

Determinación de requerimientos de proteína en términos absolutos en *Clarias gariepinus* con alimento semihúmedo

Protein requirements in absolute terms determination in *Clarias gariepinus* with semi-humid food

José E. Llanes Iglesias, José Toledo Pérez y Clara Romero Menéndez

Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas. Carretera Central km 20 ½,
Loma de Tierra, Cotorro, La Habana, Cuba, E-mail: jose@edta.alinet.cu

RESUMEN

Mediante modelos de clasificación simple con tres repeticiones, se determinaron los requerimientos de proteína bruta (PB) en términos absolutos en *Clarias gariepinus* para las etapas de 10 a 30 g de peso medio (2,0; 2,45 y 2,8 g de PB por kg de peso vivo, PV) y de 150 a 200 g (1,0 y 1,4 g PB/kg PV) con alimento semihúmedo, así como dos densidades de siembras (1,5 y 3,0 kg/m³) para el primer rango con alimentación *ad-libitum*. Se encontraron pesos finales de 29,5 g en 30 días con 2,8 g PB/kg PV que no difirieron de 2,45 g PB/kg PV (26,7 g) pero sí de 2,0 g PB/kg PV (24,2 g). La eficiencia alimentaria (EA) no se afectó entre los tratamientos (2,1; 2,1 y 2,2) y la productividad fue mayor ($p < 0,001$) para 2,8 g PB/kg PV. Para 1,4 g PB/kg PV se lograron pesos finales de 218,2 g en 15 días que difirieron de 1,0 g PB/kg PV (196,4 g). La EA no presentó diferencias significativas (2,4 y 2,5) y la productividad fue mayor ($p < 0,05$) para 1,4 g PB/kg PV. La densidad de 3,0 kg/m³ con alimentación *ad-libitum* propició menor crecimiento (27,0 y 31,7 g), pero mejor conversión alimentaria (1,8 y 2,4) y productividad (8,27 y 4,82 kg/m³) y los pesos finales se alcanzaron en 15 días. Se concluyó que los mejores indicadores productivos fueron 2,8 g PB/kg PV para el primer intervalo de pesos, 1,4 g PB/kg PV para el segundo y la densidad de 3,0 kg/m³.

Palabras clave: alimentación, clarias, requerimientos de proteína.

ABSTRACT

According to models of simple classification with three repetitions, the requirements of crude protein (CP) in absolute terms in *Clarias gariepinus* of 10 to 30 g of mean weight (2,0; 2,45 and 2,8 g of CP by kg of live weight, LW) and of 150 to 200 g (1,0 and 1,4 g CP/kg LW) with semi-humid food were determined, as well as two stocking densities (1,5 and 3,0 kg/m³) for the first range of weight with feeding *ad-libitum*. The results showed final weight of 29,5 g in 30 days with 2,8 g CP/kg LW that didn't differ of 2,45 g CP/kg LW (26,7 g) but if of 2,0 g CP/kg LW (24,2 g). The food efficiency (FE) was not affected among the treatments (2.1, 2,1 and 2,2) and the productivity was bigger ($p < 0,001$) for 2,8 g CP/kg LW. For 1,4 g CP/kg LW were achieved final weight of 218,2 g in 15 days that differed of 1,0 g CP/kg LW (196,4 g). The FE didn't present significant differences (2,4 and 2,5) and the productivity was bigger ($p < 0,05$) for 1,4 g CP/kg LW. The density of 3,0 kg/m³ with feeding *ad-libitum*, propiated smaller growth (27,0 and 31,7 g), but better food conversion (1,8 and 2,4) and productivity (8,27 and 4,82 kg/m³) and the final weight were reached in single 15 days. As conclusions, the best productive indicators were 2,8 g CP/kg LW for the first interval of weight, 1,4 g CP/kg LW for the second and the density of 3,0 kg/m³.

Keywords: feeding, clarias, requirement of protein.

