

# Utilización de organismos vivos como primera alimentación de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) bajo condiciones de laboratorio

## Utilization of living organisms as a first feeding of yaque (*Leiarius marmoratus*) larvae under laboratory conditions

Juan A. Ramírez-Merlano<sup>1\*</sup>, Angélica M. Otero-Paternina<sup>1</sup>,  
Wilson Corredor-Santamaría<sup>1</sup>, Víctor M. Medina-Robles<sup>1</sup>,  
Pablo E. Cruz-Casallas<sup>1</sup>, Yohana M. Velasco-Santamaría<sup>1, 2</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.

<sup>2</sup> Institute of Biology, University of Southern Denmark, Campusvej 55, DK-5230 Odense M, Dinamarca

\* e-mail: juanantonioramirez.merlano@gmail.com

### RESUMEN

Con el fin de evaluar la utilización de organismos vivos como primera alimentación de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*), inicialmente se realizó una evaluación del desarrollo morfológico de las larvas, a través del seguimiento de la reabsorción del saco vitelino y la abertura bucal. Para evaluar los efectos del suministro de diferentes organismos vivos sobre algunas variables productivas durante un periodo de larvicultura de 12 días, larvas de la especie fueron sometidas a condiciones de laboratorio, alojándolas a una densidad de 10 larvas/L y suministrándoles 4 raciones diarias de diferentes tipos de alimento vivo, así: nauplios de artemia salina recién eclosionados (T1), cladóceros del género *Diaphanosoma* (T2), copépodos del género *Diaptomus* (T3), cladóceros + copépodos (T4) y larvas recién eclosionadas de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (T5). En total se utilizaron 3000 larvas de 50 horas post-eclosión (HPE), con un peso inicial de  $0.81 \pm 0.02$  mg y  $3.68 \pm 0.04$  mm de longitud total. El inicio de la abertura bucal fue observado a las 10 HPE, registrándose en este momento un tamaño de abertura bucal de  $72.6 \pm 5.7$   $\mu$ m. Al final del periodo de seguimiento (50 HPE) las larvas alcanzaron una abertura máxima bucal de  $532.6 \pm 7.8$   $\mu$ m y reabsorción del saco vitelino del 95 %. Los mejores desempeños en términos de ganancia de peso y de longitud se observaron en el T5, con un valor de  $17.4 \pm 0.5$  mm y  $116.1 \pm 3.7$  mg, respectivamente, pero con una sobrevivencia inferior a los demás tratamientos evaluados. El mayor porcentaje de sobrevivencia se observó en el T1 ( $55.3 \pm 6.5$  %), seguido del T2 ( $18.6 \pm 3.8$  %). Bajo estas condiciones, se puede concluir que los mejores resultados fueron obtenidos con larvas alimentadas con nauplios de artemia salina o con cladóceros, constituyéndose éstos últimos en una importante alternativa como fuente de alimento durante la larvicultura de esta especie.

**Palabras clave:** Larva, *Leiarius marmoratus*, primera alimentación, yaque.

## ABSTRACT

To evaluate the effect of living organisms as a first feeding of yaque (*Leiarius marmoratus*) larvae, an evaluation of the morphological development of larval was done based on the absorption of the yolk sac and the mouth opening. To evaluate the effects of different living organisms in the diet on some productive variables, larvae were subjected to laboratory conditions at a density of 10 larvae/L for 12 days of rearing, providing them four different daily rations of live food as follows: newly hatched brine shrimp nauplii (T1), cladocerans of the genus *Diaphanosome* (T2), copepods of the genus *Diaptomus* (T3), cladocerans + copepods (T4) and newly hatched larvae cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (T5). A total of 3000 larvae of 50 hours post-hatching (HPH) with an initial weight of  $0.81 \pm 0.02$  mg and  $3.68 \pm 0.04$  mm total length were used. The time of mouth opening was observed at 10 HPH with a mouth opening size of  $72.6 \pm 5.7$   $\mu$ m. At the end of observation period (50 HPH), the larvae reached a maximum opening of the mouth of  $532.6 \pm 7.8$   $\mu$ m with a 95 % yolk sac resorption. The best performance were observed in T5 in terms of weight and length gain with a value of  $17.4 \pm 0.5$  mm and  $116.1 \pm 3.7$  mg, respectively; however, a lower survival than the other treatments was observed. The highest survival percentage was observed in T1 ( $55.3 \pm 6.5$  %) followed by T2 ( $18.6 \pm 3.8$  %). Under the conditions of the present study it is possible to conclude that larvae fed with brine shrimp nauplii or cladocerans showed the best results, the cladocerans becoming an important alternative source of food during the larviculture of this species.

**Key words:** First feeding, larvae, *Leiarius marmoratus*, yaque.

## INTRODUCCIÓN

La producción de silúridos es actualmente una importante actividad productiva en varios países del mundo. En algunos países de Europa se cultivan y comercializan el "basa" y el "tra" (*Pangasius bocourti* y *P. sutckii*), dos bagres originarios de Vietnam. Por su parte, en los Estados Unidos es ampliamente documentado el cultivo del bagre del canal y de varias especies de Clarias, alcanzando producciones de hasta 2000 toneladas métricas (TM) anuales (Josupeit, 2007). La industria de la producción de estas especies muestra un gran potencial; por ejemplo, Estados Unidos produjo en el año 2000, sólo para su mercado interno, casi 360.000 TM de la especie *Ictalurus punctatus*, mientras que la producción de Vietnam alcanzó recientemente las 180.000 Tm, con una proyección de 220.000 TM anuales durante los próximos años (Globefish, 2006). Por lo tanto, a pesar de sus hábitos carnívoros con tendencia piscívora, los bagres representan un inmenso potencial para la piscicultura continental, debido principalmente a la calidad y aceptación comercial de su carne (Villadiego *et al.*, 2004).

Las especies colombianas de silúridos presentan un alto potencial para ser utilizadas en los procesos de piscicultura; entre estas especies están el bagre rayado (*Pseudoplatystoma sp*) y principalmente el yaque (*Leiarius marmoratus*) que han sido recomendadas para diversificar la acuicultura nacional (Pineda, 2002). Este último se encuentra ampliamente distribuido en las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas (Ramírez y Ajiaco, 1997; Castillo, 2001) presentando en ambientes naturales hábitos alimenticios piscívoros (Layman *et al.*, 2005); sin embargo, se ha reportado tendencia alimenticia omnívora en el río (Ramírez y Ajiaco, 1997; Novoa, 2002).

A pesar de previos estudios realizados con estas especies de bagres (Padilla *et al.*, 2001), aún no es posible su cultivo a escala comercial, debido principalmente a las dificultades para lograr su reproducción exitosa en cautiverio, a su marcada estacionalidad reproductiva, a los hábitos alimenticios carnívoros de la mayoría de las

especies y a la dificultad para adaptarlas a consumir dietas secas o concentrados comerciales (Guerrero, 2003), siendo necesarios aún estudios del desarrollo larvario para establecer técnicas de manejo más eficientes, especialmente durante la transición de la alimentación endógena a exógena (Zaniboni *et al.*, 2001), con el objetivo de disminuir la conducta caníbal durante los primeros días post-eclosión.

