

## Reduction of ration with protein increase in *Clarias gariepinus*

## Reducción de la ración con incremento de la proteína en *Clarias gariepinus*

J. Llanes<sup>1</sup>, J. Toledo<sup>1</sup> and Lucía Sarduy<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Email: jose@edta.alinet.cu

A total of 225 young fish of *Clarias gariepinus* (10.1±0.01g initial average weight) were randomly distributed in three triplicate treatments according to the simple classification model, with the purpose of evaluating the productive performance of these fishes, by reducing the amount of ration and increase dietary protein levels. The treatments consisted of three diets with 34.7, 39.2 and 43.7% of crude protein added at 8.0, 7.0 and 6.4% of body weight / day so that all fishes received 2.8 g of crude protein / kg live weight / day. The supplied feed did not significantly differ ( $P > 0.05$ ) between treatments (44.3, 44.9 and 45.3 g/fish). However, significant differences were found in supplied CP (16.1, 18.0 and 20.4 g / fish), the growths (39.4, 47.8 and 59.1 g of average weight) and feed conversion (1.5, 1.2 and 0.9), in favor of increasing dietary protein levels. The economic analysis showed differences in the rations cost (US \$ 0.857, 0.977 and 1.088 / kg), but lower amounts in the production of 1kg of live weight (US \$ 1,285, 1,172 and 0.979 / kg). It was demonstrated that the reduction of the amount of ration with increase of dietary protein improved the productive performance of *Clarias gariepinus* with positive economic effect.

Key words: *feeding, clarias, protein requirement.*

The global aquaculture landscape requires radical changes in exploitation methods with the purpose of improving the efficiency in nutrition and management of fish cultures on sustainable basis. A study with American catfish (*Ictalurus punctatus*) (Cho and Lovell 2002) showed that when the ratio crude protein CP / digestible energy (DE) was constant, the weight gain was higher with 32 % of CP (87.5 % satiety) than with 36 % (77 % satiety), but did not differ from 28 % (100 % satiety). However, food efficiency improved when CP levels (32 and 36 %) increased and the ration was restricted.

In a study with African catfish (*Clarias gariepinus*), Llanes *et al.* (2014) reported that *ad libitum* feeding provided the best growths and did not disadvantage food efficiency (FE), compared with restricted feeding. They also reported that food intake did not impair FE, but limited growth and productivity (kg/m<sup>3</sup>).

The feeding of catfish in small experimental tanks does not provided significant amounts of food wastes, but at productive levels it can result in large amounts of waste, due to the appreciation of the person in charge of feeding. However, a diet with high CP percentages and a

Un total de 225 alevines de *Clarias gariepinus* (10.1±0.01g peso promedio inicial) se distribuyeron al azar en tres tratamientos triplicados según modelo de clasificación simple, con el propósito de evaluar el desempeño productivo de estos peces, al reducir la cantidad de ración e incrementar los niveles de proteína dietética. Los tratamientos consistieron en tres dietas, con 34.7, 39.2 y 43.7 % de proteína bruta que se adicionaron al 8.0, 7.0 y 6.4 % del peso corporal/día para que todos los peces recibieran 2.8 g de proteína bruta/kg de peso vivo/día. El alimento suministrado no difirió significativamente ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos (44.3, 44.9 y 45.3 g/pez). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en la PB suministrada (16.1, 18.0 y 20.4 g/pez), los crecimientos (39.4, 47.8 y 59.1 g de peso promedio) y la conversión alimentaria (1.5, 1.2 y 0.9), a favor del incremento de los niveles de proteína dietética. El análisis económico mostró diferencias en los costos de las raciones (US \$ 0.857; 0.977 y 1.088/kg), pero menores montos en la producción de 1kg de peso vivo (US \$ 1.285, 1.172 y 0.979 /kg). Se demostró que la reducción de la cantidad de ración con incremento de la proteína dietética mejoró el desempeño productivo de *Clarias gariepinus* con efecto económico positivo.