INTRODUCCIÓN

Los requerimientos para alimentar peces comerciales normalmente se basan en las necesidades de proteína bruta (PB) y energía, que se calculan para el mantenimiento y la ganancia de peso corporal y aunque es posible separar estos requerimientos, el alimento total que se adiciona es de mayor interés cuando se quiere optimizar la relación alimento ingerido/ganancia en peso. Tal optimización depende de los conocimientos que se tenga de la "reacción de los animales" a diferentes niveles de alimentación.

La cantidad de alimento diario a suministrar se calcula según el peso corporal del animal, que se establece mediante tablas incluidas en los Procedimientos Operacionales de Trabajo (POT). Un estudio de Llanes *et al.* (2012) demostraron que los niveles de alimentación en el POT para el cultivo intensivo del pez gato africano *Clarias gariepinus* (Elizarde *et al.*, 2010), fueron insuficientes, más cuando no siempre se dispone del mismo tipo de alimento (pienso comercial vegetal y los subproductos pesqueros y cárnicos), al considerar que los dos últimos contienen bajos porcentajes de materia seca (MS), que en ocasiones resulta difícil a los productores el cálculo de la MS y proteína bruta (PB) para cubrir las necesidades diarias de los peces.

El objetivo de este trabajo fue determinar los requerimientos de proteína en términos absolutos (g de PB por kg de peso vivo, PV) en *Clarias gariepinus* para los rangos de peso de 10 a 30 g y de 150 a 200 g, al utilizar alimento semihúmedo, así como dos densidades de siembra para la primera categoría con alimentación *ad-libitum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA). Se utilizaron recipientes circulares de cemento de 68 L con un flujo de agua de 0,3 L/min las 24 h. Diariamente se midieron la temperatura y el oxígeno disuelto con un Oxímetro HANNA y el pH con un peachímetro de igual marca.

Mediante modelos de clasificación simple con tres repeticiones se realizaron tres bioensayos; el primero fue para determinar el requerimiento de PB en la etapa de 10 a 30 g de peso medio. Se utilizaron un total de 135 alevines de *Clarias gariepinus* ($10,0 \pm 0,06$ g peso promedio inicial), distribuidos en nueve recipientes (15 animales por cada uno). Las tasas de adición de alimento se calcularon en función de las necesidades de PB en términos absolutos que se evaluaron y fueron las

siguientes: 2,00 g de PB/kg de PV equivalente al 10 % del peso corporal por día, según POT (control); 2,45 g de PB/kg de PV (12 %) (T-I); 2,8 g de PB/kg de PV (14 %) (T-II). Los alimentos se suministraron en dos raciones diarias (9:00 y 16:00 h) hasta alcanzar 30 g de peso medio.

En el segundo experimento se valoraron dos densidades poblacionales con una alimentación *ad-libitum* donde se emplearon 90 alevines de *Clarias gariepinus* ($10,0 \pm 0,09$ g peso promedio inicial) distribuidos en seis recipientes: tres tuvieron diez peces ($1,5 \text{ kg/m}^3$) (T-III) y el resto 20 ($3,0 \text{ kg/m}^3$) (T-IV). La alimentación fue dos veces al día (9:00 y 16:00 h) hasta alcanzar los 30 g de peso medio.

Para el tercer bioensayo, un total de 90 juveniles de *Clarias gariepinus* ($150,0 \pm 0,10$ g de peso promedio inicial) se ubicaron en seis recipientes (15 peces por cada uno). Se evaluaron dos tasas de adición de alimento, 5 % del peso corporal por día (1,0 g PB/kg PV) como control (T-V) y 7 % (1,4 g de PB/kg de PV) (T-VI). Los alimentos se suministraron en dos raciones diarias (9:00 y 16:00 h), hasta que los animales alcanzaron 200 g de peso medio final.

Para los tres bioensayos se utilizó una dieta semihúmeda (TABLA 1) preparada con silo de subproductos cárnicos y pienso comercial vegetal (TABLA 2), los cuales se mezclaron en una mezcladora Hobart M-600 por 10 min y posteriormente se peletizaron en un molino JAVAR 32. Los pellets de 3 mm de diámetros se almacenaron en un recipiente herméticamente cerrado a -10 °C.

