

## Productive performance of *Clarias gariepinus* young fish fed with spiny lobster by-products. Technical note

### Comportamiento productivo de alevines de *Clarias gariepinus* alimentados con subproductos de langosta espinosa. Nota Técnica

J. E. Llanes<sup>1</sup> and M. A. Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Empresa de Desarrollo Tecnologías Acuícolas. Carretera Central km 20½, Loma de Tierra, Cotorro. La Habana, Cuba

<sup>2</sup>Unidad Científica Tecnológica de Base Los Palacios, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Carretera Sierra Maestra km 1½, CP22900, Los Palacios. Pinar del Río, Cuba

Email: jose@edta.alinet.cu

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

M.A. Ramírez - <https://orcid.org/0000-0002-2730-7358>

The productive performance of *Clarias gariepinus*, fed with by-products from the pulp extraction process of the lobster cephalothorax (*Panulirus argus*), was evaluated. An amount of 240 young fish of  $10.16 \pm 0.07$  g initial mean weight were used, placed according to a completely randomized design in four treatments with three repetitions. The treatments were: control (100 % fish by-products), TI (75 % fish by-products and 25 % lobster by-products), TII (50 % fish by-products and 50 % lobster by-products) and TIII (100 % lobster by-products). Animals were fed for 45 days and feed was provided at 15 % of the biomass. The increase in lobster by-products in the rations decreased the amount of feed supplied per animal (137.15, 120.38, 109.72 and 86.53 g). Similarly, growth indicators (74.51, 52.91, 43.01 and 20.51 g) and feed conversion (2.41, 3.18, 3.78 and 9.81) were unfavorable when increasing the levels of these by-products, due to lower feed intake and, therefore, of proteins. Survival was 100 % for all treatments. The negative results were related to the high concentrations of chitin in natural form and calcium, present in these by-products. It is concluded that fresh lobster by-products were not feasible for feeding *Clarias gariepinus*. Its transformation into products with high added value, such as chitin, chitosans and protein concentrates, is recommended for subsequent evaluation as growth enhancers in this species.

Keywords: *feed, catfish, crustaceans, nutrition*

Feeding is the main item of fish production, since it represents between 67 and 70 % of the operational cost (Perea *et al.* 2022). Traditionally, fishmeal and soybeans are the main protein sources for the manufacture of aquaculture feed in Cuba. They are generally imported at high prices and, sometimes, there is little availability in the market, issues that have negative implications for the sustainability of feed and fish production. That is why there are studies on the evaluation of the by-products generated by the fishing sector that may constitute feeding sources for the development of intensive cultivation of *Clarias gariepinus*.

Llanes *et al.* (2000) reported that by-products generated from fish processing (heads, viscera, bones, bones) have high nutritional value for *C. gariepinus*,

Se evaluó el comportamiento productivo de *Clarias gariepinus*, alimentados con subproductos del proceso de extracción de pulpa del cefalotórax de langosta (*Panulirus argus*). Se utilizaron 240 alevines de  $10.16 \pm 0.07$  g de peso medio inicial, ubicados según diseño completamente aleatorizado en cuatro tratamientos con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: control (100 % de subproductos de pescado), TI (75 % de SP y 25 % de subproductos de langosta), TII (50 % subproductos de pescado y 50 % subproductos de langosta) y TIII (100 % de subproductos de langosta). Los animales se alimentaron durante 45 días y se suministró el alimento al 15 % de la biomasa. El incremento de los subproductos de langosta en las raciones disminuyó la cantidad de alimento suministrado por animal (137.15, 120.38, 109.72 y 86.53 g). De igual forma, los indicadores de crecimiento (74.51, 52.91, 43.01 y 20.51 g) y la conversión alimentaria (2.41, 3.18, 3.78 y 9.81) se desfavorecieron al incrementar los niveles de estos subproductos, por los menores consumos de alimento y por tanto, de proteínas. La supervivencia fue de 100 % para todos los tratamientos. Los resultados negativos se relacionaron con las altas concentraciones de quitina en forma natural y calcio, presentes en estos subproductos. Se concluye que los subproductos de langosta frescos no fueron factibles para la alimentación de *Clarias gariepinus*. Se recomienda su transformación en productos de alto valor añadido, como quitina, quitosanos y concentrados proteicos, para su posterior evaluación como potenciadores de crecimiento en esta especie.