Palabras clave: *alimentación, clarias, requerimiento de proteína.*

El panorama acuícola mundial obliga a introducir cambios radicales en los métodos de explotación, con el propósito de mejorar la eficiencia en la nutrición y el manejo de los cultivos de peces sobre bases sostenibles. Un trabajo con bagre americano (*Ictalurus punctatus*) (Cho y Lovell 2002) demostró que cuando la relación proteína bruta PB/ energía digestible (ED) fue constante, la ganancia en peso fue mayor con 32 % de PB (87.5 % de saciedad) que con 36 % (77 % de saciedad), pero no difirió de 28 % (100 % de saciedad). Sin embargo, la eficiencia alimentaria mejoró cuando se incrementaron los niveles de PB (32 y 36 %) y se restringió la ración.

En un estudio con bagres africanos (*Clarias gariepinus*), Llanes *et al.* (2014) informaron que la alimentación *ad libitum* propició los mejores crecimientos y no desfavoreció la eficiencia alimentaria (EA), si se compara con la alimentación restringida. También informaron que el consumo de alimento no deterioró la EA, pero limitó el crecimiento y la productividad (kg/m<sup>3</sup>).

La alimentación de bagres en tanques experimentales pequeños no propicia cuantías significativas de desechos de alimento, pero a niveles productivos puede resultar en grandes cantidades de residuos, debido a la apreciación que tenga la persona encargada de la alimentación. Sin

restriction of the amount of food could be more efficient than when feeding *ad libitum* with a lower amount of CP. In addition, reducing the daily ration amounts would reduce the excretion of nutrients that cause serious problems of eutrophication in crop tanks.

The objective of this research was to evaluate the productive performance of young fish of *Clarias gariepinus*, by reducing the amount of ration and increasing dietary protein levels.

### Materials and Methods

A total of 225 young fish of *Clarias gariepinus* (10.1±0.01g initial average weight) were randomly distributed in three treatments (diets) with three repetitions, according to simple classification model. The experimental units were circular cement containers of 68 L capacity, with 25 fish each and a water flow of 0.1 L / min for 24 h. Every day the temperature and dissolved oxygen values were taken with a HANNA digital oximeter.

Three experimental diets with different CP levels (table 1), added at 8.0, 7.0 and 6.4 % of body weight per day were tested so that all fish received 2.8 g CP per kg of LW/d, according to the methodology reported by Llanes *et al.* (2014).

For food preparation the meals were milled in a creole hammer mill, approximately 250 µm, and then were introduced into a (HORBAT MC-600) mixer for 10 min. Later, the oil, the vitamin and mineral mixture and the water (30 % of weight) were added and it was continued mixing for 10 min. The pelletization was done in a JAVAR 32 meat mill, with 3 mm of diameter, and then the material was dried in a stove at 60 °C for 48 h. The bromatological determinations were performed according to the methods described by AOAC (2016) and the digestible energy was calculated according to the caloric coefficients 23.7 MJ / kg of CP, 39.5 MJ / kg of

embargo, una alimentación con altos porcentajes de PB y una restricción de la cantidad de alimento pudiera ser más eficiente que cuando se alimenta *ad libitum* con menor cantidad de PB. Además, con la reducción de las cantidades de ración diaria se lograría disminuir la excreción de nutrientes que causan graves problemas de eutrofización en los tanques de cultivos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño productivo de alevines de *Clarias gariepinus*, al reducir la cantidad de ración e incrementar los niveles de proteína dietética.

### Materiales y Métodos

Un total de 225 alevines de *Clarias gariepinus* (10.1 + 0.01g como peso promedio inicial) se distribuyeron al azar en tres tratamientos (dietas) con tres repeticiones, según modelo de clasificación simple. Las unidades experimentales fueron recipientes circulares de cemento de 68 L de capacidad, con 25 peces cada uno y un flujo de agua de 0.1 L/ min durante 24 h. Todos los días se tomaron los valores de temperatura y oxígeno disuelto con un oxímetro digital HANNA.

Se ensayaron tres dietas experimentales con diferentes niveles de PB (tabla 1), adicionados al 8.0, 7.0 y 6.4 % del peso corporal por día para que todos los peces recibieran 2.8 g PB por kg de PV/d, según metodología referida por Llanes *et al.* (2014).