En algunas especies de silúridos de hábitos piscívoros, entre estas el yaque, se ha reportado que ofrecer alimento a saciedad, aumentar la frecuencia de alimentación, utilizar apropiadas densidades de siembra, realizar selección periódica por talla y proporcionar condiciones ambientales apropiadas, junto con un adecuado manejo de la

primera alimentación, ofreciendo alimento vivo durante las fases iniciales podrían contribuir a disminuir el canibalismo (Luz *et al.*, 2002; Kestemont *et al.*, 2003; Mora *et al.*, 2006; Nuñez *et al.*, 2008). El suministro de estos organismos en la fase de larvicultura ofrece ventajas como fácil digestibilidad, aporte de proteína y de enzimas e inducción de estímulos visuales que facilitan posteriormente la búsqueda del alimento (Legendre *et al.*, 1995, García-Ortega *et al.*, 2000).

En consecuencia, el objetivo del presente estudio fue evaluar el suministro de diferentes tipos de alimento vivo (artemia salina, cladóceros, copépodos y larvas de peces) como primera alimentación en el yaque, como estrategia para la disminución del canibalismo en la etapa larval.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y área de estudio

El estudio fue realizado en los laboratorios de Reproducción y de Alimento Vivo del Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos (IALL), localizado en el kilometro 12 vía Puerto López, vereda Barcelona del municipio de Villavicencio (Meta-Colombia), ubicado a 418 m.s.n.m. Las condiciones climáticas de la región son características de un clima húmedo tropical, con temperatura promedio de 25° C, precipitación anual promedio de 4.050 mm y promedio de humedad relativa de 75%.

### Material biológico

Las larvas de yaque (*Leiaris marmoratus*) fueron obtenidas por reproducción artificial de ejemplares sexualmente maduros inducidos con Extracto de Hipófisis de Carpa para hembras (Mira *et al.*, 2008) y Ovaprim para machos según el protocolo propuesto por Medina *et al.*, (2008). Posterior a la seminación en seco, los embriones fueron trasladados a incubadoras cilíndrico-cónicas de flujo ascendente, donde fueron dejados hasta su eclosión, conservando una temperatura del agua promedio de 27±1 °C, pH de 6.5±0.1 y concentración de oxígeno de 5.8±0.5 mg/L.

### Toma de muestras, descripción y mediciones

Durante la etapa larvaria, cada dos horas a partir de la 0 hora post-eclosión (HPE) y hasta las 50 HPE, se tomaron muestras de 25 larvas las cuales se fijaron con formol buferado, para su posterior registro con la ayuda de una cámara de microfotografía (NIKON Digital, SIGHT DS-U1, Japón), acoplada a un microscopio de contraste de fase (NIKON, Japón, ECLIPSE E400) o a un estereoscopio (NIKON SMZ800, Japón). Todas las fotografías fueron almacenadas usando el software ACT-2U (NIKON, ACT-2U Imaging Software, Japón) y utilizadas para determinar la longitud total (mm), altura (mm) y longitud del saco vitelino (mm). De igual forma, las larvas fueron pesadas individualmente (peso húmedo) en una balanza analítica (Explorer Pro OHAUS, Modelo EP214C) y su peso expresado en mg.

### Evaluación de las características de crecimiento en la fase larvaria

Volumen del saco vitelino (VV): Durante la fase larvaria de yaque se calculó el volumen del saco vitelino cada 2 HPE hasta su reabsorción. Para este propósito se utilizó la fórmula descrita por Junqueira (1999), así:

$VV = [(\pi/6) * L * H^2]$ , donde:

V: volumen del saco vitelino, expresado en  $mm^3$

L: Longitud total del saco vitelino expresado en mm

H: Altura del saco vitelino expresado en mm

**Reabsorción del saco vitelino:** Para este caso, el porcentaje de reabsorción del saco vitelino (RV), se determinó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$RV = Vm * 100 / Vi$ , donde:

RV: Porcentaje de reabsorción del saco vitelino

Vm: Volumen del saco vitelino ( $mm^3$ ) de la larva a la hora de muestreo

Vi: Volumen del saco vitelino ( $mm^3$ ) de la larva recién eclosionada

**Abertura máxima bucal (Amb):** Para este propósito, se realizó un seguimiento de la apertura de la boca, desde su inicio hasta que alcanzó la apertura máxima (Amb), considerando un ángulo de  $90^\circ$ , empleando la ecuación de Shirota (1970), así:

$Amb = LMS * \sqrt{2}$ , donde:

Amb: Abertura máxima de la boca

LMS: Longitud ( $\mu m$ ) máxima del maxilar superior

### Desarrollo corporal y sobrevivencia de larvas de yaque alimentadas con diferentes tipos de organismos vivos

Para la evaluación del desarrollo corporal y la sobrevivencia de las larvas fueron utilizados individuos que ya habían iniciado alimentación exógena, que fueron trasladados a unidades experimentales, consistentes en recipientes con un volumen efectivo de agua de 3 L y densidad de 30 larvas por recipiente ( $10 \text{ larvas} \cdot L^{-1}$ ). Cinco diferentes tratamientos fueron evaluados, así: larvas alimentadas con nauplios de artemia salina (T1) recién eclosionados (artemia High 5, Marca INVE), cladóceros del género *Diaphanosoma* (T2), copépodos del género *Diaptomus* (T3), combinación de cladóceros más

copépodos (T4) o larvas de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) recién eclosionadas (T5). Cada tratamiento contó con 6 unidades experimentales.

El zooplancton fue suministrado por el Laboratorio de Alimento Vivo del Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos. Por medio de volumetría se determinó la cantidad exacta de organismos a suministrar a cada tratamiento. Dos horas después de la alimentación, cada unidad experimental fue sifoneada para retirar los organismos no consumidos y renovar diariamente el 30 % del volumen de agua. Las larvas fueron alimentadas a una frecuencia de cuatro raciones diarias, suministradas a las 07:00, 11:00, 15:00 y 19:00 horas; adicionalmente se ajustó la ración cada cuatro días a una razón de 50, 100, 150 organismos por larva. El ensayo fue conducido bajo condiciones controladas de laboratorio, bajo un ambiente de oscuridad total para minimizar el estrés lumínico, y tuvo una duración de 12 d.

Para evaluar el crecimiento, al inicio y final de la fase experimental (día 12), las post-larvas de cada tratamiento fueron pesadas en una balanza analítica (Explorer Pro OHAUS, Modelo EP214C) y medidas con un calibrador ( $0.01 \pm SD$ ) con el fin de determinar los siguientes parámetros productivos:

**Ganancia en peso (mg):**  $GP = Pf - Pi$ , donde: Pf= Peso final; Pi:=Peso inicial.

**Ganancia en longitud (mm):**  $GL = Lf - Li$ , donde: Lf= Longitud total final; Li= Longitud total inicial.

**Tasa de Crecimiento Específico: TCE (%/día)** =  $((Ln Pmf - Ln Pmi) / t) * 100$ , donde: Pmi= peso promedio inicial de las post-larvas (mg); Pmf= peso promedio final de las post-larvas (mg); t= tiempo de cultivo (días); Ln= logaritmo neperiano.

