

# Efectos de la densidad de siembra y disponibilidad de alimento sobre el desarrollo y sobrevivencia de larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum*

## The effects of stocking density and food availability on *Pseudoplatystoma fasciatum* larvae growth and survival

John J. Díaz-Olarte<sup>1</sup>, Nubia E. Cruz-Casallas<sup>1</sup>, Lili J. Marciales-Caro<sup>1</sup>; Víctor M. Medina-Robles<sup>1</sup>, Pablo E. Cruz-Casallas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos - GRITOX, Instituto de Acuicultura, Universidad de los Llanos, A.A. 110, Villavicencio, Colombia

*Recibido: Diciembre 1 de 2008. Aceptado: Enero 19 de 2009*

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los efectos de la densidad de siembra y la disponibilidad de alimento sobre el desarrollo corporal y la sobrevivencia de larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), bajo condiciones de laboratorio y utilizando un diseño factorial 3 x 4 (n=3), fue conducido durante 15 días un experimento para evaluar las siguientes densidades de siembra y disponibilidades de alimento vivo: 15, 30 y 45 larvas.L<sup>-1</sup> y 250, 500, 750 y 1000 nauplios de *Artemia*.larva<sup>-1</sup>, respectivamente. Fueron utilizadas 3240 larvas de 63 días post-eclosión, con peso inicial de 1.35 ± 0.2 mg y 6.1 ± 1.42 mm de longitud total. La calidad del agua se mantuvo constante durante todo el periodo experimental, realizando recambios diarios de 40 %. Tanto la densidad de siembra como la disponibilidad de alimento, afectaron la sobrevivencia de las larvas, siendo que los mayores porcentajes se observaron en aquellos tratamientos en los cuales se aumentó moderadamente la cantidad de alimento suministrado y se utilizaron las mayores densidades de individuos por litro (500 y 750 nauplios.larva<sup>-1</sup> y densidades de 30 y 45 larvas.L<sup>-1</sup>). La ganancia de peso y el desarrollo corporal también fueron afectados, revelando que densidades de siembra de 30 larvas.L<sup>-1</sup> y 750 nauplios de *Artemia*.larva<sup>-1</sup>, como fuente de alimento, serían las condiciones más adecuadas para la larvicultura de la especie.

**Palabras clave:** *Pseudoplatystoma fasciatum*, Primera alimentación, *Artemia*, ganancia de peso, larvicultura.

## ABSTRACT

A 15-day experiment was carried out in laboratory conditions using a 3 x 4 (n=3) factorial design for evaluating the effect of stocking density and food availability on the bodily growth and survival of larvae from tiger shovelnose fish (*Pseudoplatystoma fasciatum*). Stocking density was evaluated at three levels: 15, 30 and 45 larvae.L<sup>-1</sup>. Live food availability was evaluated at 250, 500, 750 and 1000 *Artemia* nauplii.larva<sup>-1</sup>. 3,240 larvae 63 h post-hatching were used in this experiment having 1.35 ± 0.2 mg initial weight and 6.1 ± 1.42 mm total length. The water quality was constant throughout the experimental period, having 40 % daily water change. Larvae survival was affected in both stocking density and food availability treatments, the highest percentages being observed in treatments having a moderate increase in food availability (500 and 750 nauplii.larva<sup>-1</sup>) and the highest stocking density (30 and 45 larvae.L<sup>-1</sup>). Likewise, weight-gain and bodily growth were affected. These results showed that 30 larvae.L<sup>-1</sup> stocking density and 750 *Artemia* nauplii.larva<sup>-1</sup> food availability would be considered to provide the most suitable conditions for this species' larviculture.

**Keywords:** *Pseudoplatystoma fasciatum*, first exogenous feeding, *Artemia*, weight gain, larviculture.

## INTRODUCCIÓN

El bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) es un silúrido que forma parte del grupo de grandes depredadores piscívoros de los ríos de Suramérica (Barbarino y Winemiller, 2003), cuya carne tiene alto valor comercial en los mercados locales, debido a la amplia aceptación entre los consumidores por su valor nutricional y ausencia de espinas intramusculares. Actualmente, en Suramérica, gran parte de la investigación sobre acuicultura está orientada a promover la introducción de silúridos a los sistemas de producción, destacándose los trabajos con especies como el *Pseudoplatystoma corruscans* (Martino *et al.*, 2002; Guerrero, 2003; Segura *et al.*, 2004) y *Pseudoplatystoma fasciatum* (Kossowski, 1996; Padilla *et al.*, 2001; Núñez *et al.*, 2008).

Con relación a los ciclos de maduración gonadal del *P. fasciatum*, éstos están asociados con fenómenos migratorios durante la época estacional de lluvias, los cuales sumados a otros factores ambientales como aumento de la temperatura y la conductividad, producen la estimulación y maduración final de las gónadas. De otro lado, bajo condiciones controladas o de cautiverio los reproductores exhiben una interrupción conocida como disfunción reproductiva; sin embargo, se ha logrado inducir la maduración final de las gónadas, utilizando hormonas exógenas como

extracto de hipófisis de carpa (Gervásio *et al.*, 2004; Mira *et al.*, 2007) y Ovaprim® (sGnRHa + domperidona) (Nuñez *et al.*, 2008) obteniendo resultados satisfactorios.

