 % PB y 13.62 MJ/kg) y D3) 42 % de harina de pescado (41.08 % PB y 13.54 MJ/kg ED), suministrados al 10 % del peso corporal durante 40 días. Se encontraron diferencias en el suministro de proteína bruta (8.25, 7.56 y 6.67 g), que solo afectó el peso final de los peces del tratamiento D3 (14.89, 14.61 y 13.46 g). Sin embargo, la conversión alimentaria (1.24, 1.25 y 1.29) y las supervivencias (89.17, 86.67 y 85.83 %) no difirieron entre los tratamientos y mejoró la eficiencia proteica (1.69, 1.80 y 1.87). El análisis económico mostró ahorros monetarios por concepto de alimentación de \$ US 162.09 y 268.00/t, al disminuir las concentraciones de proteína bruta de las raciones. Se concluye que el comportamiento productivo de alevines de *Clarias gariepinus*, alimentados con reducción de proteínas y similar concentración energética, no se compromete y tiene efecto económico positivo.

Palabras clave: *alimentación, bagres, nutrición, requerimientos nutricionales.*

Desde su introducción en el año 2000, procedente de Tailandia, el bagre africano *Clarias gariepinus* se convirtió en la principal especie de cultivo intensivo en Cuba. Como parte de la biotecnica de cultivo, está el alevinaje que se realiza, principalmente, en piscinas de cemento o fibra de vidrio de forma superintensiva, para obtener animales de 10.0 g de peso promedio en 35 - 40 d. Inicialmente, se comenzó con pienso importado (41.02 % de proteína bruta, PB y 11,80 MJ/kg de energía digestible, ED), pero la dependencia de este mercado ocasionó desestabilización en el desarrollo exitoso de la tecnología, por lo que fue necesario una formulación nacional.

Llanes *et al.* (2009) realizaron un estudio comparativo entre el alimento importado y otro de producción nacional con 60 % de harina de pescado, HP (47.89 % PB y 14.04 MJ/kg ED), con el que alcanzaron mejores resultados productivos y económicos. Esta formulación es la que

the one used today. The difficult economic situation that Cuba is going through and the low availability of FM in the market makes it necessary to reduce its inclusion percentage, without disfavoring the productive indicators.

The decrease in FM leads to a reduction in the CP level, since other ingredients with similar CP values are not available, such as poultry by-product meal, poultry viscera, blood, hydrolyzed feathers, among others. A possible solution would be to maintain the energy concentration of the ration and, therefore, make a fitment of the CP/DE ratio to maximize the use of CP for body growth (protein--sparing), and reduce the release of nitrogenous compounds by water (Campeche *et al.* 2018 and Rodríguez-Avella 2019). The objective of this study was to evaluate the productive performance of *Clarias gariepinus* small fish with reduced protein and similar energy concentration.

Materials and Methods

The research was carried out in the Fish Nutrition Laboratory from Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA) in Havana, Cuba. The enterprise has circular cement tanks, with a capacity of 68 L, with constant water flow (replacement of 100 % daily).

The animals were acclimatized in the experimental facilities for one week. After this time, a total of 360 small fish of 0.86 ± 0.03 g of initial weight were selected. The experimental treatments consisted of three diets: D1 control) 60 % FM, which corresponds to the commercial feed for claria small fish, D2) 51 % FM and D3) 42 % FM (table 1). Each had three repetitions and 40 fish per tank. The tank was the experimental unit.

se utiliza en la actualidad. La difícil situación económica que atraviesa Cuba y la poca disponibilidad de HP en el mercado hace necesario reducir su porcentaje de inclusión, sin desfavorecer los indicadores productivos.

La disminución de HP conlleva a la reducción de la cantidad de PB, ya que que no se dispone de otros ingredientes de similares valores de PB, como harinas de subproductos de aves, vísceras de aves, sangre, plumas hidrolizadas, entre otros. Una posible solución estaría en mantener la concentración energética de la ración y, por tanto, hacer el ajuste de la relación PB/ED para maximizar la utilización de PB para crecimiento corporal (protein--sparing), y disminuir la liberación de compuestos nitrogenados al agua (Campeche *et al.* 2018 y Rodríguez-Avella 2019). El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de alevines de *Clarias gariepinus* con reducción de proteína y similar concentración energética.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Nutrición de Peces de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA) en La Habana, Cuba. La instalación cuenta con tanques circulares de cemento de 68 L de capacidad, con flujo de agua constante (recambio de 100 % diario).

