



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
INSTITUTO DE ACUICULTURA DE LOS LLANOS – IALL  
PROGRAMA DE POSTGRADO EN ACUICULTURA

**Evaluación del Desempeño Productivo de Yaque (*Leiarius marmoratus*, Gill, 1870) Durante las Fases de Levante y Engorde.**

**RICARDO MURILLO PACHECO**



Villavicencio, Meta – Colombia  
2013

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
INSTITUTO DE ACUICULTURA DE LOS LLANOS – IALL  
PROGRAMA DE POSTGRADO EN ACUICULTURA

**Evaluación del Desempeño Productivo de Yaque (*Leiarius marmoratus*, Gill, 1870) Durante las Fases de Levante y Engorde.**

**RICARDO MURILLO PACHECO**

Tesis presentada como requisito parcial para  
la obtención del título de Magister en  
Acuicultura

Orientador  
Pablo Emilio Cruz Casallas  
Profesor Universidad de los Llanos

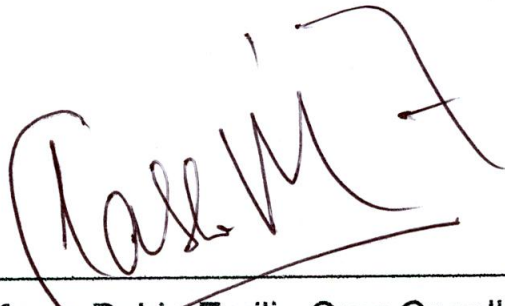
Villavicencio, Meta – Colombia  
2013

## COMISIÓN EVALUADORA

Profesor Alvaro Wills Toro, MSc  
Universidad Nacional de Colombia

Profesor José Abraham Mora Sánchez, MSc  
Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Venezuela.

Profesor Camilo Ernesto Guerrero Alvarado, Ph.D.  
Universidad del Pacífico

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Pablo Emilio Cruz Casallas', written over a horizontal line.

Profesor Pablo Emilio Cruz Casallas, PhD  
Universidad de los Llanos, Colombia  
Orientador

MACT  
00020  
YA

## **DEDICATORIA**

**A mi familia que me ha venido apoyando en todos mis emprendimientos, a mis hijos y nieta María Alejandra, los cuales han tenido que soportar mi ausencia por las lides de los diferentes trabajos. Esperando sea un ejemplo a seguir.**



## AGRADECIMIENTOS

A los colegas profesionales integrantes del Grupo de Investigación sobre Reproducción y Toxicología de los Organismos Acuáticos –GRITOX, por su apoyo y colaboración en la realización de los diferentes ensayos, especialmente al Dr. Pablo Emilio Cruz Casallas, Líder del Grupo, y a Juan Antonio Ramírez Merlano por sus orientaciones, así como a todas aquellas personas que participaron en la ejecución de este proyecto, por su acompañamiento y logística.

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, así como a la Universidad de los Llanos, por el apoyo económico para la realización del proyecto: *Optimización de la reproducción en cautiverio de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), yaque (*Leiarius marmoratus*) y amarillo (*Zungaro zungaro*)*, utilizando semen fresco y crioconservado (CIAT 015-1/06).

Muy especialmente a mi familia, a mi madre María Isabel y a mis hermanos Henry, Mónica y Johanna Isabel. A mis hijos Julieth Danitza, Ricardo y Angie Lizzette, por ser mi compañía y la razón de realizar este estudio.

A los productores piscícolas que creyeron en el desarrollo de una nueva especie para ser incluida en los paquetes tecnológicos: Estación piscícola las Brisas, Aquapeces Ltda., Acuicultura la Primavera, Langostinos del Llano y Piscícola Agualinda.

## INDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla 1.</b> Variables físicas y químicas del agua durante el ensayo en estanques en tierra durante un periodo de cinco meses. Los valores corresponden a la media $\pm$ error estándar de la media (EEM) (n=12).	54
<b>Tabla 2.</b> Variables del desempeño productivo de <i>L. marmoratus</i> alimentados con diferentes niveles de proteína bruta en la dieta. Datos mostrados como promedio $\pm$ error estándar de la media (EEM).	60
<b>Tabla 3.</b> Índices corporales de yaque ( <i>L. marmoratus</i> ) sometidos a diferentes niveles de proteína bruta en la dieta. Datos mostrados como promedio $\pm$ error estándar de la media (EEM) (P>0,05).	61
<b>Tabla 4.</b> Composición proximal de músculo dorsal de ejemplares de yaque ( <i>L. marmoratus</i> ) alimentados con diferentes niveles de proteína y de ejemplares capturados del ambiente natural. Datos mostrados como media $\pm$ error estándar de la media (EEM). (P>0,05).	61
<b>Tabla 5.</b> Información económica para <i>L. marmoratus</i> alimentados con concentrados comerciales de tres niveles de proteína bruta en estanques de tierra durante cinco meses.	62

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Modelo de crecimiento en longitud (cm) con relación al peso (g) de ejemplares de yaque ( <i>Leiarius marmoratus</i> ), alimentados con diferentes niveles de proteína en la dieta. A= 24 % (n=194), B= 30 % (n=190), C= 34 % (n=189).	57
<b>Figura 2.</b> Variables de crecimiento (cm) de ejemplares de yaque ( <i>Leiarius marmoratus</i> ) alimentados con una dieta del 24 % de proteína (n=194). Datos mostrados como promedio±error estándar de la media (EEM).	58
<b>Figura 3.</b> Variables de crecimiento (cm) de ejemplares de yaque ( <i>Leiarius marmoratus</i> ) alimentados con una dieta del 30 % de proteína (n=190). Datos mostrados como promedio±error estándar de la media (EEM).	58
<b>Figura 4.</b> Variables de crecimiento (cm) de ejemplares de yaque ( <i>Leiarius marmoratus</i> ) alimentados con una dieta del 34 % de proteína (n=189). Datos mostrados como promedio±error estándar de la media (EEM).	59

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN GENERAL	12
OBJETIVOS	14
<i>Objetivo General</i>	14
<i>Objetivos Específicos</i>	14
 CAPITULO 1.	
<b>ASPECTOS EN LA ALIMENTACIÓN, CRECIMIENTO Y POTENCIAL ACUÍCOLA DEL CULTIVO DE SILURIFORMES</b>	15
 Resumen	15
Abstract	16
Introducción	17
Producción acuícola en el mundo y Colombia	20
Generalidades del orden Siluriformes	21
Ecología trófica de los Siluriformes	23
Manejo de la alimentación	23
<i>Alimentación de reproductores</i>	25
<i>Alimentación en larvas</i>	27
<i>Efectos fisiológicos sobre la digestión de lípidos</i>	29
<i>Efectos fisiológicos sobre la digestión de las proteínas</i>	29
Alimentación en cultivo	29
<i>Efecto del estrés en cultivo de peces</i>	31
Experiencias de crecimiento en cultivo de Siluriformes	31
<i>Tasa de alimentación</i>	32
<i>Conversión alimenticia</i>	33
Composición de la carne de pescado	33
Expectativas de investigación	34
Referencias Bibliográficas	34



CAPÍTULO 2.	
<b>EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE PROTEÍNA EN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DEL YAQUE (<i>LEIARIUS MARMORATUS</i> GILL, 1870) CON ALIMENTO COMERCIAL, EN ESTANQUES EN TIERRA</b>	<b>47</b>
Resumen	47
Abstract	48
Introducción	49
Materiales y Métodos	51
<i>Localización y descripción del área del estudio</i>	51
<i>Material biológico</i>	51
<i>Selección de alevinos</i>	52
<i>Diseño experimental</i>	52
<i>Toma de muestras, mediciones y condición de la alimentación</i>	53
<i>Análisis de crecimiento y condición corporal</i>	54
<i>Evaluación de la composición proximal en el musculo dorsal de Yaque L. marmoratus y de los tres niveles de concentrado comercial.</i>	55
<i>Análisis económico</i>	56
<i>Análisis estadístico</i>	56
Resultados	57
<i>Análisis de crecimiento y condición corporal de alevinos de Yaque</i>	57
<i>Composición proximal en músculo dorsal de Yaque</i>	61
<i>Análisis económico</i>	62
Discusión	63
Agradecimientos	66
Referencias Bibliográficas	67
CONCLUSIONES GENERALES	73
RECOMENDACIONES	74

## RESUMEN

Este informe abarca inicialmente una revisión relacionada con la alimentación, crecimiento y potencial productivo de los Siluriformes en la actividad acuícola. Comienza con una descripción del estado de la producción acuícola en el mundo y Colombia, con énfasis en los bagres, así como sus generalidades e importancia, avances sobre su cultivo y expectativas de investigación. Como segunda parte se muestran los resultados de la evaluación en el efecto del nivel de proteína (T1= 24%, T2=30 % y T3=34 %) en la dieta sobre el comportamiento productivo de Yaque (*Leiarius marmoratus*, Gill, 1870), desde alevino hasta la finalización de un periodo de engorde de 150 días. Se evaluó el desempeño productivo por medio de variables como ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (CA), factor de condición (Kn), sobrevivencia (%) y composición proximal del músculo dorsal de los ejemplares sometidos a los diferentes tratamientos, así como de los concentrados comerciales utilizados. Los resultados mostraron, variación en el desempeño productivo de acuerdo con el nivel de proteína ( $p < 0,05$ ) y se observó una relación positiva entre el peso corporal (g) y longitud total (cm), observándose el mayor peso final en el T3 ( $486,23 \pm 12,55$ ). En todos los tratamientos fue evidente la eficiencia de la captación de proteínas en las muestras de músculo dorsal, siendo mayor en el T3, con un valor de  $72,4 \pm 1,8$  % sin mostrar diferencia estadística ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos. El análisis económico tuvo como base la cantidad de alimento suministrado, el número de alevinos utilizados y la biomasa cosechada, los mayores rendimientos (1,41 y 1.24 toneladas/ha) se obtuvieron en los tratamientos en los cuales se utilizó 24 % y 34 % de proteína bruta (PB), el tratamiento con 24% de PB fue el que ofreció el mayor porcentaje de beneficio neto (24 %). Se concluye que bajo las condiciones experimentales descritas, el cultivo del Yaque en estanques en tierra se puede utilizar una dieta comercial del 34 % obteniendo rendimientos productivos significativos.



## ABSTRACT

This report first contains a literature revision related to feeding, growth and productive potential of Siluriformes in aquaculture. It begins with a description of the state of the world aquaculture production and the Colombian, with a special attention to catfish and their generality and importance, progress on its farming and expectations of research. The second part show the results of an experiment in which the effect of protein level (T1= 24%, T2= 30% and T3= 34%) in a commercial diet was evaluated on production performance of Yaque (*Leiarius marmoratus*, Gill, 1870) from fingerlings to the end of a fattening period of 150 days. Productive performance was evaluated by variables such as weight gain (GP), feed conversion (CA), condition factor (Kn), survival (%) and proximate composition of dorsal muscle of the specimens subjected to different treatments, and as commercial concentrates used. The results showed variation in productive performance according to the protein level ( $P < 0,05$ ) and showed a positive relationship between body weight (g) and total length (cm), showing the largest weight in the final T3 ( $486,23 \pm 12,55$ ). In all treatments was apparent efficiency of protein uptake in the dorsal muscle samples, being higher in the T3, with a value of  $72,4 \pm 1,8$  % showing no statistical difference ( $P > 0,05$ ) between treatments. The economic analysis was based on the amount of food supplied, the number of fingerlings used and harvested biomass, the highest yields (1,41 and 1,24 tonnes/ ha) were obtained in the treatments which are used 24% and 34% crude protein (CP), treatment with 24 % CP was the one who offered the highest percentage of net profit (24 %). We conclude that under the experimental conditions described, the cultivation in earthen ponds Yaque can use a commercial diet of 34 % obtained significant production performance.



## INTRODUCCIÓN GENERAL

Durante los últimos años, en Colombia se ha generado un creciente interés por las especies de peces del orden Siluriformes, más conocidos como bagres, en virtud de la buena aceptación comercial de su carne, así como por su valor comercial y potencial utilización como especies destinadas para la acuariofilia (Villadiego et al., 2003). Los Siluriformes son peces reofílicos, sin escamas y cuerpo aplanado, cuyas especies nativas colombianas presentan un alto potencial para ser utilizadas en los procesos de piscicultura; entre ellas, se encuentra el Yaque (*Leiarius marmoratus*), especie que se distribuye en las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas (Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez, 1997; Castillo et al., 2003).

Con relación a sus hábitos alimenticios, esta especie puede considerarse omnívora u oportunista y en algunos trabajos se ha reportado relativa fácil adaptación y buenos rendimientos bajo condiciones de cautividad consumiendo dietas secas comerciales, previo periodo adaptación a partir de dietas húmedas (Cruz-Casallas et al., 2008): así mismo se han reportado adecuadas ganancias de peso durante la fase de engorde (Lundberg y Littmann, 2003, Mora-Sánchez, 2009).

Durante el año 2009 la acuicultura continental registró una producción mundial de 35 millones de toneladas; de igual forma, la acuicultura marina durante ese mismo año aumentó su producción a 20,1 millones de toneladas, 0.4 millones de toneladas más que las reportadas para el año 2008 (FAO, 2010). Estas estadísticas demuestran que la acuicultura sigue creciendo más rápido que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal y a un ritmo mayor que la población humana.

La diversificación de la piscicultura implica la “domesticación” de especies con potencial de cultivo y de mercado, siendo las especies nativas las más atractivas; no obstante, el éxito de este proceso requiere de estudios sobre su reproducción en cautiverio,



larvicultura y alevinaje, adaptación al consumo de dietas comerciales, análisis y conocimiento de los requerimientos nutricionales y evaluación de su desempeño durante las fases de larvicultura, alevinaje, levante y engorde, los cuales deben generar un paquete tecnológico que permita optimizar la producción a escala comercial, tanto en sistemas de cultivo extensivos como intensivos (Waldrop y Wilson, 1996; Linhart et al., 2002). Según, Mendoza et al. (2002), las principales características que debe poseer una especie para ser domesticada son su capacidad de reproducirse en cautiverio, la posibilidad de producir larvas masivamente, la adaptabilidad de éstas al consumo de dietas artificiales y su capacidad de crecimiento en altas densidades de cultivo; además de ser conocidas y apetecidas por el mercado. Por lo tanto, es necesario evaluar la etapa de acostumbramiento y el desempeño productivo durante las fases de levante y engorde utilizando dietas comerciales. En consecuencia el objetivo de este estudio fue contribuir al desarrollo de un protocolo para el cultivo del Yaque (*Leiarius marmoratus*) en estanques en tierra con dietas comerciales.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Contribuir al desarrollo de un protocolo para el cultivo comercial del Yaque (*Leiarius marmoratus*) (Gill, 1870) en estanques en tierra.

### Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento productivo del Yaque (*L. marmoratus*) durante las fases de levante y engorde, cultivado en estanques en tierra, en un ensayo a escala comercial.
- Analizar los efectos del nivel de proteína en la dieta comercial sobre el desempeño productivo del Yaque (*L. marmoratus*), desde alevino hasta un peso corporal aproximado de 400 g.
- Evaluar los efectos del nivel de proteína en las dietas comerciales sobre el contenido de proteína del músculo dorsal del yaque (*L. marmoratus*), cultivado en estanques en tierra.
- Realizar un análisis económico de los costos de producción de levante y ceba del de Yaque (*L. marmoratus*) en estanques en tierra, a escala comercial.

## CAPITULO 1

### ASPECTOS EN LA ALIMENTACIÓN, CRECIMIENTO Y POTENCIAL ACUICOLA DEL CULTIVO DE SILURIFORMES

#### ASPECTS IN THE FEEDING, GROWTH AND POTENTIAL FOR AQUACULTURE FARMING OF SILURIFORMES

##### Resumen

Esta revisión recopila información relacionada con la alimentación, crecimiento y potencial acuícola de los siluriformes, los cuales incluyen especies con un alto potencial en la acuicultura continental como el Yaque (*Leiarius marmoratus*). La introducción de metodologías de cultivo en la industria piscícola ha generado beneficios en pro de mejorar la población y la diversificación de especies con destino a una producción comercial. La acuicultura sigue creciendo más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal, y a mayor ritmo que el de la población humana, con un incremento del suministro acuícola *per cápita* desde 0,7 kg en 1970 a 7,8 kg en 2008, donde la investigación en los sistemas productivos se hace un factor fundamental, los cuales son discutidos en este artículo.