Palabras clave: *alimentación, bagres, crustáceos, nutrición.*

La alimentación es el rubro principal en la producción piscícola, debido que representa entre 67 y 70 % del costo operacional (Perea *et al.* 2022). Tradicionalmente, la harina de pescado y la soya son las fuentes principales de proteína para la fabricación de piensos acuícolas en Cuba. Por lo general, se importan con precios elevados y, en ocasiones, existe poca disponibilidad en el mercado, cuestiones que tienen implicaciones negativas en la sostenibilidad de las producciones de piensos y pescados. Es por ello que se trabaja en la evaluación de los subproductos generados por el sector pesquero que puedan constituir fuentes de alimento para el desarrollo de los cultivos intensivos de *Clarias gariepinus*.

Llanes *et al.* (2000) informaron que los subproductos que se generan del procesamiento del pescado (cabezas, vísceras, huesos, espinas) tienen alto valor nutricional

which is why they have been established as the main protein source of the diet of this species. The industrial processing of spiny lobster (*Panulirus argus*) is also among the activities of the fishing sector. The wastes from this processing represent between 20 and 40 %. They are usually discarded and become environmental pollutants (Ramírez *et al.* 2022).

Obtaining pulp from lobster cephalothorax generates a by-product that consists of a pink meat mass, but with many exoskeleton microparticles. Additionally, it has a seafood smell, which can be attractive to fish. The objective of this study was to evaluate the productive performance of *C. gariepinus* young fish, fed with by-products from the extraction of pulp from the spiny lobster cephalothorax.

The research was carried out in the Fish Nutrition Laboratory of the Aquaculture Technologies Development Company (EDTA) in Havana, Cuba. This facility has circular cement tanks, with a capacity of 68 L and a constant water flow 24 hours a day.

*C. gariepinus* young fish were used, which were acclimatized in a 4.5 m<sup>2</sup> pool for a week, where they received commercial feed (29.71 % crude protein and 11.40 MJ/kg of digestible energy). After this time, 240 animals, with an initial mean weight of 10.16 ± 0.07 g, were selected. The treatments were: control (100 % fish by-products), TI (75 % fish by-products and 25 % lobster by-products), TII (50 % fish by-products and 50 % lobster by-products) and TIII (100 % lobster by-products), with three repetitions each and 20 fish per tank, which was considered the experimental unit.

By-products from tilapia filleting and the lobster cephalothorax pulp extraction process were used, which were ground in a meat mill (JAVAR 32, Colombia) until reaching a particle size of 3 mm. The mixing of rations TI and TII was carried out in a mixer (HOBART M-600, Canada) for 5 min. All foods were stored in plastic containers with lids, at -10 °C. Bromatological analyzes were performed in triplicate on fish and lobster by-products (AOAC 2016).

Temperature and dissolved oxygen values were taken every day with a portable digital oximeter (HANNA®, Romania). The feeding rate was 15 % of the biomass, supplied in two daily rations for 45 d. Group samplings were carried out every 10 days, to adjust the rations. At the end of the bioassay, every fish was individually weighed to calculate productive indicators:

para *C. gariepinus*, por lo cual se han establecido como la principal fuente de proteínas en la alimentación de la especie. El procesamiento industrial de langosta espinosa (*Panulirus argus*) también se encuentra entre las actividades del sector pesquero. Los residuos de esta labor representan entre 20 y 40 %. Usualmente se desechan y se convierten en contaminantes del medio ambiente (Ramírez *et al.* 2022).