Los animales se aclimataron en las instalaciones experimentales durante una semana. Al cabo de este tiempo, se seleccionaron 360 alevines de 0.86 ± 0.03 g de peso inicial. Los tratamientos experimentales consistieron en tres dietas: D1 control) 60 % HP, que se corresponde con el pienso comercial de alevines de clarias, D2) 51 % HP y D3) 42 % HP (tabla 1). Cada una tuvo tres repeticiones y 40 peces por tanque. El tanque fue la

Table 1. Percentage and proximal composition of the experimental diets, g /100 g

Ingredients	D1 (60 % FM)	D2 (51 % FM)	D3 (42 % FM)
Fish meal	60.00	51.00	42.00
Soybean meal	15.00	20.00	24.00
Wheat	20.00	24.00	28.00
Soybean oil	4.00	4.00	5.00
Vitamins and minerals premixture*	1.00	1.00	1.00
Total	100.00	100.00	100.00
Calculated analysis, %			
Dry matter	91.68	90.46	90.23
Crude protein	47.89	44.71	41.08
Fat	9.96	9.24	9.51
Crude fiber	2.21	2.58	2.88
Ashes	13.08	11.75	10.36
Digestible energy (MJ/kg)	14.04	13.62	13.54
CP/DE (g/MJ) ratio	34.11	32.82	30.34

*Vitamin-mineral mixture(kg of diet): vitamin A, 500IU; D, 100IU; E, 75 000 mg; K, 20 000 mg; B₁, 10 000 mg; B₃, 30 000 mg; B₆, 20 000 mg; B₁₂, 100 mg; D, 60 000 mg; niacin, 200 000 mg; folic acid, 500 mg; biotin, 0.235 mg; selenium, 0.2 g; iron, 80 g; manganese, 100g; zinc, 80 g; copper, 15g; potassium chloride, 4g; manganese oxide, 0.6g; sodium bicarbonate, 1.5g; iodine, 1.0g; cobalt, 0.25g.

To prepare the diets, the meals were milled in a Creole hammer mill at 250 μm and mixed in a mixer (HOBART MC-600[®], Canada) for 3 min. Later, the oil and the vitamin and mineral premixture were added and mixing was continued for 3 min. Pelletization was carried out in a meat mill (JAVAR 32, Colombia) at a diameter of 1 mm and dried in an oven (Selecta, Spain) at 60 °C for 24 h. The food was offered in broken pellets the first 15 d and later of 1 mm. The feeding rate was 10 % of body weight/d, supplied in two portions for 40 d, and was fitted every 15 d. The bromatological analyzes were carried out on the ingredients, according to the methods described by AOAC (2016), and the digestible energy (DE) was calculated with the caloric coefficients referred by Toledo *et al.* (2015).

Every day the values of temperature and dissolved oxygen were taken with a portable digital oximeter (HANNA[®], Romania). At the end of the bioassay, an individual weighing of the fish was carried out to calculate the following productive indicators:

Food supplied/fish = food added/number of final animals

Protein supplied/fish = protein added number of final animals

Final average weight

Daily weight gain = biomass gain/culture days

Feed conversion factor (FCF) = food added/weight gain

Protein efficiency = biomass gain / protein supplied

Survival (S) = number of final animals/ number of initial animals x 100

Statistical analysis. For the analysis of the results, the statistical package InfoStat, version 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012) was used. The mean values were compared using Duncan (1955) test in the necessary cases.

An analysis of variance was performed, according to a one-way model. The theoretical assumptions of the analysis of variance were verified for all the variables based on the Shapiro and Wilk (1965) tests for the normality of the errors, and the Levene (1960) test for the variance homogeneity. The variables fulfill the theoretical assumptions of the ANOVA. Chi-square proportions analysis was used for survival and the Fisher-Yates (1958) ($p < 0.05$) test was applied for comparison.

Economic analysis. It was carried out by Toledo *et al.* (2015) procedure. The costs of the rations were calculated from the international prices of raw materials for November 2021, reported by Indexmundi (2021) (table 2). The costs of the rations were calculated from the international prices of raw matters for November 2021, reported by Indexmundi (2021) (table 2). To the results was added 50 % of the total cost of raw matters for additional expenses (transportation, maquila and administrative) for Cuba.

unidad experimental.

