



Orinoquia

ISSN: 0121-3709

orinoquia@hotmail.com

Universidad de Los Llanos

Colombia

Peñuela-Hernández, Z.; Hernández-Arevalo, G.; Corredor Matus, J. R.; Cruz-Casallas, P. E.
Consumo de oxígeno en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) durante diferentes etapas de
desarrollo corporal

Orinoquia, vol. 11, núm. 1, 2007, pp. 49-55

Universidad de Los Llanos

Meta, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89611105>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ARTÍCULO ORIGINAL

Consumo de oxígeno en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) durante diferentes etapas de desarrollo corporal

Consumption of oxygen by white cachama (*Piaractus brachypomus*) during different stages of corporal development

PEÑUELA-HERNANDEZ, Z¹; HERNÁNDEZ-AREVALO G²; CORREDOR MATUS J. R³; CRUZ-CASALLAS P. E⁴.

¹Médico Veterinario Zootecnista, ejercicio particular; ²Médico Veterinario Zootecnista, MSc, Instituto de Acuicultura, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Villavicencio - Meta, Colombia. gilmaler@gmail.com

³Médico Veterinario Zootecnista, MSc; ⁴Médico Veterinario Zootecnista, MSc, PhD, Instituto de Acuicultura, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Villavicencio - Meta, Colombia. pecruz@telecom.com.co - Grupo de Investigación sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos - GRITOX, Instituto de Acuicultura - Universidad de los Llanos
Recibido: Marzo 21 de 2007. Aceptado: Mayo 30 de 2007.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el consumo de oxígeno en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) durante diferentes etapas de desarrollo, ejemplares de 10, 50, 100, 200, 300 y 500 g de peso corporal, previo periodo de acostumbramiento de 30 min., se alojaron en un respirómetro cerrado de 172 L durante un periodo de dos a cuatro horas, manteniendo la temperatura del agua constante a 28°C. La concentración de oxígeno en el agua del respirómetro fue medida a intervalos de 5 min. durante dos horas mediante un oxímetro digital. Se determinó que el consumo de oxígeno por kg en esta especie está relacionado inversamente con el peso corporal y que animales con pesos corporales superiores a 50 g consumen menor cantidad de oxígeno por unidad de peso que animales de pesos inferiores. El consumo de oxígeno a esta temperatura podría expresarse mediante la siguiente ecuación de regresión: $Y = 803.3 - 107.2 \ln(X)$, donde Y = consumo de oxígeno y $\ln(X)$ = logaritmo natural del peso corporal expresado en kg.

Palabras clave: cachama blanca, consumo de oxígeno, peso corporal, respirómetro.

ABSTRACT

With the purpose of evaluating oxygen consumption of the cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) during different stages of growth, after initial acclimatation during 30 min; fish with body weights of 10, 50, 100, 200, 300 and 500 g were placed in a closed respirometer of 172 liters, and the water temperature was maintained at (28°C) during 2 to 4 hours. The oxygen concentration in the water of the respirometer was measured every five min using a digital oxymeter. In this species, an inverse relationship between oxygen consumption per kg and corporal weight was observed; fish with body weight greater than 50 g consumed less oxygen than smaller fish. At 28°C, the oxygen consumption could be calculated using the following regression equation: $Y = 803.3 - 107.2 \ln(X)$, where Y = oxygen consumption, and $\ln(X)$ = natural logarithm of body weight expressed in kg.

Keywords: cachama Blanca, oxygen consumption, body weight, respirometer.

INTRODUCCIÓN

La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) debido a su eficiente reproducción bajo condiciones de cautiverio y a la fácil adaptación al consumo de alimentos concentrados, es considerada la especie nativa de mayor potencial productivo y comercial para la piscicultura en aguas cálidas continentales de América Latina. Por su parte, gracias a su rusticidad, rápido crecimiento y excelente capacidad de conversión alimenticia (Rodríguez 1993), la cachama blanca es la especie nativa más cultivada en los Llanos Orientales de Colombia (Arias, 1988; Hernández *et al.*, 1992).

