

Efecto del nivel de proteína sobre el crecimiento del yaque *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) bajo condiciones de cultivo

Effect of protein level on growth of yaque *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) under farming conditions

Efeito do nível de proteína no crescimento do yaque *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870), sob condições de cultivo

Ricardo Murillo-Pacheco^{1*}, Nubia E. Cruz-Casallas^{2*}, Juan A. Ramírez-Merlano^{3*},
Lili J. Marciales-Caro^{4*}, Víctor M. Medina-Robles^{5*}, Pablo E. Cruz-Casallas^{6*}

¹ MVZ, Esp, MSc

² Ingeniera Agrónoma, Esp, MSc

³ Profesional en Acuicultura, MSc

⁴ Bióloga, MSc

⁵ MVZ, MSc

⁶ MVZ, MSc, PhD

* Grupo de Investigación sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos GRITOX, Instituto de Acuicultura, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos
Email: pecrucasallas@unillanos.edu.co

Recibido: marzo 28 de 2012

Aceptado: noviembre 22 de 2012

Resumen

El yaque *Leiarius marmoratus* ha sido considerada una especie de fácil adaptación al consumo de alimentos secos y por lo tanto con potencial para acuicultura; sin embargo, su comportamiento productivo bajo condiciones de cultivo aún no ha sido suficientemente evaluado. En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue estudiar la ganancia total de peso (GP), la ganancia diaria de peso (GDP), la conversión alimenticia (CA), la tasa de crecimiento específica (TCE), el factor de crecimiento relativo (FCR) y la sobrevivencia bajo condiciones de cultivo en estanques de tierra, alimentándolo con tres diferentes niveles de proteína bruta (PB) en la dieta (24%, 30% y 34 %). Para este propósito fueron seleccionados juveniles de 3.5 ± 2.9 g de peso y 6.6 ± 1.5 cm de longitud total y sembrados en estanques en tierra (400 m² aproximadamente) a una densidad de 1 individuo/m². Se midió mensualmente, durante 150 d de cultivo, el peso corporal (g) y la longitud total (cm). El alimento fue suministrado tres veces al día, a las 07:00, 17:00 y 20:00 horas. Al finalizar el ensayo, de tres individuos de cada tratamiento se tomó una muestra de músculo dorsal (c.a. 400 g), la cual fue conservada a -20 °C para posteriormente determinar los porcentajes de proteína cruda, materia seca, cenizas y extracto etéreo. La longitud fue mayor ($P < 0.05$) en aquellos animales que recibieron 34% de PB; igualmente se observaron diferencias significativas en el peso corporal final ($P < 0.05$) y en la longitud total por efectos del nivel de PB ofrecido. La CA fue mayor para el T3 (1.92), pero mostró diferencia significativa ($P < 0.05$) sólo con el T1. Con base en los resultados se concluye que el nivel de PB de la dieta afecta el desempeño productivo del yaque, presentándose los más altos índices productivos cuando se ofrecen dietas con el 24% de PB.

Palabras clave: Alimentación, *Leiarius marmoratus*, piscicultura, siluriformes.

Abstract

The yaque *Leiaris marmoratus* has been considered a species of easy adaptation to the dry food consumption and therefore with potential for aquaculture; however, their behavior under fish farming conditions has not been sufficiently evaluated. Therefore, the aim of this work was to study the total weight gain (WG), daily gain (ADG), feed conversion (FC), specific growth rate (TCE), relative growth factor (FCR) and survival under farming conditions, feeding with three levels of crude protein in the diet (24%, 30% and 34%). For this purpose were selected juveniles of 3.5 ± 2.9 g and 6.6 ± 1.5 cm in length, grown in earthen ponds (400m^2 approximately) at a density of 1 individual/ m^2 . Was measured monthly during 150 days of culture, body weight (g) and total length (cm). Food was supplied three times a day at 7:00, 17:00 and 20:00 h. At the end of each treatment trial took three copies of a sample of dorsal muscle (c.a. 400 g), which were stored at -20°C to determine crude protein (%), dry matter (%), ash (%) and ether extract (%). The length was greater ($P < 0.05$) in those animals receiving 34% of crude protein (PC). Like wise, significant differences in final body weight ($P < 0.05$) and the total length, the effect of the level of PB offered. The CA was higher for T3 (1.92), showing only significant difference in T1 ($P < 0.05$). Based on these results we conclude that the level of PB in the diet has an effect on the productive performance of acacia, presenting the highest production rates when offered diets with 24% PB.

Key words: Food, *Leiaris marmoratus*, Fish farming, siluriformes.