Para preparar las dietas, las harinas se molieron en molino de martillo criollo a 250 μm y se mezclaron en una mezcladora (HOBART MC-600[®], Canadá) durante 3 min. Posteriormente, se adicionó el aceite y la premezcla de vitaminas y minerales y se continuó el mezclado por 3 min. La peletización se realizó en molino de carne (JAVAR 32, Colombia) a 1 mm de diámetro y se secó en una estufa (Selecta, España) a 60 °C durante 24 h. Los alimentos se ofrecieron en pellets quebrados los primeros 15 d y posteriormente de 1 mm. La tasa de alimentación fue 10 % de peso corporal/d, suministrada en dos raciones durante 40 d, y se ajustó cada 15 d. Los análisis bromatológicos se realizaron a los ingredientes, según los métodos descritos por AOAC (2016), y la energía digestible (ED) se calculó con los coeficientes calóricos referidos por Toledo *et al.* (2015).

Todos los días se tomaron los valores de temperatura y oxígeno disuelto con oxímetro digital portátil (HANNA[®], Rumania). Al final del bioensayo, se realizó el pesaje individual a los peces para el cálculo de los siguientes indicadores productivos:

Alimento suministrado/pez = alimento añadido/número de animales finales

Proteína suministrada/pez = proteína añadida/número de animales finales

Peso medio final

Ganancia de peso diario = ganancia de biomasa/días de cultivo

Factor de conversión alimentaria (FCA) = alimento añadido/ganancia peso

Eficiencia proteica = ganancia de biomasa /proteína suministrada

Supervivencia (S)=número de animales finales/ número de animales iniciales x 100

Análisis estadístico. Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico InfoStat, versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012). Los valores medios se compararon mediante la dócima de Duncan (1955) en los casos necesarios.

Se realizó análisis de varianza, según modelo de clasificación simple. Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para todas las variables a partir de las dócimas de Shapiro and Wilk (1965) para la normalidad de los errores, y la dócima de Levene (1960) para la homogeneidad de varianza. Las variables cumplieron con los supuestos teóricos del ANOVA. Para la supervivencia se utilizó análisis de proporciones ji-cuadrado y para la comparación se aplicó la dócima de Fisher- Yates (1958) ($p < 0.05$).

Análisis económico. Se realizó por el procedimiento de Toledo *et al.* (2015). Se calcularon los costos de las raciones a partir de los precios internacionales de las materias primas para noviembre de 2021, informados por Indexmundi (2021) (tabla 2). A los resultados se les sumó 50 % del total de costos de materias primas por concepto de gastos adicionales (transportación,

Table 2. Prices of raw matters used in the experimental diets, \$US

Raw matters	Prices, \$ US /t
Fish meal	1 442.75
Soybean meal	442.42
Wheat	317.44
Corn	248.72
Vegetable oil	1 439.57
Dicalcium phosphate	533.24
Vitamin- mineral mixture	1 975.11

These values were multiplied by the FCF obtained in this study to know feeding costs.

Results and Discussion

During the experimental period, water circulation was efficiently controlled to guarantee 100 % of daily turnover. The temperature and dissolved oxygen in the water from the tanks ranged between 26.6 and 23.4 °C and from 5.54 to 5.96 mg/L, respectively. Only the temperature values are considered slightly below for the comfort of the species (Toledo *et al.* 2015).

The pellets had good physical constitution and hydrostability. Rapid intake of diets by the animals was observed, which suggests that the palatability of the rations was not affected by the reduction of FM and the increase of vegetable ingredients. The FM is an ingredient that provides high palatability compared to vegetable ingredients, such as soybean meal (SM), and although it was reduced by 18 %, the diets still continued with high inclusion.

Rodríguez-Avella (2019) reported that the amino acids alanine, glutamic acid and serine, present in FM, stimulate appetite and food response in fish, although the mechanisms are unknown. Also, Nascimento *et al.* (2020) reported that most plant-derived nutrient sources contain anti-nutritional substances, which are the main cause of poor palatability and can limit their use, mainly in small fishes.

