

EVALUACIÓN DE SISTEMA CERRADO DE RECIRCULACIÓN PARA EL LEVANTE DE BAGRE TIGRITO (*Pimelodus pictus*)

Fecha de recepción: 12 de febrero de 2012 • Fecha de aceptación: 24 de abril de 2012

EVALUATION OF A CLOSED RECIRCULATION SYSTEM FOR PICTUS CAT (*Pimelodus pictus*)

Ana María Mondragón Romero B.Sc.¹ • Ana Torres Mesa B.Sc.¹ • Liliana Cifuentes Torres B.Sc.¹
Daniel Becerra² • Hernán Hurtado Giraldo Ph.D.^{1,3} • Edwin Gómez Ramírez M.Sc.^{1,3}

RESUMEN

El presente estudio evaluó el levante de bagre tigrilo (*Pimelodus pictus*) en sistemas de recirculación de agua. Los ensayos se realizaron en las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, en el Laboratorio de Fisiología Animal. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua (amonio, nitrito, nitrato, pH, dureza general, dureza de carbonatos y temperatura) y los parámetros productivos (ganancia de peso, tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento relativo, factor de condición, factor de conversión alimenticia, tasa de eficiencia protéica). Los resultados obtenidos (de un peso inicial de $1,18 \pm 0,32$ g llegaron a $6,23 \pm 0,77$ g, de una longitud total inicial de $4,97 \pm 0,51$ llegaron a $10,32 \pm 0,70$) indican que estos parámetros se mantuvieron dentro de los valores aceptables reportados para el cultivo de estos peces. Se obtuvo un porcentaje de supervivencia del 96-98% para *Pimelodus pictus*, acompañado de un crecimiento similar o más elevado que el reportado en otros trabajos. De acuerdo con los resultados obtenidos el modelo de crecimiento para *P. pictus* concuerda mejor con el modelo exponencial en estos diseños de sistemas cerrados de recirculación (SCR).

Palabras clave: Bagre tigrilo, sistemas de recirculación cerrados, levante, sostenibilidad, cultivo intensivo.

- 1 Grupo de Ictiología, Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia
- 2 Estudiante programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia
- 3 Autores para correspondencia: hernan.hurtado@unimilitar.edu.co, edwin.gomez@unimilitar.edu.co

ABSTRACT

The initial rearing of Pictus catfish (*Pimelodus pictus*) in recirculatory aquaculture systems (RAS) is reported in this work. All trials were made at the Animal Physiology Laboratory, Nueva Granada Military University. Water physicochemical parameters (ammonia, nitrite, nitrate, general hardness, carbonate hardness, temperature, pH) and fish productivity parameters (weight increase, absolute growth rate, relative growth rate, condition factor, food conversion factor, proteic efficiency rate) were obtained. Results (from an initial weight of $1,18 \pm 0,32$ g to $6,23 \pm 0,77$ g, from an initial total length of $4,97 \pm 0,51$ to $10,32 \pm 0,70$ did show that both water parameters and fish productivity were kept within accepted values for this species in culture. Survival was about 96-98% for *P. pictus*. Exponential growth of *P. pictus* was observed in these RAS designs.

Key words: Pictus catfish, closed recirculatory systems, rearing, sustainability, intensive culture.

INTRODUCCIÓN

Uno de los sistemas de cultivo más difundidos en acuicultura se basa en la utilización de estanques en tierra de diversos tamaños, con densidades de siembra de 1 a 2 peces por m^2 y entre 6000 y 9000 m^3 de agua por tonelada de peces producida (Flimlin *et al.*, 2008; Bocek, 2011). Estos estanques presentan algunas desventajas como problemas de escasez de agua en estaciones secas, pérdidas de ésta por infiltración, mayor área requerida, cantidades elevadas de desechos y de heces que pueden generar alto impacto ambiental en los efluentes (Akifumi y Kubitza, 2003).

Debido a los problemas mencionados anteriormente para los cultivos tradicionales, se genera en la acuicultura la necesidad de disminuir el uso de agua y la contaminación de las fuentes de agua. Los Sistemas Cerrados de Recirculación (SCR) se presentan como una alternativa para optimizar los cultivos, con un mejor control de los parámetros físico-químicos y de las variables de producción (alimentación, desarrollo y crecimiento de las especies), incrementando las densidades de siembra y empleando menor

cantidad de recurso hídrico, si se compara con los sistemas de acuicultura tradicionales (Salazar, 2002; Timmons y Ebeling, 2007).