Resumo

O yaque *Leiaris marmoratus* tem sido considerada uma espécie de fácil adaptação ao consumo de ração seca e, pelo conseguinte, com potencial para aqüicultura; no entanto, seu comportamento sob condições de cultivo não tem sido suficientemente avaliado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o ganho de peso total (GT), ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA), taxa de crescimento específico (TCE), fator de crescimento relativo (FCR) e sobrevivência sob condições de cultivo e alimentados com três diferentes níveis de proteína bruta (PB) na dieta (24%, 30% e 34%). Para este propósito foram selecionados juvenis de 3.5 ± 2.9 g e 6.6 ± 1.5 cm de comprimento, cultivados em viveiros (400m^2 aproximadamente) a uma densidade de um indivíduo/ m^2 . Mensalmente, durante os 150 d de cultivo, foi medido o peso corporal (g) e o comprimento total (cm). O alimento foi fornecido três vezes ao dia às 07:00, 17:00 e 20:00 h. Ao final do ensaio, de cada tratamento foi tomada uma amostra de músculo dorsal de três animais (c.a 400 g), as quais foram armazenadas a -20°C para determinar os percentagens de proteína bruta, matéria seca, cinzas e extrato etéreo. O comprimento foi maior ($P < 0.05$) nos animais que receberam 34% de PB. Da mesma forma houve diferenças significativas no peso corporal final ($P < 0.05$) e no comprimento total, pelo efeito do nível de PB fornecido. A CA foi maior no T3 (1.92), mostrando apenas diferença significativa com T1 ($P < 0.05$). Baseado nestes resultados conclui-se que o nível de PB na dieta tem efeito sob o desempenho produtivo de yaque, apresentando as maiores taxas de produção quando ofereceu dietas com 24% de PB.

Palavras chave: Alimentação, *Leiaris marmoratus*, piscicultura, siluriformes.

Introducción

En Colombia, la producción acuícola se basa fundamentalmente en el cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*, tilapia *Oreochromis sp.*, trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* y cachama blanca *Piaractus brachyomus* (Espinal *et al.*, 2005); sin embargo, la creciente demanda de carne de pescado para consumo humano crea la necesidad de estudiar nuevas especies ícticas con potencial para fortalecer y diversificar la acuicultura nacional, entre las cuales se encuentra el yaque *Leiaris marmoratus*, siluriforme considerado con alto potencial para cultivo comercial, que habita las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas (Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez, 1997; Castillo, 2001).

El yaque *L. marmoratus*, presenta características que le confieren potencial para ser incorporado a la piscicul-

tura, tales como la calidad de su carne, caracterizada por ausencia de espinas intramusculares y de textura y sabor de apreciable valor gastronómico. Desde 1986 la especie se ha logrado reproducir en cautiverio (Escobar y Mojica, 1997; Mora y Kossowski, 2006), permitiendo la producción de alevinos a pequeña escala a partir de individuos silvestres y nacidos en cautiverio (Mora, 2003; Mora y Kossowski, 2006). Otros autores han contribuido al perfeccionamiento de los protocolos para inducir y controlar la reproducción en cautiverio (Medina-Robles *et al.*, 2008; Mira *et al.*, 2008), al conocimiento del desarrollo embrionario (Zapata-Berruecos *et al.*, 2008) y al manejo de su primera alimentación (Ramírez-Merlano *et al.*, 2010).

Uno de los mayores desafíos en el cultivo de larvas y juveniles de peces es el acostumbamiento a dietas secas comerciales (Coelho, 2005), así como el desa-

rollo de protocolos de alimentación, los cuales son considerados factores críticos especialmente en los siluriformes, debido a sus exigencias nutricionales y a sus hábitos alimenticios piscívoros durante estas etapas de desarrollo.

En los sistemas de producción de carácidos la mayoría de piscicultores adoptan sistemas semi-intensivos para obtener juveniles, sembrando los alevinos directamente en los estanques después del inicio de la alimentación exógena (Jomori *et al.*, 2003); sin embargo, en el caso de los bagres, inicialmente debe realizarse un acostumbamiento gradual al consumo de dietas secas comerciales, posteriormente un periodo de pre-engorde, para finalmente realizar la etapa de engorde propiamente dicho.

El crecimiento ha sido una de las variables más frecuentemente evaluadas en los estudios sobre comportamiento productivo de los peces, debido a que constituye un buen indicador de la salud de los individuos y de las poblaciones. Esta variable está determinada principalmente por la cantidad y calidad del alimento ingerido, así como por las características físicas y químicas del agua (Jover, 2000). Otros factores, tales como la cantidad y calidad de la proteína en la dieta, el nivel de energía no proteica y la tasa de alimentación, también son determinantes.

La proteína de la dieta es utilizada por el organismo con tres fines fundamentales: mantenimiento, recuperación de los tejidos dañados y crecimiento (Mambrini y Guillaume, 2001); por lo tanto, una dieta completa para peces debe proveer una fuente de energía aceptable y tener un balance apropiado de proteínas, carbohidratos, lípidos y de factores de crecimiento, como vitaminas y minerales (Luna-Figueroa, 2001). Sin embargo, los requerimientos nutricionales cambian de acuerdo con las condiciones ambientales, con la edad y la talla del pez, así como con la condición reproductiva. Mora *et al.* (2009) realizaron un ensayo de alimentación, para evaluar los efectos de 28%, 32% y 36% de proteína cruda en concentrados comerciales extrudizados, sobre el crecimiento de alevinos de yaque *L. marmoratus*, sin encontrar diferencias significativas en el índice de conversión alimenticia ni en la tasa de crecimiento. De esta manera, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el desempeño productivo de yaque *L. marmoratus* a escala comercial, evaluando los efectos de tres niveles de proteína, bajo condiciones de cultivo en estanques en tierra, para contribuir al conocimiento del potencial de la especie e introducirla a los sistemas de la acuicultura nacional.

Materiales y métodos

Localización y descripción del área del estudio

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Acuicultura del Ariari (CENAR) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos, localizado en el municipio de San Juan de Arama (Meta), a 135 km de la ciudad de Villavicencio. El clima se caracteriza por temperatura ambiental promedio de 28 °C y 510 m de altura sobre el nivel medio del mar. El espejo de agua utilizado fue de 1220 m², dividido en tres estanques (415, 434 y 372 m²) en tierra, con una profundidad promedio de 1.5 m.