La cantidad de oxígeno disuelto es uno de los principales factores que limitan la productividad de la piscicultura, debido a que este gas es esencial no sólo para los procesos vitales, sino también porque su disponibilidad en el cuerpo de agua determina la conversión alimenticia de la especie cultivada (Iwama *et al.*, 1997). Es ampliamente conocido que un incremento en la ventilación reduce la energía disponible para procesos metabólicos como el crecimiento; por lo tanto, una menor disponibilidad de este elemento ocasiona disminución en la productividad de los cultivos.

Existen diversos factores que influyen sobre el consumo de oxígeno en los peces, siendo los más importantes, entre otros, la temperatura del agua, el peso corporal, la actividad, el régimen de alimentación y la concentración del gas en el cuerpo de agua (Cook *et al.*, 2000, Cervero *et al.*, 2006). Actualmente se considera que más del 60% de las pérdidas en acuicultura obedecen a problemas en el suministro de oxígeno.

En los sistemas de cultivo, dos factores son determinantes para definir la capacidad en un cuerpo de agua: a) la concentración de oxígeno disuelto y b) los requerimientos de oxígeno de la especie cultivada. La medición del primer factor se realiza rutinariamente en las granjas piscícolas; sin embargo el conocimiento del segundo factor implica la realización de experimentos

bajo condiciones controladas teniendo en cuenta las diferentes variables que afectan tanto el consumo como su solubilidad en el agua. Es conocido, que el consumo de oxígeno es un reflejo de la tasa metabólica del pez en diferentes situaciones y generalmente se mide, mediante la determinación del consumo de éste gas en un respirómetro (De Boeck *et al.*, 2000).

Los esfuerzos investigativos en la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) han sido dirigidos principalmente al conocimiento de su biología (Arias 1990), anatomía (Herrera *et al.*, 1996; Pardo *et al.*, 1998), hematología básica (Eslava *et al.*, 1995), sanidad (Bejarano y Ramírez 1992; Corredor *et al.*, 1997; Bobadilla y Verjan 1998), hábitos alimenticios, requerimientos nutricionales (Pardo y Suárez 1991) y manipulación de sus ciclos reproductivos bajo condiciones de cautiverio (Arias *et al.*, 1989; Muñoz *et al.*, 1989; Muñoz *et al.*, 1991; Vásquez y Gómez 1996a; 1996b). Sin embargo, parámetros fisiológicos tales como consumo de oxígeno, función cardiorespiratoria, química sanguínea, etc., son aún poco conocidos, lo cual limita la tecnificación del cultivo de la especie. Hasta la fecha, los estudios sobre la determinación de los requerimientos de oxígeno en cachama blanca son incipientes. En Colombia, algunos esfuerzos fueron hechos inicialmente en la Universidad de Antioquia (Urán *et al.*, 1994) y más recientemente (Sastre *et al.*, 2004) en la Universidad de los Llanos. En otras especies tropicales como yamú (Valbuena *et al.*, 2006) y tilapia roja (Valbuena-Villarreal y Cruz-Casallas, 2006), los resultados son aún preliminares.

El propósito de este trabajo fue determinar el consumo de oxígeno en individuos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), durante diferentes etapas de desarrollo corporal, para determinar una ecuación de regresión que sirva para inferir la eventual relación entre estas dos variables en esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos (IALL), localizadas a 4 Km de la ciudad de Villavicencio, Departamento del Meta, Colombia, a 418 m.s.n.m, temperatura promedio anual de 25 °C, precipitación pluvial de 4050 mm y humedad relativa de 75%.