The productive performance of *Clarias gariepinus* small fish with the experimental diets (table 3) showed that the decrease in FM and, therefore, in dietary protein provided less supply of CP for the animals and a decrease of 1.43 g in the final weight of the fish that intake the D3 (42 % FM). Feed conversion was not disadvantaged between treatments. Similar results reported for the same species Matter *et al.* (2004), by achieving better growth, feed efficiency and carcass composition, with protein levels of 37 % compared to 32 and 28 %.

De Souza *et al.* (2017) in hybrid catfish (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*), feeding with 32 and 40 % CP and similar energy concentration, analyzed the productive performance, carcass yield and visceral fat index and

maquila y administrativos) para Cuba. Estos valores se multiplicaron por los FCA que se obtuvieron en este estudio para conocer los costos de alimentación.

Resultados y Discusión

Durante el período experimental, la circulación de agua se controló eficientemente para garantizar 100 % de recambio diario. La temperatura y el oxígeno disuelto en el agua de los tanques oscilaron entre 26.6 y 23.4 °C y de 5.54 a 5.96 mg/L, respectivamente. Solo los valores de temperatura se consideran ligeramente por debajo para el confort de la especie (Toledo *et al.* 2015).

Los pellets tuvieron buena constitución física e hidroestabilidad. Se observó rápido consumo de las dietas por los animales, lo que sugiere que la palatabilidad de las raciones no se afectó por la reducción de HP y el incremento de ingredientes vegetales. La HP es un ingrediente que proporciona alta palatabilidad respecto a los ingredientes vegetales, como la harina de soya (HS), y aunque se redujo 18 %, las dietas continuaron aún con alta inclusión.

Rodríguez-Avella (2019) informó que los aminoácidos alanina, ácido glutámico y serina, presentes en la HP, estimulan el apetito y la respuesta alimentaria en peces, aunque los mecanismos se desconocen. También, Nascimento *et al.* (2020) informaron que la mayoría de las fuentes de nutrientes derivadas de vegetales contienen sustancias anti-nutricionales, que son la causa principal de la pobre palatabilidad y pueden limitar su uso, fundamentalmente en peces pequeños.

El comportamiento productivo de alevines de *Clarias gariepinus* con las dietas experimentales (tabla 3) dejó ver que la disminución de HP y, por tanto, de proteína dietética proporcionó menos suministro de PB para los animales y disminución de 1.43 g del peso final en los peces que consumieron el D3 (42 % HP). La conversión alimentaria no se desfavoreció entre los tratamientos. Resultados similares informaron para la misma especie Matter *et al.* (2004), al conseguir mejores crecimientos, eficiencia alimentaria y composición de la canal, con valores de proteína de 37 % respecto a 32 y 28 %.

DeSouza *et al.* (2017) en bagre híbrido (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*), alimentado con 32 y 40 % de PB y similar concentración energética, analizaron el desempeño productivo, rendimiento de la canal e índice

Table 3 Productive performance of *Clarias gariepinus* small fish, feeding with the experimental diets

Indicators	D1 (60 % FM)	D2 (51 % FM)	D3 (42 % FM)	SE (\pm)	p
Food supplied/fish, g	17.22	16.94	16.23	0.58	0.655
Protein supplied/fish, g	8.25 ^a	7.56 ^{ab}	6.67 ^b	0.28	0.035
Final weights, g	14.89 ^a ± 0.45	14.61 ^a ± 0.46	13.46 ^b ± 0.43	-	0.022
Daily weight gain, g/d	0.35 $\pm 0.01^a$	0.35 $\pm 0.01^a$	0.32 $\pm 0.01^b$	-	0.023
Feed conversion	1.24	1.25	1.29	0.02	0.275
Protein efficiency	1.69 ^b	1.80 ^{ab}	1.87 ^a	0.03	0.015

Different letters in the same row differ at $p < 0.05$, according to Duncan (1955)

obtained the best results with 40 % CP, although they registered an increase in the accumulation of visceral fat. Also in this same species, different protein: lipid ratios (9.00, 4.60, 3.54 and 1.78) were assessed, in terms of growth, digestive enzymes, metabolic profile and hematological parameters. With 4.60 they achieved the best results, which they attributed to the greater protein saving due to the effect of energy (Campeche *et al.* 2018).

Another result in catfish was different. Mora *et al.* (2010) evaluated diets with 28, 32 and 36 % CP and similar DE (14.29 – 15.25 MJ/kg) in fattening yaque catfish (*Leiarius marmoratus*) in floating cages, with an initial average weight of 35 g. These authors did not find differences in growth and the best feed conversion was with 28 % CP, which could be related to the omnivorous nature of these fish, size and feeding to satiety, which allows them to grow with lower protein levels.