Sistemas Cerrados de Recirculación (SCR)

Los sistemas cerrados de recirculación hacen parte de las prácticas tecnológicas de producción con mayor futuro (Rackoy *et al.*, 2006). Básicamente se componen de los siguientes elementos tanques de cultivo, decantadores, filtros mecánicos, biofiltros, sistemas de aireación u oxigenación y sistemas de bombeo (drenaje y retorno); permitiendo crear un ambiente controlado que optimiza el crecimiento de las especies cultivadas (Helfrich y Libey, 2000). En este tipo de sistemas de cultivo la adición de agua se realiza únicamente con la finalidad de compensar las pérdidas por salpicaduras (limpieza o mantenimiento), evaporación o para corregir parámetros físicoquímicos (Helfrich y Libey, 2000; Rackoy *et al.*, 2006; Feliú y Zapata, 2009). El adecuado desempeño de los SCR depende de varios factores, entre los que

se destacan: el crecimiento de los organismos a cultivar, la adición de los nutrientes en el alimento para lograr el adecuado desarrollo y supervivencia de los organismos, así como el manejo del nitrógeno en forma de amonio total (TAN), los demás compuestos nitrogenados (nitritos y nitratos), la demanda biológica de oxígeno (DBO), los sólidos suspendidos totales (SST), temperatura del agua y el dióxido de carbono (Rackoy *et al.*, 2006).

El adecuado funcionamiento del SCR depend del suministro de agua de buena calidad, del desempeño de los diferentes componentes, manejo técnico y tecnológico y de la adecuada filtración para la purificación y limpieza de productos de desecho (Helfrich y Libey, 2000; Feliú y Zapata, 2009). El volumen de agua a emplear en un SCR depende de diversos factores como la especie a cultivar, la densidad del cultivo, las prácticas de manejo y los parámetros de calidad biológicos, químicos y físicos del agua (Dvorak, 2009; Timmons y Ebeling, 2007). Este volumen debe ser calculado teniendo en cuenta el recambio total del sistema y el grado de reutilización (Hutchinson *et al.*, 2004; Galli *et al.*, 2007). Los principales productos de excreción que ejercen un efecto negativo sobre la calidad del agua son: amonio, nitrito, nitrato, dióxido de carbono (CO²), materias fecales y otros provenientes del metabolismo de los organismos presentes en el sistema, además de los residuos de alimento (Hutchinson *et al.*, 2004; Galli *et al.*, 2007). La materia orgánica (heces) degradada consume oxígeno disuelto, disminuye el pH, aumenta la turbidez y produce una cantidad apreciable de amonio, nitrito y nitrato (Hutchinson *et al.*, 2004; Galli *et al.*, 2007).

A pesar de ser más complejos en su manejo, los SCR ofrecen importantes de ventajas, si se comparan con los demás sistemas de acuicultura convencionales, los cuales incluyen métodos para maximizar la producción (control de las condiciones ambientales, control eficiente en los procesos de cultivo y cosecha, facilidad de reacción en caso de enfermedades,

entre otras) con un manejo eficiente de un suministro limitado de recurso hídrico y de terreno (Helfrich y Libey, 2000; Hutchinson *et al.*, 2004; Krause *et al.*, 2006). Estos sistemas acuícolas, permiten utilizar diferentes densidades de siembra en el cultivo de especies de consumo, peces ornamentales nativos o introducidos, incubadoras de eclosión y alevinos o almacenamiento de alimento vivo, facilitando la ubicación cercana o al interior de los centros de consumo, proporcionando por ende, cosechas de óptima calidad para la venta (Helfrich y Libey, 2000; Hutchinson *et al.*, 2004; Krause *et al.*, 2006).

Bagre Trigrito (*Pimelodus pictus*), (Steindachner, 1876).

La especie *P. pictus* se distribuye en los ríos Meta y Guaviare de la cuenca del Orinoco, y en el río Caquetá de la cuenca del Amazonas; se concentra alrededor de esteros y arroyos, de aguas claras. Presenta una piel desnuda, sin placas o escudos, alcanzando longitudes totales de hasta 15 cm. Boca subterminal con dientes dispuestos en una banda en cada mandíbula, mostrando dos grupos en la mandíbula superior. Barbicelos largos y cilíndricos, maxilares que se extienden hasta la base de la aleta caudal. La base de la aleta adiposa es más larga que la base de la aleta anal. La aleta caudal se encuentra furcada con bandas negras y las aletas anal, pélvica y pectoral son incoloras, presentando esta última un leve teñido negruzco (Olaya *et al.*, 2007).