Se emplearon individuos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) cuyos pesos corporales oscilaron entre 8 y 506 g, obtenidos por reproducción inducida a partir de animales criados y mantenidos en cautiverio. Fueron conformados seis grupos de desarrollo corporal con pesos promedio de $9.8 \pm 1.2\text{g}$ (G10g), $48.8 \pm$

3.1g (G50g), 99.8 ± 5.3 g (G100g), 198.2 ± 7.3 g (G200g), 280.0 ± 11.2 g (G300g) y 500 ± 19.2 g (G500g). Pervia a la fase experimental la población se mantuvo alojada en estanques de tierra a una densidad de 500g.m², con recambio diario de agua aproximado del 5%. Los animales se alimentaron una vez al día, 6 veces por semana a razón del 3% del peso vivo, con alimento peletizado del 25% de proteína bruta. Las características físico químicas del agua en los estanques fueron: oxígeno disuelto 3.32 mg.L⁻¹, temperatura 27.4 °C, dureza 11.6 mg.L⁻¹ y pH, 6.0. Estos parámetros fueron medidos siempre en el mismo horario (09:00 h) y a una misma profundidad (20 cm), sobre la misma orilla del estanque.

Para las evaluaciones del consumo de oxígeno se utilizó un respirómetro de construcción local, adaptado del modelo propuesto por Uran *et al.* (1994). El respirómetro se construyó en vidrio y consta de un tanque reservorio de agua con capacidad de 355 L, un filtro constituido por gravilla, carbón activado y guata, a través del cual pasó el agua hacia un segundo tanque reservorio de 163 L que recibía el agua filtrada; posteriormente el agua pasó por gravedad a la cámara del respirómetro, la cual tuvo una capacidad de 172 L. (Figura 1). Dentro de este último compartimiento se instaló una bomba sumergible con el fin de mantener el agua en continuo movimiento y de esta manera mantener constante la concentración de oxígeno en toda la cámara del respirómetro.

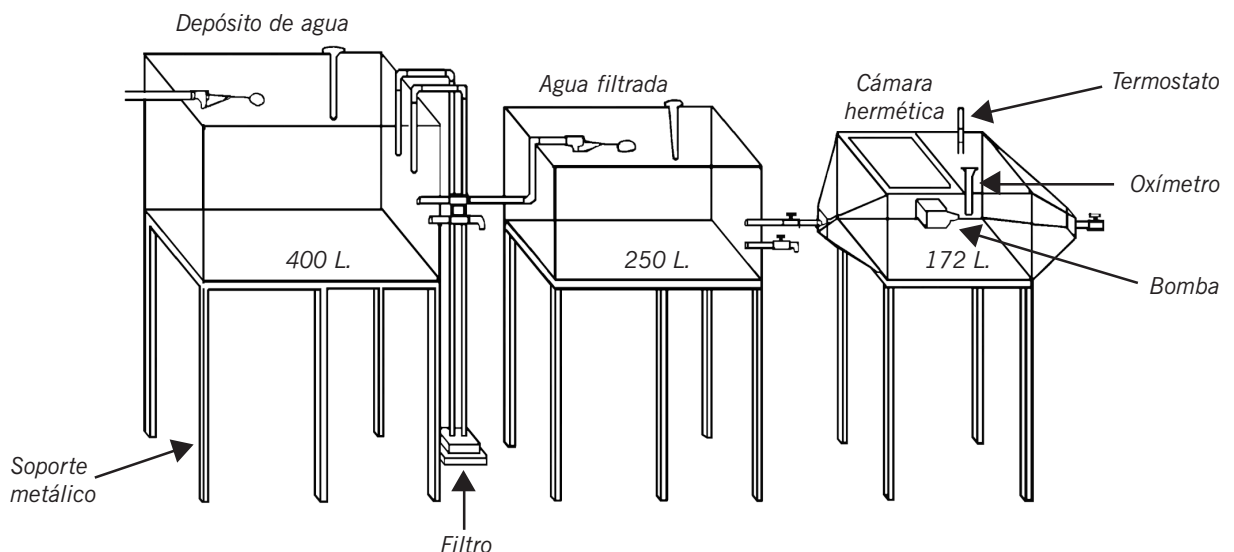


Figura 1. Respirómetro de construcción local utilizado para la determinación del consumo de oxígeno en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Adaptado de Valbuena *et al.* (2006).