Para la preparación de los alimentos se molieron las harinas en un molino de martillo criollo, aproximadamente a 250 µm, y luego se introdujeron en una mezcladora (HORBAT MC-600) durante 10 min. Posteriormente, se adicionó el aceite, la mezcla de vitaminas y minerales y el agua (30 % del peso) y se continuó el mezclado durante 10 min. La pelletización se realizó en el molino de carne JAVAR 32, con diámetro de 3 mm, y luego se secó el material en una estufa a 60 °C durante 48 h. Las determinaciones bromatológicas se realizaron según

Table 1. Percent and chemical composition of experimental diets (g/100g)

Ingredients	D-1 35 %	D-2 40 %	D-3 45 %
Fish meal	20	20	20
Poultry by-products meal	14	23	32
Soybean meal	20.5	20	19
Corn meal	40.5	27	14
Soybean oil	4	9	14
Vitamin-mineral mixture	1	1	1
Total	100	100	100
Dry matter	90.9	88.7	89.1
Crude protein	34.7	39.0	43.7
<sup>1</sup> AP/TP ratio	0.64	0.71	0.76
Digestible energy (MJ/Kg)	17.9	19.5	21.3
<sup>2</sup> CP/DE (g/MJ)	19.4	20.5	20.3

<sup>1</sup> Animal protein/ total protein ratio

<sup>2</sup> Crude protein/ digestible energy

fats and 17.2 MJ/kg of carbohydrates (Guillaume 1999).

The diets were given in two rations (9:00 a.m. and 3:30 p.m.) for 50 d. Every 15 d, were adjusted and at the end of the bioassay an individual weighing of the animals was performed to calculate the following productive indicators:

Supplied food = amount of supplied food / number of final animals

Supplied protein = amount of supplied protein/number of final animals; final average weight;

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

Protein efficiency (PE) = weight gain/supplied protein

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

The assumptions of normality and homogeneity were proved. Simple classification variance analysis was performed. The comparison of means was done according to Duncan (1955) test by the statistical software INFOSTAT, version 1.0 (Di Rienzo *et al.* 2001).

For the economic analysis, the cost of rations with raw material prices (table 2) was calculated in December 2015 (Index Mundi 2016), plus 10 % maquila (Toledo and Llanes 2013). These were multiplied by the feed conversion factors achieved in this study and the cost in the production of 1 kg of LW was obtained.

los métodos descritos por AOAC (2016) y la energía digestible se calculó de acuerdo con los coeficientes calóricos 23.7 MJ/kg de PB, 39.5 MJ/kg de grasas y 17.2 MJ/kg de carbohidratos (Guillaume 1999).

Las dietas se ofrecieron en dos raciones (9:00 y 15:30 h) durante 50 d. Cada 15 d, se ajustaron y al final del bioensayo se realizó un pesaje individual de los animales para el cálculo de los indicadores productivos siguientes:

Alimento suministrado = cantidad de alimento suministrado/número de animales finales

Proteína suministrada = cantidad de proteína suministrada/número de animales finales; Peso medio final;

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

Eficiencia Proteica (EP)= ganancia en peso/ proteína suministrada

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

Se probaron los supuestos de normalidad y homogeneidad. Se realizó análisis de varianza de clasificación simple. La comparación de medias se docimó según Duncan (1955) por medio del software estadístico INFOSTAT, versión 1.0 (Di Rienzo *et al.* 2001).

Para el análisis económico, se calculó el costo de las raciones con los precios de las materias primas (tabla 2) en diciembre de 2015 (IndexMundi 2016), más 10 % de maquila (Toledo y Llanes 2013). Estos se multiplicaron por los factores de conversión alimentaria alcanzados en este trabajo y se obtuvo el costo en la producción de

Table 2. Prices of raw material for the commercial concentrates

Raw materials	US \$ /t
Fish meal	2 000.00
Soybean meal	519.27
Poultry by-products meal	1 049.00
Corn meal	202.56
Soybean oil	871.57
Vitamin –mineral mixture	1 020.00

## Results and Discussion

During the experimental period, the temperature and the dissolved oxygen from the water ranged from 25.7 to 26.9 °C and from 3.1 to 5.0 mg /L, respectively. The level of ammonia was monitored and maintained at 0.02 mg/L by the circulation of water. These values were among the environmental parameters for the welfare of species, according to Toledo *et al.* (2011).