P. pictus, es un pez reofílico que se desarrolla en ambientes acuáticos laterales pertenecientes a los grandes ríos de la cuenca Amazónica y del Orinoco, donde alcanzan su estado adulto y madurez sexual, momento en el cual migran en el río por decenas de kilómetros formando cardúmenes para desovar (Senhorini y Landines, 2005). Su reproducción se produce cuando las aguas comienzan a subir, en un medio que experimenta cambios periódicos de luz,

temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, lluvias, disponibilidad de alimentos, entre otras que influyen de manera determinante en la maduración gonadal y en el éxito reproductivo (Senhorini y Landines, 2005).

Importancia comercial de *P. pictus* en Colombia

En términos generales, en Colombia a pesar de la diversidad de especies comercializadas, el cultivo de especies ornamentales nativas es poco desarrollado, razón por la cual el comercio de estos peces se basa fundamentalmente en especies extraídas del hábitat natural. El número de organismos capturados en los últimos cuatro años es de 20 a 25 millones, con un porcentaje de comercialización en los ríos Orinoco (88%) y Amazonas (10%), del total de especies comercializadas en el país (Biocomercio Sostenible, 2002; Panne y Luchini, 2008). Para el caso de *P. pictus*, esta especie fue incluida por primera vez en el año de 1988 por COLCIENCIAS en el Programa Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura y su subprograma para el cultivo de peces ornamentales, los cuales se desarrollaron con el fin de disminuir la presión pesquera, buscando la creación de paquetes tecnológicos para la producción y el cultivo de ésta y otras especies de interés, debido a su alto valor comercial y gran aceptación (Junca, 2001). Esta importancia se refleja en las exportaciones, que aunque variables son significativas, con un número de individuos en el 2007 equivalente al 5% de las exportaciones colombianas de peces ornamentales, siendo los principales destinos Estados Unidos y Europa (Olaya et al., 2007; Mancera y Álvarez, 2008; Aya y Arias, 2011).

En consecuencia, y a pesar de los esfuerzos empleados por los diferentes entes ambientales del país en la realización de estudios acerca de esta especie, principalmente dirigidos al manejo, almacenamiento, comercialización y aspectos biológicos (con menor frecuencia), los controles existentes

no son suficientes para evitar la sobreexplotación y captura en la mayor parte del año, diezmando la población debido a los problemas de manipulación y acopio (Olaya et al., 2007; Mancera y Álvarez, 2008).

Este trabajo aporta elementos al conocimiento del cultivo de *P. pictus*, definiendo la cinética de crecimiento, la supervivencia, algunos parámetros productivos, acompañado de la caracterización de algunas variables fisicoquímicas en sistemas cerrados de recirculación de agua. De esta manera se reporta la factibilidad de utilizar sistemas de baja complejidad, de bajo costo, y manejo relativamente sencillo, para el levante de *P. pictus*. Estos sistemas pueden utilizarse con fines de mantenimiento temporal (acopio), mantenimiento a más largo plazo (crecimiento) y eventualmente para el mantenimiento de reproductores para estudios de reproducción en cautiverio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El levante de *Pimelodus pictus* se estableció en el perímetro de la zona urbana del Municipio de Cajicá, 2558 msnm, temperatura promedio 14°C, departamento de Cundinamarca, en las instalaciones del Laboratorio de Fisiología Animal, Campus Nueva Granada, de la Universidad Militar Nueva Granada, durante el periodo de Septiembre de 2010 a Mayo de 2011. Los alevinos de *P. pictus* provenían de una casa comercial ubicada en Bogotá D.C y provenían de los alrededores de Puerto López, departamento del Meta. Estos ejemplares fueron trasladados al laboratorio de Fisiología Animal donde fueron aclimatados durante dos días en un SCR. Durante el experimento los ejemplares fueron tratados según los principios bioéticos establecidos para la investigación con animales (American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH), American Fisheries Society (AFS), American Institute of Fisheries

Research Biologists (AIFRB) 1988; CCAC guidelines on: the care and use of fish in research, teaching and testing, 2003). Para el levante se utilizaron SCR maduros, es decir que ya tenían establecidas poblaciones bacterianas nitrificantes, de tal forma que los valores de amonio y nitrito eran bajos.

Diseño de los SRC

Se diseñaron y construyeron sistemas cerrados de recirculación que constaban de los siguientes elementos: (Figura 1): un tanque plástico para el alojamiento de peces de 250 litros, un tanque de 50 litros para el biofiltro, un balde de 20 litros para

el clarificador y un balde de 5 litros para el filtro mecánico, para un volumen total por sistema de 320 litros. Adicionalmente, en el biofiltro se introdujeron seis paquetes de esferas de icopor de 0.5 cm de diámetro que funcionaron como superficie para la fijación de bacterias nitrificantes. En el tanque de peces se incluyó una bomba de agua (RE-SUN®, China) con un flujo de 700 L/h, conectada a una manguera de PVC de 100 cm de largo y ½" de diámetro para la conducción del agua hacia el clarificador. De este, el agua circulaba por gravedad hacia el filtro mecánico y al biofiltro, en donde se adaptó a la parte inferior un tubo que dirigía el agua al tanque de peces.