Material biológico

Se utilizaron individuos hermanos completos, de 90 d de edad, 6.6 ± 1.5 cm de longitud total y 3.5 ± 2.9 g de peso corporal, adaptados previamente al consumo de alimento concentrado comercial extruido. Fueron obtenidos mediante reproducción inducida, de acuerdo con la metodología propuesta por Arias (2002) y Mira *et al.* (2008).

Diseño experimental

Se utilizó un ensayo de tipo experimental, aleatorio y de efectos fijos, para comparar tres niveles de proteína bruta (PB): 24% (T1), 30% (T2) y 34% (T3). Las unidades experimentales la constituyeron los alevinos: 400 en el T1, 400 en el T2 y 350 en el T3, los cuales fueron asignados de manera aleatoria y el número utilizado fue ajustado al área de cada estanque para mantener la densidad uniforme en un (1) pez/m². Igualmente, la tasa de alimentación para cada tratamiento fue ajustada de acuerdo con la biomasa en cada estanque, así: 5 % durante los primeros 30 días, 3,5% entre el día 31 y 60 y finalmente 2,5% entre el día 61 y 150. El alimento fue suministrado tres veces al día a las 07:00, 17:00 y 20:00 horas. El ensayo tuvo una duración de 150 d, con evaluaciones biométricas del 10% de la población cada 30 d.

Para evaluar el desempeño productivo se midieron las siguientes variables:

- 1) Ganancia en longitud: $GL = L_{tf} - L_{to}$, donde: L_{tf} = Longitud total final y L_{to} = Longitud total inicial.
- 2) Ganancia en peso: $GP = W_f - W_o$, donde: W_f = Peso final y W_o = Peso inicial.
- 3) Tasa específica de crecimiento en peso: $TECW = 100 \ln (W_f * W_o) / Dt$, donde:

\ln = Logaritmo natural, W_f = Peso total final, W_o = Peso total inicial y Dt = Periodo de tiempo.

- 4) Factor de crecimiento relativo: $FCR = \text{peso total final}/\text{longitud total final}$.
- 5) Consumo de alimento individual: $CAI = \text{consumo total de alimento}/\text{número total de animales cosechados}$.
- 6) Conversión alimenticia (CA) = consumo de alimento/ganancia de peso total (g).
- 7) Factor de condición: $Kn = WT/LT^b$, donde: WT = Peso total, LT = Longitud total y b = Constante relacionada con el tipo de crecimiento del pez.

Al final del experimento se determinó la sobrevivencia utilizando la relación $S=100*(No/Nt)$, en donde, No =Número de individuos sembrados y Nt =Número de individuos cosechados. Adicionalmente, después del sacrificio del 10% de los peces obtenidos en la cosecha, fueron determinados los índices viscerosomático (IVS), hepatosomático (IHS) y de Grasa Visceral (IGV).

Evaluación de la composición proximal del músculo dorsal

De cada tratamiento, a partir de tres animales tomados al azar, se tomó un *pool* de músculo dorsal (c.a. 400 g), el cual se conservó a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el análisis de proteína cruda (%), materia seca (%), cenizas (%) y extracto etéreo (%). Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, siguiendo la metodología de la AOAC (1996). Como referencia para estos análisis fue utilizada una muestra de músculo dorsal de individuos capturados en el río Manacacías, a la altura del municipio de Puerto Gaitán en el departamento del Meta.

Calidad de agua

Durante todo el ensayo, cada 15 días, entre las 7:00 y 9:00 horas, se monitorearon las características físicas y químicas del agua, tanto en la superficie como en un punto medio de la profundidad del estanque. Se evaluó oxígeno disuelto OD (mg/L), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), potencial hidrogeniónico (pH), conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$) y sólidos disueltos (TDS mg/L), para lo cual se utilizó una sonda multiparamétrica YSI (YSI Professional plus, USA). Las concentraciones de Nitritos (NO_2 mg/L) y Amonio (NH_4 mg/L) se determinaron

por medio de un *Kit* colorimétrico de aguas (Merck, Aquamerck Alemania).

Análisis estadístico

Inicialmente los datos fueron sometidos a estadística descriptiva y se expresaron como Media \pm error estándar de la media (SEM). Para la evaluación del crecimiento se realizó un análisis de regresión entre la longitud y el peso corporal. El desempeño productivo fue analizado a través de análisis de varianza (ANOVA) o mediante una prueba de Kruskal-Wallis cuando los datos resultaron no paramétricos, seguida de la prueba de Tukey. En todos los casos $P<0.05$ fue utilizado como criterio para considerar diferencias estadísticas significativas. Todos los procedimientos estadísticos fueron realizados empleando el software GaphPad InStat versión 3.06 para Windows.

Resultados

Las características físicas y químicas del agua durante los cinco meses de cultivo son mostradas en la Tabla 1. En general las variables se mantuvieron constantes, sin observarse diferencias entre los tratamientos estudiados.

El análisis de la relación entre la longitud y el peso corporal reveló un coeficiente de determinación (R^2) de 0.97 para el T1, 0.90 para el tratamiento 2 y de 0.96 para el 3, los cuales se ilustran en la figura 1. Estos valores indican que el crecimiento y la condición corporal no variaron significativamente entre los tres tratamientos evaluados.

