



## Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno en yamú (*Brycon amazonicus* Spix & Agassiz 1829): reporte preliminar

Revista  
Colombiana de  
Ciencias  
Pecuarias

Mónica Valbuena<sup>1</sup>, MVZ, Yohana M Velasco-Santamaría<sup>2</sup>, MV; Pablo E Cruz-Casallas<sup>2</sup>, MVZ, MS, PhD

<sup>1</sup> Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA, Bogotá D.C.; <sup>2</sup> Grupo de Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos - GRITOX, Instituto de Acuicultura, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, A.A 110, Villavicencio, Meta - Colombia.  
pecruz@telecom.com.co

(Recibido: 18 abril, 2006; aceptado: 15 marzo, 2006)

### Resumen

Con el propósito de evaluar los efectos del peso corporal sobre el consumo de oxígeno en yamú (*Brycon amazonicus*), ejemplares de 100, 200, 400, 800 y 1600 g de peso corporal fueron alojados en un respirómetro de 172 L de capacidad y registrado el consumo de oxígeno cada cinco minutos durante dos a cuatro horas, utilizando una sonda multiparamétrica YSI 556. La temperatura del agua se mantuvo a  $28 \pm 1$  °C. Los resultados mostraron una relación inversa entre la tasa de consumo de oxígeno y el peso corporal, ya que los animales de menor talla registraron un mayor consumo de oxígeno por unidad de peso que aquellos de pesos superiores. Esta relación generó la siguiente ecuación de regresión:  $Y = 583.7 - 64.9 \ln(X)$ , donde Y es el consumo de oxígeno en mg/kg/h y  $\ln(X)$  el logaritmo natural del peso corporal expresado en gramos ( $r^2 = 0.92$ ,  $n = 5$ ).

**Palabras clave:** oxígeno, peces, respirómetro, trópico, Yamú.

### Introducción

La piscicultura es el sistema de producción animal que mayor crecimiento ha registrado durante los últimos años en Colombia, particularmente en los Llanos Orientales. Entre los peces cultivados en esta región del país, el yamú (*Brycon amazonicus* Spix & Agassiz 1829) es una de las especies nativas con mayor potencial productivo (2), debido a su rápido crecimiento, calidad y valor comercial de su carne (21), aceptación de alimentos concentrados y adaptación a las condiciones de cultivo en estanques (3, 4).

Por esta razón, durante los últimos diez años varias investigaciones han sido llevadas a cabo en esta especie, orientadas fundamentalmente al conocimiento de su biología (2; 15); condiciones de cultivo (3, 5; 28); nutrición y alimentación (1, 4, 8), hematología y química

sanguínea (7), crioconservación de gametos, (13) y características seminales (12); Sin embargo, parámetros fisiológicos como consumo de oxígeno ( $O_2$ ) o tasa respiratoria aún no han sido reportados en la literatura internacional (17).

El consumo de oxígeno ha sido objeto de investigación en más de 300 especies de peces, pertenecientes principalmente a las familias *Cichlidae*, *Ciprinidae* y *Salmonidae* (17). De la familia *Characidae*, a la cual pertenece el yamú, únicamente se ha reportado para *Colossoma macropomum* (24), *Piaractus brachypomus* (26), *Exodon paradoxus*, (6) y *Pygocentrus nattereri* (23), estas últimas dos especies de poca importancia comercial.

La concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua es una de las variables más importantes para la

existencia de vida acuática (29); por lo tanto, en el estudio de factibilidad de un proyecto acuícola debe tenerse en cuenta, no sólo la disponibilidad del OD, sino los requerimientos de O<sub>2</sub> de la especie o especies a ser cultivadas. Un suministro deficiente de este elemento puede ocasionar considerables pérdidas económicas, debido a sus efectos negativos sobre la ganancia de peso y la conversión alimenticia, así como por muerte súbita de animales. Las fallas en el suministro de O<sub>2</sub> han sido consideradas como la causa principal de las pérdidas registradas en el cultivo de tilapia (18).