Figura 1. SCR empleado para el levante de *P. pictus*. Las flechas rojas indican el flujo de agua de entrada al biofiltro y las verdes el flujo de agua de salida al tanque de cultivo (Modificado de Timmons et al., 2007; Carrascal, 2010; Hernández et al, 2010).

Se evaluaron tres sistemas durante un periodo de dos meses. Se sembraron 50 alevinos por SCR, alimentados al 10% de su masa corporal con Truchina al 45% de proteína bruta con una frecuencia de alimentación de tres veces al día (8:00, 12:00 y 15:00) para lograr recambio total aproximadamente cada

90 minutos. Para la determinación de los parámetros productivos, quincenalmente se tomaban 10 individuos aleatoriamente del tanque, y se registraron los valores de peso, y longitud total.

A partir de los datos tomados del crecimiento se calcularon los parámetros productivos (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros productivos calculados en los SCR.

Parámetro Productivo	Fórmula
Ganancia de Peso (Mercado, et al. 2006).	$GP = Pf \text{ peso promedio final} - Po \text{ peso promedio inicial (g)}$
Tasa de Crecimiento Absoluto (Arce y Luna, 2003).	$(TCA) = [(\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) / (\text{tiempo final} - \text{tiempo inicial})]$
Tasa de Crecimiento Relativo (Arce y Luna, 2003).	$CR = 100 * [(\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) / (\text{peso inicial (g)} * (\text{tiempo final} - \text{tiempo inicial}))]$
Factor de Condición K (Hernández et al., 2008).	$(K) = (100 * (\text{Peso(g)} / \text{Longitud}^3(\text{cm})))$
Factor de Conversión Alimenticia (Mercado, et al. 2006).	$FCA = \text{alimento consumido} / \text{incremento de peso (g) en igual tiempo}$
Tasa de Eficiencia Proteica (Hernández et al., 2008).	$TEP = \text{ganancia de peso} / \text{proteína consumida (g)}$

Parámetros Físicoquímicos

Las variables de calidad de agua se determinaron mediante kits comerciales (MERCK® para amonio y TETRA® para las concentraciones de nitritos, nitratos, GH y KH). La temperatura se registró empleando un termómetro de mercurio Brumer® y el pH con un potenciómetro marca Schott®. Estas mediciones se realizaron cada 8 días, ya que la biomasa total en cada sistema de siembra fué baja durante el transcurso del proyecto, consignadas en tablas de registro, lo cual permitió establecer un control. Para mantener la temperatura en el rango escogido (23-25°C) se dispusieron dos termostatos de 300 W dentro de cada tanque de cultivo.

Semanalmente se realizó el mantenimiento y limpieza de los clarificadores, de los biofiltros y de las bombas. y se verificó mediante observación la presencia

o ausencia de síntomas de enfermedad en los peces utilizando criterios como conservación de eje de nado, actividad, comportamiento a la hora de alimentación, integridad de las aletas, cambios de coloración en la piel.

RESULTADOS

Variables de Crecimiento

Tomando los datos de los tres sistemas, los peces iniciaron con un peso promedio de $1,18 \pm 0,32$ g, y longitud total inicial de $4,97 \pm 0,51$ cm. Dos meses después su peso promedio era de $6,23 \pm 0,77$ g y su longitud total de $10,72 \pm 0,70$ cm. La supervivencia fue del 96-98%. La Figura 1 ilustra las curvas de crecimiento de las dos variables evaluadas. Tanto el peso corporal como la longitud total de los peces presentaron un ajuste al modelo de crecimiento exponencial (Figura 1).