El peso final varió significativamente ($P<0.05$) entre tratamientos, como se muestra en la Tabla 2. El mayor promedio de peso final se observó en los individuos del T3 (492.9 ± 1.5 g), seguido por los del T1 (343.7 ± 6.7 g). Por su parte la mayor ganancia total de peso (GP) y de longitud (GL) fueron observadas en los animales alimentados con 34% de PB (489.3 ± 12.5 g y 34.5 ± 0.9 cm, respectivamente) y la menor se observó en los ejemplares alimentados con 30% PB (247 ± 6.3 g y 25.9 ± 1.5 cm, respectivamente), como se muestra en la Tabla 2.

Con relación a la GDP y a la Tasa de crecimiento específica, se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos ($P<0.05$). Por su parte, la mejor CA fue observada en el T1 con un valor promedio de 1.6, siendo superior ($P<0.05$) a la de los demás tratamientos; sin embargo, el T3 presentó la sobrevivencia más baja con respecto a los demás tratamientos (25%).

Tabla 1. Características físicas y químicas del agua, monitoreadas durante los cinco meses de cultivo de yaque *L. marmoratus* en estanques en tierra, alimentado con tres niveles de proteína. Los valores corresponden a la media \pm error estándar de la media (EEM) (n=12).

Nivel de Proteína (%)	Temperatura	Conductividad	TSD	Oxígeno Disuelto	pH	Nitritos
	(°C)	(μ s/cm)	(mg/L)	(mg/L)		(mg/L)
24	28.7 \pm 0.6	60.1 \pm 3.1	37.3 \pm 2.5	5.1 \pm 0.7	7.1 \pm 0.4	Menor a 0.5
30	28.9 \pm 0.5	58.2 \pm 3.3	36.0 \pm 2.2	5.7 \pm 0.7	6.8 \pm 0.4	
34	28.9 \pm 0.6	63.1 \pm 2.3	37.9 \pm 1.6	4.9 \pm 0.7	7.1 \pm 0.4	

TDS: Sólidos Totales Disueltos, OD: Oxígeno Disuelto. Los niveles de Amonio (NH₄) fueron de 0 mg/L durante el experimento.

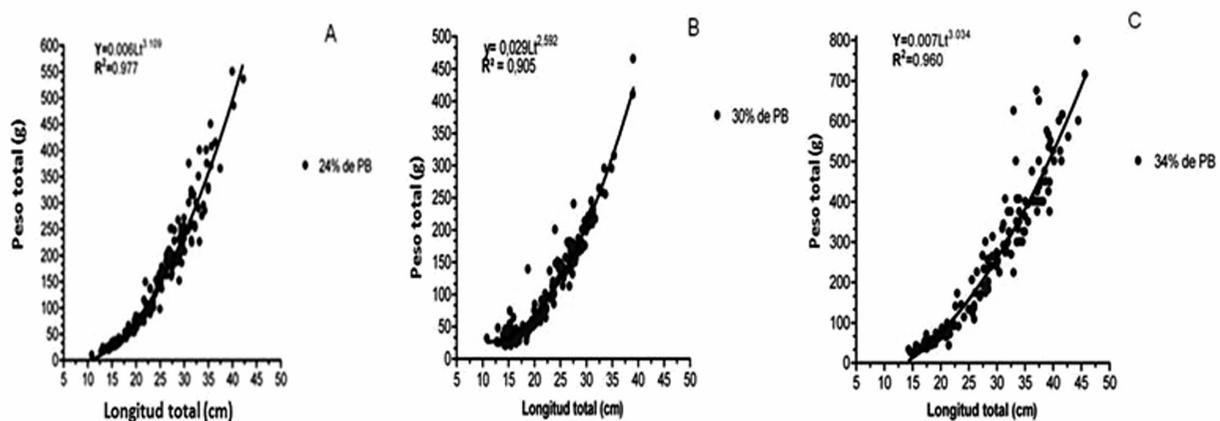


Figura 1. Relación entre longitud total (cm) y peso corporal (g) de ejemplares de yaque (*Leiarius marmoratus*) cultivados durante 150 días en estanques en tierra y alimentados con diferentes niveles de proteína bruta. A= 24% (n=194). B= 30% (n=190). C= 34% (n=189).

Los valores de los índices corporales son mostrados en la Tabla 3, no observándose diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tres niveles de proteína evaluados. Cabe anotar que la presencia de material graso adherido a las vísceras fue muy baja, con un promedio de 0.21% sin mostrar diferencias significativas.

Composición proximal músculo dorsal

Las variables de la composición proximal del músculo dorsal de animales sometidos a los diferentes niveles de proteína no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$). El mayor porcentaje de proteína cruda en la muestra de músculo dorsal, fue observado en el T3 con un valor de 17.2 \pm 0.2% en base húmeda. Como se puede apreciar en la Tabla 4, la muestra de músculo del ejemplar proveniente de pesca en el am-

biente natural presentó valores similares a los observados en los animales cultivados.

Los mayores rendimientos (1.3 toneladas/ha) se obtuvieron en los tratamientos en donde se utilizó 24% y 34% de proteína bruta (PB), pero el tratamiento con 24% de PB fue el que ofreció el mayor porcentaje de beneficio neto (42%), como se puede apreciar en la Tabla 5. Es importante destacar que en este ensayo se presentaron porcentajes de sobrevivencia muy bajos, debido probablemente al uso de alevinos muy pequeños y a la presencia de predadores, particularmente babillas y aves rapaces, lo cual pudo afectar esta variable.