**Ganancia diaria en peso (mg/día):** **GD** Ganancia de acuerdo al tiempo de duración del ensayo.

**Factor de condición:** Definido como el grado de bienestar o condición somática de las larvas, con relación al medio en que fueron sometidos.

**FC** =  $(P/L^3) \times 100$ , donde P= Peso total de la post-larva (mg); L = Longitud total de la post-larva (mm)

**Sobrevivencia final (S):** De cada unidad experimental, fue calculada contando manualmente las post-larvas vivas, al finalizar el ensayo.

Los parámetros físico-químicos en cada recipiente fueron determinados cada dos días: temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L), % de saturación del oxígeno, pH, salinidad (%) y conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$ ), utilizando una sonda multiparamétrica YSI (MPS YSI 556); de igual forma se determinó la concentración de nitratos y nitritos con la ayuda de un Kit colorimétrico (mg/L, rango de 5 a 80 ppm  $\text{NO}_3$  y 0.1 a 2 ppm  $\text{NO}_2$  respectivamente, Mol Labs reactivos).

## RESULTADOS

### Análisis de crecimiento

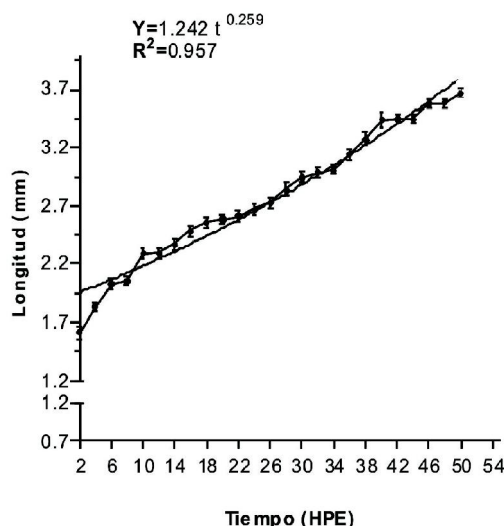
Las larvas recién eclosionadas (0 HPE) mostraron un peso inicial de  $0.37 \pm 0.01 \text{ mg}$  y una longitud de  $1.3 \pm 0.03 \text{ mm}$ , alcanzando el doble de su peso y talla a las 42 y 30 HPE, respectivamente, con carencia de pigmentación y nado.

La Figura 1 ilustra el modelo de crecimiento basado en una regresión potencial de la longitud total de las

### Análisis Estadístico

Los resultados fueron expresados como media  $\pm$  error estándar de la media (SEM). La evaluación del crecimiento se realizó mediante un análisis de regresión ( $P < 0.05$ ) de tipo potencial entre las relaciones peso/tiempo y longitud total/tiempo por tratamiento. La evaluación del desarrollo corporal y la sobrevivencia de las larvas fueron analizadas a través de estadística no paramétrica (datos no normales) mediante el test de Kruskal-Wallis, seguido de la prueba de Dunn. En todos los casos,  $P < 0,05$  fue utilizado como criterio estadístico para considerar diferencias significantes. Los procedimientos estadísticos fueron realizados empleando el software GraphPad InStat versión 3.06 para Windows.

larvas con relación al tiempo (HPE), desde las 2 HPE hasta las 50 HPE, mostrando un coeficiente de determinación mayor a 95 % y alcanzando a las 50 HPE una longitud de  $3.6 \pm 0.04 \text{ mm}$ . De igual forma, el modelo de crecimiento en peso con relación al tiempo lo ilustra la Figura 2; donde se observó que a las 50 HPE las larvas mostraron un peso de  $0.81 \pm 0.02 \text{ mg}$ , con un coeficiente de determinación de 0.918.



**Figura 1.** Modelo de crecimiento en longitud total (mm) con relación al tiempo de eclosión de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*). Datos mostrados como media  $\pm$  error estándar de la media (SEM).  $n=25$  larvas por muestreo

**Volumen y reabsorción del saco vitelino**

Larvas recién eclosionadas presentaron un VV de 0.15 mm<sup>3</sup> y a partir de las 10 HPE el saco vitelino se redujo considerablemente (Figura 4), de tal manera que hacia las 35 HPE el volumen del saco vitelino fue inferior al 10 % de su volumen inicial. El consumo de las reservas del saco vitelino ocurrió a las 50 HPE aproximadamente.

**Abertura máxima bucal (Amb)**

La presencia de abertura bucal fue observada a las 10 HPE (72.5±5.6 µm) y al cabo de las 32 HPE se observó un incremento del 25 % (308.8±4.5 µm). Al final del seguimiento (50 HPE) la Amb fue de 532.7±7.8 µm, con una presencia de saco vitelino inferior a 5 %.

**Desarrollo corporal y sobrevivencia de larvas de yaque alimentadas con diferentes tipos de organismos vivos.**

Los parámetros de calidad de agua no presentaron variaciones significativas entre los tratamientos a lo largo del ensayo, excepto la concentración de Nitratos (P>0.05). La temperatura presentó valores mínimos y máximos de 25 y 27 °C, respectivamente, con un promedio durante el ensayo de 26 °C±1; de igual modo, variables como saturación de oxígeno y pH, presentaron valores similares entre los tratamientos evaluados (P>0.05) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Variables físicas y químicas de calidad de agua durante la fase de larvicultura de yaque (*Leiaris marmoratus*), utilizando diferentes organismos vivos como fuente de alimento, durante un periodo de 12 d. Datos expresados como media ± error estándar de la media (SEM)

Variable	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
Temperatura (°C)	26.4±0.6	26.6±0.7	26.7±0.6	26.5±0.7	26.4±0.7
Saturación de Oxígeno (%)	56.7±19.3	59.2±20.5	49.4±21.1	56.5±24	55.8±23.8
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.3±1.4	4.5±1.5	3.8±1.6	4.6±1.6	4.6±1.5
pH	6.9±1.2	6.8±1.2	6.8±1.2	6.6±1.1	6.7±1.2
Salinidad (‰)	0.1±0.0	0.03±0.0	0	0	0
Conductividad (µs.cm <sup>-1</sup> )	56.1±5.9	72.7±15.4	67.6±3.9	60.1±3.4	64.4±2
Nitritos (NO <sub>2</sub> mg/L)	0	0	0	0	0
Nitratos (NO <sub>3</sub> mg/L)	15±0.0 <sup>b</sup>	20±0.0 <sup>ab</sup>	20±0.0 <sup>ab</sup>	20±0.0 <sup>ab</sup>	40±0.0 <sup>a</sup>
Sólidos totales (mg/L)	30.8±5.5	38.4±6.4	36.9±5.9	32.1±1.3	34.8±3.0