TABLA 1. Composición porcentual y química de la dieta semihúmeda

Ingredientes	g/100 g
Ensilado cárnico	50
Pienso comercial vegetal	50
Total	100
	g/100 g MS
Materia seca	59,2
Proteína bruta	34,9
Energía digestible kcal/kg MS	2 871

El silo cárnico se elaboró con pulmones e intestinos delgados del beneficiado de cerdos que se molieron en un molino de carne a un tamaño de 1 cm y se ensilaron con 2 % de ácido sulfúrico 98 % (Llanes *et al.*, 2011), almacenándose por siete días.

Los análisis químicos a la muestra de alimento se realizaron triplicados y de acuerdo con los métodos descritos por la AOAC (1995) y la energía digestible (ED)

se calculó con los siguientes coeficientes calóricos: 3,00 kcal/g para carbohidratos (no leguminosa) y 2,00 (leguminosa), 4,25 proteína animal, 3,80 proteína vegetal y 8,00 para lípidos (Pezzato *et al.*, 2001).

TABLA 2. Composición porcentual y química del alimento comercial vegetal

Ingredientes	g/100 g
Harina de soya	50
Harina de maíz	20
Salvado de trigo	23
Aceite vegetal	3
Fosfato dicálcico	3
Premezcla de Vit.-Min.	1
Total	100
Humedad	11,2
Proteína bruta	26,6
Extracto etéreo	4,9
Energía digestible (kcal/kg)	2 450,2

Cada 15 días se realizó un muestreo para el ajuste de la ración y al final se realizó un pesaje individual a los animales para el cálculo de los siguientes indicadores productivos: Proteína ofrecida = Proteína añadida/ Número de animales finales; Peso medio final (PF); Factor de Conversión Alimentaria (FCA) = Alimento añadido/ Ganancia peso; Eficiencia Proteica = Ganancia en peso/ Proteína suministrada; Supervivencia = No. Animales finales/No. Animales iniciales x 100, Productividad = Biomasa final/Volumen del recipiente. Se probaron los supuestos de normalidad y homogeneidad y se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y en el caso necesario la comparación de medias se docimó según Duncan por medio del software estadístico INFOSTAT versión 1.0 (Balzarini *et al.*, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período que se realizaron los bioensayos, la temperatura del agua osciló de 26,1 a 27,6 °C y el oxígeno de 3,1 a 5,0 mg/L; el nivel de amonio se monitoreó y se mantuvo en niveles de 0,02 mg/L a través de la circulación de agua. Estos valores están acordes con los que citaron Toledo *et al.* (2012) para un buen comportamiento productivo de la especie.

En el primer bioensayo, a los 30 días se encontraron pesos medios finales de 29,5 g en el T-II (TABLA 3), que se correspondieron con el mayor nivel

de PB (2,8 g PB/kg PV) y a pesar que fueron mayores a los de T-I (2,45 g PB/kg PV) no presentaron diferencias significativas. El PF más desfavorecido fue para el control, a quienes se les suministró la menor cantidad de PB (2,0 g PB/kg PV). Por su parte, la proteína bruta ofrecida mostró diferencias significativas ($p < 0,001$) entre los tratamientos experimentales y se atribuyó a las cantidades que se adicionaron.

Los indicadores de eficiencia alimentaria (FCA y EP) y la supervivencia no difirieron significativamente (TABLA 3); en cambio, la productividad fue superior ($p < 0,001$) para T-II con el mayor consumo de PB.

Estos resultados llevan a sugerir que para el primer rango de la preceba (de 10 a 30 g de peso medio) con alimento semihúmedo a base de silos cárnicos, es recomendable adicionar 2,8 g PB/kg PV que permitirá incrementos diarios de 0,65 g para 30 días de cultivo y mayor productividad.

Por su parte, Dai *et al.* (2011) obtuvieron igual intervalo de pesos en solo 15 días con 0,87 g PB/kg PV que ajustaron cada tres días, pero utilizaron un alimento comercial flotante para bagres de 35 % de PB (min) y 5 % grasa (min) de la Cía. de Alimentos Tianxiang. Ltd., Tianjin, China, que por cálculos que se realizaron, el consumo de PB por animal fue 2,36 g, muy inferior a los de este trabajo.