Discusión

En general, las características físicas y químicas determinadas en el agua de los estanques donde se realiza-

Tabla 2. Desempeño productivo de yaque *L. marmoratus* después de 150 d de cultivo en estanques en tierra, alimentados con diferentes niveles de proteína bruta. Los datos corresponden a la media \pm error estándar de la media (SEM) (n = 10).

Parámetro productivo	Niveles de proteína (%)		
	24	30	34
Número animales sembrados	400	400	350
Número animales cosechados	164	128	88
Peso inicial (g)	3.5 \pm 2.9	3.5 \pm 2.9	3.5 \pm 2.9
Longitud total inicial (cm)	6.6 \pm 1.5	6.6 \pm 1.5	6.6 \pm 1.5
Peso final (g)	343.7 \pm 6.7 ^b	250.6 \pm 6.3 ^a	492.9 \pm 1.5 ^c
Longitud final (cm)	34.6 \pm 1.1 ^b	32.5 \pm 1.5 ^b	41.2 \pm 0.9 ^a
Longitud cloacal (cm)	14.05 \pm 0.47	13.39 \pm 0.7	16.5 \pm 0.5
Ancho de la cabeza (cm)	6.0 \pm 0.1	6.1 \pm 0.2	6.6 \pm 0.0
Ganancia total de peso (g)	340.1 \pm 6.7 ^b	247.0 \pm 6.3 ^a	489.3 \pm 12.5 ^c
Ganancia en longitud (cm)	28.0 \pm 1.1 ^b	25.9 \pm 1.5 ^b	34.5 \pm 0.9 ^a
Ganancia diaria en peso (g)	2.2 \pm 0.0 ^b	1.6 \pm 0.0 ^a	3.2 \pm 0.1 ^c
Tasa de crecimiento específico (%)	2.1 \pm 0.0 ^b	1.9 \pm 0.0 ^a	2.2 \pm 0.0 ^c
Factor de condición (Kn)	0.005 \pm 0.0 ^{ab}	0.04 \pm 0.1 ^a	0.007 \pm 0.0 ^c
Factor de crecimiento relativo	9.9 \pm 0.1 ^b	7.7 \pm 0.1 ^a	11.9 \pm 0.3 ^c
Biomasa final (g)	56713	31825	48306
Consumo total (g)	207525	163050	300875
Consumo alimenticio individual (g)	1257.7	1264.0	3070.2
Conversión alimenticia	1.6 \pm 0.0 ^a	1.8 \pm 0.0 ^b	1.9 \pm 0.1 ^b
Sobrevivencia (%)	41	32	25
Ganancia de biomasa (g)	55268	31219	42785

^{a,b,c} Entre columnas, medias sin sobrescritos comunes, son significativamente diferentes (P<0.05).

Tabla 3. Índices corporales de yaque (*L. marmoratus*) después de 150 d de cultivos en estanques en tierra y alimentados con diferentes niveles de proteína bruta. Datos mostrados corresponden a la media \pm error estándar de la media (SEM) (n = 10).

Índices corporales	Niveles de proteína (%)		
	24	30	34
Índice viscerosomático (IVS%)	7.6 \pm 0.5	8.6 \pm 0.4	7.8 \pm 0.5
Índice hepatosomático (IHS%)	1.7 \pm 0.1	1.8 \pm 0.0	1.9 \pm 0.1
Índice de grasa visceral (IGV%)	0.2 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0

ron los ensayos fueron similares a las reportadas para los hábitats naturales de la especie por Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez (1997), así como en ensayos previos de cultivo comercial (Cruz-Casallas *et al.*, 2010). Sin embargo, la conductividad y la concentración de oxígeno disuelto fueron menores (41 \pm 11.2 μ S/cm y 2.9 \pm 1.9 mg/L, respectivamente), lo cual pudo influir sobre el

rendimiento de los animales, especialmente por el efecto que ejerce la disponibilidad de oxígeno sobre variables productivas como ganancia de peso, conversión alimenticia y sobrevivencia (Link *et al.*, 2006). De acuerdo a Bhikajee y Gobin (1998) la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura del agua, influyen de

Tabla 4. Composición proximal del músculo dorsal de ejemplares de yaque (*L. marmoratus*) después de 150 d de cultivo en estanques en tierra y alimentados con diferentes niveles de proteína y de ejemplares capturados del ambiente natural. Los datos corresponden a la media \pm error estándar de la media (SEM) (n= 3).

Composición proximal	Niveles de proteína (%)			Ambiente natural
	24	30	34	
Humedad (%)	76.5 \pm 0.6	76.4 \pm 0.5	76.3 \pm 0.3	76.7 \pm 0.7
Proteína cruda (%)	16.7 \pm 0.5	14.2 \pm 3.0	17.2 \pm 0.2	16.0 \pm 3.9
Lípidos crudos (%)	5.5 \pm 0.3	4.7 \pm 0.7	5.3 \pm 0.3	2.7 \pm 1.2
Cenizas (%)	1.2 \pm 0.0	1.2 \pm 0.0	1.2 \pm 0.0	1.2 \pm 0.0

Tabla 5. Análisis económico del cultivo de yaque *L. marmoratus* durante 150 d en estanques en tierra y alimentados con tres niveles de proteína bruta.