Toledo *et al.* (2015) reported that one way to correct diets low in protein and essential amino acids is to supply rations to satiety to compensate for deficiencies and not affect growth, although feed efficiency deteriorates. This strategy can be inconvenient and costly, despite the lower feed price, because the fish can overfeed and waste a lot of food, even with a careful and competent feeder. In addition, a lot of fecal matter is generated which can affect water quality.

In other species, such as chames (*Dormitator latifrons*), four diets of 30 and 40 % CP, with 8 and 16 % lipids, were evaluated, and there were not discrepancies in the growth and proximal composition of the muscle (Badillo *et al.* 2018). On the contrary, the best productive results in *Carassius auratus* (*Cyprinidae*) were with 40 and 45 % CP and 8 % lipids. Meanwhile, with lower values, the animals had lower performance. From the above, it can be inferred that the levels of nutrients (protein and energy) have effects on the fish growth, but it depends on the species, feeding habits, size, digestibility and palatability of the ingredients that make up the diet, balance of AA, CP/DE ratio, feeding rate, and physical and chemical conditions of the water. In addition, high concentrations of dietary protein do not necessarily

de grasa visceral y obtuvieron los mejores resultados con 40 % PB, aunque registraron aumento en la acumulación de grasa visceral. También en esta misma especie, se valoraron diferentes relaciones proteína: lípidos (9.00, 4.60, 3.54 y 1.78), en cuanto al crecimiento, enzimas digestivas, perfil metabólico y indicadores hematológicos. Con 4.60 alcanzaron los mejores resultados, lo que atribuyeron al mayor ahorro de proteína por el efecto de la energía (Campeche *et al.* 2018).

Otro resultado en bagre fue diferente. Mora *et al.* (2010) evaluaron dietas de 28, 32 y 36 % de PB y similar ED (14.29 – 15.25 MJ/kg) en el engorde de bagre yaque (*Leiarius marmoratus*) en jaulas flotantes, con 35 g de peso promedio inicial. Estos autores no encontraron diferencias en el crecimiento y la mejor conversión alimentaria fue con 28 % PB, lo que se pudiera relacionar con el carácter omnívoro de estos peces, la talla y la alimentación a saciedad, que les permite crecer con menores niveles proteicos.

Toledo *et al.* (2015) informaron que una manera de corregir las dietas de bajos valores proteicos y aminoácidos esenciales es suministrar raciones a saciedad para compensar las deficiencias y no afectar el crecimiento, aunque se deteriora la eficiencia alimentaria. Esta estrategia puede ser inconveniente y costosa, a pesar del menor precio del pienso, debido que el pez se puede sobrealimentar y se derrocha mucho alimento, aunque se cuente con un alimentador cuidadoso y competente. Además, se genera mucha materia fecal que puede afectar la calidad del agua.

En otras especies, como chames (*Dormitator latifrons*), se evaluaron cuatro dietas de 30 y 40 % PB, con 8 y 16 % de lípidos, y no se encontraron discordancias en el crecimiento y la composición proximal del músculo (Badillo *et al.* 2018). Por el contrario, los mejores resultados productivos en *Carassius auratus* (*Cyprinidae*) fueron con 40 y 45 % de PB y 8 % de lípidos. En tanto, con tenores más bajos, los animales tuvieron inferior desempeño. Por lo anterior, se puede inferir que los valores de nutrientes (proteína y energía) tienen efectos en el crecimiento de los peces, pero depende de la especie, hábitos alimentarios, talla, digestibilidad y palatabilidad de los ingredientes que conforman la dieta, balance de AA, relación PB/ED, tasa de alimentación y condiciones físicas y químicas del agua. Además, altas concentraciones de proteína dietética no necesariamente resultan en

result in increased growth and health status of the fish, since it has been shown that in some cases they can limit the regeneration of muscle, skin, blood cells, which causes fatty infiltration of the liver (Wang *et al.* 2013).

