



Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias

<http://rccp.udea.edu.co>

RCCP

Desempeño productivo del yaque (*Leiarius marmoratus* Gill, 1870) bajo diferentes densidades de siembra en estanques en tierra[✉]

Productive performance of yaque (Leiarius marmoratus Gill, 1870) under different stocking densities in ground ponds

Desempenho produtivo do yaque (Leiarius marmoratus Gill, 1870) sob diferentes densidades de cultivo em viveiros de terra

Nubia E Cruz-Casallas^{1,2} Ing Agr, Esp; Lili J Marciales-Caro^{1,2} Biol; John J Díaz-Olarte^{1,2} Biol;
Ricardo Murillo-Pacheco^{1,2} MVZ, cMSc; Víctor M Medina-Robles^{1,2} MVZ, MSc;
Pablo E Cruz-Casallas^{1,2*} MVZ, MSc, PhD.

¹Convenio No. 015-03/06, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Universidad de los Llanos.

²Grupo de Investigación sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos (GRITOX), Instituto de Acuicultura de los Llanos, Universidad de los Llanos, A.A. 110, Villavicencio, Colombia.

(Recibido: 4 diciembre, 2009; aceptado: 1 junio, 2010)

Resumen

La producción comercial de especies pertenecientes a la familia de los silúridos o bagres es una alternativa que empieza a ser considerada en muchos países, generando gran interés especies como el yaque (*Leiarius marmoratus*), debido a su buen desempeño en cultivo y fácil adaptación a consumo de dieta seca. En consecuencia, el presente trabajo evaluó el desempeño productivo del yaque bajo diferentes densidades de siembra, a partir de alevinos previamente acondicionados a consumo de concentrado comercial, durante un periodo productivo de cinco meses en estanques en tierra. Fueron utilizados 591 peces de tres meses de edad, con un peso promedio inicial de 20.4 ± 2.4 g y una talla inicial de 12.2 ± 2.4 cm, distribuidos en 3 densidades de siembra (0.5, 1 y 2 peces/m²) y alimentados 3 veces al día con concentrado comercial de 30% PB. Se obtuvieron resultados favorables para la densidad de siembra de 1 pez/m², con los valores más altos en cuanto a ganancia de peso (549 ± 42.8 g), ganancia de talla (28.1 ± 0.8 cm), ganancia diaria de peso (3.01 ± 0.23 g/día), tasa de crecimiento específico ($2.14 \pm 0.07\%$) y factor de crecimiento relativo (14.4 ± 2.95). De acuerdo con los resultados, se puede concluir que la densidad

✉ Para citar este artículo: Cruz-Casallas N, Marciales-Caro L, Díaz-Olarte J, Murillo-Pacheco R, Medina-Robles V, Cruz-Casallas P. Desempeño productivo del yaque (*Leiarius marmoratus* Gill, 1870) bajo diferentes densidades de siembra en estanques en tierra. Rev Colomb Cienc Pecu 2010; 23:325-335.

* Autor para correspondencia: Pablo E. Cruz Casallas. Universidad de los Llanos, Km 12 Vía Puerto López, Vereda Barcelona, Villavicencio, Colombia. E-mail: pecrucasallas@unillanos.edu.co

de 1 pez/m² es la más adecuada para el cultivo comercial de *Leiaris marmoratus*, bajo las condiciones experimentales descritas.

Palabras clave: densidad de siembra, desempeño productivo, *Leiaris marmoratus*.

Summary

The commercial production of catfish species is increasing in several countries. One of these species, the so called yaque fish (*Leiaris marmoratus*) has interesting potential due to its good performance and adaptation to dry diets. Therefore, the present study evaluated the productive performance of yaque under several stocking densities. Fingerlings were previously conditioned to a commercial diet for five months in ground ponds. A total of 591 fish, aged three months post-hatching, were used. The initial fish weight was 20.4 ± 2.4 g and the initial size was 12.2 ± 2.4 cm. Fish were distributed under three stocking densities (0.5, 1 and 2 fish/m²) and were fed three times per day with a commercial diet (30% CP). The intermediate density (1 fish/m²) resulted in the best gain (549 ± 42.8 g), height gain (28.1 ± 0.8 cm), average daily gain (3.01 ± 0.23 g/día), specific growth rate ($2.14 \pm 0.07\%$) and relative growth factor (14.4 ± 2.95).

Key words: *leiaris marmoratus*, performance, stocking densities.

Resumo

A produção comercial de espécies de peixes pertencentes à família dos silurídeos o bagres é uma alternativa que começa a considerar-se em muitos países, tendo grande interesse em espécies como o Yaque (*Leiaris marmoratus*), devido ao seu bom desempenho no cultivo e fácil adaptação ao consumo de rações secas. Por tanto, o presente trabalho avaliou o desempenho produtivo do Yaque sob diferentes densidades de cultivo, a partir de alevinos acostumados previamente ao consumo de ração artificial, durante um período de cultivo de cinco meses em viveiros em terra. Foram utilizados 591 peixes de três meses de idade, com peso corporal médio de 20.4 ± 2.4 g e comprimento inicial de 12.2 ± 2.4 cm, distribuídos ao acaso em 3 densidades de alojamento (0.5, 1 y 2 peixes/m²) e alimentados 3 vezes ao dia com ração comercial de 30% de PB. Foram obtidos resultados favoráveis pra a densidade de 1 peixe/m² apresentando os valores más altos em quanto o ganho de peso (549 ± 42.8 g), ganho em comprimento (28.1 ± 0.8 cm), ganho diário de peso corporal (3.01 ± 0.23 g/día), taxa de crescimento específico ($2.14 \pm 0.07\%$) e fator de crescimento relativo (14.4 ± 2.95). De acordo com os resultados, pode-se concluir que a densidade de 1 peixe/m² é a más adequada para o cultivo de *Leiaris marmoratus* ao nível comercial sob as condições experimentais descritas.