Para cada grupo de peso corporal, el número de animales se ajustó para mantener aproximadamente 1 kg de biomasa en cada una de las repeticiones. Veinticuatro horas antes de cada experimento, al grupo de animales correspondiente se le suspendió la alimentación y fueron trasladados a un estanque circular de asbesto-cemento con agua y 3 ppt (partes por mil) de NaCl (Minerallanoá, Villavicencio, Colombia). Antes de iniciar el ensayo se midió la concentración de oxígeno en la cámara del respirómetro y se inyectó a presión aire para mantener una concentración inicial de 6 a 7 mg.L⁻¹. Veinte min. después de introducidos los peces en la cámara, se suspendió la aireación y se realizaron mediciones de oxígeno a intervalos de 5 minutos durante un periodo mínimo de dos horas o hasta que la concentración de oxígeno descendió a 2 mg.L⁻¹; para

este propósito se utilizó un oxímetro digital (SL-510 Solar instrumentação Ltda., Florianópolis, Brasil). Para cada grupo de peso corporal se realizó un mínimo de 4 repeticiones. Para evitar lesiones de los animales por excesiva manipulación, se tuvo la precaución de no incluir un mismo pez en más de dos repeticiones. Para lograr este propósito cada grupo de animales se manejó separadamente en estanques de asbesto-cemento de 500 L. Las repeticiones fueron realizadas en días consecutivos, alternando los seis grupos experimentales.

Análisis estadístico

El consumo de O₂ fue expresado en mg.kg.h, calculado con base en la disminución de la concentración de O₂ observada durante un determinado periodo de tiem-

po. Inicialmente se hizo estadística descriptiva de los datos y posteriormente, para analizar los efectos del peso corporal sobre el consumo de O_2 , éstos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de Tukey (Siegel, 1956). Finalmente, se hizo un análisis de regresión, donde los pesos corporales fueron transformados a logaritmo natural, con el fin de establecer la relación entre el consumo de O_2 y el peso

corporal. Previo a cualquier análisis estadístico, los datos fueron sometidos a pruebas de Bartlett (Johnson y Leone, 1974) para determinar su homogeneidad y orientar el tipo de análisis a efectuar. En todos los casos, $p < 0.05$ fue utilizado como criterio estadístico para revelar diferencias significantes. Los procedimientos del análisis estadístico fueron realizados con los softwares SYSTAT versión 7.0 para Windows (1990-1993).

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los valores de consumo de oxígeno para cada uno de los seis grupos de peso corporal estudiados durante la primera hora de observación. Los grupos de mayor peso corporal (G500g y G300g) registraron las menores tasas de consumo de O_2 , siendo aproximadamente un tercio de la cantidad consumida por el grupo de menor desarrollo corporal G10g. No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) cuan-

do se comparó el consumo entre la primera y segunda hora de muestreo (Figura 2). La relación entre el peso corporal y el consumo de O_2 fue negativa y se ajustó a una curva de regresión logarítmica, como se ilustra en la figura 3. La ecuación de regresión resultante fue $Y = 803.3 - 107.2 \ln(X)$, donde Y es el consumo de oxígeno en mg.kg.h y $\ln(X)$ el logaritmo natural del peso corporal expresado en gramos ($r^2 = 0.98$, $n = 6$).

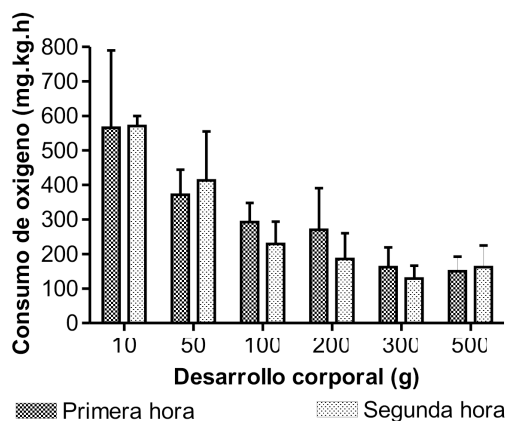


Figura 2. Consumo de oxígeno durante la primera y segunda horas de muestreo de ejemplares cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) de diferentes etapas de desarrollo corporal. Las barras corresponden a media \pm SEM ($n = 4$ a 9).