La obtención de pulpa a partir del cefalotórax de la langosta genera un subproducto que consiste en una masa cárnica rosada, pero con bastantes micropartículas de exoesqueleto. Además, tiene olor a marisco, lo que puede ser atractivo para los peces. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de alevines de *C. gariepinus*, alimentados con subproductos de la extracción de pulpa del cefalotórax de langosta espinosa.

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, con capacidad de 68 L y flujo de agua constante las 24 h.

Se utilizaron alevines de *C. gariepinus*, que se aclimataron en una piscina de 4,5 m<sup>2</sup> durante una semana, donde recibieron pienso comercial (29.71 % de proteína bruta y 11.40 MJ/kg de energía digestible). Al cabo de este tiempo, se seleccionaron 240 animales de 10.16 ± 0.07 g peso medio inicial. Los tratamientos fueron: control) 100 % de subproductos de pescado (SP), TI) 75 % de SP y 25 % de subproductos de langosta (SL), TII) 50 % SP y 50 % SL y TIII) 100 % SL, con tres repeticiones cada uno y 20 peces por tanque, que se consideró la unidad experimental.

Se utilizaron subproductos del fileteado de tilapias y del proceso de extracción de pulpa del cefalotórax de langosta, que se molieron en un molino de carne (JAVAR 32, Colombia) hasta alcanzar tamaño de partícula de 3 mm. La mezcla de las raciones T-I y T-II se realizó en una mezcladora (HOBART M-600, Canadá) durante 5 min. Todos los alimentos se almacenaron en recipientes plásticos con tapa, a -10 °C. Los análisis bromatológicos se realizaron por triplicado a los subproductos de pescado y langosta (AOAC 2016).

Todos los días se tomaron los valores de temperatura y oxígeno disuelto con oxímetro digital portátil (HANNA®, Rumania). La tasa de alimentación fue 15 % de la biomasa, suministrada en dos raciones diarias durante 45 d. Cada 10 d se realizaron muestreos grupales para ajustar las raciones. Al final del bioensayo se efectuó el pesaje individual de todos los peces para el cálculo de

Final mean weight

$$\text{Provided feed/fish} = \frac{\text{Added feed}}{\text{Number of final animals}}$$

$$\text{Daily weight gain} = \frac{\text{Biomass gain}}{\text{Cultivation days}}$$

$$\text{Feed conversion factor} = \frac{\text{Added feed}}{\text{Weight gain}}$$

$$\text{Survival (S)} = \frac{\text{Number of final animals}}{\text{Number of initial animals} \times 100}$$

*Statistical analysis.* To analyze the results, one-way classification analysis of variance was carried out, according to a completely randomized design. The mean values were compared using Duncan (1955) test, in the necessary cases. The theoretical assumptions of the analysis of variance were verified for the variables food supplied per fish, daily weight gain and food conversion based on the tests of Shapiro and Wilk (1965) for the normality of the errors and according to the test of Levene (1960) for homogeneity of variance. The variables met the theoretical assumptions of the ANOVA. The InfoStat statistical package, version 2012, was used (Di Rienzo *et al.* 2012).

Water temperature in the tanks fluctuated between 26.3 and 27.5 °C, the dissolved oxygen concentration between 5.3 and 6.8 mg/L and the pH was maintained between 7.6 and 7.9. These values are considered comfort for the good performance of the species (Toledo *et al.* 2015).

The chemical composition of lobster by-products showed values of 51.6 % humidity, 17.8 % crude protein, 1.23 % lipids, 52.6 % ash, 14.91 % calcium and 1.31 % phosphorus. The resulting mass of lobster by-products continued to have very small exoskeleton particles despite milling. Fish were very attracted to lobster by-products, which may be evidence of the high concentration of free amino acids. However, their intake was not complete on most occasions in TIII (100 % lobster by-products), which can be related to the presence of particles from the exoskeleton. This did not happen in the rest of treatments that were mixed with fish by-products.