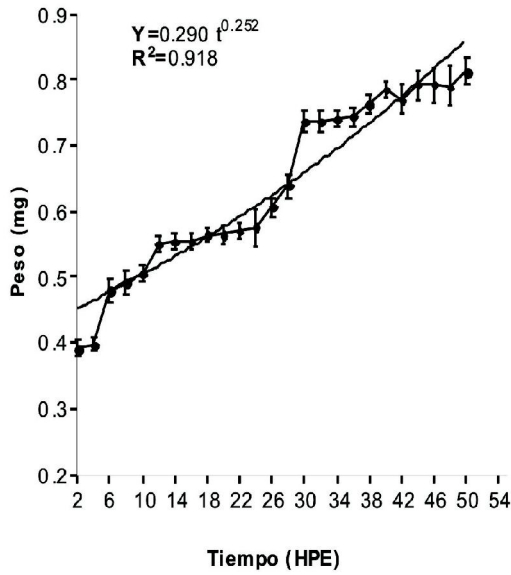
**T1= Artemia recién eclosionada, T2= Cladóceros, T3= Copépodos, T4= Mezcla de cladóceros y copépodos, T5= larvas de cachama recién eclosionadas.**

<sup>a,b</sup> Entre columnas, valores con letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05)

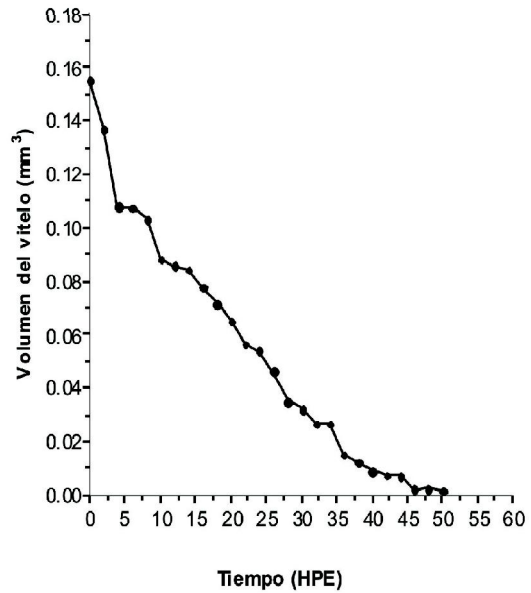
La alimentación exógena de las larvas se inició cuando éstas presentaron un volumen de saco vitelino inferior al 10 % del volumen inicial y una abertura bucal de 367.3 µm, lo cual ocurrió a las 35 HPE. La Figura 5 ilustra la ganancia en longitud de larvas de yaque alimentadas con diferentes tipos de organismos vivos: la mayor ganancia fue observada en aquellas larvas alimentadas con lar-

vas recién eclosionadas de cachama (T5) (17.4±0.5 mm), siendo muy superior cuando comparadas con las larvas alimentadas con la mezcla de cladóceros más copépodos (T4 2.5±0.8 mm) (P<0.05). En contraste, las larvas que fueron alimentadas únicamente con copépodos no sobrevivieron (inanición), por lo que no fue posible evaluar parámetros productivos en este tratamiento.

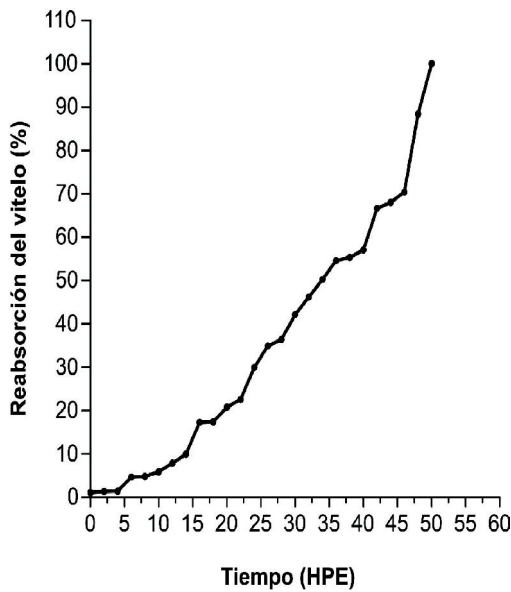




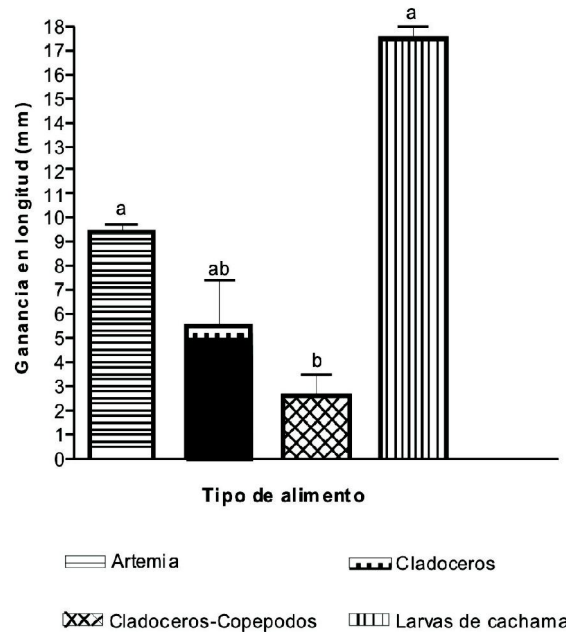
**Figura 2.** Modelo de crecimiento en peso (mg) con relación al tiempo de eclosión de larvas de yaque (*Leiaris marmoratus*). Datos mostrados como media  $\pm$  error estándar de la media (SEM). n=25 larvas por muestreo



**Figura 3.** Variación del volumen del saco vitelino (mm<sup>3</sup>) de larvas de yaque *Leiaris marmoratus*, durante las primeras 50 HPE. Datos mostrados como media. n=25 larvas por muestreo

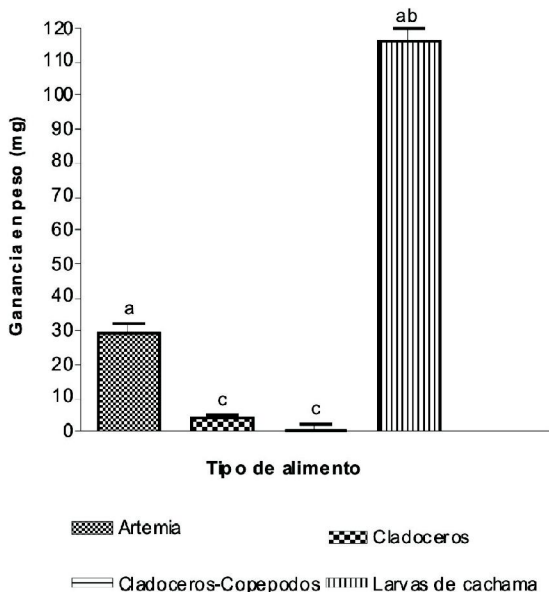


**Figura 4.** Porcentaje acumulado de reabsorción del saco vitelino de larvas de yaque *Leiaris marmoratus*, durante las primeras 50 HPE. Datos mostrados como media. n=25 larvas por muestreo