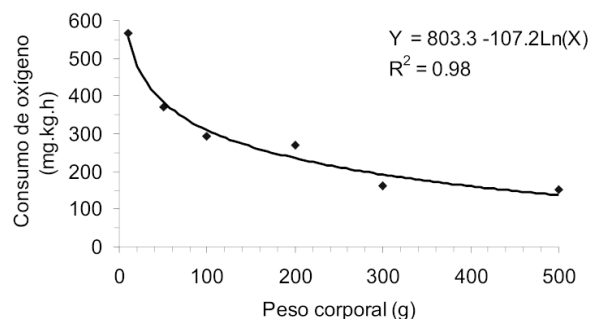


Figura 3. Curva y ecuación de regresión logarítmica (logaritmo natural) entre el consumo de oxígeno y el peso corporal en Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) cada punto representa la media de cuatro (G500g) a nueve (G50g y G100g) observaciones.

Tabla 1. Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Los valores corresponden a la media \pm SEM. El número entre paréntesis indica el número de animales utilizado en cada repetición

Desarrollo corporal (g)	n	Consumo de oxígeno mg.kg.h
G10 (70)	8	565.9 \pm 223.7 ^a
G50 (20)	9	371.8 \pm 72.6 ^b
G100 (10)	9	292.8 \pm 55.5 ^{bc}
G200 (5)	6	270.2 \pm 120.7 ^{bd}
G300 (4)	8	162.0 \pm 57.9 ^d
G500 (2)	4	150.4 \pm 42.8 ^{cd}

a, b, c sobre escritas indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos corroboran observaciones en otras especies de carácidos tropicales (Saint-Paul, 1985, Sastre et al., 2004, Valbuena et al., 2006 y Valbuena-Villarreal y Cruz-Casallas, 2006), confirmando la existencia de una relación inversa entre el desarrollo corporal y el consumo de O_2 por unidad de peso. De acuerdo con la ecuación obtenida, el consumo de oxígeno de la cachama blanca sería muy similar al observado por Valbuena - Villarreal y Cruz-Casallas (2006) en tilapias rojas (*Oreochromis sp.*), mantenidas a la misma temperatura; sin embargo, resulta ligeramente superior al observado en yamú (*Brycon amazonicus*) por el mismo grupo de investigación (Valbuena et al., 2006), sólo que para esta especie las observaciones fueron realizadas a una temperatura del agua ligeramente menor. Varios investigadores han observado una relación directa entre la temperatura del agua y la tasa respiratoria de los peces (Saint-Paul, 1983 y Sastre et al., 2004). La temperatura acelera las reacciones químicas en general y, por lo tanto, aumenta el consumo de O_2 de los seres vivos (Saint-Paul, 1986). Además, las altas temperaturas reducen la solubilidad del oxígeno en el agua y la afinidad de la hemoglobina por el O_2 en el torrente circulatorio del pez (Brix et al., 2004).

La mayoría de estudios que evalúan el consumo de oxígeno en especies acuáticas, son básicamente reportes de peces de agua fría (Liao y Lucas, 2000; Cook et al., 2000). En estas especies el consumo es mucho menor, comparado con los resultados obtenidos en cachama blanca. Por ejemplo, aún las cachamas con menor desarrollo corporal (G10 g), mostraron un mayor consumo de oxígeno que individuos del mismo peso de agua fría y que salmones transgénicos, los cuales poseen una mayor tasa metabólica (Cook et al., 2000). Algunos investigadores (De Boeck et al., 2000) han

observado un mayor consumo de oxígeno durante los primeros minutos de alojamiento en el respirómetro, el cual atribuyen al déficit causado por el ejercicio anaerobio durante la manipulación y la presencia de un entorno no familiar (Schurman y Steffensen, 1997). Este concepto es similar al de déficit de oxígeno que se presenta en mamíferos durante el ejercicio, en donde al cabo de éste, la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno sigue aumentando, hasta tanto se cubra este déficit (Guyton, 2000). Sin embargo, en el presente experimento no fueron observadas diferencias significativas en la tasa de consumo de oxígeno entre la primera y segunda hora de observación, lo cual puede indicar que un periodo de 30 min. previo al inicio del registro del consumo de oxígeno, puede ser suficiente como periodo de acostumbramiento para esta especie.