Esa diferencia se atribuye a que la proteína del alimento semihúmedo fue 65 % de origen vegetal y el 35 % procedentes de los subproductos cárnicos. La reducción del valor nutritivo de las proteínas vegetales en alimentos para peces por la presencia de factores antinutricionales, es un hecho bien documentado (El-Sayed *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2003). De estos, los más relevantes son los inhibidores de proteasas de origen proteico, que tienen la capacidad de inhibir la actividad proteolítica de los aparatos enzimáticos del tracto digestivo de los peces, lo cual reduce la digestibilidad total de la proteína dietética.

Además, se sabe que el proceso de extrusión tiene un efecto significativo en la inactivación de los factores antinutricionales lábiles al calor, presentes en los ingredientes vegetales, y mejora una parte de los carbohidratos por la gelatinización de los almidones, lo que puede incrementar la disponibilidad de energía para el metabolismo de los peces. No así en este trabajo que las raciones se elaboraron de forma artesanal.

Un trabajo de El-Sayed *et al.* (2000) sobre la inhibición de las proteasas digestivas por varias harinas vegetales (harina de soya, gluten de maíz y salvado de trigo) en tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*), encontraron que estos peces mostraron gran sensibilidad a los inhibidores de las proteasas presentes en estos alimentos, lo cual fue sorprendente por los hábitos herbívoros de esta especie. De esta forma, debe ocurrir en los bagres que tienen hábitos omnívoros con tendencias carnívoras.

TABLA 3. Comportamiento de los alevines de *Clarias gariepinus* alimentados con diferentes cantidades de proteína bruta en el primer bioensayo

Indicadores	Control ¹ (2,0)	T-I ¹ (2,45)	T-II ¹ (2,8)	± EE Sign
Peso medio final (g)	24,2 ± 1,0 ^b	26,7 ± 0,9 ^{ab}	29,5 ± 0,9 ^a	***
Proteína bruta ofrecida (g/pez)	6,3 ^c	7,5 ^b	9,4 ^a	0,16 ***
Factor Conversión Alimentaria	2,1	2,1	2,2	0,05
Tasa de Eficiencia Proteica	2,2	2,3	2,3	0,06
Supervivencia (%)	91,1	97,7	93,3	2,34
Productividad (kg/m ³)	4,4 ^c	5,0 ^b	5,8 ^a	0,09 ***

^{abc} Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente para $p < 0,05$ según Duncan

$p < 0,001$ ***

¹ g de proteína bruta/kg de peso vivo

En el segundo bioensayo se obtuvieron pesos medios finales de $31,7 \pm 1,1$ g a los 15 días de cultivo (alimentación *ad-libitum*) en el T-III, que se corresponde con el mayor consumo de PB por animal ($p < 0,01$) y la menor densidad de siembra respecto a T-IV (TABLA 4).

TABLA 4. Comportamiento productivo de alevines de *Clarias gariepinus* con dos densidades poblacionales y alimentados *ad-libitum*

Indicadores	T-III (1,5 kg/m ³)	T-IV (3,0 kg/m ³)	± EE Sign
Peso medio final (g)	31,7 + 1,1	27,0 + 0,8	**
Consumo proteína bruta (g/pez)	12,2	8,2	0,9 ***
Factor Conversión Alimentaria	2,3	1,8	0,03 ***
Tasa de Eficiencia Proteica	2,04	2,68	0,04 ***
Supervivencia (%)	96,6	96,6	2,04
Productividad (kg/m ³)	4,82	8,27	1,13 ***

$p < 0,01$ **

$p < 0,001$ ***

Como era de esperar, la mayor ganancia de peso diario (g/día) se alcanzó con la alimentación *ad-libitum* (1,6 para T-III y 1,3 para T-IV), respecto al régimen restringido (0,55 para T-II y 0,65 para T-III) en peces de igual peso inicial, lo cual se atribuye a las cantidades de alimento que se suministraron por día que representó alrededor del 49 % del peso corporal por día para los animales de T-III y el 31,4 % para T-IV, respecto al primer bioensayo (10; 12 y 14 % del peso corporal/día).