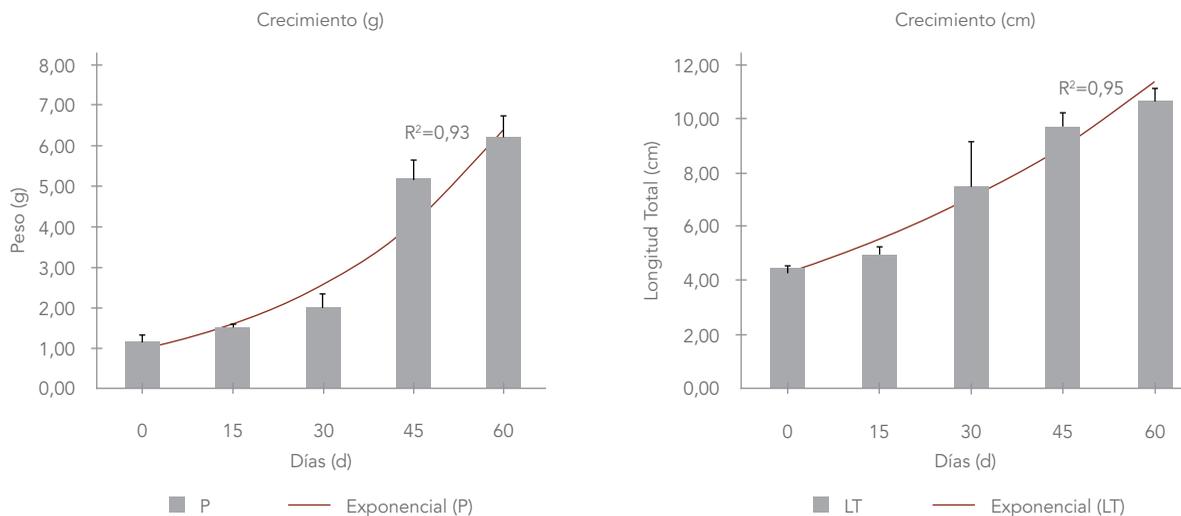


Figura 1. Variación del peso corporal (izquierda) y de la longitud total (derecha) de *P. pictus*, cultivados en un sistema cerrado de recirculación durante un periodo de 60 d. Cada barra corresponde a la media \pm la desviación estándar.

Parámetros Productivos

Los valores de los parámetros productivos evaluados se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros Productivos para *P. pictus*.

Parámetro Productivo	Total
Ganancia de peso (g)	495,55
Tasa de crecimiento absoluto TCA (g/día)	0,13
Tasa de eficiencia protéica TEP	11,01
Tasa de crecimiento relativo CR (g)	9,77
Factor de condición K	0,52
Factor de conversión alimenticia FCA	2
Supervivencia S (%)	96-98%

Parámetros Físicoquímicos

Los valores de las variables físicoquímicas del agua medidos en los SCR se muestran en la tabla 3. Los resultados del análisis de calidad de agua mostraron condiciones adecuadas para el crecimiento de *P. pictus*, a pesar que algunos muestreos presentaron valores fuera del rango descrito para la especie.

DISCUSIÓN

Los SCR mantuvieron un flujo promedio de 240 litros/hora, permitiendo que el total de agua que contenía cada sistema fluyera 16 veces al día a través de los filtros, facilitando la biofiltración. El

Tabla 3. Datos de Parámetros Físicoquímicos para cultivos *P. pictus* en SCR.

N° Días	TK1							TK2							TK3						
	pH	°T	KH	GH	NH ₃	NO ₂	NO ₃	pH	°T	KH	GH	NH ₃	NO ₂	NO ₃	pH	°T	KH	GH	NH ₃	NO ₂	NO ₃
Uni.	°C	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	°C	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	°C	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
0	6,9	25,3	249,2	124,6	0	<0,3	10	6,8	25	124,6	142,4	0	0,3	20	4,1	25,1	124,6	160,2	1,5	0,3	20
8	609	25,4	124,3	124,6	0	<0,3	60	6,8	25,5	124,6	124,6	0	0,8	60	7,2	25	124,6	160,2	0	0,3	20
16	6,9	24,6	124,6	124,6	0,1	<0,3	15	6,6	25,2	124,6	142,4	0,08	0,3	20	7,2	26	124,6	160,2	0,05	0,3	40
24	6,8	24,9	124,6	124,6	0,05	<0,3	40	6,1	26,9	124,6	160,2	0,19	<0,3	40	6,9	25,7	124,6	160,2	0,08	<0,3	40
32	7,2	26	124,6	124,6	0,03	<0,3	80	7,3	26	124,6	142,4	0,01	<0,3	80	7,2	25,8	124,6	160,2	0,09	7	80
40	7,1	27,3	142,4	178	0,03	3,0	10	6,8	28,5	142,4	160,2	0,16	7,0	10	7,0	28,4	124,6	178	0,02	3,0	10
48	6,7	28,1	142,4	178	0,09	3,0	10	7,2	28,6	142,4	178	0,08	8,0	5	7,4	28,6	142,4	178	0,09	3,0	10
56	7,3	28	142,4	195,8	0,02	16	10	7,2	28,5	142,4	178	0,36	8,0	5	7,2	28,4	142,4	178	0,78	3,0	10