En el presente estudio no se observaron adaptaciones morfológicas (prolapso del labio inferior) ni respiración acuática superficial, aún cuando los niveles de oxígeno descendieron a cerca de 2.0 mg.L^{-1} . Según Severi et al. (1997), los peces de aguas cálidas como el *Piaractus mesopotamicus*, son capaces de experimentar imperceptibles adaptaciones morfológicas de la cabeza, que permiten un mayor volumen opercular y como consecuencia un aumento en la ventilación branquial.

En conclusión, el consumo de oxígeno en la cachama blanca es claramente determinado por el peso corporal y es similar al observado para algunas de las especies ícticas tropicales estudiadas.

Agradecimientos: Este trabajo contó con apoyo financiero del Instituto de Investigaciones de la Orinoquía Colombiana (IIOC) - Universidad de los Llanos, convocatoria proyectos semilla año 2001.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias C. J. A., 1988. Apuntes sobre el cultivo de la cachama en el Meta, Agrometa, 20: 9 – 10.

Arias C. J. A., Vasquez W, Orrego J, Isaza M. 1989. Avances en la reproducción inducida de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Boletín Red de Acuicultura 3 (1): 9-10.

Arias C. J. A. 1990. Apuntes sobre la biosistemática de la cachama blanca *Piaractus brachypomus*. Memorias Congreso Latinoamericano de Zoología (XXI), 43 p.

Bejarano S., Ramírez M. 1992. Estudios de histología normal de cuatro órganos de importancia diagnóstica (tegumento, branquias, hígado y riñón) en la cachama blanca *Piaractus brachypomus*. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos.

Bobadilla N. Y., Verjan N, 1998. Estudios electroforéticos e inmunoelectroforéticos de las proteínas plasmáticas de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) clínicamente sanas, procedentes de cultivos comerciales. Trabajo de grado, Facultad de

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos.

Brix O, Solveig T, Colosimo A. 2004. Temperature acclimation modulates the oxygen binding properties of the Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) genotypes - *Hbl*1/1*, *Hbl*1/2*, and *Hbl*2/2*- by changing the concentrations of their major hemoglobin components (results from growth studies at different temperatures). *Comparative Biochemistry and Physiology A* 138: 241-51.

Cervero J. V., Martínez L. F. García G. B. 2006. Oxygen consumption and ventilatory frequency responses to gradual hypoxia in common dentex (*Dentex dentex*): Bases for suitable oxygen level estimations. *Aquaculture* 256: 542 – 551.

Cook J. T., Sutterlin A. M., McNiven M. A. 2000. Effect of food deprivation on oxygen consumption and body composition of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 188: 33 - 45.

Corredor M. A., Eslava P, Iregui C. A., Moreno P. A. 1997. Patologías branquiales de la cachama blanca *Piaractus brachypomus* en estanques de ceba. *Veterinaria al Día* 3: 5-11.

De Boeck G., Vlaeminch A., Van Der Linden A., Blust R. 2000. Salt stress and resistance to hypoxic challenge in the common carp (*Cyprinus carpio* L). *Journal of Fish Biology* 57: 761-776.

Eslava P. R., Hernández C. P., Gómez L. A. 1995. Efecto del estrés por manejo y transporte sobre los parámetros de hematología y química sanguínea de la cachama blanca *Piaractus brachypomus*. *Revista Acovez* 20: (4).

Guyton A. 2000. The circulation: In *Textbook of Medical Physiology*, 10^a Ed., Edit. Saunders Co., Philadelphia p 720.