Esto reafirma los comentarios de Marimutho *et al.* (2010), que plantearon que las clarias pueden consumir grandes cantidades de alimento durante cada comida y si tal esquema se prolonga por un período largo de tiempo, conduce a incrementar la capacidad gastrointestinal y la hiperfagia.

Es importante señalar los altos consumos de PB por animal que fueron necesarios con dietas artesanales (TABLA 4) respecto a los que necesitaron Dai *et al.* (2011) de 2,36 g para lograr el mismo peso final en 15 días, aspecto que se puede relacionar con una menor digestibilidad total de las dietas semihúmedas por las razones que se explicaron anteriormente.

El factor de conversión del alimento mejoró significativamente ($p < 0,001$) en los animales que se encontraron en mayor hacinamiento (T-IV), donde la eficiencia en la utilización de la proteína dietética fue superior (TABLA 4). Esto corroboró otros estudios que

consignaron la efectividad del cultivo de clarias a altas densidades por una menor agresividad entre los individuos (Toko *et al.*, 2007; Jamabo & Keremah, 2009), aspecto importante, pues la defensa territorial, el desarrollo de jerarquías y la dominación individual en los peces conduce a una mayor mortalidad y un costo de energía alto que se podría utilizar para el crecimiento.

Los FCA que se obtuvieron con alimentación a saciedad (TABLA 4) tienen cierta similitud con los del régimen restringido (TABLA 3), lo que indica que el consumo de alimento no deteriora el FCA, pero fue el factor limitante del crecimiento y la productividad como se reportó en otros estudios con tilapias rojas *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* (Fatan *et al.*, 2005) y *Clarias gariepinus* (Marimutho *et al.*, 2010).

La supervivencia no difirió entre las densidades que se estudiaron, mientras que la productividad se favoreció ($p < 0,001$) con la densidad más alta (T-IV).

Los resultados revelaron la potencialidad de crecimiento de la especie y sus posibilidades de explotación a altas densidades con alimentos de altas concentraciones de proteína.

Por otra parte, el tercer bioensayo tuvo una duración de 15 días, donde los mayores pesos finales ($p < 0,01$) se alcanzaron en los peces del T-VI que consumieron mayor cantidad de PB (1,4 g PB/kg PV) (TABLA 5).

TABLA 5. Comportamiento productivo de *Clarias gariepinus* alimentados con diferentes cantidades de proteína bruta

Indicadores	T-V ¹ (1,0)	T-VI ¹ (1,4)	± EE Sign
Peso medio final (g)	196,4	218,2	2,34 **
Proteína bruta ofrecida (g/pez)	24,1	34,1	2,88 ***
Factor Conversión Alimentaria	2,5	2,4	0,09 NS
Tasa de Eficiencia Proteica	1,9	2,0	0,10 NS
Supervivencia (%)	100	100	-
Productividad (kg/m ³)	30,05	32,3	0,9 *

$p < 0,05^*$ $p < 0,01^{**}$ $p < 0,001^{***}$
¹ gramos de proteína bruta/kg de peso vivo

En relación con la eficiencia alimentaria (FCA y TEP), no se afectó por una adición de mayor cantidad de alimento, al igual que la supervivencia. Sin embargo, la productividad fue mayor para T-II. Estos resultados sugieren alimentar peces de 150 a 200 g con 1,4 g PB/kg PV.

Según los datos que se obtuvieron en este trabajo, la determinación de los requerimientos óptimos de PB en términos absolutos están determinados por el contenido nutricional que se formuló, la calidad (composición química y digestibilidad) de las materias primas y las tecnologías

o procesos de control en la fabricación del pellet (peletización, extrusión); además de otros factores también importantes como las condiciones hidroquímicas del agua y el manejo integral del estanque.