**Palabras clave:** Alimentación, crecimiento, potencial acuícola, Siluriformes

##### Abstract

This review gathers information concerning the feeding, growth and potential aquaculture of catfish, which includes species with a high potential for inland aquaculture as the Yaque (*Leiarius marmoratus*). The introduction of cultivation methods in the farming industry has generated benefits improving the population and the diversification of species destined for commercial production. Aquaculture continues to



grow faster than any other food production sector of animal origin, and faster than the human population, at a *per capita* supply increasing from 0,7 kg in 1970 to 7,8 kg in 2008, where research in production systems is a fundamental factor discussed in this article.

**Key words:** Feeding, growth, potential aquaculture, Siluriformes.



## Introducción

En la actualidad la actividad mundial de exportación de especies pertenecientes al orden de los Siluriformes, conocidos como “peces de cuero”, “bagres” o “catfish”, ha aumentado significativamente, siendo el cultivo de *Ictalurus sp.*, *Pangasius sp.*, *Clarias sp.*, y *Silurus sp.* las especies de mayor crecimiento e industrialización a nivel mundial (FAO, 2009), unido con la de tilapia, la cual supera el 50%. En Colombia se ha generado un creciente interés por especies del orden Siluriformes por la buena aceptación comercial de su carne, así como por su valor comercial y como especies destinadas para la acuariofilia (Braz de Araujo y Garutti, 2002; Pesca y Acuicultura, 2006). Donde especies como el Yaque (*Leiarius marmoratus*), presenta características favorables para ser incorporada a la piscicultura dada la excelente calidad de su carne blanca, la cual posee pocas espinas, una textura y un sabor de apreciable valor gastronómico.

De manera general, con relación a sus preferencias alimenticias, esta especie puede considerarse omnívora u oportunista; sin embargo, en algunos trabajos se ha reportado relativa fácil adaptación al confinamiento y al consumo de dietas secas comerciales, 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) y en fase de engorde (Mora-Sánchez et al., 2009; Wellborn, 2009).



Las experiencias de cultivo con especies de bagres en el mundo se incluyen a *Clarias batrachus* en Tailandia, Indonesia e India; *C. fuscus* y *C. macrocephalus*; *C. gariepinus* en África (Yong-Sulem et al., 2006; Pascal et al., 2009) *Pseudoplatystoma corruscans* en Brasil (Campos, 2005) y *Pangasianodon hypophthalmus* (Phuong y Oanh, 2009). Para Colombia son muy escasas, limitándose a algunos ensayos preliminares a nivel de productores privados con resultados relativamente satisfactorios (Castillo et al., 2003).

La diversificación de la piscicultura implica la “domesticación” de especies con potencial de cultivo y de mercado, siendo las especies nativas las más interesantes; no obstante, el éxito de este proceso requiere de estudios sobre aspectos reproductivos en cautiverio, producción de volúmenes suficientes de alevinos, adaptación de estas especies a dietas comerciales, conocimiento de los requerimientos nutricionales y evaluación del desempeño durante las etapas de levante y engorde, que permitan establecer paquetes tecnológicos para optimizar la producción a escala comercial, tanto en sistemas de cultivo extensivos como intensivos (Waldrop y Wilson, 1996; Linhart et al., 2002).

Según, Mendoza *et al.* (2002), las principales características que debe poseer una especie para ser domesticada esta su capacidad de reproducirse en cautiverio, la posibilidad de producir larvas masivamente, la adaptabilidad de éstas a consumo de dietas artificiales y su capacidad de crecimiento en altas densidades, además de ser conocidas y apetecidas por el mercado. Siendo necesario evaluar la etapa de acostumbramiento y el desempeño productivo en las fases de levante y engorde a dietas comerciales, con el objetivo de contribuir con un protocolo de manejo de una nueva especie para ser introducida a los sistemas de cultivo. De esta manera, el propósito de la presente revisión es mostrar aspectos en la alimentación, crecimiento y el potencial del cultivo de los siluriformes bajo diferentes sistemas de cultivo.

## **Producción acuícola en el mundo y Colombia**

La pesca de captura y la acuicultura suministraron al mundo en 2008 alrededor de 142 millones de toneladas de carne de pescado. De esta producción total, 115 millones de toneladas se destinaron al consumo humano, generando un suministro *per cápita* aparente de 17 kg, lo cual constituye un máximo histórico. Excluyendo a China, el suministro *per cápita* se mantuvo bastante estático en los últimos años ya que el incremento del suministro acuícola compensó el ligero descenso de la producción de la pesca de captura y el aumento de la población. En 2008, excluyendo los datos correspondientes a China, el suministro *per cápita* de pescado comestible se estimó en 13.7 kilogramos. De este total de la producción mundial de pescado, crustáceos y moluscos, la producción de la pesca de captura se ha mantenido en un nivel en torno a los 90 millones de toneladas desde 2001, en cambio la producción acuícola ha seguido mostrando un fuerte crecimiento, aumentando a una tasa de crecimiento medio anual del 6,2 por ciento de 38,9 millones de toneladas en 2003 a 52,5 millones de toneladas en 2008. (FAO, 2010).

En el año 2009, la acuicultura continental tuvo una producción de 35 millones de toneladas, superando los cinco años anteriores, de igual forma, la acuicultura marina para este mismo año aumentó su producción a 20,1 millones de toneladas, con un aumento de 0.4 millones de toneladas con relación al año 2008 (FAO, 2010).

La acuicultura sigue creciendo más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal, y a mayor ritmo que la población, con un incremento del suministro acuícola *per cápita*, que varió desde 0,7 kg en 1970 a 7,8 kg en 2008, lo que constituye un crecimiento promedio anual del 6,6 %. Se espera que supere a la pesca de captura como fuente de pescado comestible (FAO, 2010).

La acuicultura mundial está liderada en gran medida por la región de Asia y el Pacífico, la cual aporta el 89 % del volumen total de la producción y alrededor del 79 % del valor comercial. Este dominio se debe principalmente a la enorme producción de China, la cual representa el 62 % de la producción mundial en términos de cantidad y el 51 % de su valor total. Sin embargo, el índice de crecimiento de la producción acuícola está



disminuyendo como consecuencia de una gran variedad de factores variando notablemente en función del comportamiento social de la región. La región de América Latina y el Caribe presentó el mayor crecimiento en promedio anual en el período 1970-2008 (21,1 %), seguida por el Cercano Oriente (14,1 %) y África (12,6 %) (FAO, 2010). La limitada oferta de especies nativas como la cachama, el yamu y el bocachico para cultivo determina el bajo perfil de competitividad que presenta la cadena piscícola colombiana, con poca penetración de los mercados internacionales, desaprovechando el crecimiento que el consumo nacional e internacional de bienes derivados de la piscicultura ha registrado durante los últimos años. Por lo tanto, es necesario evaluar el potencial de nuevas especies con el fin de incorporarlas a los sistemas de cultivo y ampliar la oferta de especies cultivables. Una alternativa, la constituyen los silúridos, peces reofílicos, sin escamas y cuerpo aplanado, cuyas especies nativas colombianas presentan un alto potencial para ser utilizadas en los procesos de piscicultura y han sido recomendadas para diversificar la acuicultura colombiana. Sin embargo, a pesar de algunos trabajos realizados con bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* y yaque *Leiarius marmoratus*, aun no es posible su cultivo a escala comercial, debido principalmente a las dificultades para lograr su reproducción exitosa en cautiverio, la marcada estacionalidad reproductiva, sus hábitos alimenticios carnívoros y la dificultad para adaptarlas al consumo de dietas secas o concentrados comerciales; por lo tanto, la investigación nacional actualmente está siendo orientada a solucionar esta problemática y mejorar las perspectivas de esta actividad productiva (Cruz-Casallas, P.E., 2009).

Se está trabajando en investigación en varias universidades colombianas en diferentes especies nativas de Siluridos como en larvicultura barbilla *Rhamdia quelen*, en la Universidad de Antioquia y Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, (Tarazona, A *et al*, 2009), en reproducción, nutrición y larvicultura con el *Sorubim cuspitudus* o Blanquillo en la Universidad de Córdoba (Atencio-García, V. *et al*, 2009). En la zona del Magdalena en el departamento del Huila, (David-Ruales, C.A y Valbuena-Villareal R.D. 2007), trabajaron en la elaboración de un manual para la adaptación, manejo en confinamiento y reproducción inducida de la especie

*Pimelodus grosskopffi* (capaz), en un convenio especial de cooperación técnica entre el SENA, ACUAPEZ, CENTRACAFE y UNISURCOLOMBIANA.

La situación del cultivo de los bagres en Colombia es todavía incipiente en el sentido que las producciones de los cultivos comerciales no se reportan a la fecha en informes oficiales de las secretarías de agricultura, son esfuerzos aislados de productores interesados en diversificar y ampliar la producción acuícola.

En Colombia el cultivo de los bagres a pesar de su importancia comercial, el desarrollo piscícola ha sido más lento y mientras que en Norteamérica, Europa y Asia se han desarrollado industrias piscícolas con bagres nativos de esas latitudes como el *Ictalurus punctatus* y los *Clarias* africanos, en países como Brasil, Argentina, Venezuela y Colombia, entre otros, se han venido desarrollando tecnologías de producción en cautiverio de algunos bagres suramericanos como el rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), sorubim (*Pseudoplatystoma corruscans*), cajaró (*Phractocephalus hemiliopterus*), blanquillo (*Surubim lima*), mapurito (*Callophysus macropterus*), yaque (*Leiarius marmoratus*), amarillo (*Paulicea luetkeni*), tigrillo (*Pimelodus pictus*), nicuro (*Pimelodus blochii*), capitán de la sabana (*Eremophylus mustisii*), jundiaí (*Rhamdia quellen*) y la barbilla (*Rhamdia sebae*) (Rodríguez -Pulido y Mojica-Benitez, 2005).

### **Generalidades del orden Siluriformes**

La ictiofauna de agua dulce de Colombia es una de las más diversas del neotrópico, pues es parte fundamental de la fauna de Suramérica, especialmente en carácidos y silúridos. De acuerdo a Maldonado-Ocampo et al. (2008), 1435 especies nativas de peces viven en las aguas dulces de Colombia. Estas especies representan 14 órdenes y 47 familias. Los órdenes con el mayor número de especies son Characiformes (637 especies), Siluriformes (524 especies), Perciformes (124 especies) y Gymnotiformes (74 especies).



El yaque esta dentro del reino animal, el Phylum: cordados, Subphylum: vertebrados, la superclase: Osteichthyes o peces oseos, la clase: Actinopterygii, la infraclase: Teleostei y el orden: Siluriformes, los cuales representan el cuarto orden dentro de los vertebrados y dentro del superorden: Ostariophysii, son el grupo de peces más diversificados y extensamente distribuido a nivel mundial, con más de 30 familias, 412 géneros y cerca de 2400 especies (Monasterio de Gonzo, 2003). Su distribución es muy amplia, al igual que una gran diversidad de formas. Después de los carácidos es el grupo de mayor número de especies de agua dulce en América (Montero y Autino 2009).

Los Siluriformes o bagres se caracterizan por la no presencia de escamas, cuerpo desnudo o con placas y/o escudos óseos, cuerpo cilíndrico, algunos son muy alargados y otros anguiliformes; presentan barbillas en la región oral, nasal y/o mentoniana, y cuando están presentes las aletas pélvicas se ubican en posición abdominal, pudiendo tener una aleta adiposa (Galvis *et al.*, 1997; Rodiles-Hernandez *et al.*, 2005).

Dentro de los Siluriformes la familia Pimelodidae, es una de las más representativas, comprendiendo más de 60 géneros y alrededor de 300 especies, que habitan los ecosistemas acuáticos desde México hasta Argentina (Galvis *et al.*, 1997). Estos bagres presentan cuerpo desnudo, 3 pares de barbillas usualmente muy largas y aleta adiposa. Estas especies son muy apetecidas por la calidad de su carne, su uso como pesca deportiva y como ornamental en su etapa juvenil (Padilla *et al.*, 2001). La mayoría de los Siluriformes son de hábitos carnívoros, alimentándose preferiblemente de peces, micro crustáceos y larvas de insectos y en la fase adulta su alimentación es a base de peces (Padilla *et al.*, 2001; Zaniboni-Filho, 2003).

### **Ecología trófica de los Siluriformes.**

Los peces carnívoros presentan un intestino corto debido a que la cantidad de alimento ingerido es menor y de calidad superior; por lo tanto, el tránsito es más lento, siendo este aspecto importante para favorecer la absorción de los nutrientes (Moyle y Cech,

2000); además, la longitud del intestino parece estar más relacionada con la cantidad de material digestible del alimento que con su origen animal o vegetal (Rotta, 2003).

Generalmente los consumidores carnívoros muestran una tendencia a comer presas más grandes a medida que van creciendo, existiendo una relación entre la talla máxima de la presa ingerida y el tamaño de la boca del pez (Hseu *et al.*, 2003; Kestemont *et al.*, 2007), relación que se incrementa hasta cierto punto en su ciclo de vida, decreciendo posteriormente. Se observa que peces, crustáceos y otros son consumidos en los periodos de aguas altas y aguas bajas, aunque los dos últimos tienen poca participación en la composición en peso para especies como la doncella *Ageneiosus pardalis* y bagre rayado *Pseudoplatystoma sp.* (Tobías-Arias *et al.*, 2006). Dentro de los Siluriformes se observa alta variedad de tendencias de alimentación, es el caso y debido a su conformación corporal del Yaque (*Leiarius marmoratus*), y de acuerdo a Ramírez y Ajiaco (1997), es una especie que presenta características de comportamiento sedentario, con preferencia al refugio bajo las ramas de árboles encallados en el agua. Sin embargo, varios autores destacan su tendencia omnívora (Ramírez y Ajiaco, 1997; Novoa, 2002). No se ha registrado en la literatura migraciones reproductivas ni tróficas de la especie, no siendo un gran migrador como se observa en las demás especies de esta familia.

Es una especie preferiblemente omnívora, aunque en su contenido estomacal se han encontrado detritos, hojas de gramíneas (Ramírez y Ajiaco, 1997; Novoa, 2002) y semillas. Es capturado con anzuelo y las carnadas utilizadas son la lombriz de tierra y huevos de otras especies de peces. En los ensayos realizados en cautiverio, se ha observado que consume bien el alimento peletizado, aunque una de las dificultades encontradas durante su cultivo son los hábitos caníbales durante el estado larval (Ramírez-Merlano *et al.*, 2010). Poseen boca ancha y subterminal, con almohadillas grandes de dientes filiformes en forma de coma sobre el vómer y los palatinos, esófago amplio de paredes gruesas y dilatables, estómago en forma de "J" con *fundus* grande y dilatable de gran capacidad de almacenamiento, el intestino es corto (Mojica *et al.*, 2003). Algunos de estas especies cazan ayudándose del sentido de la visión, mientras





que otros pueden guiarse por los sentidos del olfato, gusto y tacto y probablemente por órganos sensoriales de la línea lateral (Vásquez-Torres, 2004).

En el caso de los bagres, el desarrollo de barbillas puede estar relacionado con una adaptación a la búsqueda de alimento. Estas especies requieren alto contenido de proteína, la cual obtienen básicamente de la carne de sus presas. Algunas especies de peces de escamas, que presentan un exclusivo régimen alimenticio piscívoro como *Cichla ocellaris* o tucunaré y algunos bagres, son difíciles de incorporar como especies de cultivo comercial, debido principalmente a su difícil adaptación a dietas artificiales industriales (Vásquez-Torres, 2004). Por tal razón, el condicionamiento de estas especies, en especial aquellas promisorias para la diversificación de la acuicultura nacional, como el Yaque, deben ser objeto de este tipo de estudios.