**Figura 5.** Ganancia en longitud (mm) de larvas de yaque (*Leiaris marmoratus*), alimentadas con diferentes organismos vivos, durante un periodo de larvicultura de 12 d. Datos mostrados como media  $\pm$  error estándar de la media (SEM). <sup>a,b</sup> Entre tratamientos, barras con letras distintas son estadísticamente diferentes (P<0.05)

La ganancia en peso mostró un comportamiento similar al de la ganancia en longitud, siendo también mayor en las larvas alimentadas con larvas recién eclosionadas de cachama blanca ( $116.17 \pm 3.75$  mg), seguido por el tratamiento donde las larvas fueron alimentadas con nauplios de artemia salina ( $29.2 \pm 2.6$  mg), con diferencias significativas entre estos ( $P < 0.05$ ); los tratamientos T2 (cladóceros) y T3 (copépodos) presentaron las menores ganancias en peso sin presentar diferencias significativas entre ellos ( $P > 0.05$ ) (Figura 6).

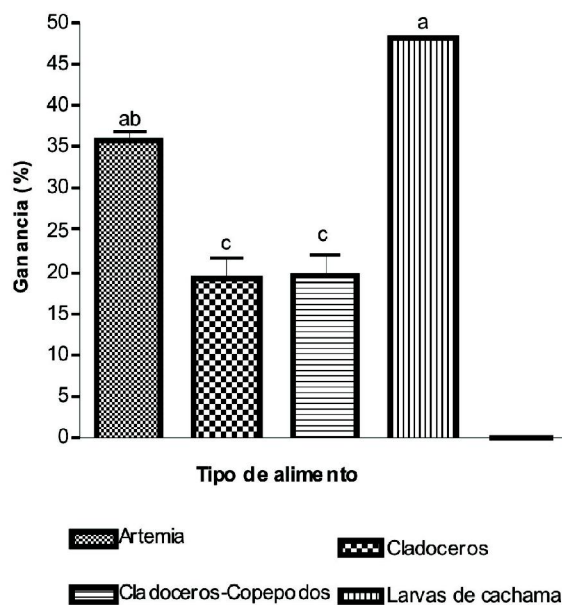


**Figura 6.** Ganancia en peso (mg) de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*), alimentadas con diferentes organismos vivos, durante un periodo de larvicultura de 12 d. Datos mostrados como media  $\pm$  error estándar de la media (SEM). a,b,c. Entre barras, valores con letras distintas son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ )

La Figura 8 ilustra la ganancia diaria en peso (mg) de larvas de yaque, donde la menor ganancia se observó para los tratamientos T2 y T4 ( $0.4 \pm 0.0$  y  $0.45 \pm 0.1$  mg, respectivamente) sin presentar diferencias significativas entre estos dos tratamientos ( $P > 0.05$ ). De igual forma, la mayor ganancia diaria fue observada en el tratamiento 5 (larvas alimentadas con larvas de cachama).

El factor de condición fue mayor para larvas alimentadas con la combinación de cladóceros y copépodos siendo de  $1.1 \pm 0.1$  (Figura 9), seguido por las larvas alimentadas

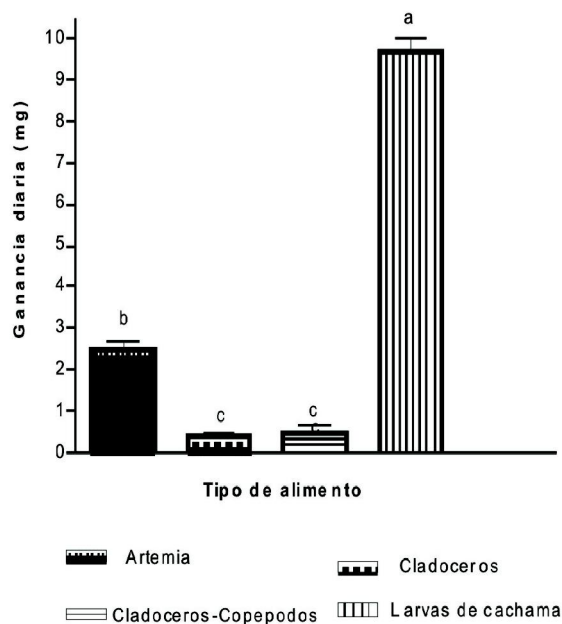
La mayor ganancia en porcentaje de acuerdo al peso se obtuvo con el tratamiento T5 (larvas de cachama) ganando un  $47.9 \pm 0.2$  % al final del ensayo, seguido del tratamiento T1 (nauplios de artemia) con un valor de  $35.8 \pm 0.7$  % sin presentar diferencias significativas al ser comparados entre estos ( $P > 0.05$ ), mientras que los tratamientos T2 y T4 ( $P > 0.05$ ) mostraron los menores porcentajes en ganancia en peso (Figura 7).



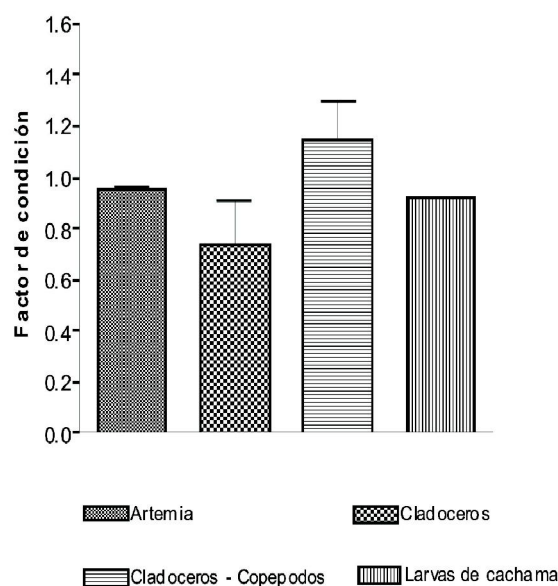
**Figura 7.** Ganancia de peso en porcentaje (%) de larvas de yaque *Leiarius marmoratus*, alimentadas con diferentes organismos vivos durante un periodo de larvicultura de 12 d. Datos mostrados como media  $\pm$  error estándar de la media (SEM). a,b,c. Entre barras, valores con letras distintas son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ )

con nauplios recién eclosionados de artemia salina  $0.9 \pm 0.01$ , sin diferencias significativas al compararse entre estos y los demás tratamientos ( $p > 0.05$ ). Obsérvese que para el T5 (larvas de cachama) se presentó una de las mejores condiciones corporales, sin embargo, cabe anotar que este tratamiento mostró la menor sobrevivencia ( $3.3 \pm 0.0$  %), atribuida posiblemente a que las pocas larvas mostraron una longitud y un peso mayor que las de los otros tratamientos, lo cual contrasta con lo observado en el T1 donde la sobrevivencia fue mayor, con un valor mayor al 50 % (Tabla 2).