Survival was 100 % for all treatments, which shows its safety and its use does not compromise animal health. However, the increase of lobster by-products in the rations decreased the amount of food supplied per animal (table 1). This reduction can be attributed to the lower growth of fish that consumed lobster by-products, which is why they received less food, since feed is restricted according to body weight.

los indicadores productivos:

*Análisis estadístico.* Para el análisis de los resultados se realizó análisis de varianza de clasificación simple, según diseño completamente aleatorizado. Los valores medios se compararon mediante la dócima de Duncan (1955) en los casos necesarios. Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para las variables alimento suministrado por pez, ganancia de peso diario y conversión alimentaria a partir de las dócimas de Shapiro y Wilk (1965) para la normalidad de los errores y según la dócima de Levene (1960) para la homogeneidad de varianza. Las variables cumplieron con los supuestos teóricos del ANOVA. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat, versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012).

La temperatura del agua en los tanques fluctuó entre 26.3 y 27.5 °C, la concentración de oxígeno disuelto entre 5.3 y 6.8 mg/L y el pH se mantuvo entre 7.6 y 7.9. Estos valores se consideran de confort para el buen desempeño de la especie (Toledo *et al.* 2015).

La composición química de los subproductos de langosta (SL) dejó ver valores de 51.6 % de humedad, 17.8% de proteína bruta, 1.23% de lípidos, 52.6% de cenizas, 14.91 % de calcio y 1.31 % de fósforo. La masa resultante de los SL, continuó con partículas muy pequeñas de exoesqueleto a pesar del molinado. Se observó buena atractabilidad de los SL por los peces, lo que puede ser evidencia de la alta concentración de aminoácidos libres. No obstante, en el T III (100 % SL) su consumo no fue completo en la mayoría de las ocasiones, lo que se puede relacionar con la presencia de partículas procedente del exoesqueleto. No sucedió lo mismo en el resto de los tratamientos que estuvieron mezclados con subproductos de pescado.

Las supervivencias fueron 100 % para todos los tratamientos, lo que evidencia su inocuidad y que su utilización no compromete la salud de los animales. Sin embargo, el incremento de los SL en las raciones disminuyó la cantidad de alimento suministrado por animal (tabla 1). Esta reducción se puede atribuir al menor crecimiento que tuvieron los peces que consumieron SL, por lo que recibieron menos cantidad de alimento, ya que

Table 1. Productive results of *Clarias gariepinus* young fish fed with the experimental diets

Indicators	Control 100 % fish by-products	TI 75 % fish by-products 25 % lobster by-products	TII 50 % fish by-products 50 % lobster by-products	TIII 100 % lobster by-products	SE	P
Provided food/fish, g	137.15 <sup>a</sup>	120.38 <sup>b</sup>	109.72 <sup>c</sup>	86.53 <sup>d</sup>	5.55	0.0001
Final weight, g	74.51 <sup>a</sup>	52.91 <sup>b</sup>	43.01 <sup>c</sup>	20.51 <sup>d</sup>	1.97	0.0001
Daily weight gain, g/d	1.43 <sup>a</sup>	0.95 <sup>b</sup>	0.73 <sup>c</sup>	0.23 <sup>d</sup>	0.05	0.0001
Feed conversion	2.41 <sup>a</sup>	3.18 <sup>b</sup>	3.78 <sup>c</sup>	9.81 <sup>d</sup>	0.89	0.0001

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

Growth indicators and feed conversion (table 1) were unfavorable, as lobster by-products levels increased, due to lower feed intake and, therefore, proteins. This indicates the low nutritional value of lobster by-products for feeding *C. gariepinus*, regardless of the level of proteins and essential amino acids that they may present. The results could also show low activity of chitinolytic enzymes in the digestive tract of the species, which means that crustaceans are not among the main groups for feeding clarias in their natural environment.