Uno de los desafíos que enfrenta la piscicultura para la introducción de nuevas especies a los sistemas productivos, es la producción suficiente y oportuna de alevinos. La eficiencia de este proceso, que incluye la larvicultura, depende en alto grado de la calidad del agua, densidad de siembra, disponibilidad de alimento y de la técnica de cultivo (Lopes *et al.*, 2001; Segura *et al.*, 2004).

En *P. fasciatum*, tanto en la fase de larvicultura como en la mayor parte del periodo de alevinaje se presentan elevadas tasas de mortalidad, debido principalmente a depredación intra-específica, conocida también como canibalismo fraternal e intracohorte (Kossowski 1996; Qin y Fast, 1996; Smerman *et al.*, 2002; Nuñez *et al.*, 2008), el cual es favorecido por la heterogeneidad en las tasas de crecimiento, inadecuada alimentación y altas densidades poblacionales (Kossowski, 1996; Atencio-García y Zaniboni-Filho, 2006). Sin embargo, en otras especies de silúridos de hábitos piscívoros, se ha reportado que ofreciendo alimento a saciedad, aumentando la frecuencia de alimentación, utilizando

apropiadas densidades de siembra, realizando selección periódica por talla y proporcionando condiciones ambientales apropiadas, es posible disminuir el canibalismo (Kestemont *et al.*, 2003; Kennedy y Zaniboni, 2002; Núñez 2008). Por ejemplo, en *P. corruscans*, el aumento de la densidad de siembra afectó negativamente las variables productivas y provocó un aumento lineal en las tasas de mortalidad por canibalismo (Segura *et al.*, 2004). Otros trabajos con especies de hábitos carnívoros, han reportado que el aumento en la densidad de siembra afecta el crecimiento de especies como *Pimelodus maculatus* (Kennedy y Zaniboni, 2002), *Clarias gariepinus* y *Mystus nemurus* (Haylor, 1991; Khan, 1994).

Aunque es conocido que la mayoría de las especies

de peces pueden presentar diferentes comportamientos productivos por efecto de la manipulación de la densidad de siembra y de la cantidad y tipo de alimento vivo ofrecido, aún no se conoce con claridad la posible interacción entre estas dos variables y sus efectos sobre la sobrevivencia y el desarrollo corporal en bagre rayado. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño productivo (ganancia de peso, ganancia de talla, ganancia diaria de peso, tasa de crecimiento específico, factor de crecimiento relativo) y la sobrevivencia durante la larvicultura del *P. fasciatus*, analizando los efectos de la disponibilidad de alimento suministrado, bajo diferentes condiciones de densidades de siembra.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización

El experimento fue realizado en el Laboratorio de Producción de Alimento Vivo del instituto de Acuicultura (IALL) de la Universidad de los Llanos (UNILLANOS), localizado en el kilómetro 4 vía Puerto López, vereda Barcelona del municipio de Villavicencio (Meta) a 418 m.s.n.m. Las condiciones climáticas de la región son características de clima húmedo tropical, con temperatura promedio de 25°C, precipitación de 4050 mm anuales y humedad relativa de 75 %.

### Material biológico

Se utilizaron larvas de *P. fasciatus* provenientes de la estación piscícola Agualinda, obtenidas por reproducción artificial inducida con Extracto de Hipófisis de Carpa. Se emplearon larvas de 63 horas post-eclosión, con un remanente de 10 % de saco vitelino, peso de  $1.35 \pm 0.2$  mg y longitud total de  $6.1 \pm 1.42$  mm. El ensayo fue realizado bajo condiciones controladas de laboratorio, monitoreando diariamente los parámetros fisicoquímicos del agua con el objetivo de asegurar la viabilidad sanitaria del material biológico experimental.

Para el alojamiento de las larvas se utilizaron 36 tanques acrílicos de 4 litros de capacidad, mantenidos

bajo condiciones de semi-oscuridad durante el día (12 h) y completa oscuridad durante la noche (12 h), dotados de aireación constante. Diariamente fue realizado recambio de agua del 20 al 40 % y sifoneo del fondo dependiendo de la concentración de material orgánico en descomposición, teniendo cuidado de no descartar larvas vivas. Las variables a manipular fueron la densidad de siembra y la disponibilidad de alimento, utilizando un diseño factorial 3 x 4 completamente al azar, con tres repeticiones. Las densidades de siembra correspondieron a 15, 30 y 45 larvas.L<sup>-1</sup> y las concentraciones de alimento a 250, 500, 750 y 1000 nauplios de *Artemia* salina recién eclosionados.larva<sup>-1</sup>, suministrada tres veces al día (7:00, 17:00 y 22:00 h). En las 36 unidades experimentales se midieron diariamente los siguientes parámetros de calidad de agua: temperatura (°C), conductividad ( $\mu\text{s.cm}^{-1}$ ), sólidos disueltos (gr.L<sup>-1</sup>), salinidad (ppt) y oxígeno disuelto (mg.L<sup>-1</sup>). La sobrevivencia fue estimada a partir del quinto día del ensayo, contando cada tres días las larvas presentes en cada unidad experimental. Al final del ensayo las larvas fueron fijadas en formol, pesadas (mg) con una balanza analítica (*Ohaus Explorer Pro*) y medidas (mm) con un calibrador ( $0,01 \pm \text{SD}$ ), con el fin de obtener las variables productivas. Adicionalmente, a partir de las

variables mencionadas anteriormente, se calcularon los índices de ganancia diaria de peso (mg/día), tasa de crecimiento específico y factor de crecimiento relativo.