La introducción de nuevas especies a los sistemas productivos de la piscicultura, debe ser eficiente con el mantenimiento de volúmenes suficientes de alevinos, eficiencia que incluye un manejo adecuado en la alimentación de los reproductores, la larvicultura, la cual 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).

## **Manejo de la alimentación**

### *Alimentación de reproductores.*

Dentro de las estrategias de crecimiento, los peces muestran un fenómeno llamado "crecimiento compensatorio", que consiste en la capacidad de crecer más de lo esperado después de un periodo de ayuno, compensando así la disminución de crecimiento registrado durante el periodo de privación de alimento, para rápidamente alcanzar el crecimiento de peces que han crecido continuamente (Ali *et al.*, (2003); Gurney *et al.*, (2003); Quinton y Blake (1990) atribuyen el crecimiento compensatorio de la síntesis de proteínas, mientras que Alvarez y Nicieza (2005) sugieren que la reposición de las reservas de energía, juegan un papel importante en el crecimiento

compensatorio. Durante el período de compensación, el aumento del pez, en peso a un ritmo mayor que los peces alimentados continuamente, y puede sobre-compensar por el crecimiento más pesado que el pescado que se alimenta continuamente.

El comportamiento alimentario de numerosas especies de peces en el medio natural es estacional, dependiente de condiciones ambientales, como la temperatura y la disponibilidad de alimento, lo que lleva a pensar que pueda existir una capacidad de recuperación del peso tras un periodo de ayuno más o menos prolongado. Este fenómeno ha sido descrito para diferentes especies por Dobson y Holmes (1984), y se conoce con el nombre de crecimiento compensatorio, definido como una fase de crecimiento rápido después de un periodo de ayuno o desnutrición. Es decir, el crecimiento compensatorio es mayor que el crecimiento generado en un periodo de alimentación continua a saciedad. La confirmación de la existencia de este crecimiento rápido después de un periodo de ayuno es de gran importancia en la gestión del alimento, ya que pueden darse situaciones en las que sea interesante dejar de alimentar a un cultivo, o en que, debido a condiciones ambientales adversas, resulte imposible el suministro de alimento Jobling y Koskela (1996) y Rueda *et al.* (1998).

Esto sucede cuando los animales para reproductores se capturan del medio natural juveniles o adultos, por el excesivo estrés del transporte, manipulación, ofrecer dieta seca comercial, cambios físico químicos del agua del estanque, poco o nulo recambio hacen que los animales no consuman alimento hasta que con atrayentes o saborizantes adheridos al alimento se inicia el consumo de dietas secas comerciales y los animales recuperan el peso perdido y mejoran su condición física.

Las ganancias de las operaciones de acuicultura (Chatakondi y Yant, 2001). Para lograr este propósito, uno de los factores más importantes es una nutrición apropiada, la cual influyen en la habilidad para alcanzar un buen potencial energético para el crecimiento, reproducción y longevidad de los reproductores (Lall, 1991). La determinación de los niveles de nutrientes para la formulación final de la dieta deben ser considerados los siguientes factores: especie, línea y etapa de desarrollo, salud de los peces, disponibilidad de nutrientes y composición de los ingredientes, temperatura del agua y



condiciones medioambientales, (Brett y Groves, 1977), toxinas o factores anti nutricionales, mezcla y procesamiento de ingredientes o dietas, duración y tipo de almacenamiento, método de alimentación y tiempo proyectado para venta (Toledo *et al.* 2007).

La fluctuación estacional en la disponibilidad de alimento en el ambiente, es un factor determinante para la frecuencia de reproducción en peces tropicales. Lo anterior toma aún más importancia a la hora de definir estrategias alimenticias de un lote de reproductores en cautiverio, con lo cual se podría aumentar la frecuencia de desoves en un determinado periodo. La calidad, el balance y los componentes de las dietas de los reproductores son algunos de los factores críticos que afectan la frecuencia y tiempo de duración del desove, las reservas en el huevo y en las etapas de desarrollo temprano larval y por lo tanto la calidad de estas, debido a la transferencia de nutrientes a los huevos y a la proporción de las reservas acumuladas (Izquierdo *et al.*, 2001) De igual forma, la calidad y la cantidad del alimento del reproductor puede generar problemas reproductivos al inducir la reabsorción de ovocitos vitelogénicos, afectando la vitelogenesis generando por lo tanto menor número de ovocitos maduros, influyendo directamente sobre la fecundidad (Zaniboni-Filho y Nuñez, 2004).

#### *Alimentación y nutrición en larvas*

Algunos autores opinan que los organismos vivos consumidos por las larvas (zooplancton) ayudan al proceso de digestión donando enzimas digestivas, neuropéptidos intestinales y factores alimenticios del crecimiento tras la autólisis, o como cimógenos, activando las enzimas digestivas endógenas larvales, sustancias que se omiten con frecuencia en dietas formuladas (Kolkovski S., 2001). Además, las dietas formuladas poseen del 60 al 90% de materia seca, lo que las hace menos digeribles que el zooplancton que presenta un elevado porcentaje de humedad, facilitando la digestión. A pesar de lo antes mencionado, el desarrollo de microdietas con el objeto de alimentar larvas de peces se está extendiendo, debido al agotamiento de las

poblaciones naturales de *Artemia*, las que no pueden acompañar la demanda creciente por parte de la acuicultura, representando uno de los insumos más caros del sector.

Éxitos recientes de reportes en sustituir o reducir la dependencia del alimento vivo se alcanzaron con la co-alimentación de dietas vivas y secas. En general se inicia con alimento vivo, pasando a una co-alimentación hasta que el reemplazo con dietas secas sea total (Jones et al., 1993; Ehrlich et al., 1989). Los procesos digestivos en las larvas de peces son rápidos y ocurren dentro de pocas horas después de la ingestión del alimento (Govoni et al., 1986; Hofer & Bürkle, 1986; Pedersen et al., 1987).

Las larvas del bagre africano *Clarias gariepinus* digieren los nauplios de *Artemia* en pocas horas, permitiendo alcanzar elevados niveles de crecimiento y sobrevivencia (García-Ortega, 2000). Las dietas balanceadas deben ser nutricionalmente adecuadas para el éxito de la larvicultura. Resultados satisfactorios se obtuvieron con dietas secas que incluían en su formulación levadura o proteína derivada de organismos unicelulares, como se demostró en varios trabajos incluyendo al bagre sudamericano (Coldebella & Radünz Neto, 2002).

Sin embargo, con estas dietas, el crecimiento y sobrevivencia obtenidos fueron inferiores a los logrados con nauplios de *Artemia*, lo que podría deberse al menor grado de digestibilidad y aprovechamiento de los mismos. Tasas de crecimiento más elevadas se obtuvieron al combinar las dietas artificiales con un suplemento de alimento vivo (coalimentación), llegando en algunos casos a superar el promedio de las larvas alimentadas exclusivamente con *Artemia* (Carneiro et al., 2003 a.).

Resultados obtenidos por (Hernandez et al, 2005) indican que es posible reemplazar gradualmente a los nauplios de *Artemia* durante la alimentación de las larvas de bagre sudamericano sin afectar significativamente su crecimiento y sobrevivencia. Probablemente, la digestibilidad del alimento seco mejore gracias al aporte de algunos factores incluidos en el alimento vivo (ácidos grasos esenciales, neuropéptidos, amino ácidos libres), contribuyendo a una mejor asimilación de la ración balanceada, traduciéndose en buen





crecimiento larval, sobrevivencia alta y disminución de costos y mano de obra que demanda el proceso de incubación de nauplios de *Artemia*.

#### *Efectos fisiológicos sobre la digestión de lípidos.*

Debido a la importancia de la utilización de lípidos en la dieta en la cría de larvas, se ha prestado atención a diferentes aspectos de la nutrición lipídica en larvas. En particular, los requerimientos de los ácidos grasos esenciales (AGE) y su efecto sobre el crecimiento y desarrollo que ha sido extensivamente estudiado en larvas de peces marinos (Sargent *et al.*, 1999; Morais *et al.*, 2006). Relativamente, pocos estudios han examinado el efecto de los niveles totales de lípidos en las dietas de larvas y aspectos como la digestión, absorción, transporte y el metabolismo de ácidos grasos se ha iniciado a investigar en larvas de peces (Izquierdo *et al.*, 2001).

El intento de satisfacer los requerimientos de las larvas utilizando fuentes pobres en ácidos grasos, los cuales son predominantemente lípidos neutros, hace necesario incrementar los porcentajes dietarios a niveles potencialmente excesivos que también pueden dar lugar a un desequilibrio en la proporción de lípidos neutros sobre los polares. De hecho, varios autores han reportado escaso crecimiento de larvas asociado con un alto contenido de lípidos en la dieta (Olsen *et al.*, 2000; Izquierdo *et al.*, 2001; Gawlicka *et al.*, 2002).

Son muchos los efectos de los niveles elevados de lípidos neutros en la dieta, los cuales pueden tener una influencia negativa sobre el crecimiento de las larvas, como son: a) los niveles de digestión y absorción: asumiendo que un alto contenido de lípidos en la dieta pueda eventualmente resultar en una baja eficacia digestiva o una disminución en la actividad de digestión de las enzimas digestivas y una reducida eficiencia de absorción; y b) un mecanismo de regulación de la ingesta de alimento de acuerdo al nivel de energía alimentaria (Morais *et al.*, 2006)

La digestión de lípidos, la absorción y el transporte han sido relativamente poco estudiados en peces, particularmente en las larvas. Sin embargo, se ha encontrado paralelos entre los procesos digestivos y de absorción de peces y mamíferos, y se presume que los mecanismos son generalmente similares. Los triglicéridos (TAG) son parcialmente hidrolizados a ácidos grasos libres (AGL) y monoacilglicerol (MAG) o son completamente hidrolizados en ácidos grasos libres y glicerol por la lipasa pancreática en la luz intestinal. Los productos de la lipólisis son emulsificados con componentes biliares, formando micelas mixtas, y los productos de la digestión de lípidos entonces se difunden en las células de la mucosa intestinal, donde son re-esterificados a triglicéridos, antes de incorporarse a quilomicrones o lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), que luego son liberados al sistema circulatorio (Sire *et al.*, 1981; Lijima *et al.*, 1990). Las larvas de peces se caracterizan por sus particulares requerimientos nutricionales y por el sistema digestivo que difiere de los adultos (Govoni *et al.*, 1986). Por ejemplo, no sólo la capacidad enzimática, sino también los mecanismos de regulación del páncreas parecen diferir entre las larvas y los adultos (Kurokawa y Suzuki, 1996).

Inicialmente se creía que las larvas de peces marinos tenían un pobre desarrollo del sistema digestivo y mecanismos digestivos inmaduros, lo cual ha sido utilizado para explicar los problemas nutricionales en la cría de las larvas de peces, particularmente cuando se utilizan dietas artificiales (Walford y Lam, 1993). El tracto gastrointestinal de las larvas, aunque es funcional, en la medida en que pueden procesar la primera alimentación, carecen de estómago y siguen siendo estructural y funcionalmente menos complejo que en adultos. Esta baja complejidad se asocia a menudo con una menor producción de enzimas digestivas (Rust, 2002). Sin embargo, las enzimas digestivas están presentes en el inicio de la alimentación exógena (Izquierdo *et al.*, 2001; Hoehne-Reitan *et al.*, 2001) y varios estudios han encontrado en larvas de peces niveles significativos de enzimas pancreáticas e intestinales y han demostrado la capacidad de absorber nutrientes (Ribeiro *et al.*, 1999 a,b).



Adicionalmente, el hígado, el páncreas y la vesícula biliar son diferenciadas durante la eclosión y son funcionales antes de la primera alimentación en muchas especies de peces (Kurokawa y Suzuki, 1996; Ribeiro *et al.*, 1999a).

#### *Efectos fisiológicos sobre la digestión de proteínas.*

Bajo el esquema general de los vertebrados, la digestión gástrica de las proteínas en teleósteos adultos inicia con la desnaturalización e hidrólisis peptídica en el estómago, seguida en el intestino por liberación de un conjunto de proteasas y peptidasas pancreáticas. Las peptidasas en las membranas también contribuyen a la degradación de las proteínas, produciendo pequeños péptidos. Estudios recientes en una variedad de especies de vertebrados sugiere que la entrada de di y tripéptidos a través de la membrana apical de los enterocitos es una vía importante de absorción de las proteínas (Daniel, 2004). Actividad importante durante las fases larvarias de los peces teleósteos (Zambonino Infante *et al.*, 1997; Dabrowski *et al.*, 2003, 2005).

En la mayoría de las larvas de peces marinos, el estómago no está presente durante las primeras etapas de la alimentación exógena y sin presencia de hidrólisis acida, el cual es un paso importante para que se produzca la degradación eficiente de proteínas complejas. La falta de la función gástrica se apoya en estudios de pH en el estómago (Rust *et al.*, 1993; Ronnestad *et al.*, 2001), actividad de la pepsina (Cahu y Zambonino Infante, 2001), bomba de protones (Gawlicka *et al.*, 2001) y examen morfológico de la ontogenia de las glándulas gástricas (Tanaka, 1973). Las larvas de peces absorben grandes moléculas, incluyendo las proteínas, por endocitosis seguido por la digestión intracelular en las células de la mucosa del intestino grueso (Kurokawa *et al.*, 1996; Luizi *et al.*, 1999).

#### **Alimentación en cultivo**

##### *Efecto del estrés en el cultivo de peces.*

La acuicultura industrial que maneja grandes poblaciones de organismos en espacios limitados, ha traído consigo la necesidad de estudiar el efecto que estas densidades provocan sobre los peces, ya que las tasas de crecimiento, los índices de fertilidad y, más aún, la incidencia y frecuencia de enfermedades, están determinadas por la respuesta de los organismos al síndrome general de adaptación (estrés) (Ocampo *et al.*, 1999).

Este síndrome afecta a los peces que se encuentran expuestos a situaciones en la naturaleza, así como también en condiciones de cultivo; sin embargo, la respuesta a este mecanismo puede variar dependiendo de la especie, la etapa de madurez, y el tipo e intensidad del estrés (Donaldson, 1981; Schreck, 2000). En peces, numerosos trabajos reportan mediciones de las respuestas primarias, secundarias o los cambios en el rendimiento individual como indicadores de estrés que, cuando van más allá de la tolerancia, ocasionan la muerte o en casos menos severos, afectan el crecimiento, predisponen a enfermedades o imposibilitan la resistencia a nuevas situaciones de estrés (Schreck, 2000). Sin embargo, los efectos del estrés a nivel poblacional, aunque difíciles de comprobar, son los que tienen mayores relevancias ecológicas. Estos se manifiestan por la reducción en los procesos de desove pobre calidad de la progenie y disminución de la población (Schreck, 2010).

Según Schreck (2000), “el estrés es una cascada de eventos fisiológicos que se producen cuando el organismo está tratando de resistirse a la muerte o el restablecimiento de la homeostasis”. En ambos casos el estrés es una respuesta a un agente o factor estresor. Sin embargo, existen otros conceptos más específicos que involucran el sistema endocrino como parte de la respuesta no específica, y existen una variedad de definiciones que se siguen ofreciendo (Pickering, 1981).

Cuando los peces se encuentran estresados pueden asumir diferentes modos de funcionamiento. La alostasis que es adaptativa en términos del mantenimiento de los animales vivos frente al factor estresante, puede llegar a ser mal adaptativa en términos





de realizar otras funciones necesarias para la vida o en la aptitud reproductiva (Schreck *et al.*, 2001). Los efectos del estrés y los mecanismos fisiológicos implicados son más conocidos en los mamíferos que en peces; sin embargo, mecanismos similares fueron observados en ambos grupos. Diferencias basadas principalmente en el número de órganos implicados, en el tiempo de las respuestas y en los efectos de la temperatura sobre los sistemas biológicos de los teleósteos (Ainsworth *et al.*, 1991).