Gutowska *et al.* (2004) measured the activities of quinolytic enzymes in the stomachs and intestines of 13 species of marine fish and found, in the majority, chitinous material and the highest enzyme activity in the stomach, which showed that crustaceans are part of the feeding habits of these fish. The cited authors conjectured that the function of chitinase is to assist in the breakdown of the exoskeleton of prey, to allow other digestive enzymes access to soft internal tissues, while that of chitobiase is to break down chitin dimers into absorbable monomers of chitin  $\beta$  N-acetyl-glucosamine.

The negative results of this study with lobster by-products could be related to the high contents of natural chitin present in these by-products. Chitin constitutes an important part of the exoskeleton of crustaceans (Borić *et al.* 2020) and it is a natural biopolymer composed of a mixture of polymers, mainly unbranched N-acetyl-D-glucosamine and a small amount of D-glucosamine (Soetemans *et al.* 2020). This complex carbohydrate, although commonly found in the natural diet of many fish, is considered a non-digestible fiber that reduces digestibility of proteins and lipids and, consequently, affects the efficiency of nutrient absorption in the intestinal tract (Toledo *et al.* 2015).

Mergelsberg *et al.* (2019) reported that chitin naturally found in lobster by-products is associated with proteins, forming a glycoprotein complex with a complex structure that makes its degradation difficult. Previously, Lu and Ku (2013) studied the effects of replacing 0, 10, 20 and 25 % of fishmeal with shrimp waste meal (HRC, in Spanish) on juvenile cobia *Rachycentron canadum* for six weeks and reported decreased protein efficiency and low lipid content in muscle, with 20 and 25 % of HRC. Furthermore, they reported that chitinolytic activity was high in the pyloric caeca, but there was only a slight increase in the 10 % HRC diet in the intestines, a level they recommended to replace fish meal.

Karlsen *et al.* (2017) noted a reduced growth rate in Atlantic salmon (*Salmo salar*), fed with diets rich in chitin, and considered the hypothesis that chitin acts as an energy trap when fish are not able to digest and use correctly this polysaccharide. In contrast, Elsefary *et al.* (2021) evaluated chitin extracted from shrimp

la alimentación se restringe de acuerdo al peso corporal.

Los indicadores de crecimiento y la conversión alimentaria (tabla 1) se desfavorecieron, al incrementar los niveles de SL, por los menores consumos de alimento y, por tanto, de proteínas. Esto indica el bajo valor nutricional que tienen los SL para la alimentación de *C. gariepinus*, independientemente del nivel de proteínas y los aminoácidos esenciales que pueden presentar. Los resultados pudieran evidenciar, además, baja actividad de las enzimas quitinolíticas en el tracto digestivo de la especie, lo que supone que los crustáceos no se encuentren entre los principales grupos para la alimentación de las clarias en su medio natural.

Gutowska *et al.* (2004) midieron las actividades de las enzimas quinolíticas en los estómagos e intestinos de 13 especies de peces marinos y encontraron, en la mayoría, material quitinoso y la mayor actividad de las enzimas en el estómago, lo que evidenció que los crustáceos son parte de los hábitos de alimentación de estos peces. Los autores citados conjeturaron que la función de la quitinasa es ayudar a la descomposición del exoesqueleto de la presa, para permitir a otras enzimas digestivas el acceso a los tejidos internos blandos, mientras que el de la quitobiase es romper dímeros de quitina en monómeros absorbibles de  $\beta$  N-acetil-glucosamina.

Los resultados negativos de este estudio con los SL se pudieran relacionar con los altos contenidos de quitina natural presentes en estos subproductos. La quitina constituye parte importante del exoesqueleto de los crustáceos (Borić *et al.* 2020) y es un biopolímero natural que se compone de una mezcla de polímeros, principalmente no ramificados de N-acetil-D-glucosamina y una pequeña cantidad de D-glucosamina (Soetemans *et al.* 2020). Este carbohidrato complejo, aunque se encuentra comúnmente en la dieta natural de muchos peces, se considera una fibra no digerible que reduce la digestibilidad de proteínas y lípidos y, consecuentemente, afecta la eficiencia de la absorción de nutrientes en el tracto intestinal (Toledo *et al.* 2015).