In general, in omnivorous fish, the decrease in fish meal is replaced with SM, considered one of the best profiles of amino acids (AA) and cost-effectiveness, compared to other vegetable sources (Toledo *et al.* 2015). The SM has high levels of CP (from 38 to 48 %), but the sulfurized AA are lower in relation to the quantitative requirements of most fish species, which is reflected in poor feed efficiency and reduced growth (Chen *et al.* 2018 and Rodríguez-Avella 2019). However, in *C. gariepinus*, it was shown that crystalline methionine supplementation alleviated these deficiencies (Elesho *et al.* 2021).

Protein efficiency is another aspect that should be highlighted in the production indicators. In this study, it improved by reducing the supply of CP (table 3), because less protein was used, and weight gain was not affected. This shows that fish feeding with lower levels of protein use dietary protein more efficiently. Therefore, it is necessary to fit the energy level to maximize the use of protein for body growth purposes, so that less energy will be required for its oxidation. Zaminhan-Hassemer *et al.* (2020) reported that the efficient use of dietary protein depends on the content and balance of amino acids, an important aspect in order not to compromise fish growth, reduce nitrogen excretion and the environmental impact on fish production.

The results of the survival rates are shown in table 4. There were not differences between the diets. This indicates that there was no cannibalism, by reducing the concentration of CP. These results were higher than those achieved under productive conditions (40 %).

mayor crecimiento y estado de salud de los peces, ya que se demostró que en algunos casos pueden limitar la regeneración muscular, piel, células sanguíneas, lo que ocasiona infiltración grasa del hígado (Wang *et al.* 2013).

Por lo general, en peces omnívoros, la disminución de harina de pescado se reemplaza con HS, considerada uno de los mejores perfiles de aminoácidos (AA) y costo – efectividad, con respecto a otras fuentes vegetales (Toledo *et al.* 2015). La HS tiene altos tenores de PB (de 38 a 48 %), pero los AA sulfurados son menores en relación con los requerimientos cuantitativos de la mayoría de las especies de peces, lo que se refleja en pobre eficiencia alimentaria y crecimiento reducido (Chen *et al.* 2018 y Rodríguez-Avella 2019). No obstante, en *C. gariepinus* se demostró que la suplementación de metionina cristalina alivió estas deficiencias (Elesho *et al.* 2021).

La eficiencia proteica es otro aspecto que se debe destacar en los indicadores productivos. En este estudio, mejoró al reducir el suministro de PB (tabla 3), debido que se utilizó menos cantidad de proteína, y no se afectó la ganancia de peso. Esto evidencia que peces alimentados con menores niveles de proteína utilizan con mayor eficiencia la proteína dietética. Por tanto, es necesario ajustar el nivel energético para maximizar el uso de la proteína con fines de crecimiento corporal, por lo que se requerirá menos energía en su oxidación. Zaminhan-Hassemer (2020) informaron que la eficiente utilización de la proteína dietética depende del contenido y balance de aminoácidos, aspecto importante para no comprometer el crecimiento de los peces, reducir la excreción de nitrógeno y el impacto ambiental en la producción de peces.

Los resultados de las tasas de supervivencia se muestran en la tabla 4. No se obtuvieron diferencias entre las dietas. Esto indica que no hubo canibalismo, al reducir la concentración de PB. Estos resultados fueron superiores a los que se alcanzan en condiciones productivas (40 %).

Table 4. Survival results of *Clarias gariepinus* small fish, feeding with the experimental diets, %

Indicators	D1 (60 % FM)		D2 (51 % FM)		D3 (42 % FM)		SE (±)	p
	No.	%	No.	%	No.	%		
Survival	107	89.16	106	88.33	103	85.83	2.99	0.809

Regarding the economic analysis (table 5), the indicators clearly show that the use of less amount of FM and protein content, leads to a lower cost of food due to its lower price (less protein). In this sense, and since there are no differences in feed conversion, and survival is not impaired between treatments, it is consistent that the economic benefit with the use of feed D2 (51 % FM) and D3 (42 % FM) is higher to the control (60 % FM), with higher protein content and cost. The 18 % reduction in FM leads to using 180 kg less per ton of feed. This represents US\$ 259.70 and the possibility of producing one ton of food for every 2.33 t of control feed, even more when a significant amount of the budget is used