Palavras chave: densidade de estocagem, desempenho produtivo, *Leiaris marmoratus*.

Introducción

La acuicultura es el sector de la producción de alimentos de origen animal, con el más rápido crecimiento durante los últimos años, siendo por primera vez capaz de suministrar casi el 50% de todo el pescado consumido en el mundo. Para los años 2004 a 2006, la tasa mundial de crecimiento anual de este sector fue 6.1% en volumen y del 11% en valor (SOFIA, 2009); sin embargo, la introducción de nuevas especies a los sistemas de producción acuícolas es una alternativa para afrontar con éxito los nuevos retos del mercado mundial y contribuir a disminuir la presión que la pesca de extracción ha provocado sobre los recursos

pesqueros en los ambientes naturales (Fabr e et al., 2000; Petrere et al., 2004).

Es importante tener en cuenta que la diversificación de la piscicultura implica la "domesticación" de especies con potencial de cultivo y de mercado, siendo las especies nativas las más opcionadas; no obstante, el éxito de este proceso requiere de estudios sobre aspectos reproductivos en cautiverio, producción de volúmenes suficientes de alevinos, adaptación a dietas comerciales, conocimiento de los requerimientos nutricionales y evaluación del desempeño durante el levante y engorde, que permitan establecer paquetes tecnológicos para

optimizar la producción a escala comercial (Waldrop y Wilson, 1996; Linhart et al., 2002).

El yaque (*Leiarius marmoratus*), es un silúrido suramericano que habita las cuencas de los ríos Amazonas, Essequibo y Orinoco, alcanzando una longitud total de 100 cm y un peso aproximado de 12 kg; se encuentra en ambientes demersales de agua dulce con rangos de pH de 5.8 a 7.2 y temperatura promedio de 24 a 26 °C (Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez, 1997). De manera general, con relación a sus preferencias alimenticias, esta especie puede considerarse omnívora u oportunista; sin embargo, en algunos trabajos se ha reportado adaptación a confinamiento y a consumo de dietas secas, con resultados preliminares de buen crecimiento en los primeros estadios de vida, cuando son sometidos a procesos de acostumbamiento con dieta húmeda (Cruz-Casallas et al., 2008). No obstante, su rendimiento bajo determinadas condiciones de cultivo durante el levante y engorde aún se desconoce. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño productivo del yaque bajo diferentes densidades de siembra, a partir de alevinos previamente acondicionados al consumo de alimento balanceado comercial, durante el levante y la ceba en estanques en tierra.

Materiales y métodos

Localización

El ensayo se llevó a cabo en la estación piscícola Las Brisas, en la vereda Las Mercedes del municipio de Villavicencio, departamento del Meta (Colombia), ubicada a N 04° 06' 34'' y W 73° 34' 05'', a una altura de 379 msnm y temperatura

promedio de 28 °C, con características de clima húmedo tropical. Dicha estación está vinculada a la Asociación de Acuicultores de los Llanos Orientales- ACUIORIENTE.

Material biológico

Fueron utilizados 591 peces de 3 meses de edad, con un peso promedio de 20.4 ± 2.4 g y una talla inicial de 12.2 ± 2.4 cm. Los alevinos fueron obtenidos en el Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos en Villavicencio (Colombia), provenientes de un único desove obtenido por reproducción artificial, inducida con Extracto de Hipófisis de Carpa (EHC), siguiendo el protocolo propuesto por Mira et al. (2008). Durante la etapa larval fueron alimentados con nauplios de *Artemia salina* recién eclosionados y acondicionados durante la etapa de pos-larva a alevino, al consumo de dieta comercial por medio de un protocolo de transición progresiva (Cruz-Casallas et al., 2008) utilizando, como suplemento alimenticio hígado de bovino.

Diseño experimental

Fueron acondicionados 498 m² de espejo de agua correspondiente a tres estanques de 1 m de profundidad y un área de 156 m², 172 m² y 170 m², respectivamente, a los cuales se les realizaron labores previas de limpieza y desinfección e instalación de una malla para la protección contra depredadores. Cada estanque fue dividido en tres secciones iguales, en donde se distribuyeron aleatoriamente tres tratamientos (0.5, 1 y 2 peces/m²) con tres repeticiones (Tabla 1) y un recambio diario de agua del 20%. El ensayo tuvo una duración de 151 días comprendidos entre los meses de agosto de 2008 y enero de 2009.

Tabla 1. Biometría inicial de dedinos de yaque (*Leiarius marmoratus*).

| Densidad de siembra (dedinos/m ²) | n | Promedios Iniciales | | | |
|---|-----|---------------------|---------------|--------------------|----------------------|
| | | Peso (g) | Longitud (cm) | Longitud anal (cm) | Ancho de cabeza (cm) |
| 0.5 | 78 | 21.0 ± 3.0 | 13.1 ± 0.5 | 5.9 ± 0.2 | 2.6 ± 0.2 |
| 1.0 | 172 | 19.4 ± 2.6 | 12.8 ± 0.3 | 5.9 ± 0.2 | 2.6 ± 0.1 |
| 2.0 | 341 | 20.8 ± 2.9 | 13.2 ± 0.2 | 5.8 ± 0.2 | 2.6 ± 0.1 |

Datos utilizados para la evaluación del desempeño productivo en estanques en tierra bajo tres densidades de siembra. Valores mostrados como media ± SD.