#### Análisis estadístico

Inicialmente los datos fueron descritos estadísticamente y, posteriormente, para analizar los efectos de la densidad de siembra y de la disponibilidad

de alimento se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías tipo MLG, verificando previamente los supuestos de normalidad (prueba de Kolmogorov-Simirnov) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene). Además se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias entre los diferentes tratamientos. El criterio de significancia fue  $p < 0,05$ . Los análisis estadísticos fueron realizados usando el programa SPSS.

## RESULTADOS

Los parámetros de calidad de agua se muestran en la Tabla 1. En general, las variables físicas y químicas medidas a lo largo del ensayo no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, ni a lo largo del experimento; sin embargo, se observa que los valores de conductividad eléctrica del agua aumentaron a

medida que se incrementó la disponibilidad de *Artemia* salina suministrada. Igualmente los tratamientos que recibieron mayores concentraciones de artemia y donde las densidades eran bajas (15 y 30 Larvas.L<sup>-1</sup>) presentaron un exceso de materia orgánica en descomposición producto de la artemia no consumida.

**Tabla 1.** Calidad de agua en tanques acrílicos de 4 L, bajo diferentes densidades de siembra de larvas de bagre rayado (*P. fasciatus*) y diferentes proporciones de alimento (nauplios de *Artemia* salina). Para cada parámetro, los valores corresponden a la media  $\pm$  SD

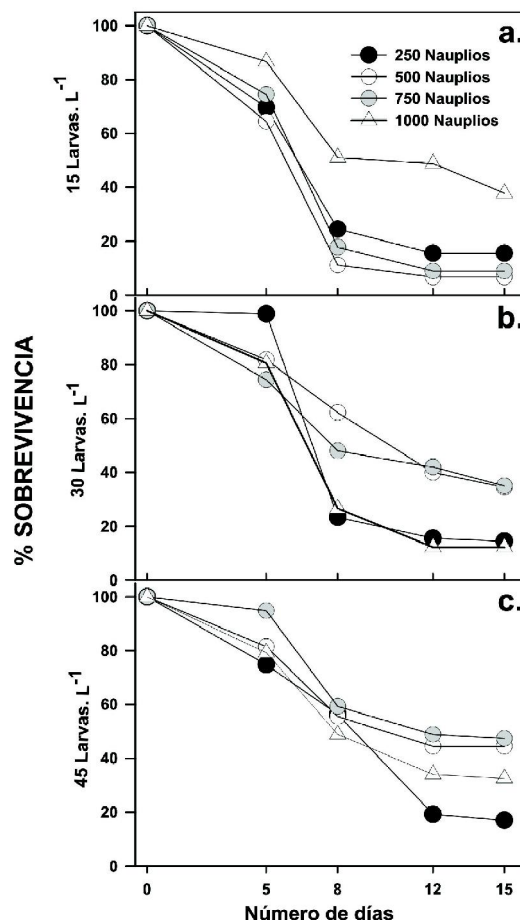
| Larvas L <sup>-1</sup> | Nauplios Larvas <sup>-1</sup> | Temperatura (°C) | Conductividad (µs.cm <sup>-1</sup> ) | TDS              | Salinidad (ppt) | OD (mg L <sup>-1</sup> ) |
|------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------|--------------------------|
| 15                     | 250                           | 25.7 $\pm$ 0.4   | 75 $\pm$ 14                          | 0.05 $\pm$ 0.008 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.9 $\pm$ 1.4            |
|                        | 500                           | 25.6 $\pm$ 0.4   | 75 $\pm$ 17                          | 0.05 $\pm$ 0.009 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.8 $\pm$ 1.5            |
|                        | 750                           | 25.6 $\pm$ 0.3   | 81 $\pm$ 17                          | 0.05 $\pm$ 0.009 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 5.2 $\pm$ 1.4            |
|                        | 1000                          | 25.7 $\pm$ 0.3   | 87 $\pm$ 13                          | 0.06 $\pm$ 0.009 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.7 $\pm$ 1.0            |
| 30                     | 250                           | 25.7 $\pm$ 0.4   | 78 $\pm$ 16                          | 0.05 $\pm$ 0.008 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.7 $\pm$ 1.6            |
|                        | 500                           | 25.5 $\pm$ 0.5   | 81 $\pm$ 23                          | 0.06 $\pm$ 0.010 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.8 $\pm$ 1.5            |
|                        | 750                           | 25.9 $\pm$ 0.4   | 86 $\pm$ 14                          | 0.06 $\pm$ 0.009 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.7 $\pm$ 0.9            |
|                        | 1000                          | 25.8 $\pm$ 0.4   | 90 $\pm$ 7,1                         | 0.06 $\pm$ 0.005 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.9 $\pm$ 1.3            |
| 45                     | 250                           | 25.7 $\pm$ 0.4   | 84 $\pm$ 9,1                         | 0.05 $\pm$ 0.008 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.6 $\pm$ 1.2            |
|                        | 500                           | 25.5 $\pm$ 0.4   | 86 $\pm$ 14                          | 0.06 $\pm$ 0.009 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.9 $\pm$ 1.5            |
|                        | 750                           | 25.8 $\pm$ 0.4   | 89 $\pm$ 15                          | 0.06 $\pm$ 0.010 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.6 $\pm$ 1.0            |
|                        | 1000                          | 26.0 $\pm$ 0.3   | 93 $\pm$ 15                          | 0.06 $\pm$ 0.010 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 4.7 $\pm$ 1.4            |