Variables económicas	Nivel de Proteína (%)		
	24	30	34
Densidad de siembra (peces/m)	1	1	1
Porcentaje de sobrevivencia	41%	32%	25%
Rendimiento (Ton/ha)	1.3	0.8	1.3
Concentrado Usado (Ton/ha)	2.1	1.3	2.4
Alevinos Usados (número /ha)	10.000	10.000	10.000
Costo de alevino /ha(\$500/unidad)	\$5.000.000	\$5.000.000	\$5.000.000
Costo del concentrado	\$2.583.000	\$1.820.000	\$4.080.000
Total costos	\$7.583.000	\$6.820.000	\$9.080.000
Valor de cosecha (\$10.000/kg)*	\$13.000.000	\$8.000.000	\$13.000.000
Beneficio neto	\$5.417.000	\$1.180.000	\$3.920.000
Porcentaje beneficio neto	42%	15%	30%

* Precios SIPSA. Noviembre de 2009

manera significativa sobre la consecución del alimento y el metabolismo energético de los peces.

Al comparar las características físicas y químicas del agua del presente ensayo con las observadas en estudios realizados con otras especies de siluriformes, los valores se encuentran dentro de los rangos utilizados en especies como *Clarias gariepinus* (Fagbenro y Jauncey, 1994) y *Pangasius hypophthalmus* (Asdari et al., 2011).

De acuerdo con lo observado en el modelo de crecimiento, el coeficiente de determinación en los tres tratamientos indica alta correlación positiva entre el peso

y la longitud corporal (Giraldo y Rodríguez, 1997); sin embargo, los tratamientos T1 y T3 presentaron los más altos valores de correlación durante el transcurso del cultivo (0.97 y 0.96, respectivamente). Estos valores son muy similares a los reportados por Cruz-Cazallas et al. (2010) en ensayos realizados a escala comercial para evaluar diferentes densidades de siembra. De acuerdo con Sánchez et al. (2006) una de las variables más importantes en la evaluación productiva de los peces es el factor de condición (Kn). Para este estudio los valores fueron inferiores a 1, siendo el T1 con el menor valor (0.005), seguido por el T3 con un valor de

0.007, el cual presentó la menor sobrevivencia, debido probablemente a la presencia de predadores.

Al observar los valores de ganancia de peso, el mayor valor se observó en el T3 (489.3±12.5) en el cual se utilizó 34% de proteína bruta. Este valor de ganancia de peso corporal es superior al reportado para otras especies de silúridos como el bagre del canal *Ictalurus punctatus* (232±33 g) y el bagre azul *Ictalurus furcatus* (231±8 g), las cuales fueron monitoreadas durante un periodo de cultivo de 277 d en estanques en tierra, utilizando niveles de proteína bruta de 32 y 45% y densidad de 1.3 peces/m² (Jiang *et al.*, 2008).

Los niveles de proteína en la dieta tienen efectos significativos sobre la ganancia de peso, producción neta y la conversión alimenticia. Por ejemplo, en el bagre azul *Ictalurus furcatus*, se observó una relación directa entre el nivel de proteína y la ganancia de peso (Li *et al.*, 2008), tal como se observó en el presente estudio, donde los niveles más altos de proteína mostraron las mayores ganancias, tanto de peso como de longitud corporal. Viveen *et al.* (1984) reportaron que de acuerdo con el crecimiento del bagre africano *Clarias gariepinus* en tanques, éste requiere de 24 - 28 semanas para alcanzar un peso corporal de 300-500 g, mientras que en yaque para alcanzar un peso promedio de 492 g sólo fueron necesarias 20 semanas de cultivo.

Según Robinson y Li (1997), para la alimentación de *Ictalurus punctatus* comercialmente se usan dietas con 32% de PB, valor muy similar al reportado por Mora *et al.* (2009) para alevinos de yaque. El nivel de 34% de PB produjo los más altos valores de ganancia de peso en comparación con los otros tratamientos; sin embargo, es posible que niveles superiores lleguen a afectar negativamente el crecimiento de la especie, tal y como lo observó Ng *et al.* (2001), cuando evaluó niveles de proteína cruda de 47 y 53% en bagre baung putih (*Mystus nemurus*). Es conocido que los peces muestran poca habilidad para adaptarse metabólicamente a cambios drásticos en los niveles de proteína de la dieta, lo cual se evidencia porque la actividad de las enzimas que desaminan los aminoácidos esenciales permanece sin modificarse, cuando se cambian los niveles de proteína, especialmente cuando se incrementan drásticamente (Cowey y Walton, 1989).

En estudios recientes, los valores de IVS, IHS y IGV bajo condiciones de cultivo comercial, a densidad de 1 pez/m² y un nivel de proteína del 30% fueron determinados en la misma especie con promedios de 7.5; 2.03 y 0.16, respectivamente (Cruz-Casallas *et al.*, 2010); los cuales, comparados con los resultados de este estudio fueron muy cercanos, confirmando lo reportado por el mismo

autor de la no presencia de signos de madurez sexual, siendo muy cercano entre los tratamientos evaluados.