### **Experiencias de cultivo de Siluriformes**

Mojica *et al.* (2003) recomiendan que los estanques para el cultivo de bagres deben tener las condiciones de preparación utilizadas normalmente para un estanque de piscicultura; sin embargo, la fertilización no es necesaria por su hábito alimenticio carnívoro. Entre los factores que pueden determinar la viabilidad económica de la acuicultura son el crecimiento y la eficiencia de utilización del alimento de las especies cultivadas, siendo ambos influenciados por la tasa de alimentación (Hung *et al.*, 1993).

En un ensayo realizado por Mora J.A. y M. Jover (2005) se evaluó el crecimiento y aprovechamiento nutritivo del bagre yaque, *Leiarus marmoratus* (Gil, 1870) alimentados con piensos comerciales de diferente nivel proteico 28, 32 y 36% de proteína cruda en jaulas flotantes, No se encontraron diferencias significativas en los parámetros productivos medidos y los niveles proteicos estudiados tuvieron el mismo efecto sobre el crecimiento, conversión del alimento, tasa de alimentación diaria, coeficiente térmico de crecimiento y coeficiente de eficiencia proteica en alevines de *Leiarus marmoratus*.

#### *Tasa de alimentación.*

El conocimiento sobre la tasa de alimentación óptima es importante no solo para promover un buen crecimiento y eficiencia alimenticia, sino también para prevenir el deterioro de la calidad del agua como resultado del exceso de alimento. En *Mystus nemurus* (Bagre asiático) fue evaluado el efecto de la tasa alimenticia sobre el crecimiento y composición corporal, para esto se usó un alimento concentrado (36,2 %

de proteína cruda, con 1,6 Kj/g de dieta), observando un incremento lineal en el porcentaje de ganancia de peso hasta una proporción alimenticia de 2,5 % (peso final  $32 \pm 0,4$  g), en adelante no fueron observadas diferencias significativas, la composición corporal no varió entre las proporciones de 2,5 y 5 % (Ng et al., 2000). Sin embargo, Mora *et al.* (2009) reportan una tasa de alimentación diaria de 2,34 a 2,6 % PV/día, en alevines entre 20 a 40 g; y administrando dietas con niveles proteicos de 28,32 y 36 PC, alimentados a saciedad aparente.

### *Conversión alimenticia.*

La definición general de la conversión alimenticia es la cantidad de alimento seco para producir una unidad de pescado fresco (Weber, 2003), y las estimaciones de la conversión alimenticia varían con la operación del cultivo. En este orden de ideas obtuvo Cielo (2000), en jundia (*Rhamdia quelen*), especie omnívora, conversiones alimenticias de 1.8:1 en estanques en tierra, con pesos finales de 800 g en un año. En un estudio de Carneiro et al. (2003 b.), observaron gran variabilidad en el tamaño de jundia cultivado en estanques en tierra durante 11 meses, alcanzando pesos corporales entre 200 y 800 g. En Venezuela, Mora et al. (2009) reportó valores de índice de conversión alimenticia (ICA) para *Leiarius marmoratus* de 1,50; 1,51 y 1,33 alimentados con diferentes niveles de proteína cruda 28, 32 y 36%, respectivamente sin observar diferencias significativas ( $P > 0,05$ ).

Se reportan trabajos con las principales variables productivas evaluadas en el cultivo de bagres como en las unidades de crecimiento como las jaulas flotantes, en Brasil Coelho y Cyrino (2005) evaluaron el cultivo de híbridos de surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) con *P. fasciatum* en jaulas flotantes de 13,5; 22,5 y 27,5 m<sup>3</sup>, con densidades de 25, 50 y 75 alevinos/m<sup>3</sup> y peso inicial promedio de 450 g por jaula durante un periodo de 7 meses y alimentados con una ración comercial de 40% de PC. Las ganancias de peso fueron 1.6 g (25 peces.m<sup>3</sup>), 1.20 g (75 peces.m<sup>3</sup>) y 1,94 g (50 peces.m<sup>3</sup>), para la jaulas de 13,5; 22,5 y 27,5 m<sup>3</sup>, respectivamente. Los índices de



conversión alimenticia aparente variaron entre 3.3 a 9.17, correspondiendo a la densidad de 50 alevinos/m<sup>3</sup> para jaulas de 13,5 y 27,5 m<sup>3</sup>, respectivamente.

Liranco *et al.* (2011) y Scorvo-Filho *et al.* (2004), reportaron índices de conversión alimenticia aparentes entre 3,09 a 4,15 para la especie *Pseudoplatystoma corruscans*, pero con densidades de 1 pez por cada 4 m<sup>2</sup> en estanques en tierra de 600 m<sup>2</sup> alimentados con concentrado comercial extruido con el 40% de PC.

Mojica *et al.* (2003), reportaron para *Pseudoplatystoma sp.*, periodos de engorde de hasta 14 meses, obteniendo animales con pesos cercanos a los 3 Kg., con una frecuencia de alimentación de dos veces al día.

En *Leiarius marmoratus*, Castillo *et al.* (2003), reportaron periodos de engorde de 8 meses con peso final de 700 gramos, utilizando concentrado comercial del 45 % de proteína bruta.

### **Composición de la carne de pescado.**

La composición de la carne de pescado varía no sólo entre las especies, sino también entre los individuos en función de sexo, edad, alimentación, etapa de madurez, el medio ambiente, la temporada y también la ubicación del músculo. El músculo de los peces se compone de una serie de aminoácidos y es una fuente única de nutrientes y de proteínas de fácil digestión. Según, Periago *et al.* (2005) el contenido de grasa de los peces de cultivo es generalmente más alto que el de los peces silvestres. Los peces de carne blanca contienen menos lípidos en comparación con peces de carne de color oscura, y generalmente poseen entre 18 y 23 % de proteína, dependiendo de la especie y del tiempo de la cosecha (Van de Kamp y Wykes, 1991).

### **Expectativas de investigación**

Los países tropicales como Colombia, presentan disponibilidad de recursos naturales y acceso a los mercados; sin embargo, para fortalecer el potencial acuícola es importante la realización de investigaciones que generen alternativas para diversificar los sistemas de producción acuícolas con especies nativas como los Siluriformes, con el fin de satisfacer la demanda de carne de pescado. Sin embargo, es necesario avanzar en la información referida al estudio del desempeño reproductivo, como pauta inicial, manejo de las primeras fases y el desempeño productivo a escala comercial. Estos precedentes son los referenciales para explorar las líneas de investigación y esquemas productivos básicos para orientarnos en una especie acuícola nueva como el bagre yaque.

### Referencias Bibliográficas

- Ainsworth, A., Dexiang, C., Waterstrat, P., Geenway, T., 1991. Effect of temperature on the immune system of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Leukocyte distribution and phagocyte function in the anterior kidney at 10 °C. *Comparative Biochemical and Physiology A* 100, 907-912.
- Ali, M., Nicieza, A., Wootton, R.J., 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries* 4, 147–190.
- Alvarez, D., Nicieza, A.G., 2005. Compensatory response “defends” energy levels but not growth trajectories in brown trout, *Salmo trutta* L. *Proceedings of the Royal Society B* 272, 601–607
- Atencio-García, V.; Prieto-Guevara, M.; Arroyo, A., Robles L.; Varilla, E.; Madariaga, D. & Pardo-Carrasco, S. 2009. Morfología testicular de blanquillo *Sorubim cuspichudus* en cautiverio. Segunda Conferencia Latinoamericana sobre Cultivo de Peces Nativos Chascomús, Provincia de Buenos Aires, Argentina. 3-6 Noviembre 2009. Pag. 28.



Braz de Araujo, R., Garutti, V., 2002. Biologia reprodutiva de *Aspidoras fuscoguttatus* (Siluriformes, Callichthyidae) em riacho de cabeceira da bacia do Alto Paraná. Iheringia, Série Zoologia 92: 89-98.

Brett, J.R., Groves, T.D.D., 1977. Physiological energetics. In Fish physiology, edited by W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett. New York, Academic press, Volume 8., pp. 279–352

Cahu, C., Zambonino-Infante, J., 2001. Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. Aquaculture 200, 161– 180.

Campos, J.L., 2005. O cultivo do pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (Spix & Agassiz, 1829). In: Baldisserotto, B.; Gomes, L.C. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa maria: UFSM. p. 327-343.

Carneiro, P., Mikos, J.D., Bendhack, F., 2003 a. Processamento: O Jundiá como matéria-prima. Panorama da Aqüicultura 13(78), 17-21.

Carneiro, P.C. F.; Mikos, J.D.; Schorer, M.; Oliveira Filho, P.C.; Bendhacki, F. 2003 b. Live and formulated diet evaluation through initial growth and survival of jundiá larvae, *Rhamdia quelen*. Sci. agric. v.60, n.4, p615-619.

Castillo JAM, Ramírez LR, Rodríguez PJA. 2003. Ensayos de reproducción y alevinaje en Yaque *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Pises:Siluriformes:Pimelodidae) en la Orinoquia Colombiana. Memorias IV Seminario Internacional de Acuicultura I Congreso Nacional de Investigaciones Acuícolas, Bogotá, Colombia.

Cielo, G., 2000. Jundiá Cinza: Como um bom bage cresce bem e encanta piscicultores do Sul. Panorama da Aqüicultura 10(58), 14-19.

Chatakondi, N.G., Yant, R.D., 2001. Application of compensatory growth to enhance production in channel cat fish *Ictalurus punctatus*. Journal of the World Aquaculture Society 32 (3), 278–285.

Coelho, S.R., Cyrino, J.E., 2005. Produção intensiva de surubins híbridos em gaiolas: estudos de caso. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 83 p.

Coldebella, I.J. & Radünz Neto, J. 2002. Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). Ciencia Rural, Santa Maria, v.32, n3, p499-503.

Cruz-Casallas, P.E., 2009. Cultivo de peces nativos en Colombia: estado actual y perspectivas. Segunda Conferencia Latinoamericana sobre Cultivo de Peces Nativos Chascomús, Provincia de Buenos Aires, Argentina. 3-6 Noviembre 2009. Pag. 28.

Cruz-Casallas, N.E., Diaz-Olarte, J.J., Marciales-Caro, L.J., Pabón-Peña, F.J., Medina-Robles, V.M., Cruz-Casallas, P.E., 2008. Acondicionamiento a dieta seca de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) obtenidas por reproducción artificial. En: memorias IV Congreso Colombiano de Acuicultura. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 21, 455-522.

Dabrowski, K., Lee, K.J., Rinchard, J., 2003. The smallest vertebrates, teleost fish, can utilize synthetic dipeptide-based diets. Journal Nutrition 133, 4225–4229.

Dabrowski, K., Terjesen, B.F., Zhang, Y., Phang, J.M., Lee, K.J., 2005. A concept of dietary dipeptides: a step to resolve the problem of amino acid availability in the early life of vertebrates. Journal Experimental Biology. 208, 2885–2894.

Daniel, H., 2004. Molecular and integrative physiology of intestinal peptide transport. Annual Review Physiology 66, 361–384.





David-Ruales, C.A y Valbuena-Villareal R.D. 2007, Manual para la adaptación, manejo en confinamiento y reproducción inducida de la especie *Pimelodus grosskopffi* (capaz). Convenio especial de cooperación técnica N° 00410 de 2007. SENA, ACUAPEZ, CENTRACAFE Y UNISURCOLOMBIANA. 21 PAG.

Dobson, S. H. y R. M. Holmes. 1984. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of Fish Biology* 25: 649-656.

Donaldson, E.M., 1981. The pituitary-interrenal axis as an indicator of stress in fish. In: Pickering, A.D. Ed., *Stress in Fish*. Academic Press, London, pp. 11-47.

Ehrlich, K., Cantin, M. & Rust, M., 1989. Growth and survival of larval and post larval smallmouth bass fed a commercially prepared dry feed and/or *Artemia* nauplii. *J. World Aquacult. Soc.* v.20, p1-11.

FAO., 2009. El estado mundial de la Pesca y la Acuicultura. FAO. Roma 2009. URL: <http://www.fao.org>. Sep/2009.

FAO, 2010. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma, 2010.

Galvis, G., Mojica, J.I., Camargo, M., 1997. Peces del Catatumbo. Ecopetrol: OXY:SHELL- Asociación Cravo Norte. D' Vinni Edi. Ltda., Santa Fe de Bogotá, pp.118.

Garcia-Ortega, A.; Verreth, J. & Segner, H. 2000. Post-prandial protease activity in the digestive tract of African catfish *Clarias gariepinus* larvae fed decapsulated cysts of *Artemia*. *Fish Physiology and Biochemistry* v.22, p237- 244.

Gawlicka, A., Leggiadro, C.T., Gallant, J.W., Douglas, S.E., 2001. Cellular expression of the pepsinogen and gastric proton pump genes in the stomach of winter flounder as determined by in situ hybridization. *Journal Fish Biology* 58, 529-536.

Gawlicka, A., Herold, M.A., Barrows, F.T., de la Noüe, J., Hung, S.S.O., 2002. Effects of dietary lipids on growth, fatty acid composition, intestinal absorption and hepatic storage in white sturgeon (*Acipenser transmontanus* R.) larvae. *Journal of Applied Ichthyology* 18, 673–681.

Govoni, J.J., Boehlert, G.W., Watanabe, Y., 1986. The physiology of digestion in fish larvae. *Environmental Biology of Fishes* 16, 59–77.

Gurney, W. S. C., Jones, W., Veitch, A.R., Nisbet, R.M., 2003. Resource allocation, hyperphagia, and compensatory growth in juveniles. *Ecology* 84 (10), 2777–2787.

Hernández, David R. - Flores Quintana, Carolina I. - Domitrovic, Hugo A. Bechara, José - Sánchez, Sebastián. 2005. Evaluación de diferentes dietas en los primeros estadios del desarrollo del bagre sudamericano (*Rhamdia quelen*). Instituto de Ictiología del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNNE. Resumen V- 026.

Hseu, J.R., Chang, H.F., Ting, Y.Y., 2003. Morphometric prediction of cannibalism in larviculture of orange-spotted grouper, *Ephinephelus coioides*. *Aquaculture* 218, 203–207.

Hoehne-Reitan, K., Kjørsvik, E., Gjellesvik, D.R., 2001. Development of bile salt-dependent lipase in larval turbot. *Journal Fish Biology* 58, 737–745.

Hofer, R. & Bürkle, O. 1986. Daily food consumption, gut passage rate and protein utilization in whitefish larvae (*Coregonus* sp.). *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* v.22, p189-196.

Hung, S.S.O., Conte, F.S., Hallen, E.F., 1993. Effects of feeding rates on growth, body composition and nutrient metabolism in striped bass (*Morone saxatilis*) fingerlings. *Aquaculture* 112, 349-361.



Izquierdo, M.S., Socorro, J., Arantzamendi, L., Hernández-Cruz., 2001. Recent advances in lipid nutrition in fish larvae. *Fish Physiology Biochemistry* 22, 97-107.

Jobling, M. y J. Koskela. 1996. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in subsequent period of compensatory growth. *Journal of Fish Biology* 43: 487-489.

Jones, D.A., Kamurudin, M.S. & Levay, L. 1993. The potential for replacement of live feeds in larval culture. *J.World Aquacult.* v24, p191-210.

Kestemont, P., Hamza, Xu., Maboudou, N., Imorou, J., Toko, I., 2007. Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture* 264, 197-20.

Kolkovski, S. 2001. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles—implications and applications to formulated diets. *Aquaculture* v200, p181-201.

Kurokawa, T., Suzuki, T., 1996. Formation of the diffuse pancreas and the development of digestive enzyme synthesis in larvae of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture* 141, 267-276.

Lall, S.P., 1991. Role of micronutrients in immune response and disease resistance in fish. Ponencia presentada en el IV International Symposium on Fish Nutrition and Feeding, Biarritz, Francia, 24-27.