TDS: sólidos totales disueltos; OD: oxígeno disuelto

La Figura 1 ilustra el porcentaje acumulado de sobrevivencia durante los 15 días del ensayo, para las tres densidades de siembra y las cuatro disponibilidades de *Artemia*, los valores de sobrevivencia finales entre los tratamientos presentaron diferencias significativas tanto para la densidad de individuos ( $F_{2,35}=3703$ ;  $P<0,001$ ) como para la disponibilidad de alimento ( $F_{3,36}=1443$ ;  $P<0,001$ ). Como se observa en la figura 1, estos valores disminuyeron drásticamente entre el quinto y octavo día del ensayo, llegando a valores inferiores a 40 % con las densidades de 15 y 30 Larvas.L<sup>-1</sup>; en contraste, con la mayor densidad (45 Larvas.L<sup>-1</sup>), la sobrevivencia en este momento fue alrededor de 60%. Por su parte, los mayores porcentajes de sobrevivencia se observaron en aquellos tratamientos en los cuales se aumentó moderadamente la

disponibilidad de alimento y se utilizaron las mayores densidades de individuos por litro, es decir, disponibilidades de 500 y 750 nauplios.larva<sup>-1</sup> y densidades de 30 y 45 larvas.L<sup>-1</sup> (Figura 1b, c). El menor porcentaje de sobrevivencia fue observado en el tratamiento que recibió 500 nauplios.larva<sup>-1</sup>, con una densidad de 15 larvas.L<sup>-1</sup> (Figura 1a). Aún cuando la tendencia general fue que la sobrevivencia disminuyó drásticamente en todos los tratamientos al finalizar el ensayo, la densidad de siembra que mantuvo los porcentajes más altos fue de 45 larvas.L<sup>-1</sup>, con las diferentes disponibilidades de *Artemia* salina suministrada (Figura 1c).

En la Tabla 2 se presentan los promedios de ganancia de peso, ganancia de talla y ganancia diaria de peso, así como la tasa de crecimiento



**Figura 1.** Porcentajes acumulados de sobrevivencia de larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) alojadas en tanques de 4 L, a densidades de siembra de 15 Larvas.L<sup>-1</sup> (a), 30 Larvas.L<sup>-1</sup> (b) y 45 Larvas.L<sup>-1</sup> (c), alimentadas con diferentes concentraciones de nauplios de *Artemia* salina

**Tabla 2.** Variables productivas determinadas en larvas de bagre rayado (*P. fasciatus*) para cada densidad de siembra y concentración de *Artemia* suministrada  
Valores mostrados como media  $\pm$  SD. n= 3 replicas por tratamiento

| Larvas.L <sup>-1</sup> | Nauplios.Larva <sup>-1</sup> | Sobrevivencia (%) | Ganancia en Peso (mg)          | Ganancia en talla (mm)        | Ganancia diaria de peso (mg . Día <sup>-1</sup> ) | Tasa de crecimiento específico | Factor de crecimiento relativo |
|------------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|
| 15                     | 250                          | 16 <sup>a</sup>   | 49.8 $\pm$ 12.5 <sup>abc</sup> | 13.5 $\pm$ 1.4 <sup>ab</sup>  | 3.3   | 25.9                           | 2.6                            |
|                        | 500                          | 7 <sup>b</sup>    | 27.5 $\pm$ 10.2 <sup>a</sup>   | 9.5 $\pm$ 2.2 <sup>a</sup>    | 1.8   | 21.8                           | 1.9                            |
|                        | 750                          | 9 <sup>b</sup>    | 40.6 $\pm$ 12.6 <sup>ab</sup>  | 12.3 $\pm$ 1.7 <sup>ab</sup>  | 2.7   | 24.5                           | 2.3                            |
|                        | 1000                         | 38 <sup>c</sup>   | 73.6 $\pm$ 33.7 <sup>cd</sup>  | 16.2 $\pm$ 4.0 <sup>cd</sup>  | 4.9   | 28.6                           | 3.4                            |
| 30                     | 250                          | 14 <sup>a</sup>   | 43.2 $\pm$ 6.4 <sup>abc</sup>  | 12.7 $\pm$ 1.1 <sup>ab</sup>  | 2.9   | 24.9                           | 2.4                            |
|                        | 500                          | 34 <sup>d</sup>   | 73.0 $\pm$ 21.4 <sup>cd</sup>  | 16.2 $\pm$ 2.6 <sup>cd</sup>  | 4.9   | 28.6                           | 3.3                            |
|                        | 750                          | 35 <sup>d</sup>   | 84.6 $\pm$ 19.8 <sup>d</sup>   | 17.6 $\pm$ 2.0 <sup>d</sup>   | 5.6   | 29.6                           | 3.6                            |
|                        | 1000                         | 12 <sup>e</sup>   | 72.4 $\pm$ 30.7 <sup>bcd</sup> | 16.0 $\pm$ 3.4 <sup>cd</sup>  | 4.8   | 26.5                           | 3.3                            |
| 45                     | 250                          | 17 <sup>a</sup>   | 55.6 $\pm$ 19.6 <sup>abc</sup> | 13.5 $\pm$ 2.7 <sup>ab</sup>  | 3.7   | 26.7                           | 2.9                            |
|                        | 500                          | 44 <sup>f</sup>   | 55.9 $\pm$ 12.4 <sup>abc</sup> | 15.3 $\pm$ 1.5 <sup>bcd</sup> | 3.7   | 26.7                           | 2.7                            |
|                        | 750                          | 47 <sup>g</sup>   | 63.2 $\pm$ 6.6 <sup>bc</sup>   | 16.1 $\pm$ 1.0 <sup>cd</sup>  | 4.2   | 27.6                           | 2.9                            |
|                        | 1000                         | 33 <sup>d</sup>   | 73.6 $\pm$ 15.3 <sup>d</sup>   | 16.0 $\pm$ 2.6 <sup>cd</sup>  | 4.9   | 28.6                           | 3.4                            |

Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas, según el test de Tukey (p<0,05).

Sobrevivencia (%) = (número final de animales / número inicial de animales) x 100

Ganancia de peso (mg) = peso final (mg) - peso inicial (mg)

Ganancia de talla = talla final (mm) - talla inicial (mm)

Ganancia diaria de peso GDP mg . día<sup>-1</sup> = (peso final - peso inicial) / días del ciclo de producción

Tasa de crecimiento específico (TCE) = ((Ln peso final - Ln peso inicial) / tiempo de cultivo) x 100

Factor de crecimiento relativo (FCR) = peso final (mg) / longitud total final (mm)

específico y el factor de crecimiento relativo. Entre las densidades de siembra evaluadas (15, 30 y 45 larvas.L<sup>-1</sup>) se encontraron diferencias significativas para la ganancia de peso ( $F_{2,114}=5,64$ ;  $P<0,01$ ), siendo que la densidad de 30 larvas.L<sup>-1</sup> mostró los mayores valores (Figura 2). Igualmente, se observaron diferencias significativas ( $F_{2,114}=7,65$ ;  $P<0,0001$ ) por efecto de la disponibilidad de alimento ofrecido (250, 500, 750 y 1000 nauplios.larvas<sup>-1</sup>), obteniéndose mayor ganancia de peso en los tratamientos que recibieron 750 y 1000 nauplios.Larva<sup>-1</sup>. La interacción entre las variables densidad de siembra y disponibilidad de alimento también fue significativa ( $F_{2,114}=4,24$ ;  $P<0,001$ ) para esta variable productiva. Igualmente, la ganancia de talla (Figura 3) mostró diferencias significativas entre las diferentes densidades de siembra ( $F_{2,114}=8,06$ ;  $P<0,001$ ), disponibilidades de *Artemia* ( $F_{2,114}=8,77$ ;  $P<0,001$ ) y su respectiva interacción ( $F_{2,114}=5,29$ ;  $P<0,001$ ).

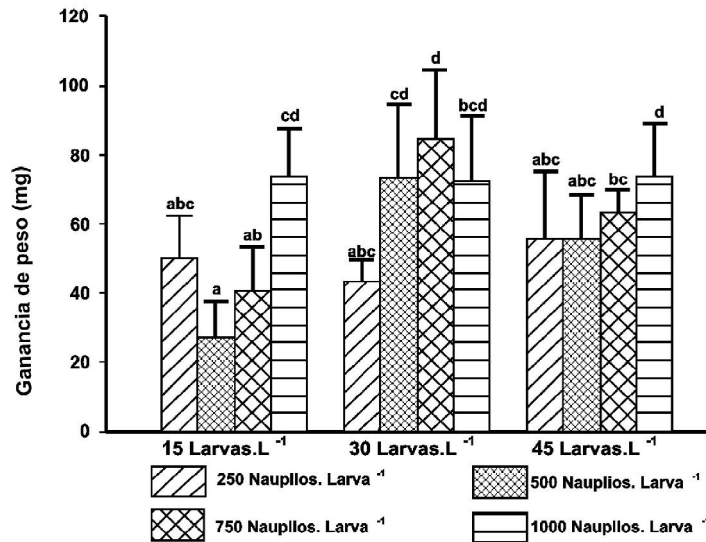
Las interacciones para las dos variables productivas evaluadas permiten inferir que la disponibilidad de

alimento suministrado (*Artemia*), junto con la densidad de siembra juega un papel importante en el desarrollo y sobrevivencia de las larvas durante esta etapa. La mayor ganancia de peso y talla (Figura 2 y 3) se observó en los tratamientos con densidades de siembra de 30 y 45 larvas.L<sup>-1</sup> y con disponibilidades de *Artemia* de 750 - 1000 nauplios.Larva<sup>-1</sup>, respectivamente; contrario a lo observado con las densidades de siembra de 15 larvas.L<sup>-1</sup>, en donde las ganancias de peso y de talla fueron muy variables, relacionadas directamente con las altas tasas de mortalidad por canibalismo; así algunos tratamientos terminaron con altos valores en ganancia de peso y talla pero con bajos porcentajes de sobrevivencia, producto de la depredación intra-específica. De igual modo, la tasa crecimiento específico fue más alta en los tratamientos que presentaron un alta sobrevivencia y por tanto aumentó el factor de crecimiento relativo.