Una vez distribuidos los tratamientos, los peces fueron sometidos a tres días de aclimatación, al final de los cuales se dio inicio a la alimentación. La ración fue suministrada en tres fracciones al día (7:00, 17:00 y 21:00 horas) utilizando un alimento comercial del 30% de proteína bruta (PB). La cantidad de alimento suministrada fue ajustada de acuerdo con la biomasa determinada en los muestreos periódicos, teniendo en cuenta los criterios utilizados con *Pseudoplatystoma sp* (Mojica *et al.*, 2003), así: hasta 30 g a voluntad, entre 30 y 150 g el 3.5% de la biomasa total, entre 150 y 380 g: 2.5% de la biomasa total y a partir de los 400 g de peso corporal el 1% de la biomasa total.

Semanalmente se midieron los parámetros de calidad del agua en cada estanque, evaluando temperatura (°C), conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$), total de sólidos disueltos (TDS) (g/L), salinidad (ppm), oxígeno disuelto (mg/L), pH y concentración de nitritos (mg/L) y nitratos (mg/L), para lo cual se empleó una sonda multiparamétrica (YSI *professional plus*, USA) y un kit colorimétrico de aguas (Aquamerck, Alemania).

Evaluación del desempeño productivo

Para determinar el desempeño productivo se realizaron muestreos mensuales del 20% de la población, correspondientes a un n de 591 ejemplares, registrándose las siguientes variables: longitud total (cm), longitud rostro-cloacal (cm), ancho de la cabeza (cm) y peso (g) por medio de un ictiómetro y de una balanza digital (Ohaus Scout Pro). Al final de los cinco meses se realizó la cosecha y se calcularon las variables productivas: ganancia de peso [GP: (peso final (g) - peso inicial (g))], ganancia de talla [GT: (talla final (cm) - talla inicial (cm))], consumo de alimento individual [CAI: (consumo total de alimento(g)/número total de animales)], ganancia diaria de peso [GDP: [(peso final - peso inicial)/días del ciclo de producción]], tasa de conversión alimenticia [TCA: (consumo de alimento (g)/ganancia de peso total (g))], factor de crecimiento relativo [FCR: (peso final (g) / longitud total final (cm))], factor de condición [Kn: (peso final (g) / longitud total (cm)^b)] y tasa de sobrevivencia

[TS: (n° final de individuos x 100/n° inicial de individuos - n° de individuos muestreados)].

Adicionalmente, al momento de la cosecha se realizó sacrificio, del mismo porcentaje de la población para recopilar información sobre rendimiento de la canal, haciendo disección y pesando el hígado (g), el intestino (g) y la grasa visceral (g), con el propósito de calcular: índice viscerosomático [(IVS): 100* (Peso de vísceras/ Peso corporal)], índice hepatosomático [(IHS): 100* (Peso de hígado /Peso corporal)] e índice de grasa visceral [(IGV): 100* (Peso de grasa en la vísceras / peso corporal)].

Análisis estadístico

Los datos fueron descritos como media \pm desviación estándar. Posteriormente, para analizar los efectos de los tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía tipo GLM, verificando previamente los supuestos de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene). Los datos de sobrevivencia fueron transformados a la raíz del arco-seno. Se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias entre los diferentes tratamientos, como prueba a posteriori luego de establecer diferencias significativas. De igual forma, las variables fueron correlacionadas utilizando la prueba de Spearman. El criterio de significancia fue $p < 0.05$. Los análisis estadísticos fueron realizados usando el programa SPSS 13.0.

Resultados

Las variables físico-químicas del agua en los tres tratamientos no presentaron diferencias significativas (Tabla 2). Los valores de temperatura (°C), conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$), sólidos disueltos totales (mg/L), pH, nitritos (mg/L) y nitratos (mg/L) se mantuvieron en valores considerados de confort para el cultivo de silúridos (Nuñez *et al.*, 2008); sin embargo, los niveles de oxígeno disuelto (mg/L) reportados se mantuvieron por debajo de lo requerido para el cultivo de especies de esta familia (Link *et al.*, 2006; Nuñez *et al.*, 2008).

Tabla 2. Parámetros físicos y químicos del agua.

| Tratamientos | Temperatura (°C) | Conductividad (µs/cm) | TSD (mg/L) | Salinidad (ppm) | Oxígeno Disuelto (mg/L) | pH | Nitritos (mg/L) | Nitratos (mg/L) |
|--------------|------------------|-----------------------|------------|-----------------|-------------------------|-----------|-----------------|-----------------|
| 1 | 26.1 ± 1.5 | 41 ± 11.2 | 26.3 ± 7.4 | 0.01 ± 0.001 | 3.12 ± 1.8 | 6.5 ± 0.3 | 0.002 ± 0.001 | 39 ± 2 |
| 2 | 26.8 ± 0.4 | 27 ± 3.8 | 16.8 ± 2.2 | 0.01 ± 0.001 | 2.9 ± 1.9 | 6.4 ± 0.3 | 0.004 ± 0.001 | 36 ± 3 |
| 3 | 27.2 ± 1.2 | 26 ± 4.6 | 16.1 ± 2.9 | 0.01 ± 0.001 | 3.4 ± 1.9 | 6.4 ± 0.3 | 0.002 ± 0.001 | 39 ± 2 |

Datos registrados durante la evaluación del desempeño productivo de yaque (*Leiarius marmoratus*) en estanques en tierra bajo tres densidades de siembra durante un periodo de cultivo de cinco meses. Valores mostrados como media ± SD.

En cuanto a la relación entre longitud y peso de los organismos a lo largo del ensayo (Figura 1), se observa que para todos los tratamientos dicha relación fue directamente proporcional, aumentando el peso a medida que aumentaba la longitud. El coeficiente de correlación indica la relación entre estas dos características, para este

caso las densidades de siembra de 1 pez/m² y de 2 peces/m² presentaron el coeficiente más alto ($r=0.98$; $p<0.001$), mientras que la de 0.5 peces/m² el más bajo ($r=0.95$; $p<0.001$). Igualmente el coeficiente de crecimiento (b) presentó una variación muy cercana a 3.0 (2.8 para las densidades 0.5 peces/m² y 1 pez/m² y de 2.9 para 2 peces/m²).