Hernández A., Muñoz D., Ferraz de Lima J., De Fex R, Vasquez W. 1992. Estado actual del cultivo de *Colossoma* y *Piaractus* en Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela. *Boletín Red de Acuicultura*, 6: 3 - 27.

Herrera D. C., Eslava P, Iregui C. A. 1996. Aspectos de anatomía macro y microscópica del bazo de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Revista Acovez* 21(1): 16-21.

Iwama G., Takemura A., Takano K. 1997. Oxygen consumption rates of tilapia in fresh water, sea water, and hypersaline sea water. *Journal of Fish Biology* 51: 886 - 94.

Johnson N., Leone F. 1974. *Statistics and Experimental Design*. In: *Engineering and physical sciences*. New York: John Wiley, p. 241 - 44.

Liao Y., Lucas M. C. 2000. Growth, diet and metabolism of common wolf fish in the north sea, a fast-growing population. *Journal of fish Biology* 56: 810 -825.

Muñoz D., Vásquez W., Cruz-Casallas P. E. 1991. Reproducción inducida de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con mGnRH-A. *Boletín Red de Acuicultura* 5 (3): 3 – 6.

Muñoz D., Vasquez W., Cruz-Casallas, P. E. 1989. Inducción de la ovulación y el desove de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), con buserelina LH-RH análogo. III Reunión Red Nacional de Acuicultura (Cali, Valle).

Pardo C. S., Atencio G., Arias C. J. A. 1998. Contribución al conocimiento del aparato circulatorio de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), *Dalia* 3: 15-19.

Pardo S., Suarez M. H. 1991. Evaluación de tres niveles de administración de alimento en el periodo de ceba de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de los Llanos.

Rodríguez H., Polo R. G., Salazar G. 1993. *Fundamentos de acuicultura continental*. Bogotá, INPA.

Saint-Paul U. 1983. Investigations on the respiration of the neotropical fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalminidae). The influence of weight and temperature on the routine oxygen consumption. *Amazoniana* 7: 433 - 43.

Saint-Paul U. 1985. The neotropical serrasalmid *Colossoma macropomum*, a promising species for fish culture in Amazonia. *Animal Research Development* 22: 7 - 35.

Saint-Paul U. 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture* 54: 205 - 40.

- Sastre O. F., Hernández G., Cruz-Casallas P. E. 2004. Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 17 Supl: 11-16.
- Schurman H., Steffensen J. F. 1997. Effects of temperature, hypoxia and activity on the metabolism of juvenile Atlantic cod. Journal of Fish Biology 50: 1166 - 1180.
- Severi W., Rantin F. T., Fernandez M. N. 1997. Respiratory gill surface of the serrasalmid fish *Piaractus brachypomus*. Journal of Fish Biology 50:127-136.
- Siegel S. 1956. Nonparametric statistics for the behavioral science. New York: McGraw-Hill.
- Uran L. A., de Jesus J. W., Naranjo J., Hernández V. 1994. Evaluación del consumo de oxígeno a nivel metabólico de rutina en *Piaractus brachypomus* "Cachama blanca", con peso inferior a un kilogramo, Memorias Universidad de Antioquia.
- Valbuena M., Cruz-Casallas P. E., Velasco-Santamaría Y. M. 2006. Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno en yamú (*Brycon amazonicus* Spix & Agassiz 1829): reporte preliminar. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 19: 175 - 179.
- Valbuena-Villarreal R. D., Cruz-Casallas P. E. 2006. Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis sp*). Orinoquía 10(1): 57 - 63.
- Vásquez W., Gómez S. Z. 1996a. Efecto de los niveles de proteína y energía de la dieta sobre el desarrollo del ovario en la Cachama blanca *Piaractus brachypomus*. ACOVEZ 21(4): 10-16.
- Vásquez W., Gomez S. Z. 1996b. Histomorfología de ovocitos durante el proceso de maduración gonadal en la Cachama blanca *Piaractus brachypomus*. ACOVEZ 21(4):18-24.