Mergelsberg *et al.* (2019) informaron que la quitina de forma natural en los subproductos de langosta se encuentra asociada con proteínas, formando un complejo de glicoproteínas de estructura compleja y que dificulta su degradación. Antes, Lu y Ku (2013) investigaron durante seis semanas los efectos de la sustitución de 0, 10, 20 y 25 % de harina de pescado por harina de residuos de camarón (HRC) en juveniles de cobia *Rachycentron canadum* e informaron disminución de la eficiencia proteica y bajo contenido de lípidos en músculo, con 20 y 25 % de HRC. Además, informaron que la actividad quitinolítica fue alta en los ciegos pilóricos, pero en los intestinos solo hubo ligero aumento en la dieta de 10 % HRC, nivel que recomendaron para sustituir la harina de pescado.

Karlsen *et al.* (2017) señalaron tasa de crecimiento reducida en salmón del Atlántico (*Salmo salar*), alimentado con dietas ricas en quitina, y consideraron la hipótesis que la quitina actúa como un atrapador de

exoskeletons in the growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) young fish at 0, 2, 5 and 10 % inclusion levels and reported the best growth and feed conversion with 5 %. When the same diets were supplemented with 1 g of PRO-PAC probiotic/kg of diet, the results with 10 % were superior.

Another important aspect to consider is the high content of calcium carbonate present in lobster by-products, which increases dietary calcium level and, therefore, produces a calcium-phosphorus (Ca-P) imbalance in the fish rations. Lall and Kaushil (2021) reported that there is still little knowledge of mineral nutrition of fish with respect to their dietary requirements, physiological functions and absorption from the gastrointestinal tract and bioavailability in feed ingredients. However, the amount of calcium (Ca) to include in the fish diet depends on the culture water. In the case of freshwater fish, if the waters are hard as in Cuba, Ca dietary needs are very low.

It is difficult to establish Ca dietary requirements in fish due to its presence in water, since animals can absorb it. Calcium absorption by the environment varies among species, the endocrine system, availability in the diet and Ca concentration in water (Toledo *et al.* 2015). It is well demonstrated that diets should maintain an ideal Ca:P ratio (1.5:1.0). Otherwise, the excess of both can cause problems in the body development of the fish, making it difficult for them to absorb and remain in the culture environment (Velazco and Gutiérrez 2019). Digestibility and availability of amino acids also decreases when there is excess calcium in fish rations (Perea *et al.* 2022).

D'Abramo (2021) reported that excess dietary calcium can have a negative impact on digestion because it joins to fatty acids to form soaps and reduces the availability of energy sources. Porn-Ngam *et al.* (1993) stated that excess dietary Ca decreased growth, feeding efficiency, bone mineralization and low P absorption was found in common carp *Cyprinus carpio* and rainbow trout *Onchorhynchus mykiss*. Regarding the latter, when available P in the diet is low, fish increase their absorption in the intestine, reduce P excretion in the kidney and mobilize P from the skeleton to cover vital functions in other compartments of the body. Sustained demineralization of bones over a long period will weaken the skeleton and cause deformities (Velazco and Gutiérrez 2019).

It is concluded that the by-products of the pulp extraction process from the spiny lobster cephalothorax were not feasible for feeding *C. gariepinus*. Its transformation into products with high added value, such as chitin, chitosans and protein concentrates, is recommended for subsequent evaluation as growth enhancers in this species.

#### Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest

energía cuando los peces no son capaces de digerir y utilizar este polisacárido correctamente. Por el contrario, Elsefary *et al.* (2021) evaluaron la quitina extraída de exoesqueletos de camarón en el crecimiento de alevines de tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*) a niveles de 0, 2, 5 y 10 % de inclusión y refirieron los mejores crecimientos y conversión alimentaria con 5 %. Cuando las mismas dietas se suplementaron con 1 g de probiótico PRO-PAC /kg de dieta, los resultados con 10 % fueron superiores.

Otro aspecto importante a considerar es el alto contenido de carbonato de calcio presente en los SL, que incrementa el nivel de calcio dietético y, por tanto, se produce un desequilibrio calcio - fósforo (Ca-P) en las raciones de los peces. Lall y Kaushil (2021) informaron que todavía existe poco conocimiento de nutrición mineral de peces con respecto a sus requerimientos dietéticos, funciones fisiológicas y absorción del tracto gastrointestinal y biodisponibilidad en los ingredientes del alimento. No obstante, la cantidad de calcio (Ca) a incluir en la dieta de los peces depende del agua de cultivo. En el caso de los peces de agua dulce, si las aguas son duras como en Cuba, las necesidades dietéticas de Ca son muy bajas.

Es difícil establecer los requerimientos dietéticos de Ca en peces por su presencia en el agua, ya que los animales lo pueden absorber. La absorción del calcio por el medio ambiente varía entre especies, el sistema endocrino, la disponibilidad en la dieta y la concentración de Ca en el agua (Toledo *et al.* 2015). Sí está bien demostrado que las dietas deben mantener una proporción ideal de Ca:P (1.5:1.0). De lo contrario, el exceso de ambos puede causar problemas en el desarrollo corporal de los peces, dificultar su absorción y permanecer en el entorno de cultivo (Velazco y Gutiérrez 2019). También la digestibilidad y disponibilidad de aminoácidos disminuye cuando hay exceso de calcio en las raciones de peces (Perea *et al.* 2022).

D'Abramo (2021) informó que el exceso de calcio dietético puede tener un impacto negativo en la digestión porque se acompleja con ácidos grasos para formar jabones y reduce la disponibilidad de las fuentes de energía. Porn-Ngam *et al.* (1993) afirmaron que el exceso de Ca dietético disminuyó el crecimiento, la eficiencia alimentaria, la mineralización ósea y se constató baja absorción de P en carpa común *Cyprinus carpio* y trucha arco iris *Onchorhynchus mykiss*. Con respecto a esto último, cuando el P disponible en la dieta es bajo, los peces aumentan su absorción en el intestino, reducen la excreción de P en el riñón y movilizan P del esqueleto para cubrir funciones vitales en otros compartimientos del cuerpo. La desmineralización sostenida de los huesos durante un largo período debilitará el esqueleto y causará deformidades (Velazco y Gutiérrez 2019).

Se concluye que los subproductos del proceso de extracción de pulpa del cefalotórax de langosta espinosa no fueron factibles para la alimentación de *C. gariepinus*. Se recomienda su transformación en productos de alto valor añadido, como quitina, quitosanos y concentrados proteicos, para su posterior evaluación

between them.

#### Contribution of authors

J. E. Llanes: Conceptualization, research, data curation, formal analysis, methodology and writing of the original draft

M. A. Ramírez: Research, data curation and formal analysis

como potenciadores de crecimiento en esta especie.

#### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

#### Contribución de los autores

J. E. Llanes: Conceptualización, Investigación, Curación de datos, Análisis formal, Metodología y Redacción del borrador original.