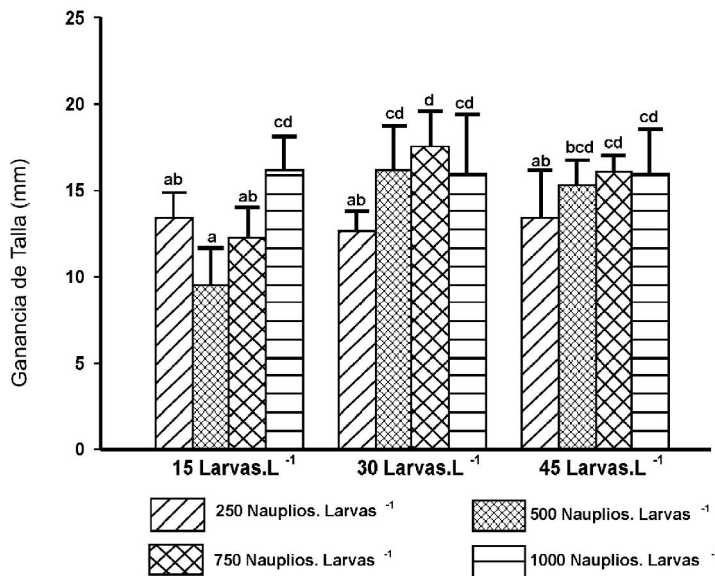
La Figura 4 muestra las interacciones entre los factores densidad de siembra y concentración de *Artemia*, para las variables ganancia de peso y talla,

observándose que los mejores rendimientos se presentaron con el tratamiento de 30 larvas.L<sup>-1</sup> alimentadas con 750 nauplios.larva<sup>-1</sup>; sin embargo, al aumentar la disponibilidad a 1000 nauplios.larva<sup>-1</sup> la ganancia de peso y de talla disminuyó. En la densidad

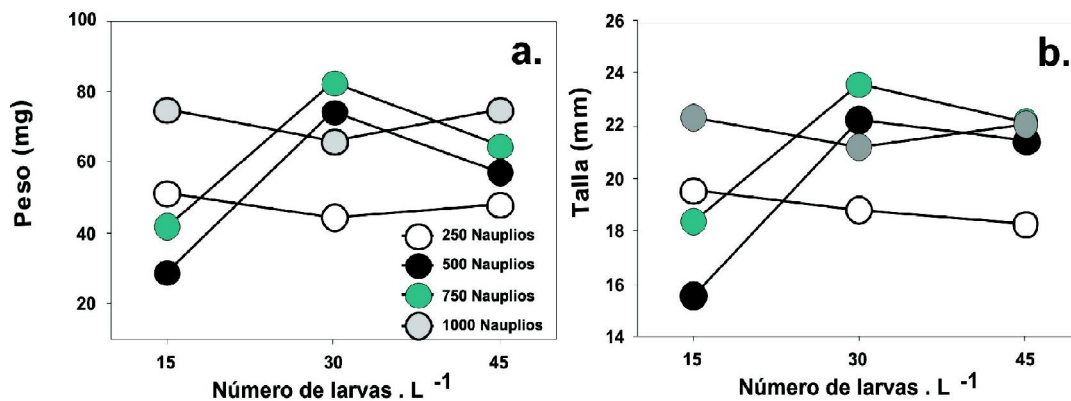
de 45 larvas.L<sup>-1</sup> el tratamiento que recibió 1000 nauplios.larva<sup>-1</sup> presentó los valores más altos de ganancia de peso. Lo anterior permite establecer que la respuesta de las variables productivas varía de acuerdo con las densidades de siembra y la cantidad



**Figura 2.** Ganancia de peso de larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), utilizando diferentes densidades de siembra y concentraciones de *Artemia salina*, al final de un periodo de larvicultura de 15 días. Valores mostrados como media ± SD. <sup>abcd</sup> subgrupos formados según la prueba de Tukey. Entre columnas, para cada tratamiento, letras distintas indican diferencias significativas (P<0.05). n= 3 réplicas por tratamiento



**Figura 3.** Ganancia de talla de larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), utilizando diferentes densidades de siembra y concentraciones de *Artemia salina*, al final de un periodo de larvicultura de 15 días. Valores mostrados como media ± SD. <sup>abcd</sup> subgrupos formados según la prueba de Tukey. Entre columnas, para cada tratamiento, letras distintas indican diferencias significativas (P<0.05). n= 3 réplicas por tratamiento



**Figura 4.** Interacción entre los factores densidad de siembra y concentración de *Artemia*. (a) Ganancia de peso, (b) Ganancia de talla.

de alimento disponible, lo cual también puede incidir en los porcentajes de sobrevivencia, por lo tanto al aumentar la tasa de alimentación se podría manejar

densidades de cultivo altas, siempre y cuando el suministro se realice con una frecuencia que garantice la optimización del alimento por la especie.