Lijima, N., Aida, S., Mankura, M., Kayama, M., 1990. Intestinal absorption and plasma transport of dietary triglyceride and phosphatidylcholine in the carp (*Cyprinus carpio*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 96A, 45-55.

Linhart, O., Štěch, L., Švarc, J., Rodina, M., Audebert, J.P., Gecu, J., Billard, R., 2002. The culture of the European catfish, *Silurus glanis*, in the Czech Republic and France. *Aquatic Living Resources* 15, 139-144.

Liranco, Andressa Daniela de Sousa; Romagosa, Elizabeth and Scorvo-Filho, João Donato. Desempenho produtivo de *Pseudoplatystoma corruscans* estocados em sistemas de criação: semi-intensivo (viveiro escavado) e intensivo (tanque-rede). *Cienc. Rural* [online]. 2011, vol.41, n.3 [cited 2011-10-09], pp. 524-530 .

Lopes J, Silva L, Baldisserotto B., 2001. Survival and growth of silver catfish larvae exposed to different water pH. *Aquaculture International* 9, 73-80.

Lundberg, J.G., Littmann, M.W., 2003. Pimelodidae (Long-whiskered catfishes). p. In: Reis RE, Kullander SO and Ferraris CJ, Jr. (eds.) Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS, Brasil. 432-446 p.

Luizi, F.S., Gara, B., Shields, R.B., Bromage, N.R., 1999. Further description of the development of digestive organs in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) larvae, with notes on differential absorption of copepod and *Artemia* prey. *Aquaculture* 176, 101-116.

Maldonado-Ocampo, J.A., Vari, R.P., Usma, J.S., 2008. Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9(2), 143-237.

Mendoza, R., Aguilera, C., Montemayor, J., Revol, A., Holt, J., 2002. Studies on the physiology of *Atractosteus spatula* larval development and its applications to early weaning onto artificial diets. In: Cruz-Suárez LE, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M, Gaxiola-Cortés MG, Simoes N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. Cancún, Quintana Roo, México.

Mojica, H.O., Rodríguez, J.A., Orozco, C.R., 2003. Manual de reproducción y cultivo. El bage rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*). INPA-PRONATTA. Colombia.



Monasterio de Gonzo, G., 2003. Peces de los ríos Bermejo, Juramento y Cuencas Endorreicas de la Provincia de Salta. EUNSA. Salta, Argentina.

Montero, R., Autino, A., 2009. Sistemática y filogenia de los Vertebrados con énfasis en la fauna argentina. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.

Morais, S., Conceição L., Rønnestad I., Koven., Cahu, C., Zambonino, J., Dinis, M., 2006. Dietary neutral lipid level and source in marine fish larvae: Effects on digestive physiology and food intake. *Aquaculture* 268, 106–122.

Mora J.A. y M. Jover. 2005. Crecimiento y aprovechamiento nutritivo del bagre yaque, *Leiarius marmoratus* (Gil, 1870) alimentados con piensos comerciales de diferente nivel proteico en jaulas flotantes. Memorias X Congreso Nacional de Acuicultura. Sociedad Española de Acuicultura. Gandía, España.

Mora-Sánchez, J.A., Moyetones, F., Jover, M.C., 2009. Influencia del contenido proteico en el crecimiento de alevines de bage yaque, *Leiarius marmoratus*, alimentados con concentrados comerciales. *Zootecnia Tropical* 27(2), 187-194.

Moyle, P.B., and J.J. Cech, Jr. 2000. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. Prentice-Hall. Fourth Edition.

Ng, W.K., Lu, K.S., Hashim, R., Ali, A., 2000. Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. *Aquaculture International* 8, 19-29.

Novoa, D., 2002. Los recursos pesqueros del eje fluvial Orinoco-Apure: presente y futuro. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Ed. 3XLIBRIS. Caracas, Venezuela.

Ocampo, A., Ocampo, L., 1999. Diagnóstico del estrés en Peces. *Veterinaria México*. pp 337-344.



Olsen, A.I., Attramadal, Y., Reitan, K.I., Olsen, Y., 2000. Food selection and digestion characteristics of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) larvae fed cultivated prey organisms. *Aquaculture* 181, 293–310.

Padilla, P.P., Bocanega, F.A., Orbe, R.I., 2001. Reproducción inducida de la doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y desarrollo embrionario - larval. *Folia Amazónica* 12(1-2), 141-154.

Pascal, G., van de Nieuwegiessen, Jacob., Olwo., Sophoan, K., Johan, A.J., Verreth, Johan, W., Schrama., 2009. Effects of age and stocking density on the welfare of African catfish, *Clarias gariepinus* Burchell *Aquaculture* 288 (2009) 69–7.

Pedersen, B.H.; Nilssen, E.M. & Hjelmeland, K. 1987. Variations in the content of trypsin and trypsinogen in larval herring (*Clupea harengus*) digesting copepod nauplii. *Marine Biology* v.94, p171-181.

Periago, M.J., Ayala, M.D., Lopez-Albors, O., Abdel, I., Martinez, C., Garcia- Alcazar, A., et al., 2005. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture* 249, 175-188.

Pesca y Acuicultura. Corporación Colombia Internacional-INCODER., 2006. Colombia  
Phuong, N.T., Oanh, D.T.H., 2009. Striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) aquaculture in Viet Nam: an unprecedented development within a decade. In: De Silva, S.S., Davy, F.B. (Eds.), *Success Stories in Asian Aquaculture*. Springer, NACA and IDRC, Dordrecht, Bangkok and Ottawa, pp. 133–149.

Pickering, A.D., 1981. *Stress and Fish*. Academic Press, London.

Quinton, J.C., Blake, R.W., 1990. The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Biology* 37, 33-41.



Ramírez-Gil, H., Ajiaco-Martínez, R., 1997. 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; 5. 75-87.

Ramirez-Merlano, Juan A.; Medina Robles, Victor M.; Cruz-Casallas P.E., Pablo E., 2010. Crioconservación espermática, un acercamiento en Siluriformes. Revista Orinoquia, Universidad de los Llanos. Volumen 14 - No 1 – Año 2010. Pag. 59-71.

Ribeiro, L., Sarasquete, C., Dinis, M.T., 1999a. Histological and histochemical development of the digestive system of *Solea senegalensis* (Kaup, 1858) larvae. Aquaculture 171, 293–308.

Ribeiro, L., Zambonino Infante, J.L., Cahu, C., Dinis, M.T., 1999b. Development of digestive enzymes in larvae of *Solea senegalensis*, Kaup 1858. Aquaculture 179, 465–473.

Rodiles-Hernández, R., Hendrickson, D.A., Lundberg, J.G., Humphries, J.M., 2005. *Lacantunia enigmatica* (Teleostei: Siluriformes) a new and phylogenetically puzzling freshwater fish from Mesoamerica. Zootaxa 1000, 1–2.

Rodríguez –Pulido y Mojica-Benitez. 2005. Reproducción y manejo de siluridos en cautiverio, en Reproducción de los peces en el trópico. Incoder, Universidad Nacional de Colombia. Pag. 106-107.

Rotta M. 2003. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. Embrapa Pantanal. Corumbá, Brasil. Documento 53: 1-48.

Rueda, F. M., F. J. Martínez, S. Zamora, M. Kentouri y P. Divanach. 1998. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquaculture Research* 29: 447-452.

Rust, M.B., Hardy, R.W., Stickney, R.R., 1993. A new method for force-feeding larval fish. *Aquaculture* 116, 341-352.

Rust, M.B., 2002. Nutritional Physiology. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*. Academic Press, USA, pp. 367-452.

Sargent, J.R., McEvoy, L.A., Estevez, A., Bell, G., Bell, M. Henderson, J., Tocher, D., 1999. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. *Aquaculture* 179, 217-229.

Schreck, C.B., 2000. Accumulation and long-term effects of stress in fish. In: *The Biology of Animal Stress*. Eds. G. MOBERG and J. MENCH. p 147-158.

Schreck, C.B., Contreras-Sanchez, W., Fitzpatrick, M. 2001. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. *Aquaculture* 197: 3-24.

Schreck, C.B., 2010. Stress and fish reproduction: The roles of allostasis and hormesis. *General and Comparative Endocrinology* 165, 549-556.

Scorvo-Filho, J.D., Romagosa, E, Ayroza L.M.S, Frásca-Scorvo, C.M.D., Mercadante, C.T. 2004. Desempenho do pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*, criado em tanque-rede e em viveiro escavado. En: *Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática*. Aquimerco. 145 p.

Segura, L., Hayashi, C., de Souza, S., Soares, C., 2004. Canibalismo entre larvas de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*, cultivadas sob diferentes densidades de estocagem. *Acta Sci Biol Sci*; 26 Supl 3, 299-302.



Sire, M.F., Lutton, C., Vernier, J.M., 1981. New views on intestinal absorption of lipids in teleostean fishes: an ultrastructural and biochemical study in the rainbow trout. *Journal Lipid Research* 22, 81–94.

Tarazona, A.; Rivera, C.; Olivera, M.; Botero, M. & Cardona, L. 2009. Evaluación de parámetros de desarrollo larval en triploides de una especie nativa colombiana *Rhamdia quelen*. Segunda Conferencia Latinoamericana sobre Cultivo de Peces Nativos Chascomús, Provincia de Buenos Aires, Argentina. 3-6 Noviembre 2009. Pag. 28.

Tobías-Arias, A., Olaya, C., Segura, F., Tordecilla, G., Brú, S., 2006. Ecología trófica de la doncella (*Ageneiosus pardalis* Lütken, 1874) en la cuenca del Río Sinú, Colombia. *Revista MVZ de Córdoba* 11 supl (1), 37-46.

Van de Kamp, J., Wykes, A., 1992. Effects of fish oils and polyunsaturated omega 3 fatty acids in health and disease. National Institute of Health, Bethesda, Maryland. 36p

Vásquez-Torres, W. 2004. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Universidad de los Llanos (edit.). Villavicencio, Meta, 101 p.

Villadiego P, Ortiz -Villafañe E., Atencio-García V.J., 2004. Evaluación del régimen alimentario del bagre blanco *Sorubim cuspicaudus* (Pisces: Pimelodidae) en el bajo río Sinú, Colombia. *Dahlia - Revista Asociación Colombiana de Ictiología*; 7: 13 - 21p.

Waldrop, J.E., Wilson, R.P., 1996. Present status and perspectives of the culture of catfishes (Siluroidei) in North America. *Aquatic Living Resources* 9, 183-188

Walford, J., Lam, T.J., 1993. Development of digestive tract and proteolytic enzyme activity in seabass (*Lates calcarifer*) larvae and juveniles. *Aquaculture* 109, 187–205.

Weber, M. L. 2003. What price farmed fish: a review of the environmental and social costs of farming carnivorous fish. Written for the SeaWeb Aquaculture Clearinghouse.

Wellborn, T.L., 2009. Channel catfish: life history and biology. Electronic Database accessible at <http://www.farminfo.org/aquaculture/chancat.htm>. New Orleans: Southern Regional Aquaculture Center (SRAC), Texas Extension Service, University of Florida, USA. Captured on 17 April 2009.

Yong-Sulem S., Tchanchou L., Nguéfack F., 2006. Brummett R.E. Advanced nursing of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings in earthen ponds, through recycling of tilapia recruits. *Aquaculture* 256, 212–21.

Zambonino- Infante, J. L., Cahu, C.L., Peres, A., 1997. Partial substitution of di- and tripeptides for native proteins in sea bass diet improves *Dicentrarchus labrax* development. *Journal Nutrition* 127, 608–614.

Zaniboni Filho, E., 2003. Piscicultura das espécies nativas de água doce. En: *Aqüicultura - Experiências Brasileiras*. Florianópolis. Editora da UFSC, cap. 14, pp. 337-369.

Zaniboni-Filho, E., Nuñez, APO., 2004. Fisiologia da reprodução e propagação artificial dos peixes. In: Cyrino JEP, Urbinati EC, Fracalossi DM, Castagnolli N. *Tópicos especiais em piscicultura de água doce*. São Paulo, SP TecArt, p.45-73.



## CAPITULO 2

### EFFECTOS DE TRES NIVELES DE PROTEÍNA EN DIETAS COMERCIALES SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE YAQUE (*LEIARIUS MARMORATUS* GILL, 1870), BAJO CONDICIONES DE CULTIVO EN ESTANQUES EN TIERRA

### EFFECTS OF PROTEIN THREE LEVEL IN THE DIET COMMERCIAL ON PRODUCTIVE PERFORMANCE OF YAQUE (*LEIARIUS MARMORATUS* GILL, 1870), CULTIVATED IN EARTHEN PONDS

#### Resumen

El Yaque (*Leiarius marmoratus*), ha sido considerada una especie de fácil adaptación al consumo de alimentos secos, mostrando un buen desempeño bajo condiciones de cultivo; sin embargo, su comportamiento productivo bajo condiciones de cultivo comercial aún no ha sido suficientemente evaluado. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el desempeño del Yaque alimentado con concentrado comercial, bajo tres niveles de proteína bruta (T1=24%, T2= 30% y T3= 34% de Proteína Bruta - PB). Fueron seleccionados ejemplares de peso y longitud total de  $3,59\pm 2,9$  g y  $6,68\pm 1,5$  cm, respectivamente, sembrados en 3 estanques en tierra (400 m<sup>2</sup> aproximadamente) a una densidad de 1 pez.m<sup>2</sup>. Se realizaron evaluaciones mensuales durante 150 días, registrando peso corporal (g) y longitud (cm). Los animales fueron alimentados tres veces al día 7:00, 17:00 y 20:00 horas. Al finalizar el ensayo, de cada tratamiento se tomó un *pool* de músculo dorsal (400 g, aproximadamente) de varios ejemplares (n=3), los cuales fueron almacenados a -20 °C hasta su análisis, en los cuales se determinó proteína cruda (%), materia seca (%), cenizas (%) y extracto etéreo (%). Para evaluar el desempeño productivo se determinó ganancia total de peso (GP), ganancia diaria de peso (GDP), Conversión alimenticia (CA), Tasa de crecimiento específica (TCE), Factor de crecimiento relativo (FCR) y Supervivencia. La longitud total  $41.2\pm 0,9$  cm fue mayor en aquellos animales que

recibieron 34 % de PB en la dieta ( $P < 0,05$ ). Así mismo, se observó diferencias significativas en el peso corporal final ( $P < 0,05$ ) y en la longitud total, por efectos del nivel de PB ofrecido. La CA fue mayor para el T3 (7,03), mostrando diferencias significativas con el T1 (3,75) y T2 (5,22) ( $P < 0,05$ ). Basado en lo anterior se pueden concluir que los tres niveles de inclusión de PB, presentaron efectos diferentes en el desempeño productivo de Yaque, donde la inclusión del 34 %, obtuvo los más altos índices productivos a pesar de la sobrevivencia más baja.

**Palabras clave:** Desempeño productivo, *Leiarius marmoratus*, nivel de proteína, Yaque.

## Abstract

Yaque (*Leiarius marmoratus*) has been considered a species for easy adaptation to the consumption of dry foods, showing a good performance under culture conditions. However the productive characteristics of this fish has not been completely evaluated. The objective of this study was to determine the productive performance of Yaque fed with commercial concentrated under three levels of crude protein (T1= 24 %, T2= 30 % and T3=34 % crude protein - CP). Specimens were selected weight and total length of  $3,59 \pm 2,9$  g and  $6,68 \pm 1,5$  cm, respectively, planted in 3 earthen ponds (400 m<sup>2</sup> approximately) at a density of 1 pez.m<sup>2</sup>. Monthly assessments were conducted for 150 days, recording body weight (g) and length (cm). The animals were fed three times a day 7:00, 17:00 and 20:00 hours. At the end of the trial, each treatment took a pool of dorsal muscle (400 g, approximately) multipart (n= 3), which were stored at -20 °C until analysis, which was determined in crude protein (%), dry matter (%), ash (%) and ether extract (%). To evaluate the productive performance was determined total weight gain (GP), average daily gain (GDP), feed conversion (CA), specific growth rate (TCE), relative growth factor (CRF) and Survival. The total length was  $41,2 \pm 0,9$  cm greater in those animals receiving 34 % CP in the diet ( $P < 0,05$ ). Likewise, significant differences in final body weight ( $P < 0,05$ ) and total length, from the effects of PB levels offered. The CA was higher for T3 (7,03), showing significant differences in T1 (3,75) and T2 (5,22)



( $P < 0,05$ ). Based on what we can conclude that the three levels of inclusion in PB, had different effects on the productive performance of Yaque, where the inclusion of 34 %, achieved the highest production rates.