Con respecto al análisis económico (tabla 5), los indicadores muestran evidentemente que la utilización de menos cantidad de HP y contenido proteico, conlleva a un menor costo del alimento por su más bajo precio (menos proteína). En este sentido, y al no existir diferencias en la conversión alimentaria, y no perjudicarse las supervivencias entre los tratamientos, resulta coherente que el beneficio económico con el uso de los piensos D2 (51 % HP) y D3 (42 % HP) sea superior al control (60 % HP), de mayor contenido de proteína y costo. La reducción de 18 % de HP conlleva a utilizar 180 kg menos por tonelada de pienso. Esto representa \$ US 259.70 y la posibilidad de elaborar una tonelada de alimento por cada 2.33 t de pienso control, aún

Table 5. Economic analysis of *Clarias gariepinus* small fish with commercial feed, USD /t

Indicators	D1 (60 % FM)	D2 (51 % FM)	D3 (42 % FM)
Feed cost	1 609.25	1 466.71	1 339.12
Feeding cost	1 995.47	1 833.39	1 727.47
Saving	-	162.09	268.00

Feeding cost = Feed cost x feed conversion

to import raw matters to guarantee the sustainability of crop.

Restricted feeding with differences in dietary protein levels between treatments predicted differences in protein intake. Therefore, variations in growth will only result from differences in metabolic efficiency (Rodríguez-Avella 2019). Also, total food intake can improve the use of available nutrients and increase feed efficiency (Toledo *et al.* 2015). Hence, the reduction of CP with a similar energy concentration was feasible to reduce the FM percentage, since the final weight was only affected by 1.43 g. This may not be visible at 35 d, since the goal with this food was to reach 10.0 g final weight. Thus, feed efficiency and feeding costs were improved. It is concluded that in *Clarias gariepinus* small fish, feeding with protein reduction and similar energy concentration, the productive performance is not compromised and a positive economic effect is achieved.

Acknowledgments

Thanks to the Centro Nacional de Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB) for the support provided in the acquisition of raw matters for the preparation of experimental diets.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest between them.

Author's contribution

J. E. Llanes: Conceptualization, Investigation.

Magaly Herrera: Formal analysis.

más cuando se utiliza un monto importante del presupuesto en la importación de materias primas para garantizar la sostenibilidad del cultivo.

La alimentación restringida con diferencias en los niveles de proteína dietética entre tratamientos prevé diferencias en el consumo de proteínas. Por lo tanto, las variaciones en el crecimiento solo resultarán por las diferencias de la eficiencia metabólica (Rodríguez-Avella 2019). También, el consumo total de alimento puede mejorar el uso de nutrientes disponibles e incrementar la eficiencia alimentaria (Toledo *et al.* 2015). De ahí que la reducción de PB con concentración energética similar fue factible para disminuir el porcentaje de HP, una vez que el peso final solo se afectó en 1.43 g. Esto puede resultar no visible en 35 d, ya que el objetivo con este alimento fue llegar a 10.0 g de peso final. Por tanto, se mejoró la eficiencia alimentaria y los costos de alimentación. Se concluye que en los alevines de *Clarias gariepinus*, alimentados con reducción de proteínas y similar concentración energética, no se compromete el comportamiento productivo y se logra un efecto económico positivo.

Agradecimientos

Se agradece al Centro Nacional de Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB), por el apoyo brindado en la adquisición de materias primas para la elaboración de las dietas experimentales.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos

Contribución de los autores

J. E. Llanes: Conceptualización, Investigación

Magaly Herrera: Análisis formal

References

- A.O.A.C. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available: <<http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>>, [Consulted: September 22, 2016].
- Badillo, D., Zaragoza, F., Vega, F., López, J., Herrera, S., Cueto, L. & Guerrero, S. 2018. "Requerimiento de proteína y lípidos para el crecimiento de juveniles del pez nativo *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844)". *Ecosistemas y recursos Agropecuarios*, 5 (14): 345-351, ISSN: 2007-901X. <https://dx.doi.org/10.19136/era.a5n14.1554>.
- Campeche, D. F. B., Andrade, D. H. de H., Souza, A. M., Melo, J. F. B. & Bezerra, R. de S. 2018. "Dietary protein:lipid ratio changes growth, digestive enzyme activity, metabolic profile and haematological parameters in hybrid surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum* × *Leiarius marmoratus*)". *Aquaculture Research*, 49 (7): 2486-2494, ISSN: 1355-557X. <https://doi.org/10.1111/are.13708>.
- Chen, Z., Zhao, S., Liu, Y., Yang, P., Ai, Q., Zhang, W., Xu, W., Zhang, Y. & Mai, K. 2018. "Dietary citric acid supplementation alleviates soybean meal-induced intestinal oxidative damage and micro-ecological imbalance in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* L". *Aquaculture Research*, 49: 3804-3816, ISSN: 1365-2109. <https://doi.org/10.1111/are.13847>.