En el presente estudio los niveles de proteína en la dieta aumentaron linealmente los niveles de proteína en el músculo de los ejemplares sometidos al estudio. Estos resultados fueron también observados en el bagre de canal *Ictalurus punctatus* (Li *et al.*, 2006; 2008); sin embargo, en el bagre azul *I. furcatus*, la relación entre la proteína de la dieta y la del filete no fue lineal (Li *et al.*, 2008), debido probablemente a la baja palatabilidad del alimento de más alto contenido proteico. El porcentaje de proteína en las muestras de músculo dorsal de los animales capturados en el ambiente natural fue de 16.0 ± 3.9, inferior a la observada en los ejemplares alimentados con 24 y 34% de PB.

Bajo las condiciones del ensayo, el mejor rendimiento económico en porcentaje de beneficio neto se observó en el T1, es decir en aquellos animales alimentados con la menor cantidad de proteína en la dieta (24%); sin embargo, este grupo fue el que presentó el peso final más bajo. Este resultado, confirma que el factor que más influye en el costo de un cultivo de peces, es el precio del alimento concentrado, el cual depende del origen y del nivel de proteína incluida. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que según Zonneveld y Fadholi (1991), una de las variables que afecta el rendimiento de un cultivo de peces es el tamaño de preferencia del mercado, el cual puede determinar el precio final.

Estudios recientes (Abdo de la Parra *et al.*, 2010) realizados en pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*), muestran igualmente mejor comportamiento productivo en aquellos animales alimentados con niveles intermedios de proteína (40%), lo cual puede atribuirse a eventuales diferencias en la fuente de proteína utilizada o a un diferente balance de aminoácidos.

Cuando los resultados de productividad observados en este estudio se comparan con los reportados para especies caraciformes, por ejemplo con dorada *Brycon sinuensis* cultivada en jaulas flotante y alimentada con 24% de PB (Mercado *et al.*, 2006), los valores de conversión alimenticia (2,7) son muy inferiores a los reportados en este estudio, confirmando la eficiencia del yaque para utilizar el alimento y transformarlo en masa corporal.

En conclusión, los resultados confirman el potencial del yaque *L. marmoratus*, como especie elegible para diversificar la piscicultura nacional y como la primera especie de silúrido posible de ser cultivada en Colombia.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - proyecto No. 015-03/06 CIAT- Universidad de los Llanos, al Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana IIOC por su apoyo financiero y al Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos, así como al Centro de Acuicultura del Ariari CENAR, por el apoyo logístico.

Referencias

- Abdo de la Parra MI, Rodríguez-Ibarra LE, Hernández C, Hernández K, González-Rodríguez B, Martínez-Rodríguez I, García-Ortega A. Efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos totales en la dieta sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 2010; 45 (3): 433-439.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. Arlington, USA.
- Arias JA. 2002. Biología reproductiva del yamú *Brycon siebenthalae* (PISCES: CHARACIDAE) bajo condiciones de cautiverio. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle. Cali. Colombia, p.117.
- Asdari R, Aliyu-Paiko M, Hashim R, Ramachandran S. Effects of different dietary lipid sources in the diet for *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) juvenile on growth performance, nutrient utilization, body indices and muscle and liver fatty acid composition. Aquaculture Nutrition, 2011;17(1): 44 - 53.
- Bhikajee M, Gobin P. Effect of temperature on the feeding rate and growth of a red tilapia hybrid. Memorys Proceedings from the 4th International Symposium on Tilapia Aquaculture, 1998; 1:131-140.
- Castillo O. 2001. Ecología de la reproducción de los bagres comerciales del río Portuguesa. Trabajo de Ascenso a la categoría Asociado. Univ. Nac. Exp. Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" Guanare, Venezuela.
- Coelho SR. 2005. Produção intensiva de surubins híbridos em gaiolas: estudos de caso. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, Brasil, p 83. Cowey CB, Walton MJ. 1989. Intermediary metabolism. In: Halver JE (Editor), Fish Nutrition, second edition. New York, Academic Press, p. 259-329.
- Cruz-Casallas NE, Marciales-Caro LJ, Díaz-Olarte JJ, Murillo-Pacheco R, Medina-Robles VM, Cruz-Casallas PE. Desempeño productivo del yaque (*Leiarius marmoratus* Gill, 1870) bajo diferentes densidades de siembra en estanques en tierra. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2010; 23: 325-335.
- Escobar L, Mojica HO. Ensayos preliminares de reproducción inducida del yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Pisces: Siluriformes: Pimelodiade) en la Orinoquia Colombiana. Bol. Cien. INPA. 1997;5: 9-26.
- Espinal GC, Martínez CH, González RF. 2005. La cadena de la piscicultura en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica, 1991-2005. Documento de Trabajo No. 72. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agrociencias Colombia, p. 41.
- Fagbenro O, Jauncey K, Haylor G. Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. Aquaculture Living Resour, 1994; 7:79-85.
- Giraldo R, Rodríguez DJ. 1997. Métodos estadísticos aplicados a la investigación biológica. Manual del curso de capacitación efectuado en Santa Marta del 8 al 13 de mayo de 1995. Santa Marta, Colombia, p. 57.
- Jiang M, Daniels WH, Pine HJ, Chappell JA. Production and processing trait comparisons of channel catfish, blue catfish, and their hybrids grown in earthen Ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 2008; 39: 736-745.
- Jomori RK, Carneiro DJ, Malheiros EB, Portella MC. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. Aquaculture, 2003; 221: 277-287.
- Jover CM. 2000. Estimación del Crecimiento, Tasa de Alimentación y Producción de Desechos en Piscicultura mediante un Modelo Bioenergético. Revista AquaTIC, nº 9, [Disponible el 26/05/2012 en URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=82>].
- Li MH, Robinson EH, Oberle DF, Bosworth BG. Effects of dietary protein concentration and feeding regimen on channel catfish *Ictalurus punctatus*, production. Journal of the World Aquaculture Society, 2006; 37: 370-377.
- Li MH, Robinson EH, Tucker CS, Oberle DF. Comparison of channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, and Blue Catfish, *Ictalurus furcatus*, Fed Diets Containing Various Levels of Protein in Production Ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 2008; 39(5): 646-655.
- Link de Rosso F, Bolner K, Baldisserotto B. Lon fluxes in silver catfish (*Rhamdia quelen*) juveniles exposed to different dissolved oxygen levels. Neotropical Ichthyology, 2006; 4: 435-440.
- Luna-Figueroa J, Figueroa TJ, Soriano SMB. Efecto de diferentes niveles de proteína de la dieta sobre el crecimiento de juveniles del pez neón *Paracheirodon innesi* (Pisces: Characidae). Uniciencia, 2001; 18(15): 20.
- Mambri M, Guillaume J. 2001. Protein nutrition. In: Guillaume JS, Kaushik P, Bergot R. (Editors). Métailler. Nutrition and feeding on fish and crustaceans. Springer and praxis publishing, Chichester UK, p. 408.
- Medina-Robles VM, Mira-Lopez T, Ramírez-Merlano JA, Otero-Paternina AM, Zapata-Berruecos B, Cruz-Casallas PE. Efectos de diferentes inductores hormonales sobre la movilidad y velocidad espermática del yaque (*Leiarius marmoratus*). Memorias IV Congreso Colombiano de acuicultura, Carmen de Viboral, Antioquia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2008; 21: 515.
- Mercado IB, García JL, Rosado RC, Olaya-Nieto CW, Segura-Guevara F, Bru-Cordero SB, Tordecilla-Preto G. Cultivo de dorada (*Brycon sinuensis* Dahl, 1955) en jaulas flotantes a diferentes niveles de proteína. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2006; 19(2): 204-211.