TK 1, TK2, y TK3, corresponden a cada uno de los tanques

biofiltro constituido por paquetes de icopor, sumado a la utilización de un filtro mecánico y un clarificador, permitió la retención de las partículas en suspensión de los residuos de comida y excretas de los peces, facilitando la limpieza y mantenimiento de los SCR. En trabajos previos con diseños de SCR más sencillos, pero con biofiltros de grava sin empaquetar, esta limpieza se realizó en un tiempo aproximado de 2h y 30 min (Carrascal, 2010) y 1 día (Olaya et al., 2007). Durante el desarrollo de este proyecto se logró estandarizar un tiempo aproximado de 1h y 30 min para cumplir con estas tareas.

Los resultados de crecimiento en *P. pictus* indican que durante un período de 60 días aproximadamente, estos alcanzaron un peso promedio de $6,23 \pm 0,51$ g, una longitud total de $10,65 \pm 0,50$ cm, alimentados al 45% de proteína a una densidad de siembra

de 6,4 l/pez. Son pocos los trabajos de cultivo reportados para esta especie. Al comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los de Baquero (2008), se encuentra que este último, cultivando *P. pictus* en estanques de tierra, con una densidad de siembra de 100 individuos/m³, que equivale a 10 litros/pez, con un peso inicial de 0,8 g y longitud total de 3,6 cm, logra en 100 días llegar a 1,9 g utilizando concentrado de 45% proteína. El mismo investigador trabajando en acuarios, a una densidad de 1 pez/litro, logra pesos finales de 1,5 g. Obando (2009) en acuarios de 50 l, 1 pez/litro, durante un periodo de 45 días al 45% de proteína, iniciando con $2,17 \pm 0,75$ g de peso corporal y $6,74 \pm 0,78$ cm de longitud total, logra valores de $3,2 \pm 0,31$ g y $7,24 \pm 0,23$ cm respectivamente. En general estos valores son menores a los obtenidos en este trabajo. Sin embargo, las

densidades de siembra utilizadas por Obando son bastante elevadas y podría explicar los bajos crecimientos obtenidos.

Desafortunadamente, estas comparaciones tienen un valor relativo, ya que los trabajos citados se realizaron en condiciones diferentes y con organismos de orígenes también diferentes. Sin embargo, son los únicos datos reportados en la literatura para levante de *P. pictus* y por eso los utilizamos

En comparación con otros estudios realizados, los parámetros productivos reportados en este trabajo fueron satisfactorios para efecto de levante. Es importante resaltar que no se conocen los requerimientos nutricionales de *P. pictus*. Sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos se puede afirmar que este suplió las necesidades básicas, ya que se logró un crecimiento rápido y una buena supervivencia, mostrando una ganancia de peso total (GP) de 495,55 g, mientras que el reporte de Baquero (2008) muestra un GP de 0,7 g (alimentación al 30% proteína), de 0,6 g (alimentación al 45% de proteína) y de 1,1 g (en estanques al 30% y 45% de proteína). Los resultados obtenidos con respecto al TEP y el FCA, fueron de 11,01 y 2 respectivamente, estos valores se encuentran relacionados con variables propias del animal (peso, ganancia de peso, edad, sexo, biotipo, entre otras) como de variables externas (alimentación, parámetros fisicoquímicos, manejo, estado sanitario, entre otras), siendo este el primer

estudio en mostrar resultados de estos parámetros productivos con respecto a esta especie. El factor de condición K, ilustra el grado de bienestar o estado de la nutrición de la especie, que para peces óseos puede variar entre 2 y 4; el presente estudio reporta para *P. pictus* un valor de 0,52, que en comparación con los resultados de Obando (2008) de 0,91 y 0,84 (en los cuatro tratamientos empleados) es menor y se ubica fuera del rango citado previamente (Andrade, 2006). La supervivencia para este montaje fue del 96-98, similar a los resultados obtenidos por Baquero (2008) que corresponden a un 97% - 96% (Estanques con alimentación al 30% y 40% de proteína) y 98,3 % - 97,5% (alimentación al 30% y 45% de proteína). También es similar a lo reportado por Obando (2009) para densidades de siembra más altas.

La fluctuación en los valores de amonio, nitrito y nitrato; es uno de los factores que pueden afectar negativamente el crecimiento de los peces. Sin embargo, aunque en diferentes periodos se presentaron valores fuera del rango de tolerancia para el pH, TAN y Nitrito (Tabla 3), se puede concluir que estas fluctuaciones no tuvieron influencia marcada en las variables de crecimiento y que en general se mantuvieron estables durante el desarrollo del estudio.