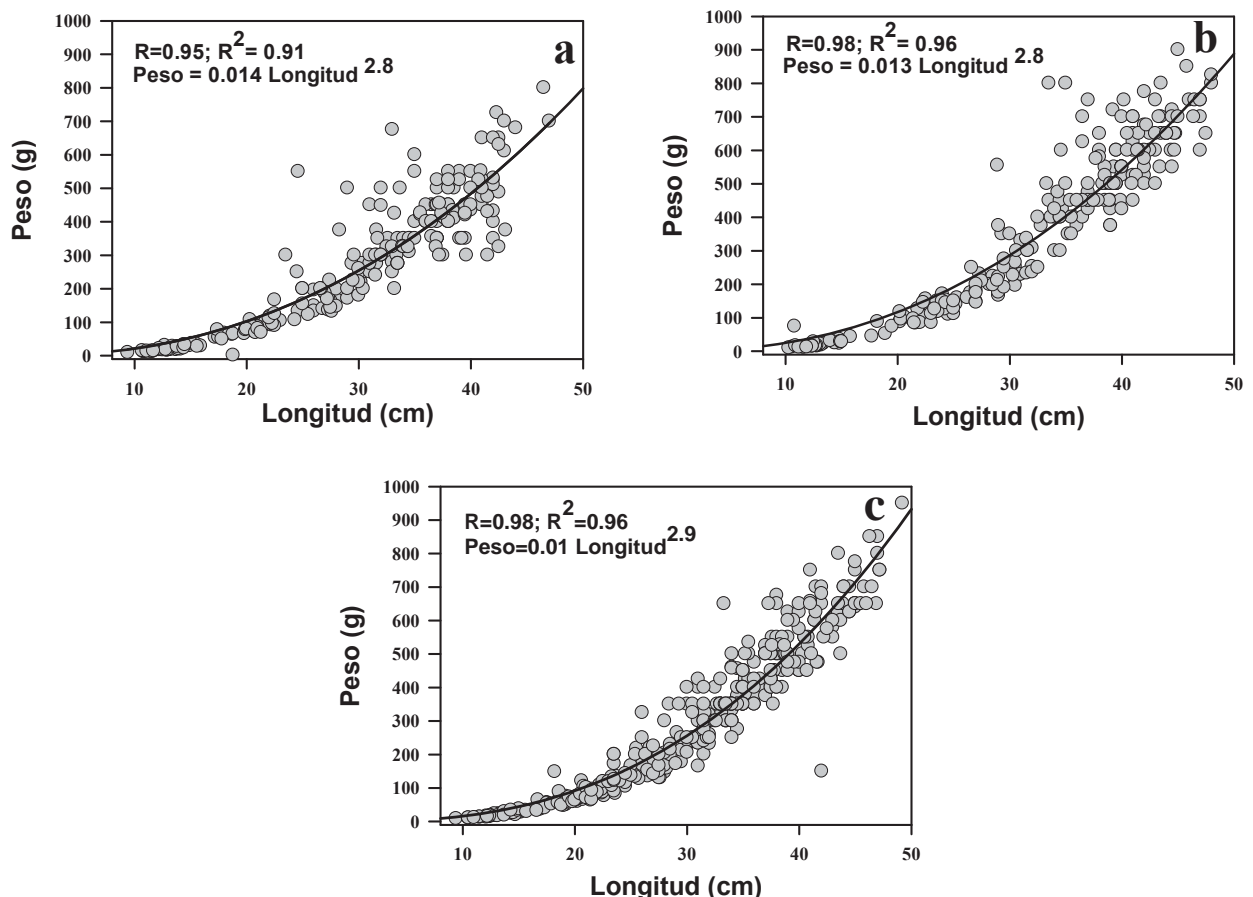


Figura 1. Relación de la forma potencial peso – longitud para yaque (*Leiarius marmoratus*) en estanques en tierra bajo tres densidades de siembra durante un periodo de cultivo de cinco meses. (a) 0.5 peces/m²; (b) 1 pez/m²; (c) 2 peces/m².

La figura 2 ilustra los valores de las variables productivas ganancia de talla y peso corporales en las tres densidades a lo largo del ensayo, tomando como referencia los valores observados a los 30, 90 y 150 días de cultivo. En los tres tratamientos se observó un aumento

significativo en la variable ganancia de peso durante el transcurso del ensayo; el análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) para el tratamiento de 1.0 peces/m² con respecto a la densidad de 0.5 peces/m² a los 90 y 150 días.

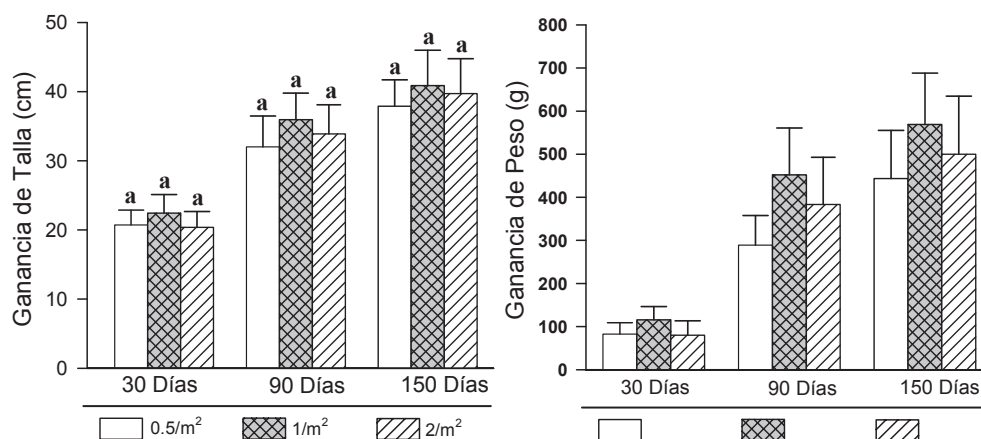


Figura 2. Ganancia de talla y peso acumuladas para yaque (*Leiarius marmoratus*) en estanques en tierra bajo tres densidades de siembra durante un periodo de cultivo de cinco meses. Entre barras al interior de cada periodo (30, 90 o 150 d), valores con letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Valores mostrados como media \pm SD.