**Key words:** Productive performance, *Leiarius marmoratus*, protein level, Yaque.

## Introducción

La creciente demanda de peces para consumo humano, impulsan el conocimiento de nuevas especies con potencial productivo, siendo algunas especies nativas opcionadas para fortalecer y diversificar la acuicultura nacional. En Colombia, la producción acuícola ha estado basada fundamentalmente en el cultivo de camarón (*Litopenaeus vananmei*), tilapia (*Oreochromis sp.*), trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) (Espinal *et al.*, 2005); sin embargo, algunas especies del orden Siluriformes como los bagres rayados, se consideran con alto potencial para la industria piscícola, entre las cuales se encuentra el Yaque (*Leiarius marmoratus*), una especie que se distribuye en las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas (Ramírez y Ajiaco, 1997; Castillo, *et al.*, 2003).

Esta especie presenta características que le confieren un buen potencial para ser incorporada a la piscicultura, dada la excelente calidad de su carne, la cual posee pocas espinas intramusculares, textura y sabor de apreciable valor gastronómico. Desde 1986 se practica su reproducción inducida (Kossowski, 1986; Escobar y Mojica, 1997; Sierra-Pulido, 2003; Mora y Kossowski, 2006), lo cual ha permitido la producción de alevinos a pequeña escala, sustentada en reproductores de segunda y tercera generación (Mora, 2003; Mora y Kossowski, 2006). Otros autores, como Medina-Robles *et al.* (2008) y Mira *et al.* (2008), han contribuido al desarrollo de protocolos de reproducción inducida, conocimiento del desarrollo embrionario (Zapata-Berruecos *et al.*, 2008) y manejo de su primera alimentación (Ramírez-Merlano *et al.*, 2010).



Uno de los mayores desafíos es el cultivo de las larvas y juveniles y aún más, el acostumbramiento a dietas secas comerciales para su desarrollo potencial y rentable a nivel de estanques comerciales, donde el éxito de la crianza intensiva de peces depende de la utilización de raciones de alta calidad (Coelho, 2005) y del desarrollo de técnicas de alimentación y acostumbramiento para las fases larvarias y juveniles, las cuales son consideradas fases críticas en la larvicultura y alevinaje de los Siluriformes, debido a sus exigencias nutricionales y por el comportamiento altamente caníbal de los animales (Kossowski, 1986).

En los sistemas de producción, la mayoría de piscicultores adoptan sistemas semi-intensivos de producción de juveniles, donde las larvas son colocadas directamente en estanques después de su inicio de alimentación exógena (Jomori *et al.*, 2003). Que para el caso de los bagres se realiza un pre-engorde a cuyo término, se obtienen peces destinados a la etapa de engorde final, con adiestramiento alimentario en las etapas iniciales de desarrollo. Consecuentemente, el crecimiento ha sido uno de los aspectos más intensamente estudiados de la biología de los peces, debido a que éste es un buen indicador de la salud de los individuos y de las poblaciones. Fundamentalmente está determinado por la cantidad y calidad del alimento ingerido, así como por las características físicas y químicas del agua (Jover, 2000), aunado a esto el nivel óptimo de proteínas en la dieta de los peces está influenciado por varios factores como son el tamaño del pez, la calidad de la proteína, la energía no proteica en la dieta y la tasa de alimentación (Lovell, 1989). De esta manera, una dieta completa para peces debe proveer una fuente de energía aceptable y tener un balance apropiado de proteínas, carbohidratos, lípidos y de los factores de crecimiento, como son las vitaminas y minerales (Luna-Figueroa, 2001), ya que en particular la proteína de la dieta es utilizada por el organismo con tres fines fundamentales: mantenimiento, recuperación de los tejidos dañados y crecimiento (De la Higuera, 1987; Mambrini y Guillaume, 2001).

Sin embargo, es importante subrayar que los requerimientos nutricionales precisos son difíciles de establecer, porque ellos cambian de acuerdo con las condiciones ambientales, con la edad y la talla del pez, así como con la condición reproductiva del



organismo, por lo que existen grandes discrepancias en el crecimiento de peces obtenido con dietas comerciales de diferente contenido proteico. Mora et al. (2009), realizó un ensayo de alimentación en jaulas flotantes para evaluar el efecto de 28, 32 y 36 % de proteína cruda en concentrados comerciales extrudizados sobre el crecimiento de alevines de bagre Yaque (*Leiarius marmoratus*), sin encontrar diferencias significativas en los valores de las diferentes variables productivas como el índice de conversión alimenticia y tasa de crecimiento. De esta manera, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el desempeño productivo de Yaque (*L. marmoratus*) a escala comercial bajo tres niveles de proteína en condiciones de cultivo en estanques en tierra.

## **Materiales y Métodos**

### *Localización y descripción del área del estudio*

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Acuicultura del Ariari (CENAR), de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos, localizado en la vereda Guayabal en el municipio de San Juan de Arama (Meta), a 135 km de la ciudad de Villavicencio, el cual presenta temperatura promedio de 28°C y una altura de 510 msnm. El espejo de agua total utilizado fue de 1150 m<sup>2</sup>, correspondiente a tres estanques (400, 400 y 350 m<sup>2</sup>) con una profundidad media de 1,5 m.

### *Material biológico*

Se utilizaron alevinos obtenidos de reproductores de *L. marmoratus* de la estación piscícola de la Universidad de los Llanos, mantenidos en estanques en tierra de 380 m<sup>2</sup> a una densidad promedio de 200 g/m<sup>2</sup>, alimentados con concentrado comercial (25 % de PB). Los alevinos se obtuvieron mediante reproducción inducida, de acuerdo a la metodología propuesta por Mira et al. (2008). Para este propósito se utilizaron una

pareja macho y hembra sexualmente maduros, seleccionados con base en las características de madurez sexual, evidenciada por la emisión de un fluido transparente oleoso a través de la papila urogenital ante presión manual de la cavidad celómica para el caso de los machos, mientras que las hembras se evaluaron mediante biopsia ovárica y evaluación del estado de desarrollo de los ovocitos y la posición de los núcleos, siguiendo la metodología propuesta por Kossowski (1986) para la misma especie y Arias (2002) para yamú (*Brycon amazonicus*).

Se utilizaron ejemplares de 90 días post-eclosión, obtenidos de una misma pareja de reproductores, previamente adaptados a consumir alimento comercial extruido.

#### *Selección de alevinos*

Fueron seleccionados de acuerdo con el peso corporal y longitud total ( $3,59 \pm 2,9$  g y  $6,68 \pm 1,5$  cm, respectivamente). Inicialmente se realizó biometría del total de los animales, determinando variables como longitud total (cm), así como el peso total (g), utilizando ictiometro y balanza digital (Ohaus Scout Pro, Ohaus Traveler, USA), respectivamente.

#### *Diseño experimental*

Para evaluar el desempeño productivo de yaque (*L. marmoratus*), se realizó un ensayo de tipo experimental, aleatorio y efecto fijo, comparando el alimento comercial de tres niveles de Proteína Bruta (PB) como tratamientos, sembrados a una densidad de 1 pez/m<sup>2</sup> en estanques en tierra.

Los niveles de proteína de los concentrados comerciales fueron: 24 % (T1), 30 % (T2) y 34 % (T3). Se realizó el análisis proximal para las muestras tomadas al azar de los concentrados comerciales utilizados en el ensayo los cuales mostraron valores de materia seca entre 87.3 y 89.4 %, con proteína cruda PC de 31.0% (T1), 32.7 % (T2) y



de 36.9 % (T3). Por su parte, el extracto etéreo para los tres casos fue de 5,6; 4,1 y 3,8 %, respectivamente y los valores de cenizas entre 5,0 y 5,7 %.

Las unidades experimentales fueron conformadas por cada uno de los estanques donde, el tratamiento 1 contó con un n= 400 animales, T2 n=400 y para el T3 n=350, asignados de manera aleatoria, el número de peces dependió de la superficie de cada estanque para mantener la misma densidad de 1 pez/m<sup>2</sup>.

La tasa de alimentación para cada tratamiento fue ajustada de acuerdo con la biomasa, según la etapa de desarrollo de los peces, así: 5 % los primeros 30 días; 3,5 % (del día 30 a 60) y finalmente 2,5 % (del día 60 a 150). El ensayo tuvo una duración de 150 días. La mortalidad encontrada diariamente se registro en la medida que se presentó y en el momento del muestreo se restaba del total de animales sembrados en cada estanque, multiplicando la cantidad estimada de peces, por el peso promedio del muestreo para determinar la biomasa del estanque.

#### *Toma de muestras, mediciones y condición de alimentación.*

Las evaluaciones fueron realizadas durante 5 meses (150 días). Con una periodicidad de 30 días, tomando al azar el peso individual del 10 % de la población, para un total de 5 muestreos durante el ensayo. En cada muestreo se realizaron biometrías determinando variables como longitud total (cm), Longitud rostro cloacal (cm), ancho de la cabeza(cm) así como el peso total (g), utilizando ictiometro y balanza digital (Ohaus Scout Pro, Ohaus Traveler, USA), respectivamente.. La alimentación en cada tratamiento fue suministrada tres veces al día (7:00, 17:00 y 20:00 horas).

Durante todo el ensayo, cada 15 días, entre las 7:00 y 9:00 horas, se monitorearon las condiciones físico-químicas del agua. La variables a medir fueron tomadas a nivel superficial de la columna de agua, en el punto medio del estanque, como concentración de oxígeno disuelto OD (mg.L<sup>-1</sup>), temperatura del agua (°C), potencial hidrogeniónico (pH), conductividad eléctrica (μS.cm<sup>-1</sup>) y sólidos disueltos (TDS.mg L<sup>-1</sup>), utilizando una

sonda multiparamétrica YSI (YSI Professional plus, USA) y los niveles de Nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y Amonio ( $\text{NH}_4$ ) expresados en  $\text{mg.L}^{-1}$ . por medio de un *Kit* colorimétrico de aguas (Merck, Aquamerck Alemania). Las condiciones físicas y químicas determinadas en el ensayo se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Variables físicas y químicas del agua durante el ensayo en estanques en tierra durante un periodo de cinco meses. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar de la media (EEM) (n=12).

Nivel de Proteína (%)	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Conductividad ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	TSD ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Oxígeno Disuelto ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	pH	Nitritos ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
24	28,7 $\pm$ 0,6	60,1 $\pm$ 3,1	37,3 $\pm$ 2,5	5,1 $\pm$ 0,7	7,1 $\pm$ 0,4	Menor a 0.5
30	28,9 $\pm$ 0,5	58,2 $\pm$ 3,3	36,0 $\pm$ 2,2	5,7 $\pm$ 0,7	6,8 $\pm$ 0,4	
34	28,9 $\pm$ 0,6	63,1 $\pm$ 2,3	37,9 $\pm$ 1,6	4,9 $\pm$ 0,7	7,1 $\pm$ 0,4	

TDS: Sólidos Totales Disueltos, OD: Oxígeno Disuelto. Los niveles de Amonio ( $\text{NH}_4$ ) fueron de 0  $\text{mg.L}^{-1}$  durante el ensayo.

#### *Análisis de crecimiento y condición corporal.*

El desempeño de los peces fue medido por las siguientes variables:

- **Ganancia de peso GP (g)**= Peso final (g) - peso inicial (g)

- **Ganancia de longitud GL (cm)**= Longitud final (cm) – Longitud inicial (cm)

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

- **Tasa de crecimiento específica (TCE)**= {[Ln peso final)-Ln(peso inicial)]/ tiempo de cultivo}x 100.

- **Factor de crecimiento relativo (FCR)**= peso final (g) / longitud total final (cm)



- **Consumo de alimento individual CAI (g)**= consumo total de alimento/número total de animales.

- **Conversión alimenticia (CA)**= consumo de alimento (g)/ganancia de peso total (g)

- **Factor de condición (Kn)**= peso final (g) / longitud total (cm)<sup>b</sup>

En donde b= coeficiente relacionado con el tipo de crecimiento del pez. (3,1 (T1), 2,5 (T2) y 3,0 (T3)).

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

Adicionalmente fueron determinados los siguientes índices corporales, después del sacrificio del 10% de los peces obtenidos en la cosecha, los cuales fueron disectados, para determinar el peso de las vísceras (g), del hígado (g) y de la grasa visceral (g).

- **Índice viscerosomático (IVS)**= 100\* (Peso de vísceras/ Peso corporal)

- **Índice hepatosomático (IHS)**= 100\* (Peso de hígado /Peso corporal)

- **Índice de grasa visceral (IGV)**= 100\* (Peso de grasa en la vísceras /peso corporal).

#### *Evaluación de la composición proximal del músculo dorsal de yaque (*L. marmoratus*) y de las dietas evaluadas*

De cada tratamiento se tomó un *pool* de músculo dorsal de varios ejemplares (n=3) (400 g, aproximadamente), que fueron conservados a una temperatura de -20 °C para su posterior análisis en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Se determinaron variables como, proteína cruda (%), materia seca (%), cenizas (%) y extracto etéreo (%) de acuerdo a la AOAC (1996). De igual forma se analizaron estas

variables en los diferentes niveles de proteína de los concentrados comerciales utilizados.

Para determinar la composición proximal las muestras de filete y de concentrado comercial fueron transferidas al Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Como punto de comparación subjetiva, estos análisis fueron realizados en el músculo dorsal de 3 ejemplares de Yaque de tamaño similar (peso promedio final) a los del ensayo, capturados en el río Manacacías, a la altura del municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta.

#### *Análisis económico*

Se evaluó el desempeño económico sobre el rendimiento productivo de Yaque bajo los diferentes niveles de proteína bruta evaluados, de acuerdo a variables económicas como el rendimiento en Tn/ha, total de los costos de producción y el porcentaje de Beneficio Neto.

#### *Análisis estadístico*

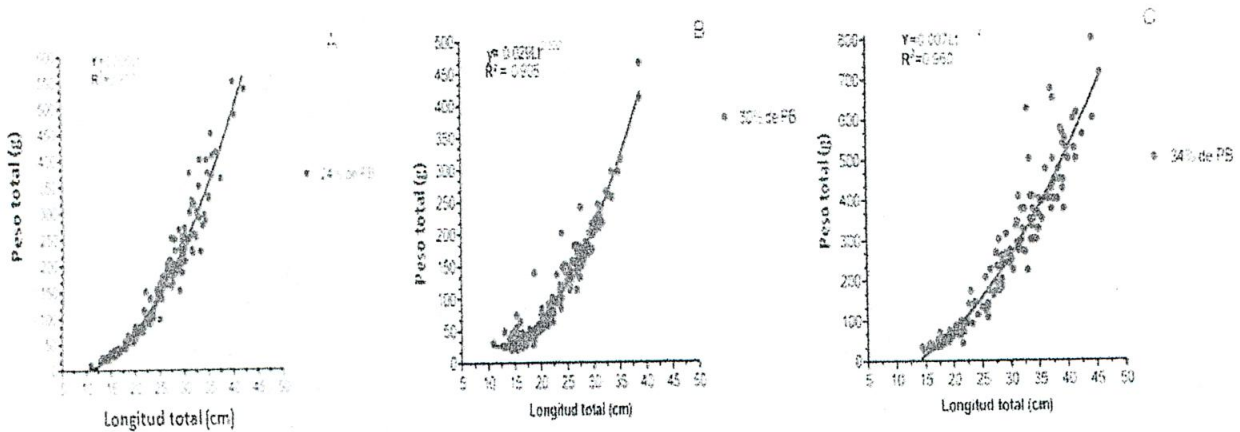
Inicialmente los datos fueron sometidos a estadística descriptiva. Los resultados son expresados como media  $\pm$  error estándar de la media (SEM). Para la evaluación del crecimiento se realizó un análisis de regresión ( $p < 0,05$ ) entre la longitud y el peso corporal. Para la evaluación del desempeño productivo de los alevinos los datos fueron analizados a través de análisis de varianza (ANOVA o prueba de Kruskal-Wallis (datos no paramétricos), seguido de la prueba de Tukey. En todos los casos,  $p < 0,05$  fue utilizado como criterio para considerar diferencias estadísticas significativas. Los procedimientos estadísticos fueron realizados empleando el software GraphPad InStat versión 3,06 para Windows.