M. A. Ramírez: Investigación, Curación de datos y Análisis formal

## References

- AOAC. 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].
- Borić, M., Vicente, F. A., Jurković, D. L., Novak, U. & Likozar, B. 2020. "Chitin isolation from crustacean waste using a hybrid demineralization/DBD plasma process". *Carbohydrate Polymers*, 246: 1–8, ISSN: 1879-1344. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116648>.
- D'Abramo LR. 2021. "Sustainable aquafeed and aquaculture production systems as impacted by challenges of global food security and climate change". *Journal of the World Aquaculture Society*, 52 (6): 1162-1167, ISSN: 1749-7345. <https://doi.org/10.1111/jwas.12867>.
- 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>.
- Elserafy, S., Abdel-Hameid, N. & Abdel-Salam, H. 2021. "Effect of shrimp waste extracted chitin on growth and some biochemical parameters of the Nile tilapia". *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 25(1): 313 – 329, ISSN: 2536-9814. <https://doi.org/10.21608/EJABF.2021.143244>.
- Gutowska, M., Drazen, J. & Robinson, B. 2004. "Digestive chitinolytic activity in marine fishes of Monterey Bay, California". *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*.139: 351–358, ISSN: 1531-4332. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2004.09.020>.
- Karlsen, O., Amlund, H., Berg, A. & Olsen, R. 2017. "The effect of dietetic chitin on growth and nutrient digestibility in farmed Atlantic cod, Atlantic salmon and Atlantic halibut". *Aquaculture Research*, 48: 123-133, ISSN: 1365-2109. <https://doi.org/10.1111/are.12867>.
- Lall, S.P. & Kaushik, S.J. 2021. "Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish". *Animals*, 11: 2711, ISSN: 2076-2615. <https://doi.org/10.3390/ani11092711>.
- Llanes, J., Toledo, J. & Lazo de la Vega, J. 2000. "Utilización del desecho de pescado en la alimentación del bagre africano *Clarias gariepinus*". *AcuaCUBA*, 2(2): 26-31. ISSN: 1608-0467.
- 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.
- Lu, C.H. & Ku, C.C. 2013. "Effects shrimp waste meal on growth performance and chitinas activity in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*)". *Aquaculture*, 44(8): 1190-1195, ISSN: 0044-8486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03097.x>.
- Mergelsberg, S.T., Ulrich, R.N., Xiao, S. & Dove, P.M. 2019. "Composition Systematics in the Exoskeleton of the American Lobster, *Homarus americanus* and Implications for Malacostraca". *Frontiers in Earth Science*, 7: 69, ISSN: 2296-6463. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00069>.
- Perea, C., Garcés, Y., Morales, Y., Jiménez, M., Hoyos, J.L. & Vivas, N. 2022. "Digestibility of enzymatic hydrolyzates from animal origin viscera in *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818". *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(1): 54-67, ISSN: 1909-9959. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1606>.
- Porn –Ngam, N., Satoh, S., Takeuchi, T. & Watanabe, T. 1993. "Effect of the ratio of phosphorus to calcium on zinc availability to rainbow trout in high phosphorus diet". *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(12): 2065-2070, ISSN: 1349-998X.
- 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://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>.
- Soetemans, L., Uytbroek, M. & Bastiaens, L. 2020. "Characteristics of chitin extracted from black soldier fly in different life stages". *International Journal of Biological Macromolecules*, 165: 3206-3214, ISSN: 1879-0003. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.11.041>
- Toledo, J., Llanes, J.E. & Romero, C. 2015. "Nutrición y alimentación de peces de aguas cálidas". *AcuaCUBA*, 17 (1): 5-22, ISSN: 1608-0467.
- Ramírez, M.A., Peniche, C., Rodríguez, T. & Llanes, J.E. 2022. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del concentrado proteico de langosta, como aditivo en la alimentación animal. Taller Alimentos, Aditivos y Bioinsumos.

Memorias Convención Producción Animal y Agrodesarrollo. Del 10 al 14 de octubre 2022. Centro de Convenciones Plaza América. Varadero, Matanzas, Cuba. ISBN: 978-959-7171-86-7.

Velazco, J. S. & Gutiérrez, M. 2019. "Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce". Revista Politécnica, 15(30): 82-93, ISSN: 2256-5353. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a8>.

**Received: March, 25**

**Approved: July, 9**