La tabla 3 presenta los promedios de los indicadores productivos presentados al término de los cinco meses del ensayo para las tres densidades de siembra evaluadas (0.5 peces/m², 1 pez/m² y 2 peces/m²). Se observa que los organismos que se encontraron en la densidad de

1 pez/m², fueron los que presentaron los valores más altos de ganancia de peso (549 ± 42.8 g), ganancia de talla (28.1 ± 0.8 cm), ganancia diaria de peso (3.01 ± 0.23 g/día), tasa de crecimiento específico ($2.14 \pm 0.07\%$) y factor de crecimiento relativo (14.4 ± 2.95).

Tabla 3. Índices productivos de yaque (*Leiarius marmoratus*).

| Variable | Densidad de siembra (peces.m ⁻²) | | |
|--|--|---------------------------------|---------------------------------|
| | 0.5 | 1 | 2 |
| N | 78 | 172 | 341 |
| Ganancia peso (g) | 422 \pm 11.1 ^a | 549 \pm 42.8 ^b | 478 \pm 31.1 ^{ab} |
| Ganancia talla (cm) | 24.9 \pm 1.9 ^a | 28.1 \pm 0.8 ^a | 26.5 \pm 1.9 ^a |
| Consumo de alimento individual CAI (g) | 992 \pm 63 ^a | 822 \pm 46 ^{ab} | 618 \pm 17 ^b |
| Ganancia diaria de peso (g/día) | 2.34 \pm 0.05 ^a | 3.01 \pm 0.23 ^b | 2.66 \pm 0.17 ^{ab} |
| Tasa conversión alimenticia (TCA) | 2.35 \pm 0.18 ^a | 1.51 \pm 0.18 ^b | 1.34 \pm 0.12 ^b |
| Tasa crecimiento específico TCE (%) | 1.96 \pm 0.11 ^a | 2.14 \pm 0.07 ^a | 2.01 \pm 0.04 ^a |
| Factor de crecimiento relativo FCR | 11.5 \pm 2.61 ^a | 14.4 \pm 2.95 ^b | 12.7 \pm 3.18 ^c |
| Sobrevivencia (%)** | 92 \pm 4 ^a | 71 \pm 4 ^b | 70 \pm 1 ^b |
| Factor de condición (Kn) | 0.015 \pm 0.0029 ^a | 0.014 \pm 0.0024 ^a | 0.011 \pm 0.0021 ^b |

^{a, b, c} Letras distintas entre columnas presentan diferencias significativas según el test de Tukey ($p < 0.05$).

** Valores transformados con la función Arcoseno \sqrt{x} .

Datos obtenidos bajo tres densidades de siembra en estanques de tierra al término de los cinco meses del ensayo. Valores mostrados como media \pm SD.

Esta densidad presentó diferencias significativas cuando comparada con la de 0.5 peces/m² en las variables ganancia de peso, ganancia diaria de peso y eficiencia de conversión alimenticia. Las variables ganancia de talla y tasa de crecimiento específica no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, es la densidad de 1 pez/m² la que mejor tasa ofreció (2.14 ± 0.07). La mejor conversión alimenticia fue observada en la densidad de 2 peces/m² (1.34 ± 0.12), sin diferencias significativas ($p > 0.05$) respecto a la densidad de 1 pez/m² (1.51 ± 0.18). De otro lado, el tratamiento de 0.5 peces/m² presentó los valores más altos en cuanto a consumo de alimento individual (992 ± 63 g/pez), mostrando diferencias significativas cuando comparado con el tratamiento de 2 peces/m² (618 ± 17 g/pez); igualmente, este tratamiento presentó

el valor más alto de sobrevivencia ($92 \pm 4\%$) y el mejor factor de condición (0.015 ± 0.0029), sin presentar diferencias significativas con respecto al tratamiento de 1 pez/m² (0.014 ± 0.0024). La variable factor de crecimiento relativo (FCR) presentó diferencia significativa entre todos los tratamientos.

La tabla 4 presenta el cálculo de los índices viscerosomático (IVS), hepatosomático (IHS) y de grasa visceral (IGV) obtenidos al final del ensayo, donde no se presentaron diferencias significativas para ninguna de estas variables entre las tres densidades de siembra evaluadas, el menor índice de grasa visceral fue presentado en la densidad de 0.5 peces/m² (0.12 ± 0.09) y el mayor en la de 2 peces/m² (0.21 ± 0.18).