There were not significant differences in the supplied food (g/fish) although different feeding levels were used (table 3). In contrast, the CP supplied (g/fish) significantly differed as the dietary protein percentages increased. This can be explained by the growth differences that the fishes had from 30 d of culture

1 kg de PV.

## Resultados y Discusión

Durante el período experimental, la temperatura y el oxígeno disuelto del agua oscilaron de 25.7 a 26.9 °C y de 3.1 a 5.0 mg/L, respectivamente. El nivel de amoniaco se monitoreó y se mantuvo en 0.02 mg/L mediante la circulación de agua. Estos valores se comportaron entre los parámetros ambientales para el bienestar de la especie, según Toledo *et al.* (2011).

No se encontraron diferencias significativas en el alimento suministrado (g/pez) a pesar que se utilizaron diferentes niveles de alimentación (tabla 3). Por el contrario, la PB suministrada (g/pez) difirió significativamente al incrementar los porcentajes de proteína dietética. Esto

(figure 1), which involved more food when adjusting the rations, even though they were maintained the same percent of added food throughout the bioassay. Hence, it was possible to add a higher CP concentration in the same amount of food.

se puede explicar por las diferencias de crecimiento que tuvieron los peces a partir de los 30 d de cultivo (figura 1), que implicaron mayor cantidad de alimento al ajustar las raciones, a pesar que se mantuvieron los mismos porcentajes de adición de alimento durante todo el bioensayo.