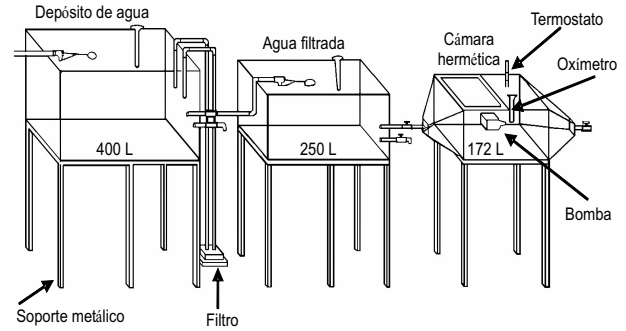
En cachama blanca (*Piaractus brachyomus*), ha sido reportada recientemente una relación inversa entre el consumo de O<sub>2</sub> por unidad de peso corporal y la talla de los animales (26); sin embargo, aún no se dispone de esta información en yamú. En consecuencia, el propósito del presente trabajo fue contribuir al perfeccionamiento del paquete tecnológico para el cultivo de la especie, determinando los efectos del desarrollo corporal sobre el consumo de O<sub>2</sub>, bajo condiciones de temperatura controlada.

### Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en la Estación Piscícola del Instituto de Acuicultura (IALL) de la Universidad de los Llanos (UNILLANOS), localizada a 4 km de la ciudad de Villavicencio, capital del departamento del Meta, a 418 msnm, con temperatura promedio anual de 25 °C, precipitación pluvial de 4050 mm y humedad relativa de 75%.

Se utilizaron individuos no sexados de yamú obtenidos por reproducción inducida a partir de ejemplares criados y mantenidos en cautiverio. Previo a los experimentos, la población fue alojada en estanques de tierra a una densidad de 300 g por m<sup>2</sup>, con recambio diario de agua del 5% y alimentados una vez por día, seis veces por semana, a razón del 3% del peso vivo con alimento peletizado de 25% de proteína bruta (Purina®, Bogotá, Colombia).

Las determinaciones del consumo de O<sub>2</sub> fueron realizadas en un respirómetro de construcción local, el cual consistió de una cámara hermética de vidrio, con 172 L de capacidad, la cual se llenó con agua filtrada a través de un dispositivo de arena y carbón activado (véase Figura 1).



**Figura 1.** Representación esquemática del respirómetro utilizado para la determinación del consumo de oxígeno en yamú (*Brycon amazonicus*). Obsérvese la cámara hermética de 172 L de capacidad, donde son alojados los peces.

Para monitorear el consumo de O<sub>2</sub> se empleó una sonda multiparamétrica YSI 556 (MPS 556, Yellow Springs Instruments, Ohio, USA), programada para registrar automáticamente cada cinco minutos la concentración de O<sub>2</sub>. Dentro de la cámara del respirómetro el agua se mantuvo en permanente movimiento mediante una bomba sumergida con capacidad de 200 gal/h. Para controlar los efectos de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno, esta variable se mantuvo a  $28 \pm 1$  °C durante todo el periodo de observación. Para cada experimento se permitió un periodo de adaptación de 1 h, conservando durante este tiempo la concentración de O<sub>2</sub> por encima del 90% del nivel de saturación, mediante aireación permanente.

### Material biológico y diseño experimental.

Siguiendo un diseño completamente aleatorio, se utilizaron 105 peces, clasificados de acuerdo con su desarrollo corporal en cinco grupos experimentales, así: 50 peces de 90 a 110 g (G100); 25 peces de 190 a 210 g (G200), 12 peces de 390 a 410 g (G400), 10 peces de 790 a 810 (G800) y 5 peces de 1550 a 1600 g (G1600). El peso promedio de la biomasa total para cada repetición fue: G100= 1000 g (10 peces), G200= 1000 g (5 peces), G400= 1200 g (3 peces), G800= 1600 g (2 peces) y G1600= 1575 g (1 pez), realizando para todos los grupos cinco 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 cinco grupos experimentales. 24h 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 (Minerallano®, Villavicencio, Colombia).

El protocolo para la medición del consumo de O<sub>2</sub> fue ajustado a partir del reportado previamente por Sastre *et al* (26) para cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), el cual consistió fundamentalmente en los siguientes pasos: 1) llenado de la cámara del respirómetro con agua filtrada, 2) aumento de la concentración de O<sub>2</sub> hasta el nivel de saturación (ca. 7.8 mg/L) burbujeando O<sub>2</sub> comprimido a través de una manguera de ¼ de pulgada, 3) ubicación de los peces dentro de la cámara del respirómetro, 4) durante 1 h, conservar la cámara del respirómetro abierta y mantener la concentración de O<sub>2</sub> por encima del 90% del nivel de saturación, mediante aireación permanente o burbujeando intermitentemente O<sub>2</sub> comprimido, 5) cerrar la cámara del respirómetro herméticamente, 6) durante 4 h, o hasta que la concentración de O<sub>2</sub> sea inferior a 2 mg/L, registro de la concentración de O<sub>2</sub> cada 5 min. En todos los casos, la cámara fue cubierta con láminas de icopor para proteger los peces de la luz excesiva y cualquier otra perturbación generada por la presencia del investigador.