Tabla 4. Indicadores de canal e índices corporales para yaque (*Leiarius marmoratus*).

| Variable | Densidad de siembra (peces.m ⁻²) | | |
|----------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| | 0.5 | 1 | 2 |
| Peso sacrificio (g) | 558 ± 81.3 | 561 ± 94.3 | 547 ± 102.8 |
| Longitud (cm) | 41.5 ± 3.5 | 41.7 ± 3.5 | 40.1 ± 3.4 |
| Peso canal (g) | 472 ± 69.6 | 470 ± 81.5 | 463 ± 99.1 |
| Índice viscerosomático IVS (%) | 6.5 ± 0.5 ^a | 7.5 ± 2.3 ^a | 6.5 ± 1.2 ^a |
| Índice hepatosomático IHS (%) | 1.82 ± 0.14 ^a | 2.03 ± 0.55 ^a | 1.81 ± 0.34 ^a |
| Índice de grasa visceral IGV (%) | 0.12 ± 0.09 ^a | 0.16 ± 0.12 ^a | 0.21 ± 0.18 ^a |

^{a, b, c} Letras distintas entre columnas presentan diferencias significativas según el test de Tukey ($P < 0.05$).

Datos obtenidos al final del ensayo para las diferentes densidades en estanque en tierra. Valores mostrados como media ± SD.

Tabla 5. Información económica para yaque (*Leiarius marmoratus*) cultivado en estanques en tierra bajo tres densidades de siembra durante cinco meses.

| | Densidad (peces/m ²) | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|------------|------------|
| | 0.5 | 1 | 2 |
| N° de peces sembrados | 26±2.4 | 57.3±4.7 | 114±16.9 |
| N° de peces cosechados | 26±2.4 | 44±6.4 | 82±13.3 |
| Rendimiento (Tn/Ha) | 2.2 ± 0.03 | 4.3 ± 0.44 | 7.1 ± 0.57 |
| Alimento balanceado usado (Kg/Ha) | 5.000.0 | 6.108.2 | 8994.7 |
| Alevinos usados (N°/Ha) | 5.000 | 10.000 | 20000 |
| Costo de alevino /Ha (\$1500/unidad) | 7.500.000 | 15.000.000 | 30.000.000 |
| Costo del concentrado (\$1761/Kg) | 8.805.000 | 10.756.545 | 15.839.683 |
| Total costos (\$) | 16.305.000 | 25.756.545 | 45.839.683 |
| Valor de Cosecha (\$10.000/kg) * | 22.000.000 | 43.000.000 | 71.000.000 |
| Beneficio Neto (\$) | 5.695.000 | 17.243.455 | 25.160.317 |
| Porcentaje beneficio neto (%) | 26 | 40 | 35 |

*Precios Sipsa Ene/2009

En la tabla 5 se presenta la información económica sobre el cultivo bajo las tres densidades evaluadas en el ensayo, teniendo como base la cantidad de alimento, alevinos utilizados y la biomasa cosechada. Se observa como a medida que se incrementa la densidad el beneficio es mayor; sin embargo, en términos porcentuales es la densidad de 1 pez/m² la que generó los mejores resultados.

Discusión

En la producción comercial de silúridos, como en cualquier otra producción de organismos acuáticos, los parámetros de calidad del agua deben estar dentro de los rangos de confort para la especie con el fin de optimizar su desempeño. Sumado a lo anterior, la evaluación del efecto de las densidades de siembra en el crecimiento de los peces dependerá del control que se tenga sobre éstos (Jobling, 1994). Si bien se conoce que en el medio natural el yaque (*Leiarius marmoratus*) se encuentra en ambientes demersales de agua dulce con un pH entre 5.8 – 7.2 y una temperatura promedio de 24 a 26 °C (Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez, 1997), aún no se cuenta con información suficiente que permita determinar estos requerimientos bajo cultivo comercial.

Al comparar los promedios reportados para los parámetros de calidad del agua en este ensayo, con los requeridos para la producción del bagre de canal (*Ictalurus sp.*), se observa que éstos se encontraron dentro de los rangos óptimos de temperatura (27-29 °C), pH (6.5-8.0), oxígeno disuelto (2 a 3 mg/L) (Rodríguez, 2006) y concentración de nitratos (< 0.05 mg/L) (Nuñez et al., 2008); sin embargo, es importante tener en cuenta que las fluctuaciones en los niveles de oxígeno presentados en el transcurso del ensayo (0.42 mg/L min y 7.43 mg/L máx.) pudieron afectar el rendimiento del cultivo, al considerar que es la disponibilidad de oxígeno la principal responsable de grandes pérdidas en sistemas de producción, por sus efectos sobre variables productivas como ganancia de peso, conversión alimenticia y muerte súbita (Link et al., 2006).

Por otro lado, al considerar que la talla de un pez aumenta en una dimensión, mientras que su peso lo hace en tres (Santos-Sanes et al., 2006), el cálculo

del coeficiente de correlación (*R*) indicaría la relación existente entre estas dos características y el cálculo del coeficiente de crecimiento (*b*) indicaría el tipo de crecimiento que está adoptando esta especie bajo las condiciones a las que fue expuesto.

Los resultados sugieren que el tipo de crecimiento para las tres densidades es *alométrico negativo* (Santos-Sanes et al., 2006), es decir que los individuos en las tres densidades llegaron a variar en sus proporciones corporales; sin embargo, en las densidades más altas se presentó mayor correlación en longitud y peso en el transcurso del cultivo. Estudios realizados con diferentes especies y en variados ambientes reportan que el valor de *b* en condiciones naturales oscila entre 2.0-4.0 (Galvis et al., 1997; Correa y Esquivel, 2005), siendo en muy raras ocasiones igual a 3.0 (Galvis et al., 1997). Este coeficiente puede variar entre especies, entre poblaciones de la misma especie (Correa y Esquivel, 2005) y entre diferentes tratamientos de un cultivo. Lo anterior supondría un mayor esfuerzo de investigación en la búsqueda de mecanismos de manejo que permitan la obtención de un producto de talla más uniforme.