**Figura 8.** Ganancia de peso (mg) diaria de larvas de yaque (*Leirius marmoratus*), alimentadas con diferentes organismos vivos, durante un periodo de larvicultura de 12 d. Datos mostrados como media  $\pm$  error estándar de la media (SEM). <sup>a,b,c</sup>. Entre barras, valores con letras distintas son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ )



**Figura 9.** Factor de condición de larvas de yaque (*Leirius marmoratus*), alimentadas con diferentes organismos vivos, al cabo de un periodo de larvicultura de 12 d. Datos mostrados como media  $\pm$  error estándar de la media (SEM) ( $P > 0.05$ )

**Tabla 2.** Supervivencia (%) de larvas de yaque (*Leirius marmoratus*), alimentadas con diferentes organismos vivos, después de un periodo de larvicultura de 12 d. Datos mostrados como media  $\pm$  error estándar de la media (SEM)

Tratamiento	Sobrevivencia (%)
T1	55,33 $\pm$ 6,52 <sup>a</sup>
T2	18,66 $\pm$ 3,88 <sup>ab</sup>
T3	0*
T4	7,33 $\pm$ 2,44 <sup>b</sup>
T5	3,33 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>

\* Tratamiento excluido de los análisis estadístico.

**T1=** Nauplios de artemia recién eclosionados, **T2=** Cladóceros, **T3=** Copépodos, **T4=** Mezcla de cladóceros y copépodos, **T5=** larvas de cachama blanca recién eclosionadas.

<sup>a, b</sup>. Entre filas, valores con letras distintas son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ )

## DISCUSIÓN

El control de las fases de larvicultura y alevinaje de peces tienen como propósito incrementar las tasas de sobrevivencia y de crecimiento, para lo cual es necesario ofrecer las condiciones ambientales adecuadas y proporcionar una alimentación que garantice mayor cantidad y mejor calidad de las larvas y alevinos obtenidos, lo cual constituye para la industria piscícola un evento de suma importancia (Atencio-García *et al.*, 2003b). Al momento de la eclosión, las larvas *L. marmoratus* mostraron una longitud total menor a la reportada para otras especies de silúridos. Por ejemplo, en blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*), Novoa y Cataño (2005) reportan una longitud total al inicio de la eclosión de  $3.32 \pm 0.01$  mm. Resultados similares han sido reportados en otros pimelódidos reofilicos como *Pseudoplatystoma corruscans* ( $3.3 \pm 0.07$  mm, Santos y Godinho, 1994), *Pseudoplatystoma fasciatum* ( $3.02 \pm 0.12$  mm, Padilla *et al.*, 2001), *Pimelodus maculatus* ( $2.56 \pm 0.13$  mm, Luz *et al.*, 2001), *Rhamdia hilarii* (4.0 mm, Godinho *et al.*, 1978) y *Parauchenipterus galeatus* ( $4.9 \pm 0.7$  mm, Sánchez *et al.*, 1999).

El comportamiento de las variables físicas y químicas del agua mostraron valores cercanos a los reportados para otras especies de silúridos, como es el caso de la temperatura y el pH ( $27,3 \pm 0,7$  °C y  $6,9 \pm 0,5$ , respectivamente) reportado por Smerman *et al.* (2002) para pintado (*Pseudoplatystoma sp.*); de igual forma, para *Pseudoplatystoma sp.*, Díaz-Olarte *et al.* (2009) observaron una temperatura cercana a la reportada en este estudio. Según Atencio-García *et al.* (2003c) el pH debe mantenerse entre 6 y 9.

La abertura bucal máxima de yaque al inicio de la alimentación exógena fue menor a la reportada en otras especies como blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) entre las 46 y 48 HPEC ( $590 \pm 0.03$  µm, Novoa y Cataño, 2005) y yamú (*Brycon amazonicus*) con una Amb de  $1.470 \pm 90$  µm (Atencio-García *et al.*, 2003c); sin embargo, al compararse con otras especies como carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) (89 µm), carpa china (*Ctenopharyngodon idella*) (148 µm) y *Arischthys nobilis* (271 µm) (Dabrowsky y Bardega, 1984), la Amb del yaque fue

superior. Las larvas de yaque mostraron un rápido crecimiento, debido probablemente a su hábito alimenticio carnívoro; sin embargo, en esta especie, este tipo de hábito no es tan notorio cuando el régimen alimenticio es adecuado. Shirota (1970) consideró al tamaño de la boca como una característica de los peces con rápido desarrollo larval. La abertura de la boca se incrementó con la edad, similar a lo reportado por Camacho *et al.*, (2008) en *Rivulus marmoratus*, atribuyéndole la capacidad fisiológica de digerir y absorber una presa más grande, lo cual es indispensable para su crecimiento corporal. Moyano *et al.* (1996) asocia esta característica con el aumento significativo en las actividades enzimáticas digestivas tales como fosfatasa alcalina y esterasa y con el aumento de los pliegues de la mucosa y de las células del tracto digestivo, como se observa en el desarrollo de las larvas de dorada *Sparus aurata*.

El inicio de la alimentación exógena en yaque, determinada en este estudio, fue observada entre los 35 y 40 HPE con una reserva vitelina menor del 10 %, lo cual es inferior a lo reportado para *Sorubim cuspicaudus* (Novoa y Cataño, 2005) y bocachico (*Prochilodus magdalena*) (Atencio-García *et al.*, 2003a), la cual se reportó entre las 46 a 48 (52.8 % RV) y 44 a 48 HPE (34 % RV), respectivamente, demostrando una tendencia de alta voracidad de alimentación en ciertas especies de peces. Esto confirma, lo reportado por Gisbert y Williot (1997) quienes siguieron que en algunos peces, el inicio de la alimentación exógena coincide con el consumo total del saco vitelino.

El zooplancton es el alimento natural para la mayoría de los peces en sus primeras etapas de vida (Kibria *et al.*, 1997), con grandes ventajas como alimento vivo (Thanh *et al.*, 2002; Atencio-García *et al.*, 2003a; Camacho *et al.*, 2008). En el presente estudio, las post-larvas alimentadas con larvas de cachama presentaron mayor ganancia en peso y longitud, con una baja sobrevivencia en las unidades experimentales, probablemente relacionada con el gran tamaño y el tipo de movilidad de las larvas de

cachama, lo cual dificultaría su captura, generando inanición en las larvas de yaque. Esto permite suponer, que ante la ausencia de alimento las post-larvas regulan el gasto de sus reservas vitelinas por medio de una menor actividad y permanencia generalmente en el fondo, lo que facilita ser presa fácil por sus co-específicos (Atencio-García *et al.*, 2003a). Por otro lado, Piennar (1990), reporta que la presencia de luz y un aumento de esta, durante la larvicultura para especies de siluriformes puede ser un factor de estrés, promoviendo una agresión y elevada tasa de canibalismo, disminución de movimientos de los individuos y menor crecimiento, como es reportado en *Clarias gariepinus*. De igual forma Nuñez *et al.*, (2008) menciona que uno de los factores que incide en la sobrevivencia en larvas de peces de *Pseudoplatystoma fasciatum* es la regulación del fotoperiodo (aumentando los periodos de oscuridad) junto con las frecuencias alimenticias. Sumado a esto, Kamler (1992) reporta que la natación es una actividad de energía costosa, la cual implica el consumo de alta cantidades de oxígeno, desde 2 hasta 15 veces por encima del nivel de reposo en algunas especies de larvas de peces, como la trucha marrón, la sardina del Pacífico y algunos ciprínidos.