## Resultados

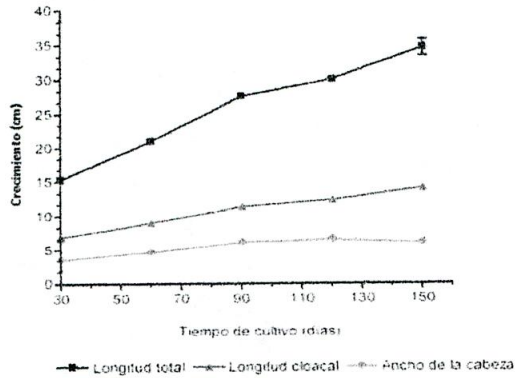
### *Análisis de crecimiento y condición corporal de alevinos de yaque*

Fue realizado un modelo de crecimiento para los tres tratamientos evaluados, observando una correlación entre las variables longitud y peso con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,97, para el T1. De igual forma, los tratamientos 2 y 3 mostraron una correlación positiva con valores de coeficiente de 0,90 y 0,96, respectivamente (Figura 1). Estos coeficientes reflejan la poca variación en el crecimiento y condición corporal existente durante el ensayo para los tres tratamientos evaluados.

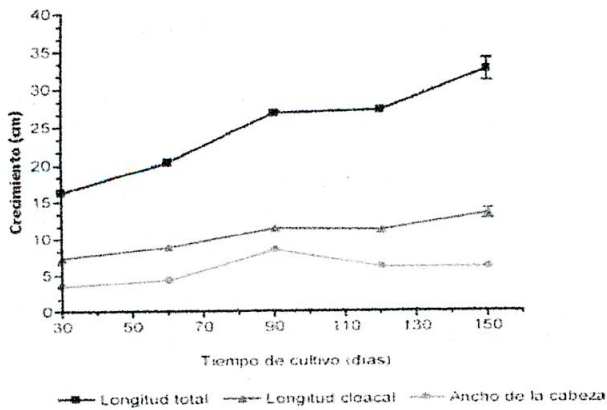


**Figura 1.** Modelo de crecimiento en longitud (cm) con relación al peso (g) de ejemplares de yaque (*Leirius marmoratus*), alimentados con diferentes niveles de proteína en la dieta. **A= 24 %** (n=194), **B= 30 %** (n=190), **C= 34 %** (n=189).

Los parámetros de crecimiento en relación con la longitud fueron mayores en animales alimentados con una inclusión de proteína del 34% de PB en la dieta comercial. Se observó una relación proporcional entre la longitud total y la longitud cloacal, esta última con un valor de  $16,5 \pm 0,84$  cm (Figura 6). En todos los casos el ancho de la cabeza no fue significativamente diferente ( $P > 0,05$ ), siendo en promedio de 6 cm (Figura 2, 3 y 4) a los 150 días de cultivo.

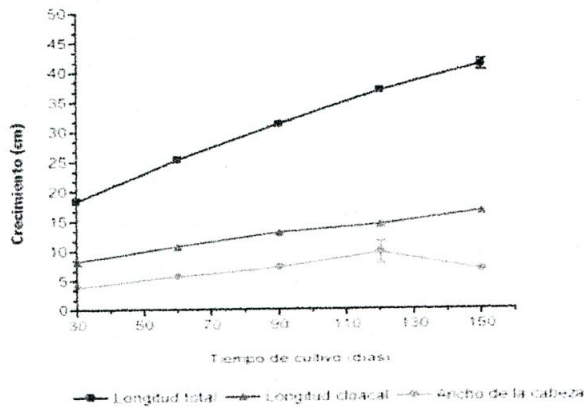


**Figura 2.** Variables de crecimiento (cm) de ejemplares de yaque (*Leirius marmoratus*) alimentados con una dieta del 24 % de proteína (n=194). Datos mostrados como promedio  $\pm$  error estándar de la media (EEM).



**Figura 3.** Variables de crecimiento (cm) de ejemplares de yaque (*Leirius marmoratus*) alimentados con una dieta del 30 % de proteína (n=190). Datos mostrados como promedio  $\pm$  error estándar de la media (EEM).





**Figura 4.** Variables de crecimiento (cm) de ejemplares de yaque (*Leirius marmoratus*) alimentados con una dieta del 34 % de proteína (n=189). Datos mostrados como promedio  $\pm$  error estándar de la media (EEM).

Se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el peso corporal al final de los 5 meses de cultivo, así como en la longitud total, entre los diferentes niveles de PB (Tabla 2), observándose el mayor peso en el T3 con un valor de  $492,9 \pm 12,5$  g y una longitud de  $41,2 \pm 0,9$  cm. El tratamiento que presentó la mayor ganancia de peso y talla fue el de ejemplares alimentados con 34% de PB ( $486,2 \pm 12,6$  g y  $37,5 \pm 0,9$  cm, respectivamente) y la menor se observó con ejemplares alimentados con 30 % PB (T2) ( $243,9 \pm 6,3$  g y  $28,9 \pm 1,6$  cm, respectivamente).

En cuanto a la Ganancia Diaria de Peso y Tasa de Crecimiento Especifico se observó diferencias significativas al comparar los tres tratamientos ( $P < 0,05$ ). Por su parte la mas baja conversión alimenticia fue para el T1 con un valor promedio de 3,75, mostrando diferencias significativas al ser comparada con los demás tratamientos ( $P < 0,05$ ). Sin embargo, el T3 presentó la sobrevivencia más baja con respecto a los demás tratamientos (25%).

**Tabla 2.** Variables del desempeño productivo de *L. marmoratus* alimentados con diferentes niveles de proteína bruta en la dieta. Datos mostrados como promedio  $\pm$  error estándar de la media (EEM).

PARAMETRO PRODUCTIVO	24% PB	30% PB	34% PB
Peso inicial (g)	6,6 $\pm$ 1,5	6,6 $\pm$ 1,5	6,6 $\pm$ 1,5
Peso final (g)	343,7 $\pm$ 6,7 <sup>b</sup>	250,6 $\pm$ 6,3 <sup>a</sup>	492,9 $\pm$ 12,5 <sup>c</sup>
Ganancia en peso GP (g)	328,1 $\pm$ 6,7 <sup>b</sup>	244 $\pm$ 6,3 <sup>a</sup>	486,3 $\pm$ 12,5 <sup>c</sup>
Ganancia Diaria en peso GDP (g)	2,2 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	1,5 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	3,1 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>
Biomasa final (Kg)	56,37	32,08	43,38
Biomasa Ton/Ha	1,41	0,80	1,24
N inicio	400	400	350
N final	164	128	88
Consumo total (Kg)	207,52	163,05	301,87
Kg. Alim/Ha	5.188,13	4.076,25	8.596,43
Consumo alimenticio individual (Kg)	1.265,40	1.273,83	3.419,03
Conversión Alimenticia CA	3,75 <sup>a</sup>	5,22 <sup>b</sup>	7,03 <sup>c</sup>
Longitud inicial (cm)	3,5 $\pm$ 2,9	3,5 $\pm$ 2,9	3,5 $\pm$ 2,9
Longitud final (cm)	34,6 $\pm$ 1,1 <sup>b</sup>	32,5 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>	41,2 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>
Longitud cloacal (cm)	14,05 $\pm$ 0,47	13,39 $\pm$ 0,69	16,53 $\pm$ 0,54
Ancho de la cabeza (cm)	6,0 $\pm$ 0,1	6,1 $\pm$ 0,2	6,6 $\pm$ 0,0
Tasa de crecimiento específico (%)	2,0 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	1,9 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	2,1 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>
Ganancia en longitud GL (cm)	31,1 $\pm$ 1,1 <sup>b</sup>	29 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>	37,7 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>
Factor de condición (Kn)	0,005 $\pm$ 0,0 <sup>ab</sup>	0,04 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	0,007 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>
Factor de crecimiento relativo	9,9 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	7,7 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	11,9 $\pm$ 0,3 <sup>c</sup>
Area de estanques m2	400	400	350
Sobrevivencia (%)	41	32	25

a,b,c entre columnas, valores con letras diferentes son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ). N= número de animales.

Los índices corporales calculados al final del ensayo se muestran en la Tabla 3, sin diferencias significativas para estas variables entre los tres niveles de proteína evaluados. Cabe anotar que la presencia de material graso adherido a las vísceras fue muy bajo con un promedio de 0,21 % sin mostrar diferencias significativas.



**Tabla 3.** Índices corporales de yaque (*L. marmoratus*) sometidos a diferentes niveles de proteína bruta en la dieta. Datos mostrados como promedio  $\pm$  error estándar de la media (EEM). ( $P>0,05$ )

Índices corporales	Niveles de proteína (%)		
	24	30	34
Índice Viscerosomático (IVS %)	7,6 $\pm$ 0,5	8,6 $\pm$ 0,4	7,8 $\pm$ 0,5
Índice Hepatosomático (IHS %)	1,7 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,0	1,9 $\pm$ 0,1
Índice de Grasa Visceral (IGV %)	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0

*Composición proximal músculo dorsal de Yaque en los tres tipos de concentrado comercial.*

Las variables de la composición proximal del músculo dorsal de animales sometidos a los diferentes niveles de proteína no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $P>0,05$ ). La materia seca mostró valores uniformes para los tres tratamientos. Por su parte, el mayor porcentaje de proteína cruda en el músculo, fue observado en el T3 con un valor de 72,4 $\pm$ 1,8 %, sin mostrar diferencia estadística entre los tratamientos. La muestra de músculo del ejemplar del medio natural presentó valores similares a los observados en los animales cultivados (Tabla 4).

**Tabla 4.** Composición proximal de músculo dorsal de ejemplares de yaque (*L. marmoratus*) alimentados con diferentes niveles de proteína y de ejemplares capturados del ambiente natural. Datos mostrados como media  $\pm$  error estándar de la media (EEM). ( $P>0,05$ ).

Composición proximal	Niveles de proteína (%)			Muestra medio natural
	24	30	34	
Materia seca (MS %)	23,53 $\pm$ 0,63	23,63 $\pm$ 0,52	23,3 $\pm$ 0,67	23,3 $\pm$ 0,67
Proteína Cruda (PC%)	71 $\pm$ 0,91	59,66 $\pm$ 11,61	72,4 $\pm$ 1,82	69,2 $\pm$ 17,38
Extracto Etéreo (%)	23,53 $\pm$ 0,49	19,63 $\pm$ 2,41	22,16 $\pm$ 1,0	11,53 $\pm$ 4,7
Cenizas (%)	5 $\pm$ 0,15	5 $\pm$ 0,15	5 $\pm$ 0,14	5,7 $\pm$ 4,58

## Análisis económico

El análisis económico tuvo como base la cantidad de alimento suministrado, el número final de peces utilizados y la biomasa cosechada. La Tabla 5, muestra como los mayores rendimientos (1.41 y 1,24 toneladas/ha) se obtuvieron en los tratamientos en donde se utilizó 24 % y 34 % de proteína bruta (PB), donde el tratamiento con 24 % de PB fue el que ofreció un porcentaje de beneficio neto (24%). Es importante destacar que en este ensayo se presentaron porcentajes de sobrevivencia muy bajos debido probablemente al uso de alevinos muy pequeños y a la presencia de predadores en la zona (babillas, nutrias y aves rapaces), lo cual pudo afectar esta variable en los tres tratamientos.

**Tabla 5.** Información económica para *L. marmoratus* alimentados con concentrados comerciales de tres niveles de proteína bruta en estanques de tierra durante cinco meses.

Variables económicas	Nivel de Proteína (%)		
	24	30	34
Densidad de siembra (peces.m <sup>2</sup> )	1	1	1
Peces cosechados	4100	3200	2500
Porcentaje de Sobrevivencia	41%	32%	25%
Rendimiento (Tn/ha)	1,41	0,8	1,24
Concentrado Usado (Tn/ha)	5,18	4,07	8,59
Alevinos Usados (numero /ha)	10.000	10.000	10.000
Costo de Alevino /ha(\$500/unidad)	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Costo Ton. del concentrado	\$ 1.230.000	\$ 1.400.000	\$ 1.700.000
Costo total del alimento usado	\$ 6.371.400	\$ 5.698.000	\$ 14.603.000
Total costos	\$ 11.371.400	\$ 10.698.000	\$ 19.603.000
Valor de Cosecha (\$10.000.000/Ton) *	\$ 14.100.000	\$ 8.000.000	\$ 12.400.000
Beneficio Neto	\$ 2.728.600	(\$ 2.698.000)	(\$ 7.203.000)
Porcentaje Beneficio Neto %	24%	-25%	-37%

\*Precios Sipsa Nov/2009



## Discusión

Las variables de calidad del agua en condiciones naturales del hábitat del Yaque (*Leiarius marmoratus*), según Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez (1997), son pH entre 5,8 – 7,2 y una temperatura promedio de 24 a 26 °C. Recientemente, Cruz-Casallas et al. (2010), para la misma especie bajo condiciones de cultivo comercial, observaron valores de temperatura cercanos a lo reportado en este estudio ( $27,2 \pm 1,2$  °C), mientras que valores de conductividad y oxígeno fueron menores ( $41 \pm 11,2$   $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  y  $2,9 \pm 1,9$   $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), este último valor puede afectar el rendimiento del cultivo, al considerar que es la disponibilidad de oxígeno el 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, variables de temperatura y oxígeno disuelto influyen sobre consecución del alimento y la tasa metabólica de energía (Brett, 1979; Bhikajee y Gobin, 1998).

De esta manera se puede inferir que las bajas sobrevivencias no son atribuibles a condiciones de calidad de agua, sino a factores externos como depredación. Al comparar con otros siluriformes estos valores se encuentran dentro de los rangos de producción para otras especies como *Clarias gariepinus* con una temperatura promedio de  $27.5 \pm 1.1$  °C (Fagbenro y Jauncey, 1994) y *Pangasius hypophthalmus* los cuales se han cultivado a temperatura del agua, pH y Oxígeno disuelto de 26 a 29 °C, 5,4 a 7 y 4,7 – 6,8  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , respectivamente (Asdari et al., 2011).

De acuerdo con lo observado en el modelo de crecimiento, el coeficiente de determinación, en los tres tratamientos expresó una alta correlación positiva entre las variables de peso y longitud corporal (Giraldo y Rodríguez, 1997). Sin embargo, los tratamientos presentaron desempeños diferentes donde el T1 y T3 presentaron los más altos valores de correlación durante el transcurso del cultivo (0,97 y 0,96, respectivamente). Estos valores son muy similares a los reportado por Cruz-Cazallas, (2010) en ensayos realizados en estanques a nivel comercial para la misma especie, evaluando diferentes densidades de siembra.

En concordancia con Sánchez *et al.* (2006) en la evaluación productiva de los peces, uno de los parámetros es la evaluación del bienestar corporal mediante el factor de condición (Kn). Para este estudio los valores fueron inferiores a 1, siendo el T1 con el menor valor (0,005), seguido por el T3 con un valor de 0,007, el cual presentó la menor sobrevivencia. Esto probablemente por disturbios en el ambiente como la presencia de depredadores, inadecuado para las condiciones de cultivo de la especie.