## DISCUSIÓN

Inferir el efecto de la densidad de siembra sobre variables productivas como sobrevivencia, ganancia de talla y peso corporal ha sido ampliamente estudiado en especies de hábitos carnívoros (depredación interespecífica), tanto carácidos (Baras y Jobling, 2002; Kestemont *et al.*, 2003) como silúridos (Piaia y Baldisserotto, 2000; Gomes *et al.*, 2000; Kennedy y Zaniboni, 2002; Segura, 2004; Nuñez *et al.*, 2008) de importancia comercial.

En la actualidad los sistemas productivos buscan desarrollar paquetes tecnológicos que contemplen modelos intensivos de larvicultura y alevinaje, cuyo objetivo sea asegurar volúmenes suficientes de alevinos, minimizando con ello problemas como la agresividad y el comportamiento caníbal (depredación intraespecífica) presente en algunas especies; igualmente están orientados a evaluar factores no interactivos como intensidad de luz, disponibilidad de comida, y factores interactivos como densidad de siembra y heterogeneidad de talla (Kestemont *et al.*, 2003; Nuñez *et al.*, 2008).

Investigaciones recientes en larvas de *P. fasciatum* alimentadas con nauplios de *Artemia* salina muestran sobrevivencias del 91 % a los 15 días posteclosión (DPE), y del 65 % con zooplancton natural; sin embargo, a los 28 DPE, esta sobrevivencia disminuye al 50 % en los

tratamientos que recibieron nauplios de *Artemia* y al 2 % en los tratamientos que recibieron zooplancton natural. Nuñez *et al.*, (2008). En este mismo trabajo, el mejor desempeño productivo fue observado en los tratamientos que recibieron *Artemia* salina en bajas densidades y bajo condiciones de completa oscuridad.

Trabajos realizados con *P. fasciatum* sugieren que altas densidades de siembra afectan negativamente y de forma lineal la ganancia de peso y la mortalidad en mayor proporción por depredación intraespecífica (Segura *et al.*, 2004); sin embargo, según los actuales resultados, al aumentar la densidad, acompañado de suministro moderado de alimento y buena calidad de agua, es posible evitar la reducción de la sobrevivencia, aunque la ganancia de peso y la talla puedan verse afectadas por competencia de recursos alimenticios, generando una descompensación en el crecimiento que puede aumentar el riesgo de canibalismo (Baras y Jobling, 2003).

Nuñez *et al.*, (2008), uno de los factores que afecta la sobrevivencia en larvas de *P. fasciatum*, es la regulación del fotoperíodo (aumentando los periodos de oscuridad) junto con la frecuencias alimenticias (aumentando el número de raciones) y no la densidad de siembra. De esta forma, condiciones



de oscuridad reducirían significativamente la conducta agresiva, ya que permanecen por largos periodos de tiempo en reposo luego de cada comida (Nuñez *et al.*, 2008).

Ensayos sobre densidades de siembra en *Perca fluviatilis*, concluyeron que a densidades bajas, estos organismos desarrollan comportamientos territoriales, contrario a lo que ocurre en densidades altas donde el número de organismos caníbales es proporcionalmente bajo, explicado por la reducción de espacios que impiden el desarrollo de comportamientos territoriales (Kestemont *et al.*, 2003); sin embargo, esto puede ser afectado cuando el alimento no es distribuido de forma homogénea, restringiendo el acceso de algunas larvas al recurso alimenticio (Baras y Jobling, 2002).

Según Qin y Fast (1996), la conducta canibal es inevitable en las especies carnívoras durante sus primeros estadios de vida, pero puede ser altamente reducida en juveniles, seleccionándolos por tallas y suministrándoles alimento *ad libitum*, pero evitando el suministro excesivo y asegurando una buena calidad de agua. La reducción en la oferta de alimento a densidades altas, podría no afectar directamente el aumento en las conductas caníbales, pero si influir directamente sobre la sobrevivencia; por tanto, la baja sobrevivencia observada con bajas concentraciones de *Artemia salina* (250 nauplios.Larva<sup>-1</sup>), podría atribuirse a una alimentación insuficiente.

Las diferencias morfológicas que contribuyen a la heterogeneidad en el tamaño, son atribuidas a desoves

donde la eclosión demora un largo periodo de tiempo, dando origen a un crecimiento asincrónico que permite que las primeras larvas desarrollen rápidamente su boca y por tanto la relación boca-tamaño del cuerpo les proporciona mayores habilidades competitivas al momento de consumir larvas ligeramente más pequeñas (Canibalismo tipo I) (Baras & Jobling, 2002; Kestemont *et al.*, 2003) siendo más evidente entre el quinto y el octavo día según nuestros resultados (Figura 1), sumado al desarrollo temprano de órganos sensoriales, partes duras del cuerpo, mejores habilidades de nado y escape (Baras & Jobling, 2002).