Probablemente las pocas larvas de yaque sobrevivientes alimentadas con larvas de cachama se alimentaron de sus co-específicos, incentivando el canibalismo en las larvas mantenidas con este régimen alimenticio. De igual forma, el tamaño de la boca para esta especie define el tipo de alimento, lo que fue posiblemente una limitante en los tratamientos donde se alimentaron las larvas con la mezcla de cladóceros más copépodos y las larvas alimentadas con larvas de cachama. Según Faria *et al.* (2001), la depredación es la principal causa de mortalidad en larvas de peces, donde la disponibilidad de alimentos en un ecosistema acuático es considerado uno de los factores más importantes en la tasa de sobrevivencia de larvas de peces. De hecho, el principio del canibalismo es que no requieren una diferencia de tamaño y generalmente es proporcional a la probabilidad de encuentro con los hermanos, y por lo tanto a la densidad de peces (Hecht y Appelbaum, 1988; Baras, 1999; Baras y

d'Almeida, 2001). El canibalismo no sólo tiene impacto temprano directo sobre la sobrevivencia, también aumenta la heterogeneidad de tamaño, lo que favorece la transición hacia el canibalismo y el impacto sobre la sobrevivencia en un modelo en cascada que pueden no ser mitigados, entre los peces que son demasiado pequeños y delicados, que son ordenados mecánicamente (Hecht y Piennar, 1993; Baras y Jobling, 2002).

Bajo las condiciones del ensayo, los tratamientos que mostraron respuestas aceptables, a diferencia del T5 en términos de ganancia de longitud y peso, fueron T1 y T2, correspondientes a las larvas alimentadas con nauplios de artemia y cladóceros respectivamente; además, estos tratamientos presentaron las mejores sobrevivencias y un alto factor de condición. Al comparar estos resultados con otras especies, se encontró que la ganancia diaria fue menor a la reportada para *Sorubim cuspicaudus* (Hernández-Bedoya *et al.*, 2008) en larvas alimentadas con una fuente de alimento mesocosmos compuesto de cladóceros y copépodos (50.5±1.1 %), mientras que para bocachico (Atencio-García *et al.*, 2003a) las variables productivas fueron inferiores a lo reportado para este estudio. En otras especies como *Pangasius bocourti*, larvas alimentadas con moina presentaron un menor crecimiento que los alimentados con nauplios de artemia salina y tubifex (Thanh *et al.*, 2002). Sin embargo, Adeyemo *et al.* (1994) demostraron lo contrario para algunos bagres como *H. bidorsalis* y *Clarias gariepinus* encontrando que peces alimentados con *Moina dubia* presentaron un mayor crecimiento y tasas de sobrevivencia que aquellos alimentados con nauplios de artemia salina.

Esta información constituye un aporte hacia la consecución de mecanismos o estrategias que garanticen una mayor eficiencia en la primera alimentación de larvas de yaque (*L. marmoratus*), conjugado con altas tasas de sobrevivencia, de acuerdo a las estrategias y características morfológicas y de crecimiento determinadas en el presente estudio, siendo una alternativa la utilización de nauplios de artemia y cladóceros durante la larvicultura de esta especie.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y a la Universidad de los Llanos (convenio 015-2/06) por el apoyo financiero, así como al Instituto de Acuicultura de la Universidad de los

Llanos por el apoyo logístico y a los estudiantes de Zootecnia Erika Ortiz y Daniel Cubillos, por su colaboración en la conducción del ensayo.

## REFERENCIAS

Adeyemo AA, Oladosu GA, Ayinla AO. Growth and survival of African catfish species, *Clarias gariepinus* Burchell, *Heterobranchus bidorsalis* Geoffroy reared on *Moina dubia* in comparison with other first feed sources. *Aquaculture* 1994; 119: 41-45.

Atencio-García VJ, Kerguelén E, Wadniper L, Narváez A. Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista MVZ de Córdoba* 2003; 8(1):256-260.

Atencio-García VJ. Producción de alevinos de peces migratorios continentales en Colombia. En *Memorias I congreso iberoamericano virtual de Acuicultura (CIVA).2003b*. URL: <http://www.Civa2003b.org>. pp 263-270.

Atencio-García VJ, Zaniboni-Filho E, Pardo-Carrasco S, Arias-Castellanos A. Influência da primeira alimentação na larvicultura e alevinagem do yamú *Brycon siebenthalae* (Characidae). *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 2003c; 25: 61-72.

Baras E. Sibling cannibalism among juvenile vundu under controlled conditions. I. Cannibalistic behaviour, prey selection and prey size selectivity. *J. Fish Biol* 1999; 54: 82-10.

Baras E, d'Almeida AF. Size heterogeneity prevails over kinship in shaping cannibalism among larvae of sharptooth catfish *Clarias gariepinus*. *Aquat. Living Resour* 2001; 14: 251-256.

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

Camacho - Grageda VM, Kotani T, Sakakura Y, Hagiwara A. Effects of feeding copepod and artemia on

early growth and behaviour of the self-fertilizing fish, *Rivulus marmoratus*, under laboratory conditions. *Aquaculture* 2008; 281: 100-105.

Castillo O. 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. 2001.

Dabrowsky K, Bardega R. Mouth size and predicted food size preferences of larvae of three cyprinid fish species. *Aquaculture, Amsterdam* 1984; 40: 41-46.

Díaz-Olarte JJ, Cruz-Casallas NE, Marciales-Caro LJ, Medina-Robles VM, Cruz-Casallas PE. Efectos de la densidad de siembra y disponibilidad de alimento sobre el desarrollo y sobrevivencia de larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum*. *Orinoquia* 2009; 13(1): 20-29.

Faria ACEA, Hayashi C, Soares CM. Predação de larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg) por copépodos ciclopóides (*Mesocyclops longisetus*, Thiébaud) em diferentes densidades e ambientes com diferentes contrastes visuais. *Acta Scientiarum, Maringá* 2001; 23: 497-502.

García-Ortega A, Koussoulaki A, Boer H, Verreth J. In vitro protein digestibility of *Artemia* cysts and nauplii, and microbound diets for larval fish. *Aquac Res* 2000; 31:475-478.

Geiger G. Pond fertilization and zooplankton management. In: HARVEY, B. e CAROLSFELD, J. (Ed.). *Workshop on larval rearing of finfish*. Pirassununga, 1989. CIDA/CASAFA/ICSU, 1990; pp. 93-110.