- De Souza, G.A.L., Da Silva, L.K.S, Macedo, F. F., Lopera-Barrero, N., De Abreu, S.J., De Souza, F.P. & Povh, J.A. 2017. "Performance of Hybrid Catfish Subjected to Different Protein Levels". *Boletim do Instituto de Pesca*, 44: 113-120, ISSN: 1678-2305.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2012. Infostat versión 2012. Grupo Infostat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <http://www.infostat.com.ar>. [Consulted: October 9, 2019]
- Duncan, D.B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X. <https://dx.doi.org/10.2307/3001478>.
- Elesho, F. E., Sutterb, D. A., Swinkelsa, M. A., Verretha, J., Kröckelb, S. & Schramaa, J. 2021. "Quantifying methionine requirement of juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*)". *Aquaculture*, 532: 736020, ISSN: 0044-8486. <https://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736020>.
- Fisher, R.A. & Yates, F. 1958. *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*, Oliver and Boyd, Edinburg.
- Indexmundi. 2021. Precios de mercado de materias primas y fertilizantes. Available: www.indexmundi.com/preciosdemercados. [Consulted: November 6, 2021].
- Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance In: Olkin, I., *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*, Stanford University Press, pp. 278–292, ISBN: 978-0-8047-0596-7.
- Llanes, J., Toledo, J. & Lazo de la Vega, J.M. 2009. "Evaluación de alimento comercial de iniciación en la producción de alevines de *Clarias gariepinus*". *Revista AcuaCUBA*, 11(1): 9-15, ISSN: 1608-0467.
- Matter, F., Peganova, S. & Eder, K. 2004. "Lipid concentrations of fillets, liver, plasma and lipoproteins of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchel 11822), fed diets with varying protein concentrations". *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 88 (7-8): 275-287, ISSN: 1439-0396. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2004.00483.x>.
- Mora, J., Moyetones, F. & Jover, M. 2010. "Crecimiento, aprovechamiento nutritivo y rendimiento de la canal del bagre yaque (*Leiarius marmoratus*) en jaulas flotantes". *Revista AquaTIC*, 33: 10-21, ISSN: 1578-4541. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49422789002>.
- Nascimento, M. S., Mattos, B., Bussons, M., Oliveira, A.T., Lieb, A. R. & Carvalho, T. 2020. "Supplementation of citric acid in plant protein-based diets for juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*". *Journal of World Aquaculture Society*, 52: 231-243. <https://doi.org/10.1111/jwas.12735>.
- Rodríguez-Avella, D.A. 2019. Nutrición y alimentación en acuicultura. Pp: 45-82. En: Daza, P.V. y M. Landines-Parra (eds.) *Fundamentos de Acuicultura Continental* (3era edición). Bogotá D.C. 241 pp.
- Shapiro, S.S. & Wilk, M.B. 1965. "An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)". *Biometrika*, 52(3/4): 591–611, ISSN: 0006-3444. <https://dx.doi.org/10.2307/2333709>.
- Toledo, J., Llanes, J.E. & Romero, C. 2015. "Nutrición y alimentación de peces de aguas cálidas". *AcuaCUBA*, 17 (1): 5-22, ISSN: 1608-0467.
- Wang, Y., Shi, G. J., Liu, Y., Guo, D. S., Yang, J.X. & Chen, Y. H. 2013. "Effects of dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition in *Pseudobagrus ussuriensis*". *Aquaculture Nutrition*, 19: 390-398, ISSN: 1365-2095. <https://dx.doi.org/10.19136/era.a5n14.1554>.
- Zaminhan-Hassemer, M., Michelato, M., Boscolo, W.R., Urbich, A.V., Cruz, T.P., Almeida, F.L.A., Furuya, V.R.B. & Furuya, W.M. 2020. "Dietary histidine requirement of grow-out Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), based on growth performance, muscle development, expression of muscle-growth-related genes, and blood parameters". *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49: 20180210, ISSN: 1806-9290. <https://doi.org/10.37496/rbz4920180210>.

Received: February 26, 2022

Accepted: June 7, 2022