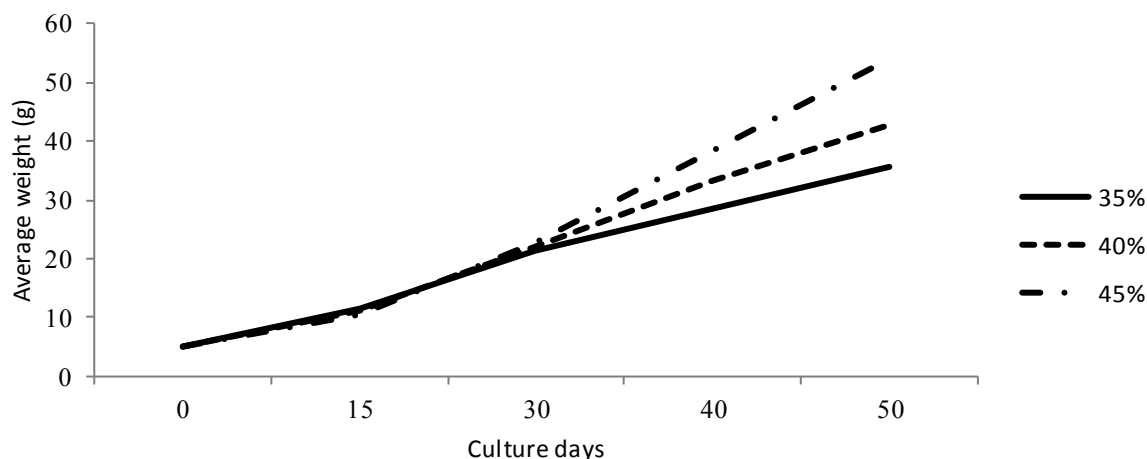


Figure 1. Growth of young fish of *Clarias gariepinus* with experimental diets

It is important to highlight that for the increase of the rations CP, the poultry by-product meal (PBM, Mexican origin) was used, with which in a previous study (Toledo *et al.* 2014) it was possible to completely replace the HP in young fish of *Clarias gariepinus*. This shows that the higher inclusion of PBM increased the ratio of animal protein / total protein (table 1), which implied increase of nutritional value (nitrogen content, essential amino acid balance and apparent digestibility of nutrients in the whole tract) and acceptability, which leads to a more efficient use of energy and better productive performance of fishes. These results corroborate the studies of Tomás *et al.* (2002), who obtained better digestibility of protein in feeds made from animal sources and higher CP content in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Although CP/ DE ratios were similar in the three treatments, as shown in table 1, the final weights of animals from D-3 treatment (45 % CP) were higher than D-2 (40 % CP), and both significantly differed from D-1 treatment (35 % CP) (table 2). These results did not correspond to those reported by Cho and Lovell (2002), who found the best weight gain with the diet of lower CP percentage (28 %), and attributed it to the fact that most of the DE of the diet with the highest CP level (36 %) came from lipids (fish oil), which caused high body fat with respect to other diets that used maize.

These authors also used soybean meal to increase CP levels, which increases the proportion of plant protein/total protein and leads to decrease the nutritional value of the ration by increasing the anti-nutritional factors (protease inhibitors, tannins, lectins among others). This leads to the less efficient use of energy. According to Toledo and Llanes (2013), the

De ahí que se logró adicionar mayor concentración de PB en igual cantidad de alimento.

Es importante destacar que para el incremento de la PB de las raciones se utilizó la harina de subproductos de aves (HSA, procedencia mexicana), con la que en un estudio anterior (Toledo *et al.* 2014) se logró sustituir totalmente la HP en alevines de *Clarias gariepinus*. Esto evidencia que la mayor inclusión de HSA aumentó la relación de proteína animal/proteína total (tabla 1), que implicó incremento del valor nutricional (contenido de nitrógeno, balance de aminoácidos esenciales y digestibilidad aparente de los nutrientes en el tracto completo) y aceptabilidad, lo que conduce a un uso más eficiente de la energía y mejor desempeño productivo de los peces. Estos resultados corroboran los estudios de Tomás *et al.* (2002), quienes obtuvieron mejor digestibilidad de la proteína en los piensos fabricados con fuentes de origen animal y mayor contenido de PB en tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Aunque se mantuvieron las relaciones PB/ED similares en los tres tratamientos, como muestra la tabla 1, los pesos finales de los animales del tratamiento D-3 (45 % PB) fueron más altos que D-2 (40 % PB), y ambos difirieron significativamente del tratamiento D-1 (35 % PB) (tabla 2). Estos resultados no se correspondieron con los informados por Cho y Lovell (2002), quienes encontraron la mejor ganancia de peso con la dieta de menor porcentaje de PB (28 %), y lo atribuyeron a que la mayor parte de la ED de la dieta con más alto nivel de PB (36 %) procedió de lípidos (aceite de pescado), lo que causó alta grasa corporal con respecto a otras dietas que emplearon maíz.

También estos autores utilizaron la harina de soya para incrementar los niveles de PB, lo que aumenta la proporción de proteína de origen vegetal/proteína total y conduce a disminuir el valor nutricional de la ración por



inhibition of proteases is compensated by the increase in the secretion of pancreatic enzymes and, although the digestive process could be well concluded, the energy cost for fish could be high, as a result of the additional synthesis of enzymes, although part of the dietary energy would not be available for the CP saving effect needed for growth.

Li and Lovell (1992) did not find differences between 26, 32 and 38 % of CP, when American catfish were fed satiety in tanks, but when the ration was restricted, the fish required 38 % CP for maximum production. These results coincide with those of this study and show that the catfish can be fed with less amount of ration, as long as the CP levels required per kilogram of live weight are supplied.

Feed conversion improved when increasing CP levels and uses the same amount of ration (table 3). The increases of CP concentrations in the rations allowed decreasing 300 g of food per kilogram of LW gain (table 2). This coincides with other studies (Li and Lovell 1992, Cho and Lovell 2002) which showed that feed efficiency improves, when food quantities are reduced and CP intakes are maintained in absolute terms (grams protein per kilogram of live weight) so as not to affect growth.

Similar performance showed the protein efficiency (table 3), in which the best values were obtained with the highest CP percentages. This evidences that if the DE levels are in agreement with the CP tenors, there is not metabolic deviation of protein for energetic purposes. In addition, these results may be supported by a better quality of CP, with a higher proportion of animal protein and higher use of DE.