- Mira T, Murillo R, Ramírez-Merlano J, Otero-Paternina AM, Zapata-Berruecos B, Medina-Robles V, Cruz-Casallas P. Ensayos preliminares de reproducción inducida de yaque *Leiarius marmoratus* con extracto de hipófisis de carpa. Memorias IV Congreso Colombiano de acuicultura, Carmen de Viboral, Antioquia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2008; 21:517.
- Mora JA, Kossowski C. 2006. Reproducción inducida del bagre yaque, *Leiarius marmoratus* (Gil 1870) con aplicación de LHRHa. En: 13 Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Asociación Venezolana de Producción e Industria Animal y Universidad Rómulo Gallegos, San Juan de Los Morros, Venezuela.
- Mora JA. Avances y perspectivas de la producción comercial de bagres en Venezuela. El Acuicultor, 2003; 5: 9-14.
- Mora-Sánchez JA, Moyetones F, Jover MC. Influencia del contenido proteico en el crecimiento de alevines de bagre yaque, *Leiarius marmoratus*, alimentados con concentrados comerciales. Zoo-tecnia Tropical, 2009; 27(2): 187-194.
- Ng WK, Soon SC, Hashim R. The dietary protein requirement of a bagrid catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes), determined using semipurified diets of varying protein level. Aquaculture Nutrition, 2001; 7: 45-51.
- Ramírez-Gil H, Ajiaco-Martínez R. Aspectos preliminares de la biología pesquera del Yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Pisces: Siluriformes: Pimelodidae) en la parte alta del río Meta (Orinoquia Colombiana). Boletín científico INPA, 1997; 5: 75-87.
- Ramírez-Merlano JA, Otero-Paternina AM, Corredor-Santamaría W, Medina-Robles VM, Cruz-Casallas PE, Velasco-Santamaría YM. Utilización de organismos vivos como primera alimentación de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) bajo condiciones de laboratorio. Revista Orinoquia, 2010; 14(1): 45-58.
- Robinson EH, Li MH. Low protein diets for channel *Ictalurus punctatus* raised in earthen ponds at high density. Journal of the World Aquaculture Society, 1997; 28: 224-229.
- Sánchez S, Ortiz JC, González AO, Borelli MA, Roux JP. 2006. Uso del factor de condición relativo como indicador del estado general de producción en estanques de piscicultura. Memorias XXVII Sesión de Comunicaciones Científicas Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad Nacional del Nordeste. Instituto de Ictiología del Nordeste (INICNE), Facultad Ciencias Veterinarias -UNNE- Sgto.
- Viveen W, Richter C, Van Oordt J, Janssen J, Huisman E. 1984. Practical Manual for the Culture of the African catfish (*Carias gariepinus* Burchell 1822). The Netherlands Ministry for Development Cooperation, The Hague, The Netherlands.
- Zapata-Berruecos BE, Ramírez-Merlano JA, Otero-Paternina A, Medina-Robles VM, Velasco-Santamaría Y, Cruz-Casallas. Descripción preliminar del desarrollo embrionario de yaque (*Leiarius marmoratus*). Memorias IV Congreso Colombiano de Acuicultura. Universidad de Antioquia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2008; 21: 455-522.
- Zonneveld N, Fadholi R. 1992. Feed intake and growth of red tilapia at different stocking densities in ponds in Indonesia. Aquaculture, 1991: 83-94.