Al observar los valores de la ganancia de peso, el mayor valor fue para el T3 con una inclusión de proteína del 34 %. Al comparar estos valores en otras especies como el bagre del canal (*Ictalurus punctatus*) y el bagre azul (*Ictalurus furcatus*) durante un periodo de cultivo de 277 días en estanques en tierra, inclusión de proteína entre 32% y 45 % y densidad de 1,3 animales/m<sup>2</sup>, la ganancia en peso fue de 232±33 g y 231±8 g (Jiang *et al.*, 2008), siendo menor a lo reportado en este estudio.

El nivel óptimo de proteína puede ser definido de acuerdo con la tasa de alimentación, suplemento diario de la proteína y el contenido de energía en la dieta. En un intento por comparar las tasas de crecimiento en diferentes especies, una dieta adecuada se debe definir para cada especie, donde es importante conocer al menos sus necesidades para una óptima de ingesta de proteínas de la dieta y la relación de la energía con la proteína (Hung *et al.*, 2004). Los niveles de proteína en la dieta tienen diferentes efectos con la ganancia en peso, producción neta y el factor de conversión alimenticia, indicado en el bagre azul (*I. furcatus*), la presencia de interacciones significativas entre el nivel de proteína y esta especie (Li *et al.*, 2008) siendo observado en el presente estudio donde los niveles más altos de proteína mostraron las mayores ganancias tanto en peso como en longitud. Viveen *et al.* (1984) reportaron que el crecimiento del bagre africano (*Clarias gariepinus*) en tanques, requiere de 24-28 semanas para alcanzar un tamaño de 300-500 g, mientras que en yaque para alcanzar un peso promedio de 492 g solo requiere 21 semanas de cultivo.

Según, Robinson y Li, (1997), para la alimentación de bagres como *Ictalurus punctatus*, comercialmente se usa un nivel de 32 % de proteína, siendo un 26 % suficiente en



peces alimentados a saciedad. Nivel proteico próximo a lo reportado por Mora et al. (2009) en alevinos de yaque. El tratamiento tres (34%), produjo valores de peso mayor en comparación con los otros tratamientos. Este efecto se ha señalado para el bagre *baung putih* (*Mystus nemurus*), encontrándose un incremento del crecimiento con piensos de proteína dietaria creciente desde 20 hasta 41 % PC, mientras que con 47 y 53 % PC el crecimiento se afectó negativamente, por lo cual se estableció un nivel óptimo de 44% PB (Ng et al., 2001).

Por otro lado, el pez no gasta energía en el mantenimiento de la temperatura corporal, tampoco en la síntesis y concentración de productos terminales no tóxicos del metabolismo proteico (urea, ácido úrico). Además, los peces muestran poca habilidad para adaptarse a nivel metabólico a cambios importantes en el nivel de proteína dietaria. Las actividades de las enzimas que desaminan los aminoácidos esenciales permanecen sin modificarse cuando la proteína dietaria es reducida de un nivel alto a uno bajo (Cowey y Walton, 1989).

En estudios recientes, los valores de IVS, IHS y IGV bajo condiciones de cultivo comercial, a densidad de 1 animal.m<sup>2</sup> y un nivel de proteína del 30% fueron determinados en la misma especie con promedios de 7,5; 2,03 y 0.16, respectivamente (Cruz-Casallas et al., 2010); los cuales, comparados con los resultados de este estudio fueron muy cercanos, confirmando lo reportado por el mismo autor de la no presencia de condición alguna de madurez sexual, siendo muy cercano entre los tratamientos evaluados.

En el presente estudio los niveles de proteína en la dieta, incrementó linealmente los niveles de proteína en el músculo de los ejemplares sometidos al estudio. Estos resultados fueron también observados en especies de bagres como el bagre de canal *Ictalurus punctatus* (Li et al., 2006, 2008). Sin embargo, en el bagre azul *I. furcatus* la relación no fue lineal entre la proteína de la dieta y del filete (Li et al., 2008), debido probablemente a la baja palatabilidad del alimento. Para tener una relación más cercana al medio natural del yaque, la muestra de músculo de animales del río mostró



un porcentaje de proteína de  $69,2 \pm 17,3$ , inferior a lo determinado en ejemplares sometidos a un nivel de inclusión de proteína del 24 y 34 % de PB.

Bajo las condiciones del ensayo, el mejor rendimiento económico en porcentaje de beneficio neto se observó en el T1, a pesar de tener el peso final más bajo, pero la supervivencia más alta. Sin embargo se debe tener en cuenta que debido a la baja supervivencia de T2 y T3, tuvieron porcentajes de beneficios negativos.

Bajo comparativos con otra especie de bagre en Brasil Liranco, *et al* (2011) con *Pseudoplatystoma corruscans*, bajo cultivo semintensivo a densidad de 1 pez/m<sup>2</sup> los valores del Factor de Conversión Alimenticia FCA son mayores (3,09 a 4,15) alimentados con un nivel de de proteína en la dieta de 40 %, a lo reportado en este estudio, CA (3,75) para el T1 demostrando la eficiencia del Yaque de la utilización del alimento de mas bajo tenor de proteína (24%) para convertirlo en masa corporal bajo estas condiciones de cultivo.

Basado a estos resultados el yaque asimiló eficientemente la dieta comercial suministrada durante el cultivo, utilizada para su crecimiento. Siendo posible su cultivo en estanque, donde se puede ver afectado el rendimiento por los costos de producción, basado y de acuerdo a lo obtenido esta especie requiere de niveles de proteína relativamente bajos y a las técnicas de obtención de producción de semilla. Bajo lo expuesto por Zonneveld y Fadholi (1991) uno de los parámetros de rendimiento es el tamaño de preferencia del mercado y por su precio alcanzado.

### **Agradecimientos**

El autor agradece al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural–proyecto No. 015-03/06 CIAT-U Universidad de los Llanos, al Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana IIOC por su apoyo financiero y al Instituto de Acuicultura de la Universidad



de los Llanos, así como al Centro de Acuicultura del Ariari CENAR por el apoyo logístico.

A las estaciones piscícolas que han creído en el potencial de la especie, como Estación Piscícola las Brisas, Aquapeces Ltda., Aqüicultura Primavera, Langostinos del Llano, Piscícola Agualinda y la Estación Piscícola la Terraza de la Universidad Nacional de Colombia.

A los pescadores de los ríos Meta y Manacacías que realizaron las pescas delicadas y pacientes de los reproductores de yaque utilizados.

### **Referencias Bibliográficas**

AOAC (Association of Official Analytical Chemists)., 1990. Official Methods of Analysis. AOAC. Arlington, USA.

Arias, J.A., 2002. Biología reproductiva del yamú *Brycon siebenthalae* (PISCES: CHARACIDAE) bajo condiciones de cautiverio. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle. Cali. Colombia. pp.117.

Asdari, R., Aliyu-Paiko, M., Hashim, R., Ramachandran, S., 2011. Effects of different dietary lipid sources in the diet for *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) juvenile on growth performance, nutrient utilization, body indices and muscle and liver fatty acid composition. *Aquaculture Nutrition* 17, 44-53.

Bhikajee, M., Gobin, P., 1998. Effect of temperature on the feeding rate and growth of a red tilapia hybrid. *Tilapia Aquaculture. Proceedings from the 4th International Symposium on Tilapia Aquaculture, Vol. 1, pp. 131–140.*

Brett, J.R., 1979. Environmental factors and growth. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R., Eds., Fish Physiology, VIII. Academic Press, London, pp. 599–667.

Coelho, S.R., 2005. Produção intensiva de surubins híbridos em gaiolas: estudos de caso. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, Brasil. 83 p.

Cowey, C.B., Walton, M.J., 1989. Intermediary metabolism. In: J.E. Halver (Editor), Fish Nutrition, second edition. New York, Academic Press. 259-329 pp.

Cruz-Casallas, N.E., Marciales-Caro, L.J., Díaz-Olarte, J.J., Murillo-Pacheco, R., Medina-Robles, V.M., Cruz-Casallas, P.E., 2010. Desempeño productivo del yaque (*Leiarius marmoratus* Gill, 1870) bajo diferentes densidades de siembra en estanques en tierra. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 23, 325-335

De la Higuera, M., 1987. Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. 53-98. En: CAICYT. Nutrición en Acuicultura II. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. Madrid, España. 318 pp.

Escobar, L., Mojica, H.O., 1997. Ensayos preliminares de reproducción inducida del yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Pisces: Siluriformes: Pimelodiade) en la Orinoquía Colombiana. Bol. Cien. INPA. 5, 9-26.

Espinal, G.C., Martínez, C.H., González, R.F., 2005. La cadena de la piscicultura en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica, 1991-2005. Documento de Trabajo No. 72. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agrocadenas Colombia. 41p.

Fagbenro, O., Jauncey, K., Haylor, G., 1994. Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. Aquaculture Living Resour 7: 79-85.



Giraldo, R., Rodríguez D.J., 1997. Métodos estadísticos aplicados a la investigación biológica. Manual del curso de capacitación efectuado en Santa Marta del 8 al 13 de mayo de 1995. Santa Marta, Colombia. 57p.

Jiang, M., Daniels, W.H., Pine, H.J., Chappell, J.A., 2008. Production and processing trait comparisons of channel catfish, blue catfish, and their hybrids grown in earthen ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 39: 736-745.

Jomori, R.K., Carneiro, D.J., Malheiros, E.B., Portella, M.C., 2003. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. *Aquaculture* 221: 277-287.

Jover, M., 2000. Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. *Revista AquaTIC*, 9. URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/html/art906/Desechos.htm>.

Kossowski, C., 1986. Observaciones preliminares sobre reproducción inducida y ontogénesis temprana del bagre negro, *Leiarius marmoratus* (Piscis, Siluriformes). Memorias 26ma Convención Anual AsoVAC. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

Kossowski, C., 1996. Perspective de L'élevage des poissons-chats (Siluroidei) en Amérique du Sud. *Aquatic Living Resour, Hors Série*: 189-95.

Li, M.H., Robinson, E.H., Oberle, D.F., Bosworth, B.G., 2006. Effects of dietary protein concentration and feeding regimen on channel catfish, *Ictalurus punctatus*, production. *Journal of the World Aquaculture Society* 37, 370-377.

Li, M.H., Robinson, E.H., Tucker C.S., Oberle, D.F., 2008. Comparison of channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, and Blue Catfish, *Ictalurus furcatus*, Fed Diets Containing

Various Levels of Protein in Production Ponds. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 39, No. 5 October.

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

Liranco, Andressa Daniela de Sousa; Romagosa, Elizabeth and Scorvo-Filho, João Donato. Desempenho produtivo de *Pseudoplatystoma corruscans* estocados em sistemas de criação: semi-intensivo (viveiro escavado) e intensivo (tanque-rede). *Cienc. Rural* [online]. 2011, vol.41, n.3 [cited 2011-10-09], pp. 524-530 .

Lovell, T., 1989. Practical feeding channel catfish. En Lovell T. (Ed.) Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold. New York, USA. pp. 145-162.

Luna-Figueroa, J., Figueroa, T.J., Soriano S.M.B., 2001. Efecto de diferentes niveles de proteína de la dieta sobre el crecimiento de juveniles del pez neón *Paracheirodon innesi* (Pisces:Characidae). *Uniciencia* 18, 15:20.

Mambrini, M., Guillaume, J., 2001. Protein nutrition. 81-109 pp. En: Guillaume, J., S. Kaushik, P. Bergot, R. Métailler. Nutrition and feeding on fish and crustaceans. Springer and praxis publishing, Chichester UK. 408 pp.

Medina-Robles, V.M., Mira-Lopez, T., Ramirez-Merlano, J.A., Otero-Paternina, A.M., Zapata-Berruecos, B., Cruz-Casallas, P.E., 2008. 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. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 21, 515.

Mira, T., Murillo, R., Ramirez-Merlano, J., Otero, A., Berruecos, B., Medina, V., Cruz-Casallas, P., 2008. 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. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 21, 517.

Mora, J.A., 2003. Avances y perspectivas de la producción comercial de bagres en Venezuela. El Acuicultor 5, 9-14.

Mora, J.A, Kossowski. C., 2006. 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.

Mora-Sánchez, J.A., Moyetones, F., Jover, M.C., 2009. Influencia del contenido proteico en el crecimiento de alevines de bagre yaque, *Leiarius marmoratus*, alimentados con concentrados comerciales. Zootecnia Tropical 27(2), 187-194.

Ng, W.K., Soon, S.C., Hashim, R., 2001. The dietary protein requirement of a bagrid catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes), determined using semipurified diets of varying protein level. Aquaculture Nutrition 7, 45-51.

Ramírez-Gil, H., Ajiaco-Martínez, R., 1997. 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 5: 75-87.

Ramirez-Merlano, J.A., Otero-Paternina, A.M., Corredor-Santamaría, W., Medina-Robles, V.M., Cruz-Casallas, P.E., Velasco-Santamaría, Y.M., 2010. Utilización de organismos vivos como primera alimentación de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) bajo condiciones de laboratorio. Orinoquia 14(1): 45-58.

Robinson, E.H., Li, M.H., 1998. Low protein diets for channel *Ictalurus punctatus* raised in earthen ponds at high density. *Journal of the World Aquaculture Society* 28: 224-229.

Sánchez, S., Ortiz, J.C., González, A.O., Borelli, M.A., Roux, J.P., 2006. 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.

Viveen, W., Richter, C., Van Oordt, J., Janssen, J., Huisman, E., 1984. Practical Manual for the Culture of the African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell 1822). The Netherlands Ministry for Development Cooperation, The Hague, The Netherlands.

Zapata-Berruecos, B.E., Ramirez-Merlano, J.A., Otero-Paternina, A., Medina-Robles, V.M., Velasco-Santamaría, Y., Cruz-Casallas., 2008. Descripción preliminar del desarrollo embrionario de yaque (*Leiarius marmoratus*). En: Memoria. IV Congreso Colombiano de Acuicultura. Universidad de Antioquia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 21: 455-522.

Zonneveld, N., Fadholi, R., 1992. Feed intake and growth of red tilapia at different stocking densities in ponds in Indonesia. *Aquaculture* 1991, 83-94.



## CONCLUSIONES GENERALES

- El porcentaje de inclusión de diferentes niveles de proteína bruta (PB) en las dietas comerciales del yaque, mostró efectos significativos sobre el desarrollo corporal de la especie; obteniéndose los mayores índices productivos como ganancia en peso y longitud, ganancia diaria y tasa de crecimiento con un nivel de proteína del 34 %.
- La sobrevivencia fue uno de los parámetros productivos más afectados en el estudio y se debe investigar, la forma de lograr mejorar las condiciones de cultivo, quizá utilizando tallas homogéneas de alevinos, mayor recambio o aireación del agua y el control de depredadores.
- El cultivo del yaque bajo las condiciones del estudio realizado muestra una alternativa de producción en estanques en tierra, pero debe conocerse más a fondo la biología de la especie en términos de alimentación y nutrición, para determinar las prácticas de alimentación más adecuadas, así como la densidad de siembra y los parámetros físico y químicos más apropiados, además de evaluar y formular dietas apropiadas a la especie.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con los procesos de investigación en la especie, debido a que se muestra como una alternativa viable para su cultivo en estanques, constituyéndose en una alternativa para diversificar la piscicultura colombiana.

Se propone investigar en aspectos como:

- Manejo de primera alimentación y suministro de alimento vivo nativo.
- Inducción o entrenamiento de postlarvas en el cambio de alimento vivo a dietas húmedas y dietas secas completas.
- Evaluación de los requerimientos nutricionales en las diferentes etapas de desarrollo de la especie.
- Condiciones apropiadas de calidad de agua.
- Cultivo en sistemas intensivos, tales como jaulas flotantes.
- Elaborar y evaluar diferentes alternativas de alimentación con materias primas vegetales cultivadas en la zona.

Una de las claves de la rentabilidad de un cultivo intensivo es conocer las necesidades nutritivas y energéticas de la especie para una correcta administración del alimento y registrar parámetros productivos de interés para el productor piscícola.