#### Análisis estadístico

El consumo de O<sub>2</sub> fue expresado en mg/kg/h calculado con base en la disminución de la concentración de O<sub>2</sub> observada durante un determinado periodo de tiempo. Inicialmente se hizo estadística descriptiva de los datos y posteriormente, para analizar los efectos del peso corporal sobre el consumo de O<sub>2</sub>, éstos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de Tukey (27). Finalmente, fueron realizadas pruebas de regresión logarítmica (logaritmo natural) con el fin de establecer la relación entre el consumo de O<sub>2</sub> y el peso corporal. Previo a cualquier análisis estadístico, los datos fueron sometidos a pruebas de Bartlett (19) 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 y GraphPad InStat v2.01 (1990 - 1993).

## Resultados

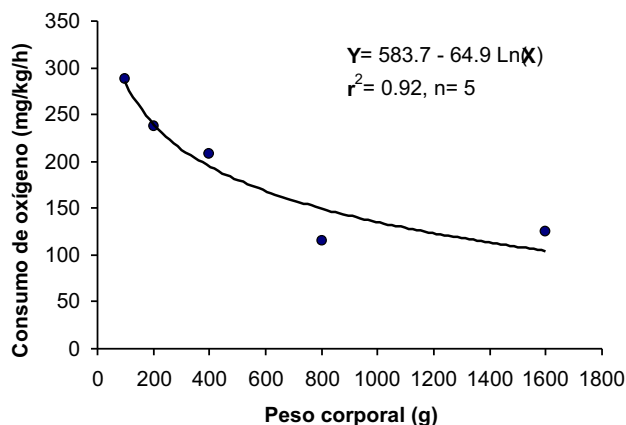
La tabla 1 muestra los valores de consumo de oxígeno para cada uno de los grupos de peso corporal. Los grupos de mayor peso corporal (G800 y G 1600) registraron las menores tasas de consumo de O<sub>2</sub>, siendo inferior a la mitad de la cantidad consumida por el grupo G100.

La relación entre el peso corporal y el consumo de O<sub>2</sub> fue negativa y se ajustó a una curva de regresión logarítmica, como se ilustra en la Figura 2. La ecuación de regresión resultante fue  $Y = 583.7 - 64.9 \ln(X)$ , donde Y es el consumo de oxígeno en mg/kg/h y Ln(X) el logaritmo natural del peso corporal expresado en gramos ( $r^2 = 0.92$ ,  $n = 5$ ).

**Tabla 1.** Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno de yamú (*Brycon amazonicus*). Los valores corresponden a la media ± SEM. El número entre paréntesis indica el número de animales de cada repetición.

Grupo	Repeticiones	Consumo de oxígeno (mg/kg/h)
G100 (10)	5	288.5 ± 32.4 <sup>a</sup>
G200 (5)	5	237.0 ± 31.3 <sup>ab</sup>
G400 (3)	5	208.6 ± 36.2 <sup>abc</sup>
G800 (2)	5	114.7 ± 5.0 <sup>c</sup>
G1600 (1)	5	124.6 ± 13.4 <sup>bc</sup>

<sup>a, b, c</sup> Medias con distintas letras, son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).



**Figura 2.** Curva y ecuación de regresión logarítmica (logaritmo natural) entre el consumo de oxígeno y el peso corporal en yamú (*Brycon amazonicus*). Cada punto representa la media de cinco observaciones.

## Discusión

Los resultados obtenidos son consistentes con observaciones previas realizadas en otras especies de

carácidos tropicales (25, 26), confirmando la existencia de una relación inversa entre el peso corporal y el consumo de O<sub>2</sub>, reportada en otras especies (16). La mayor tasa de consumo de O<sub>2</sub> de animales pequeños se ha atribuido a su mayor tasa metabólica (10, 22). De hecho, la tasa de consumo de O<sub>2</sub> ha sido utilizada universalmente como una alternativa para medir la actividad metabólica en diversas especies acuáticas (14, 10).