Survival (table 3) was higher in all treatments (higher than 95%), so the decrease of ration and increases of CP concentrations in the food were not promoters of mortality or variations in the sizes of the groups that led to cannibalism.

Several authors (Li and Lovell 1992, Cho and Lovell 2002, Galvao 2013) agree that dietary protein levels do

aumento de los factores antinutricionales (inhibidores de proteasas, taninos, lectinas entre otros). Esto conduce al uso menos eficiente de la energía. Según Toledo y Llanes (2013), la inhibición de las proteasas se compensa por el aumento en la secreción de enzimas pancreáticas y, aunque el proceso digestivo podría concluirse bien, el costo energético para los peces podría ser alto, como resultado de la síntesis adicional de enzimas, aunque parte de la energía dietética no estaría disponible para el efecto de ahorro de PB necesario para el crecimiento.

Li y Lovell (1992) no encontraron diferencias entre 26, 32 y 38 % de PB, cuando el bagre americano se alimentó a saciedad en tanques, pero cuando se restringió la ración, los peces requirieron 38 % PB para máxima producción. Estos resultados coinciden con los de este trabajo y evidencian que los bagres se pueden alimentar con menos cantidad de ración, siempre que se suplan los niveles de PB requeridos por kilogramo de peso vivo.

La conversión alimentaria mejoró al aumentar los niveles de PB y utilizar igual cantidad de ración (tabla 3). Los incrementos de las concentraciones de PB en las raciones permitieron disminuir 300 g de alimento por cada kilogramo de ganancia de PV (tabla 2). Esto coincide con otros trabajos (Li y Lovell 1992, Cho y Lovell 2002) que mostraron que la eficiencia de la alimentación mejora, cuando se reducen las cantidades de alimento y se mantienen los consumos de PB en términos absolutos (gramos proteína por kilogramo de peso vivo) para no afectar el crecimiento.

Similar comportamiento presentó la eficiencia proteica (tabla 3), en la que se obtuvieron los mejores valores con los porcentajes más altos de PB. Esto evidencia que si los niveles de ED están de acuerdo con los tenores de PB, no hay desvío metabólico de proteína para fines energéticos. Además, estos resultados pueden estar respaldados por mejor calidad de la PB, al contar con mayor proporción de proteína de origen animal y mayor aprovechamiento de la ED.

La supervivencia (tabla 3) fue alta en todos los tratamientos (mayor que 95 %), por lo que la disminución

Table 3. Performance of productive indicators with experimental diets in young fish of *Clarias gariepinus*

Indicators	D-1 35 %	D-2 40 %	D-3 45 %	+ SE Sign
Supplied food (g/fish)	44.4	44.9	45.1	0.45 P=0.000
Supplied crude protein (g/fish)	16.1 <sup>a</sup>	18.0 <sup>b</sup>	20.4 <sup>c</sup>	0.34 P=0.0003
Final average weight (g)	35.5+1.49 <sup>c</sup>	42.8+1.49 <sup>b</sup>	54.1+1.52 <sup>a</sup>	P<0.0001
Feed conversion	1.5 <sup>c</sup>	1.2 <sup>b</sup>	0.9 <sup>a</sup>	0.06 P=0.0021
Protein efficiency	1.9 <sup>b</sup>	2.1 <sup>b</sup>	2.4 <sup>a</sup>	0.07 P=0.0071
Survival (%)	100	100	95.5	1.55 P=0.000

<sup>abc</sup>Different letters in the same row, statistically differ for P < 0.05 (Duncan 1955)

NS- Not significant

not influence on the size of the fishes that receive the food to satiety, but the amount of food is determinant in the variation of size of the American catfish in tanks. This coincides with the results of this study in African catfish, in which the size differences were favored by the restricted feeding regime to which the experimental fish were submitted.

It is important to point out that the variations of sizes of the animals can also be manifested by the physical presentation of the food, when the pellet size is not optimal for the growing stage. This was more evident in the fish. Whenever a restricted feeding regime is used, it is necessary to have rations that provide a number of pellets proportional to the amount of animals required to feed and a size according to the fish size (Galvao 2013, Toledo and Llanes 2013).