El factor de condición (*Kn*) revela el grado de bienestar o condición somática de un organismo con relación al medio en que vive y está relacionado con la tasa de crecimiento y el nivel de confort de los animales (Sánchez et al., 2006), basándose en la hipótesis que dentro de un grupo de peces de una misma talla se encuentran en mejor condición los que presentan mayor peso (Olaya-Nieto y Atencio-García, 2006). Por lo tanto, un crecimiento de determinada población de tipo *isométrico* unido con valores de factores de condición alrededor de uno estarían indicando las buenas condiciones de una determinada población (Habit, 2005).

En este estudio, los valores obtenidos fueron inferiores a 1 en todos los casos, sin embargo, fueron las densidades 0.5 y 1 pez/m² las que presentaron mejor condición, sin diferencias significativas entre ellas. El valor más bajo fue presentado en la densidad de 2 peces/m² lo que hace suponer que estuvo influenciado por la disponibilidad de espacio en la medida en que aumentaba el peso y talla, en la disponibilidad de

oxígeno ofrecida durante el periodo de cultivo y en el manejo de los residuos de excreción, provocando por consiguiente un ambiente inadecuado para el cultivo de esta especie.

Al observar las tasas de conversión alimenticia determinadas para las tres densidades evaluadas, se deduce que el valor presentado por los tratamientos 1 pez/m² (1.51:1) y 2 peces/m² (1.34:1) es similar a las reportadas en cultivos comerciales de *Clarias gariepinus* (1.1:1 a 1.5:1) y de *Pangasius hypophthalmus* (1.5:1) (SOFIA, 2009). Igualmente, es posible suponer que la tasa de conversión alimenticia en una especie omnívora cultivada a baja densidad podría estar ligada a la variedad en la oferta de alimentos que se estén presentando en el estanque.

La variabilidad de los índices viscerosomático (IVS), hepatosomático (IHS) y de grasa visceral (IGV) están relacionados directamente con el factor de condición e inversamente con el grado de madurez del individuo (IGS) y refleja procesos de almacenamiento y de transferencia de proteínas y lípidos asociados con el esfuerzo reproductivo y con el acondicionamiento del metabolismo del pez para enfrentar periodos sin alimentación (González y Oyarzún, 2002). En este ensayo los individuos utilizados alcanzaron una edad de ocho meses, sin llegar a manifestar características de desarrollo gonadal, igualmente aunque fueron sometidos a densidades de población distintas, su nivel de proteína (30% PB) y su frecuencia y ración alimenticia fueron las mismas, lo que podría estar justificando la no diferencia significativa entre tratamientos.

Estudios realizados para evaluar el crecimiento y la sobrevivencia de *Ictalurus punctatus* y de dos variedades de *Rhamdia sp* (albina y gris) en Río Grande do Sul, Brasil, indicaron que en un periodo de 135 días en estanques en tierra éstas presentaron una ganancia de peso de 40.4, 74.1 y 109.1 g y supervivencias de 14, 32 y 63%, respectivamente, cuando fueron mantenidos en una densidad de población de 0.6 peces/m² y alimentados con un concentrado comercial del 36% de proteína bruta (Sena de Souza et al, 2005). Viveen et al. (1984) reportan que el crecimiento del bagre africano

(*Clarias gariepinus*) en tanques, requiere de 24-28 semanas para alcanzar un tamaño de 300-500 g. y Hogendoom y Koops (1983) encontraron que, en condiciones de campo, esta misma especie alcanzó un peso 300 g en sólo 22 semanas.

Según Bok y Jongbloed (1984), durante el mismo periodo, pero en estanques fertilizados y sin alimentos suplementarios, el pez gato llegó a un peso máximo de 135 g. En este estudio, los resultados indican valores muy similares en los que el yaque alcanzó un peso final que osciló entre 547 y 561 gramos para las tres densidades en tan sólo 21 semanas, obteniendo una ganancia diaria de peso promedio de 2.34 a 3.01 g y con un porcentaje de sobrevivencia del 70% al 92%.

Zonneveld y Fadholi (1991) indican que el más alto rendimiento económico no puede ser determinado por la máxima producción, sino por el tamaño preferido por el mercado y por el precio alcanzado. Los resultados del presente estudio sugieren que la densidad de población de 1 pez/m² podría ser la más adecuada, bajo las actuales condiciones experimentales, para el cultivo de *Leiarius marmoratus* a nivel comercial, debido a que aunque no condujo a un máximo de rendimiento, si fue la que mejor porcentaje de beneficio neto presentó (40%) al ser comparadas las variables costo de alimento y alevines utilizados por hectárea frente a la productividad; igualmente esta densidad de siembra fue la que presentó los mejores resultados en cuanto a ganancia de peso, tasa de crecimiento específico y factor de crecimiento relativo.

Por último, si se comparan los resultados obtenidos en esta investigación con los reportados a nivel comercial en el cultivo de especies tradicionales como cachama blanca (*Piaractus brachyomus*), yamú (*Brycon amazonicus*) y tilapia (*Oreochromis sp*), en donde se presentan ganancias diarias de peso entre 2 y 3 g/día y tasas de conversión alimenticia de 1.1 a 1.6 por cada kilo de alimento comercial utilizado (Negret, 2005), se podría inferir que estos parámetros zootécnicos son un indicativo de la potencialidad de la especie para ser utilizada en la diversificación de la acuicultura nacional teniendo en cuenta que la rentabilidad

podría ser superior debido a que el filete de bagre posee mejores precios de mercado (Sipsa, 2009). Sin embargo, es importante tener en cuenta que el éxito de esta actividad dependerá también de la eficiencia de los otros procesos de la cadena productiva, tales como producción de alevinos, cosecha y post-cosecha.

Referencias

Bok AH, Jongbloed H. Growth and production of sharptooth catfish, *Zarins gariepinus* (Pisces: Clariidae) in organically fertilized ponds in the Cape Province, South Africa. *Aquaculture* 1984; 36:141-155.