Para el SCR de *P. pictus* la temperatura se mantuvo dentro de los rangos reportados como ideales para la especie entre 24°C a 28°C (Senhorini y Landines,

2005; Olaya *et al.*, 2007), que se suponen como los óptimos. Sin embargo, los reportes de Baquero (2008) indican que la especie vive y se desarrolla en rangos de temperatura de 27 a 29 °C, factor que pudo haber influenciado de manera negativa sobre las variables de crecimiento y parámetros productivos interfiriendo debido al carácter estenotérmico de la especie en el decrecimiento de las variables estudiadas. A pesar de los datos encontrados, existe una falencia en reportes acerca de los parámetros fisicoquímicos y variables de crecimiento, por lo cual este sería el primer trabajo que describe el comportamiento de estos parámetros empleando un SCR.

El mantenimiento de ejemplares de *P. pictus* en SCR fue posible durante un periodo de 60 días, con una densidad de siembra de 6.4 litros/pez. Se realizaron recambios de agua semanales del 50%, con la finalidad de compensar la pérdida por limpieza, mantenimiento, evaporación o alteración de los parámetros fisicoquímicos. Esto contrasta con el reporte de Obando (2008), con recambios diarios del 50% de agua, incrementando considerablemente la cantidad utilizada para el cultivo, obteniendo además un menor crecimiento, y probablemente un mayor nivel de estrés de los peces por los grandes y frecuentes cambios en los valores de los diferentes parámetros fisicoquímicos.

Se afirma que la construcción de un SCR que genere cantidades de peces a nivel comercial importantes,

requiere una alta inversión (materiales, equipos, técnica, entre otras) en comparación de otros sistemas de cultivo. Esta inversión se puede ver equilibrada por la generación de productos de alta calidad y un incremento en la rentabilidad a largo plazo, en relación a las altas densidades de siembra (Timmons y Ebeling, 2007). Debido al incremento de la presión sobre el recurso pesquero, el efecto negativo de la pesca sobre las poblaciones locales y las desventajas de otros sistemas de cultivo (uso de recurso hídrico y terreno, mortalidad), los SCR se presentan como una alternativa viable en la producción de peces ornamentales, debido al menor consumo de agua y a la disminución de la contaminación de los cuerpos de agua (Timmons y Ebeling, 2007). Adicionalmente, este trabajo muestra que no se requiere de sistemas tan altamente sofisticados y costosos para el manejo de esta especie, y que debido a su valor agregado, aunque se debe lograr un incremento en la densidad de siembra, no es necesario llegar a las altas densidades que se necesitan para convertir en rentable un sistema de producción de peces de consumo (Manuel Segovia, comunicación personal).

Finalmente, es importante señalar que estos sistemas son sencillos y pueden ser mejorados fácilmente, especialmente en términos de una mejor retención de sólidos disueltos, mejorando la calidad del agua, llevando a un posible incremento de la densidad de cultivo, aumentando su productividad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Akifumi E, Kuitza E. F. 2003. Construcción de estanques de estructuras hidráulicas para el cultivo de peces. Panorama da Acuicultura. El reaprovechamiento del agua el manejo del suelo. Sitio Argentino de Producción Animal. Parte 4. Vol 13. N° 75. 1-10.
2. American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH), American Fisheries Society (AFS), American Institute of Fisheries Research Biologists (AIFRB). 1988. Guidelines for use of fishes in field research. 13: 16-23.
3. Andrade J. 2006. Factor de condición y Distribución de Tallas de *Eremophilus mutisii* (Trichomycteridae) en el río Cormechoque y el embalse La Copa, Boyacá. Revista Dahlia. Vol.9. 13-20.
4. Arce E, Luna J. 2003. Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. Revista AquaTIC, 18, 39-47.
5. Aya E, Arias J. 2011. Reproducción inducida de *Pimelodus pictus* con extracto de hipófisis de carpa (EHC) y Ovaprim®. Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia. Vol.54. 311-323.
6. Baquero H. 2008. Respuesta del Tigrito *Pimelodus pictus* a dos sistemas de contención y de alimentación en la etapa de levante. Trabajo de grado. Facultad de Zootecnia. Universidad de la Salle. Bogotá – Colombia, pg 24-68.
7. BIOCOCOMERCIO SOSTENIBLE. 2002. Información básica sobre el mercado mundial de Peces Ornamentales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt. Bogotá – Colombia. Vol. 4. 4-15.
8. Carrascal J. 2010. Evaluación de la etapa de levante de carpa común (*Cyprinus carpio*) en sistemas cerrados de recirculación de agua. Trabajo de grado. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Cundinamarca, Colombia
9. CCAC, 2003. CCAC guidelines on: the care and use of fish in research, teaching and testing. Canadian Council on Animal Care, Ottawa Canada.
10. Dvorak G. 2009. Biosecurity for Aquaculture Facilities in the North Central Region. Center for Food Security and Public Health. North Central Regional Aquaculture Center – USDA. Iowa State University. Ames – United States.
11. Flimlin G, Buttner J, Webster D. 2008. Aquaculture Systems for the Northeast. Northeastern Regional Aquaculture. University of Maryland. Maryland – United States. Publication No. 104. 1-7.
12. Galli O, Sal F. 2007. Sistemas de Recirculación y Tratamiento de Agua. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos-CENADAC. Corrientes-Argentina. Pags. 1-36.
13. Helfrich L, Libey G. 2000. Fish Farming in Recirculating Aquaculture Systems (RAS). Department of Fisheries and Wildlife Science. Virginia Tech. Blacksburg – United States. 1-19.
14. Hernández M, Ramos J, Pino J, Acosta C. 2008. Evaluación de dietas con inclusión de harina de ninfas de *Periplaneta americana* para la alimentación de la carpa japonesa. Ciencia Pesquera. 16:23-28.
15. Hernandez C, Gómez E, Hurtado H. 2010. Estudio preliminar del levante de juveniles de arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*)