- Gisbert E, Williot P. Larval behaviour and effect of the timing of initial feeding on growth and survival of Siberian sturgeon (*Ancinenser baeri*) larvae under small scale hatchery production. *Aquaculture* 1997; 156: 63-76.
- Globefish. 2006. Catfish Market Report-November 2004. <http://www.globefish.org>.
- Godinho H, Fenerich N, Narahara M. Desenvolvimento embrionário e larval de *Rhamdia hilarii* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes, Pimelodidae). *Rev. Bras. Bio* 1978; 38(1): 151-156.
- Guerrero ACE. Treinamento alimentar de pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829): Sobrevivência, crescimento e aspectos econômicos. Dissertação (mestrado) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil, 2003; pp. 72.
- Hart PT, Purser GJ. Weaning of hatchery-reared greenback flounder (*Rhombosolea tapirina* Gunther) from live to artificial diets: Effects of age and duration of the changeover period. *Aquaculture* 1996; 145:171-181.
- Hecht T, Appelbaum S. Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larval and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae: Pisces) under controlled conditions. *J. Zool. Lond* 1988; 214: 21-44.
- Hecht T, Pienaar AG. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. *J. World Aquac. Soc* 1993; 24: 246-261.
- Hernández-Bedoya JP, Gómez-Romero C, Prieto-Guevara MJ, Atencio-Gracia VJ, Pardo Carrasco SC. Larvicultura del blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) alimentado con tres tipos de presas vivas. En: memorias IV Congreso Colombiano de Acuicultura. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2008; 21:455-452.
- Josupeit H. 2007. Catfish Market Report, Diciembre 2007. FAO Globefish. <http://www.globefish.org/index.php?id=4365>.
- Junqueira CAP. Efeito da temperatura no desenvolvimento inicial de larvas de "Curimatá" *Prochilodus scrofa* STEINDACHNER, 1882 (CHARACIFORMES, PROCHILODONTIDAE). Tesis de Maestría em Acuicultura. Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil. 1999; pp. 83.
- Kamler E. Early Life History of Fish: An Energetic Approach. Chapman and Hall, London. 1992; pp. 288.
- Kestemont P, Jourdan S, Houbart C, 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.
- Kibria G, Nugegoda D, Fairclough R, Lam P, Bradly A. Zooplankton: Its biochemistry and significance in aquaculture. *NAGA, The Iclarm Quarterly* 1997; 20(2): 8-14.
- Layman CA, Winemiller K, Arrington AA, Jepsen DB. Body size and trophic position in a diverse tropical food web. *Ecology* 2005; 86(9): 2530-2535.
- Legendre M, Kerdchuen N, Corraze G, Bergot P. Larval rearing of an African catfish *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae): effect of dietary lipids on growth, survival and fatty acid composition of fry. *Aquat Living Resour* 1995; 8: 355-363.
- Luz 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.
- Medina V, Mira T, Ramírez J, Otero A, Berruecos B, Cruz P. Efectos de diferentes inductores hormonales sobre la movilidad y velocidad espermática del yaque (*Leiarius marmoratus*). En Memorias del IV congreso colombiano de acuicultura, Carmen de Viboral, Antioquia. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2008; 21: 515.
- 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.
- Mora JA, Kossowski C. Reproducción inducida del bagre yaque, *Leiarius marmoratus* (Gil 1870) con aplicación de LHRHa. Memorias 13er Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Asoc. Venezolana de Producción e Industria Animal y Universidad Rómulo Gallegos, San Juan de Los Morros, Venezuela. 2006.
- Moyano FJ, Díaz M, Alarcón FJ, Sarasquete MC. Characterization of digestive enzymes activity during larval development of gilthead seabream (*Sparus aurata*). Fish Physiol. Biochem 1996; 15: 121-130.
- NASS (National Agricultural Statistics Service). Catfish Processing Report: catfish production 2005. Agricultural Statistics Board, Department of Agriculture. Washington D.C., USA. 2005.
- Novoa D. Los recursos pesqueros del eje fluvial Orinoco-Apure: presente y futuro. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Ed. 3XLIBRIS. Caracas, Venezuela. 2002.
- Novoa JD, Cataño YM. Descripción del desarrollo embrionario y larvario del blanquillo *Sorubim cuspicaudus* (Littmann, Burr & Nass, 2000). Trabajo de grado en Medicina Veterinaria [2005]. Se localiza en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba.
- Núñez J, Duqué R, Corcuy 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.
- Padilla PP, Alcántara BF, Ismiño OR. Reproducción inducida de la doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y desarrollo embrionario - larval. Folia Amazónica 2001; 12(1-2): 142 - 154.
- Pienaar AG. A study of coeval sibling cannibalism in larval and juvenile fishes and its control under culture conditions. Dissertação (Mestrado). Rhodes University, Grahamstown 1990.
- Pineda SH. Recursos genéticos promisorios en peces colombianos de agua dulce. Rev Colomb Cienc Pecu 2002; 15(3): 368-372.
- Ramírez G, Ajiaco MR. Aspectos preliminares de la biología pesquera del yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Pisces: Siluriformes: Pimelodiade) en la parte alta del río Meta (Orinoquía colombiana). Bol. Cien. INPA 1997; 5: 9-26.
- Sánchez PV, Nakatani y Bialezki A. Morphological description of the developmental stages of *Parauchenipterus galeatus* (Linnaeus, 1766) (Siluriformes, Auchenipteridae) on the floodplain of the upper Paraná river. Rev. Brasil. Biol 1999; 59(3): 429-438.
- Santos E, Godinho H. Morfogênese e comportamento larvais do Surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*, Agassiz, 1829) sob condições experimentais. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 1994; 46 (2): 139-147.
- Shirota A. Studies on the mouth size of fish larvae. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., Tokyo. 1970; 36: 353-368.
- Smerman W, Diaz-Castro JG, De Toledo JJ, Santos de Rosa CA, Suelde de Godoi D. Larvicultura de Pintado (*pseudoplatystoma* SP) em Alta Floresta - Mato Grosso. Revista de Biología e Ciências da Terra. 2002; 2(1): 1-7.
- Villadiego P, Ortiz-Villafañe E, Atencio-García. Evaluación del régimen alimentario del bagre blanco, *Sorubim cuspicaudus*. (Pisces: Siluriformes) En el Bajo Río Sinú. Dahlia- Rev. Asoc. Col. Ictiol 2004; 7:13-21.
- Thanh L, Tuan AN, Cacot P, Lazard J. Larval rearing of the asian catfish, *Pangasius bocourti* (Siluroidei, Pangasiidae): alternative feeds and weaning time. Aquaculture 2002; 212: 115-127.
- Zaniboni-Filho E, Kennedy J, Reynalte-Tataje A. Desenvolvimento embrionário e estágios larvais do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*. B Inst Pesca, São Paulo 2001; 27(1):49-55.