Correa O, Esquivel F. Hábitos alimenticios del Barbul (*Pimelodus clarias* c.f. Lutken, 1874) en la cuenca del Río Sinú, Colombia. Trabajo de pregrado. Programa de Acuicultura, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Montería, Colombia, 2005.

Cruz-Casallas NE, Díaz-Olarte JJ, Marciales-Caro LJ, Pabón-Peña FJ, Medina-Robles VM, Cruz-Casallas PE. Acondicionamiento a dieta seca de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) obtenidas por reproducción artificial. En: Memorias del IV congreso colombiano de acuicultura, Carmen de Viboral, Antioquia. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2008; 21:482.

Fabré NN, Donato JC, Alonso JC. Bagres de la Amazonía Colombiana: Un Recurso Sin Fronteras. Bogotá. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Programa de Ecosistemas Acuáticos; 2000.

Galvis G, Mojica JI, Camargo M. Peces del Catatumbo. Asociación Cravo Norte. Bogotá, Colombia; 1997.

González P, Oyarzún C. Variabilidad de índices biológicos en *pinguipes chilensis* valenciennes 1833 (perciformes, pinguipedidae): ¿Están realmente correlacionados?. *Gayana* 2002; 66:249-253.

Habit E. Aspectos de la biología y hábitat de un pez endémico de Chile en peligro de extinción (*Diplomystes nahuelbutaensis* Arratia, 1987). *Interciencia* 2005; 30:1-8.

Hogendoorn H, Koops WJ. Growth and production of the African catfish, *C. lazera* (C. and V.). I. Effects of stocking density, pond size and mixed culture with tilapia (*S. niloticus* L.) under extensive field conditions. *Aquaculture* 1983; 34:253-263.

Jobling M. *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall, London; 1994.

Linhart O, Štěch L, Švarc J, Rodina M, Audebert JP, Greu J, Billard R. The culture of the European catfish, *Silurus glanis*, in the Czech Republic and France. *Aquat Liv Res* 2002; 15:139-144.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y a la Universidad de los Llanos (convenio No. 015-03/06), por el apoyo financiero y al Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos por el apoyo logístico.

Link de Rosso F, Bolner K, Baldisserotto B. 2006. Ion fluxes in silver catfish (*Rhamdia quelen*) juveniles exposed to different dissolved oxygen levels. *Neotrop Ich* 2006; 4:435-440.

Mira T, Murillo R, Ramírez J, Otero A, Zapata B, Medina V, Cruz P. Ensayos preliminares de reproducción inducida de yaque *Leiarius marmoratus* con extracto de hipófisis de carpa. En: Memorias del IV congreso colombiano de acuicultura, Carmen de Viboral, Antioquia. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2008; 21: 517.

Mojica HO, Rodríguez JA, Orozco CR. Manual de reproducción y cultivo. El bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*). INPA-PRONATTA; 2003.

Negret E. Hacia una piscicultura de producción más limpia: manejo de residuos. V Seminario Internacional de Acuicultura. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá; 2005.

Núñez J, Duqué R, Corcuay Arana N, Duponchelle F, Renno J, Raynaud T et al. Induced breeding and larval rearing of Surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), from the Bolivian Amazon. *Aquac Res* 2008; 39:764-776.

Olaya-Nieto C, Atencio-García V. Manual de biología pesquera. Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera LIBO. Montería; 2006.

Petrere M, Borges R, Agudelo E. & Corrales B. Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and stock depletion of piraiba (*Brachyplatystoma filamentosum* Lichtenstein). *Rev Fish Biol Fish* 2004; 14:403- 414.

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.

Rodríguez SJ. Evaluación del comportamiento de alevinos de Surubí (*pseudoplatystoma fasciatum*) cultivados en dos sistemas de estanques artificiales. Tesis de grado para optar el título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. 2006; 38.

Sánchez S, Ortiz JC, González AO, Borelli MA, Roux JP. Uso del factor de condición relativo como indicador del estado general de producción en estanques de piscicultura. *XXVII Sesión de Comunicaciones Científicas Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad Nacional del Nordeste*. Instituto de Ictiología del Nordeste (INICNE), Facultad Ciencias Veterinarias -UNNE- Sgto; 2006.

- Santos-Sanes I, Olaya-Nieto C, Segura-Guevara F, Brú-Cordero S, Tordecilla-Petro G. Relaciones talla-peso del barbul (*pimelodus clarias* f.c. Bloch, 1785) en la cuenca del río Sinú, Colombia. Rev MVZ Córdoba 2006; 11:62-70.
- Sena de Souza L, Osório JL, Fernandes P, Ortiz S, dos Santos Vaz B. Crescimento e sobrevivência do catfish de canal (*Ictalurus punctatus*) e jundiá (*Rhamdia* sp) no outono–inverno do Rio Grande do Sul. Ciência Rural, 2005; 35:891-896.
- Sipsa. Precios de productos e insumos agropecuarios. CCI. En: http://www.cci.org.co/cci/cci_x/scripts/home.php?men=226&con=70&idHm=2&opc=99. Feb/2009.
- SOFIA. El estado mundial de la Pesca y la Acuicultura. FAO. Roma 2009. URL: <http://www.fao.org>. Sep/2009.
- Viveen W, Richter C, Van Oordt J, Janssen J, Huisman E. Practical Manual for the Culture of the African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell 1822). The Netherlands Ministry for Development Cooperation, The Hague, The Netherlands; 1984.
- Waldrop JE, Wilson RP. Present status and perspectives of the culture of catfishes (Siluroidei) in North America. Aquat Living Resour 1996; 9:183-188.
- Zonneveld N, Fadholi R. Feed intake and growth of red tilapia at different stocking densities in ponds in Indonesia. Aquaculture 1991; 99:83-94.