Generally, 32% of CP is the traditional level used in commercial catfish fattening concentrates, although there are practical experiences of using foods with lower CP tenors (25 and 28%) if fishes are fed to their satiety (Li and Lovell 1992). However, this can be inconvenient and costly for most farms, since the fish can be overfed and a lot of food is wasted, even though there is a careful and competent supplier. Besides, much fecal matter is generated which can affect water quality.

On the other hand, under the conditions of this experiment, with 45% CP and protein-energy rate of 115 mg / Kcal, it was possible, in the same amount of ration, to supply more CP and improve the productive indicators. This feeding regime can be recommended for water recirculation systems, characterized by high population densities. This would imply the supply of lower amounts of food and therefore, low organic matter generation, necessary for a good operation of the mechanical filters that the system has. However, a study of the quality of the effluents (total suspended solids and nitrogen and phosphorus compounds) of the tanks submitted to this feeding regime is recommended.

The economic analysis (table 4) showed that the diets with higher levels of CP had higher costs, due to the high prices of protein sources in the market (table 2), but the lowest amounts were obtained in the production of 1 kg of live weight. In addition, it is important to consider other savings for water, labor, electricity, mortality risks, when having a shorter culture time.

de la ración y los incrementos de concentraciones de PB en el alimento no fueron promotores de mortalidades ni variaciones en las tallas de los grupos que condujeran al canibalismo.

Diversos autores (Li y Lovell 1992, Cho y Lovell 2002, Galvao 2013) coinciden en afirmar que los niveles de proteína dietéticos no influyen en la variación de la talla de los peces que reciben la alimentación hasta la saciedad, pero la cantidad de alimento sí es determinante en la variación de talla de los bagres americanos en tanques. Esto coincide con los resultados de este trabajo en bagres africanos, en los que las diferencias de talla se propiciaron por el régimen de alimentación restringida a que se sometieron los peces del experimento.

Es importante señalar que las variaciones de las tallas de los animales también se pueden manifestar por la presentación física del alimento, cuando el tamaño del pellet no es el óptimo para la etapa de cultivo. Esto se evidenció más en el alevinaje. Siempre que se utilice un régimen de alimentación restringido, es necesario contar con raciones que proporcionen un número de pellets proporcional a la cantidad de animales que se requiere alimentar y un tamaño acorde a la talla del pez (Galvao 2013, Toledo y Llanes 2013).

Generalmente, 32 % de PB es el nivel tradicional que se utiliza en los concentrados comerciales para el engorde de bagres, aunque se tienen experiencias prácticas de que se pueden utilizar alimentos con tenores de PB más bajos (25 y 28 %), si los peces se alimentan hasta la saciedad (Li y Lovell 1992). Sin embargo, esto puede ser inconveniente y costoso para la mayoría de las granjas, ya que el pez se puede sobrealimentar y se derrocha mucho alimento, a pesar de que se cuente con un suministrador cuidadoso y competente. Además, se genera mucha materia fecal que puede afectar la calidad del agua.

Por el contrario, en las condiciones de este experimento, con 45 % PB y tasa de proteína-energía de 115 mg/Kcal, se logró, en igual cuantía de ración, suministrar mayor cantidad de PB y mejorar los indicadores productivos. Este régimen de alimentación se puede recomendar para los sistemas de recirculación de agua, caracterizados por altas densidades poblacionales. Esto implicaría el suministro de menores cantidades de alimento y por tanto, menos generación de materia orgánica, necesaria para un buen funcionamiento de los filtros mecánicos que tiene el sistema. No obstante, se recomienda un estudio de la calidad de los efluentes (sólidos suspendidos totales y compuestos nitrogenados y fosforados) de los tanques sometidos a este régimen de alimentación.