Este estudio tiene gran importancia por la poca información e investigaciones disponibles que existen sobre balance alimentario que puede contribuir con una mayor eficiencia en el cultivo de clarias, una vez que el alimento representa los mayores costos de producción.

CONCLUSIONES

1. Para los inicios de la preceba (10 a 30 g de peso), los mejores indicadores productivos fueron con 2,8 g PB/kg PV y para la ceba (150 a 200 g de peso) 1,4 g PB/kg PV.
2. La densidad de 3 kg/m³ proporcionó menores crecimientos, pero mayor eficiencia alimentaria y productividad, respecto a 1,5 kg/m³.

REFERENCIAS

- AOAC (1995). *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist* (16th ed., 1018 pp.). Washington, D.C.: AOAC.
- Balzarini, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., González, I. A., Robledo, C. W. & Tablada, M. E. (2001). Software estadístico INFOSTAT. *Manual de usuario*. Córdoba, Argentina.
- Dai, W., Wang, X., Guo, Y., Wang, Q. & Jinhong, M. (2011). Growth performance, hematological and biochemical responses of African catfish (*Clarias gariepinus*) reared at different stocking densities. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (28), 6177-6182.
- Elizarde, S., Gutiérrez, D., Díaz, G. & Riera, J. (2010). *Procedimientos operacionales de trabajo para el cultivo intensivo del pez gato africano* (2^a ed.). Ministerio de la industria Alimentaria. La Habana, Cuba.
- El-Sayed, A. M., Martínez, I. & Moyano, F. J. (2000). Assessment of the effect of plant inhibitors on digestive proteases of Nile tilapia using *in vitro* assays. *Aquaculture International*, 8, 402-408.
- Fatan, N. A., Hashim, A. & Chong, A. (2005). Enhancement of monosex hybrid red tilapia, *Oreochromis mossambicus* X *O. niloticus*, production in portable canvas tanks through mixed feeding strategies. *Journal of Applied Aquaculture*, 17 (4), 99-111.
- Jamabo, N. A. & Keremah, R. I. (2009). Effects of stoking density on the growth and survival of fingerlings of *Clarias gariepinus*. *J. of Fisheries International*, 4, 55-59.
- Llanes, J., Toledo, J. & Lazo de la Vega, J. M. (2011). Efecto de dos alimentos en el desempeño productivo de *Clarias gariepinus* en tanques de cemento. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 28 (1), 24-29.
- Llanes, J. & Toledo, J. (2012). Efecto de diferentes niveles de alimentación para *Clarias gariepinus* en preceba. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 29 (1), 12-17.
- Marimuthu, K., Cheen, A. C., Muralikrishnan, S. & Kumar, D. (2010). Effect of Different Feeding Frequency on the Growth and Survival of African Catfish (*Clarias gariepinus*) Fingerlings. *Advances in Environmental Biology*, 4 (2), 187-193.
- Pérez, J., Wicki, G., Moyano, J. & Alarcón, J. (2003). Evaluación del efecto de inhibidores de proteasas presentes en ingredientes vegetales utilizables en piensos para dos especies piscícolas cultivadas en argentina; Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y Pejerrey (*Odontesthes bonaerensis*). III Congreso Internacional Virtual de Acuicultura CIVA 2003. España.
- Pezzato, L., Castagnolli, N. & Rossi, F. (2001). *Nutrición y alimentación de peces. Manual No. 295. Serie de Acuicultura* (72 pp.). Centro de Producciones Técnicas. Vicoso – Minas Gerais.
- Toledo, J., Llanes, J. & Lazo de la Vega, J. M. (2012). El Clarias: ¿Una amenaza para el ecosistema cubano? Disponible en: <http://bva.fao.cu/Depósito de documentos de la Representación de la FAO-Cuba>.
- Toko, I., Fiogbe, E., Koukpode, B. & Kestemont, P. (2007). Rearing of African catfish (*Clarias gariepinus*) and vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*) in traditional fish ponds (whedos): Effect of stocking density on growth, production and body composition. *Aquaculture*, 262, 65-68.