Los costos de producción utilizando *Artemia* como fuente de alimento en larvicultura son altos, siendo necesario estudiar alternativas como el uso de especies de zooplancton natural; sin embargo, algunos trabajos reportan que en especies de hábitos piscívoros (depredación interespecífica), esta alternativa pasa a ser un recurso limitante luego de la primera semana de suministro, generando un crecimiento más heterogéneo debido a la baja digestibilidad y calidad nutricional de este tipo de alimento (Prieto y Atencio, 2008, Nuñez *et al.*, 2008) quedando muchos individuos en desventaja con relación a aquellos que expresan su condición canibal (Baras y Jobling, 2002).

Los actuales resultados contribuyen sin duda a mejorar las técnicas de manejo de estas especies, las cuales representan un potencial interesante para la integración de especies de silúridos nativos de la Orinoquia a los sistemas de producción comercial.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado en el marco del contrato No. 015-03/06, suscrito entre el Centro de Agricultura Tropical – CIAT y la Universidad de los Llanos, con la cofinanciación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Los autores agradecen a la estación

piscícola AGUALINDA, a los técnicos profesionales en piscicultura del SENA - Regional Córdoba- Hugo Ibáñez y Orlando Pardo y al pasante de investigación Fabio Pabón, por su colaboración en la conducción de los ensayos durante la fase experimental.

## REFERENCIAS

Atencio-García V, Zaniboni-Filho E. El canibalismo en la larvicultura de peces. Rev. MVZ Córdoba 2006;11(1):9-16.

Baras E, Jobling M. Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. Aquacult Res. 2002;33:461-479.

- Barbarino A, Winemiller KO. Dietary segregation among large catfishes of the Apure and Arauca Rivers, Venezuela. *J Fish Biol.* 2003;63: 410-427.
- Gervásio L, Romagosa E, Borella M, Batlouni S. Induced spawning of hatchery-raised Brazilian catfish, cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). *Aquaculture.* 2004;240: 451-461.
- Gomes LC, Baldisserotto B, Senhorini JA. Effect of stocking density on water quality survival, and growth of larvae of the matrinxã, *Brycon cephalus* (Characidae), in ponds. *Aquaculture* 2000;183: 73-81.
- Guerrero CE. 2003. Treinamiento alimnetar de pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz. 1829): Sobrevivência, crescimento e aspectos económicos. Tesis de Maestría, Centro de Aqüicultura Jaboticabal; Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil.
- Haylor GS. Controlled hatchery production of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822): growth and survival of fry at night stocking density. *Aquacult Fisch Manag.* 1991; 22:405-422.
- Kennedy R, Zaniboni E. Larvicultura do Mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes:Pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de Vida. *R. Bras. Zootec.* 2002; 31(2): 560-565.
- Kestemont P, Jourdan S, Houbart CC, Paspatis M, Fontaine P, Cuvier A, Kentouri M, Baras E. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture* 2003;227: 333-356.
- Khan MS. Effect of population density on the growth feed and protein conversion efficiency and biochemical composition of a tropical freshwater catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes). *Aquacult Fisch Manag.* 1994;25: 753-760.
- Kossowski C. 1996. Perspective de L'élevage des poissons-chats (Siluroidei) en Amérique du Sud. *Aquat. Living Resour.* 1996. Hors Série:189-195.
- Lopes JM, Silva L, Baldisserotto B. Survival and growth of silver catfish larvae exposed to different water pH. *Aquacult Int.* 2001;9: 73-80.
- Martino RC, Cyrino JE, Portz L, Trugo LC. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. *Aquaculture* 2002;209:209-218.
- Mira T, Castro S, Medina V, Murillo R, Otero A, Ramírez J, Zapata B, Velasco Y, Cruz P. 2007. Ensayos preliminares de reproducción inducida de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* con extracto de hipófisis de carpa. En memorias de la XIII Jornada de Acuicultura Unillanos, Villavicencio, Meta. pp 65-67.
- Núñez J, Dugué R, Corcuy-Arana N, Duponchelle F, Renno JF, Raynaud T, Hubert N, Legendre M. Induced breeding and larval rearing of Surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), from the Bolivian Amazon. *Aquacult Res.* 2008;39: 764-776.
- Padilla P, Alcántara F, Ismiño R. Reproducción inducida de la doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y desarrollo embrionario – larval. *Folia Amazónica* 2001;12:141-154.
- Piaia R, Baldisserotto B. Densidade de estocagem e crescimento de alevinos de Jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824). *Ciência Rural, Santa María* 2000;30 (3): 509-513.
- Prieto M, Atencio V. Zooplankton en la larvicultura de Peces Neotropicales. *MVZ Córdoba.* 2008;13(2):1415-1425.
- Qin J, Fast AW. Size and feed dependent cannibalism with juvenile snakehead *Chana striatus*. *Aquaculture.* 1996;144:313-320.
- Segura L, Hayashi C, De Souza S, Soares C. Canibalismo entre larvas de pintado, *Pseudoplatystoma coruscans*, cultivadas sob diferentes densidades de estocagem. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 2004;26(3) 299-302.
- Smerman W, Díaz JG, Detoledo JJ, Santos CA, Suelde D. Larvicultura de pintado (*Pseudoplatystoma* sp) em Alta Floresta – Mato Grosso. *Revista de Biología e Ciências da terra* 2002; 2 Supl 1: 1-8.