- en sistemas cerrados de recirculación. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. 6:96-113
16. Hutchinson W, Jeffrey M, O'Sullivan D, Casement D, Clarke S. 2004. Recirculating Aquaculture Systems Minimal Standards for Design, Construction and Management. Inland Aquaculture Association of South Australia Inc. Kent Town – Australia. 1 – 73.
 17. Junca V. 2001. Problemática de las Pesquerías Ornamentales Suramericanas. Archivo Documental. División de Conservación Ecológica. Fundación Neotrópico Vivo. Bogotá-Colombia. 1-21.
 18. Krause J, Kuzan D, Defrank M, Mendez R, Pusey J, Braun C. 2006. Design Guide for Recirculating Aquaculture System. Sioux Indian Reservation. Rowan University. New Jersey – United States. 1 – 58.
 19. Mancera N, Álvarez R. 2008. Comercio de Peces Ornamentales en Colombia. Acta Biológica Colombiana, 13:23-52.
 20. Mercado I, García J, Rosado R, Olaya C, Segura C, Bru S, Tordecilla G. Cultivo de dorada (*Brycon sinuensis* Dahl, 1955) en jaulas flotantes a diferentes niveles de proteína. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 19. 204-211.
 21. Obando A. 2009. Evaluación de cuatro densidades de acopio sobre la sobrevivencia y el desarrollo productivo del tigrillo (*Pimelodus pictus*) en la Estación Piscícola la Terraza, Villavicencio, Meta. Trabajo de Grado. Programa de Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de la Salle. Bogotá-Colombia. 14-59.
 22. Olaya C, Ovalle C, Gómez E, Rodríguez D, Calda M, Hurtado H. 2007. Histología y Morfometría del Sistema Digestivo del Silúrido Bagre Tigrillo (*Pimelodus pictus*). Revista de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. 54.311-323.
 23. Rackocy J, Losordo T, Masser M. 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Southern Regional Aquaculture Center. No.454.1-16.
 24. Salazar G. 2002. Situación de la Acuicultura Rural de pequeña escala en Colombia, Importancia, Perspectivas y Estrategias para su desarrollo. División de Acuicultura. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Colombia. 1-26.
 25. Senhorini J, Landines M. 2005. Generalidades sobre manejo y selección de reproductores de peces reofilicos. En: Reproducción de peces en el trópico. Daza PV, Landines M, Sanabria AI. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia. Pg 79-90.
 26. Timmons M, Ebeling J, 2007. Recirculation aquaculture. Cayuga Aqua Ventures, LLC; 2nd edition

CONSULTA PÁGINAS WEB

1. Bocek A. 2011. Acuicultura y Aprovechamiento del Agua para el Desarrollo Rural. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University. En <http://ag.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/GT7%20INTRO.pdf>.
2. Feliú E, Zapata B. 2009. Desafíos para una producción limpia: Sistemas de Recirculación de Agua. En www.fontagro.org.
3. Panne S, Luchini L. 2008. Panorama Actual del Comercio Internacional de Peces Ornamentales. 27 pp. En: www.sagpya.gov.ar