Table 4. Economic analysis with experimental diets in Clarias

Indicators	D-1 35 %	D-2 40 %	D-3 45 %
Cost (US \$/kg)	0.857	0.977	1.088
Cost for a kg of live weight (US \$/kg)	1.285	1.172	0.979
Saving (US \$/kg)	-	0.113	0.306

The results of this study showed that the reduction of the ration with the increase of dietary protein levels and the maintenance of CP intakes in absolute terms required by the species favored a better productive performance of *Clarias gariepinus*, with a positive economic effect.

El análisis económico (tabla 4) mostró que las dietas con mayores niveles de PB tuvieron mayores costos, debido a los altos precios de las fuentes proteicas en el mercado (tabla 2), pero se obtuvieron los menores montos en la producción de 1 kg de peso vivo. Además, es importante considerar otros ahorros por concepto de gasto de agua, mano de obra, electricidad, riesgos por mortalidad, al tener un menor tiempo de cultivo.

Los resultados de este trabajo evidenciaron que la reducción de la ración con el incremento de los niveles de proteína dietética y el mantenimiento de los consumos de PB en términos absolutos requeridos por la especie propiciaron mejor desempeño productivo de *Clarias gariepinus*, con efecto económico positivo.

### References

- Cho, S. H. & Lovell, R. T. 2002. "Variable feed allowance with constant protein input for channel catfish (*Ictalurus punctatus*) cultured in ponds". *Aquaculture*, 204(1-2): 101-112, ISSN: 0044-8486, DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00645-7.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2001. InfoStat. version 2001, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Duncan, D. B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Galvao, I. E. 2013. Responses of variable size catfish to full feeding and restricted feeding of diets of two nutrient concentrations in pond. M.Sc. Thesis, Auburn University, Auburn, AL, USA, 92 p.
- Guillaume, J. 1999. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. (ser. Du labo au terrain), Paris, France: Institut National de la Recherche Agronomique, 489 p., ISBN: 978-2-7380-0810-7, Available: <[https://books.google.fr/books/about/Nutrition\\_et\\_alimentation\\_des\\_poissons\\_e.html?id=IhVpphVwII0C&hl=es](https://books.google.fr/books/about/Nutrition_et_alimentation_des_poissons_e.html?id=IhVpphVwII0C&hl=es)>, [Consulted: November 23, 2016].
- IndexMundi. 2016. Fish meal Price Indices. IndexMundi - Country Facts, Available: <<http://www.indexmundi.com/Commodities/?commodity=fish-meal>>, [Consulted: January 23, 2016].
- Latimer, G. W. 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].
- Li, M. & Lovell, R. T. 1992. "Comparison of satiate feeding and restricted feeding of channel catfish with various concentrations of dietary protein in production ponds". *Aquaculture*, 103(2): 165-175, ISSN: 0044-8486, DOI: 10.1016/0044-8486(92)90410-M.
- Llanes, J. E., Toledo, J. & Romero, C. 2014. "Determinación de requerimientos de proteína en términos absolutos en *Clarias gariepinus* con alimento semihúmedo". *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 31(2): 12-17, ISSN: 0138-8452.
- Toledo, J. & Llanes, J. 2013. "Alternativas para la alimentación de organismos acuáticos". In: Depello, G., Witchinsky, E. & Wicki, G., Nutrición y Alimentación para la Acuicultura de Recursos Limitados, Buenos Aires, Argentina, p. 57.
- Toledo, J., Llanes, J. & Lazo de la Vega, J. 2011. "El Clarias. ¿Una amenaza para el ecosistema cubano?". *AcuaCUBA*, 13(1): 5, ISSN: 1608-0467.
- Toledo, J., Llanes, J. & Romero, C. I. 2014. "Sustitución de harina de pescado por harina de subproductos de aves en alevines de *Clarias gariepinus*". *AcuaCUBA*, 16(2): 5, ISSN: 1608-0467.
- Tomás, A., Martínez, L. L. S., López, J., Moñino, A. V. & Jover, M. 2002. "Determinación de la digestibilidad de piensos extrusionados según el nivel y fuente proteica en la Tilapia *Oreochromis niloticus*". In: I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, Zaragoza, España: Universidades de Zaragoza, Available: <<http://www.civa2002.org>>, [Consulted: February 5, 2016].

**Received: May 30, 2016**