Las tasas de consumo de O<sub>2</sub> observadas en yamú son comparables con las reportadas por Sastre *et al* para cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) (26). Por ejemplo, yamús de 200 g de peso corporal consumieron 237 mg/kg/h de O<sub>2</sub>, mientras que ejemplares de cachama blanca de la misma talla utilizaron 258 mg/kg/h. La pequeña diferencia observada puede atribuirse a que el registro para cachama blanca fue realizado bajo una condición de temperatura del agua ligeramente superior (34 °C). Varios investigadores han observado una relación directa entre la temperatura del agua y la tasa respiratoria de los peces (24, 26). La temperatura acelera las reacciones químicas en general y, por lo tanto, aumenta el consumo de O<sub>2</sub> de los seres vivos (25). Además, las altas temperaturas reducen la solubilidad del oxígeno en el agua y la afinidad de la hemoglobina por el O<sub>2</sub> en el torrente circulatorio del pez (9).

### Summary

*Effects of the body weight on the routine oxygen consumption of yamú (Brycon amazonicus): preliminary report.*

With the aim to evaluate the effects of the body weight on the oxygen consumption in yamú (*Brycon amazonicus*), fish of 100, 200, 400, 800 and 1600 g of body weight were maintained in a respirometer with a capacity of 172 L and the oxygen consumption was register each 5 min during 2 to 4 h, using a multi-probe system YSI 556. The water temperature was maintained at  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ . The results showed an inverse relationship between the oxygen consumption and the body weight, because the animals of smaller size registered a higher oxygen consumption for unit of body weight than those of superior size. This relationship generated the following regression equation:  $Y = 583.7 - 64.9 \ln(X)$ , where  $Y$  is the oxygen consumption in  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  and  $\ln(X)$  the natural logarithm of the corporal weight expressed as grams ( $r^2 = 0.92$ ,  $n = 5$ ).

**Key words:** oxygen consumption, respirometer, tropical fishes, yamú.

La ecuación de regresión obtenida permite inferir sobre la cantidad de O<sub>2</sub> requerida de acuerdo con el peso corporal de los animales cultivados y por lo tanto, prever las necesidades de O<sub>2</sub> según la densidad de siembra o cantidad de biomasa presente en determinado cuerpo de agua. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones adicionales para determinar el consumo de O<sub>2</sub> real de alevinos y juveniles, los cuales deben presentar una mayor actividad metabólica, tal como fue observado en trucha café (*Salmo trutta*) (11) y carpa común (*Cyprinus Carpio*) (20). Igualmente, es necesario explorar la variación del consumo de O<sub>2</sub> por efectos de los cambios de temperatura, cuya magnitud puede variar según la especie (6).

Finalmente, es necesario definir los niveles críticos de concentración de O<sub>2</sub> tolerados por esta especie, la cual puede ser aquella que provoque cambios significativos en la frecuencia de ventilación y en el mismo consumo de O<sub>2</sub> de los animales o que reduzca parámetros productivos como la ganancia de peso y la conversión alimenticia.

### Agradecimientos

Los autores manifiestan su gratitud al profesor Dr. Fernando Gallego por sus aportes en la realización del trabajo y al Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos por el apoyo logístico.

## Referencias

1. Arias, CJ. Avances en la nutrición y alimentación del yamú. Memorias VII Jornada de Acuicultura. Tercera reunión regional del género *Brycon*. Instituto de Acuicultura de los Llanos (IALL) – Universidad de los Llanos 2001; p. 4-8.
2. Arias CJ. Contribución al conocimiento biológico de los peces de los llanos, yamú (*Brycon siebenthalae*) y Sapuara (*Semaprochilodus laticeps*), con fines de cultivo. Informe Final. Universidad de los Llanos - Colciencias 1995; 65 p.
3. Arias CJ, Murillo PR; Parada SL; Rodríguez CM; García JA; et al. El cultivo del yamú en la región del Ariari del Departamento del meta. Memorias VI jornada de acuicultura. Segunda reunión general del género *Brycon*. IALL. UNILLANOS 2000; p.4-9.
4. Arias CJ, Rodríguez SC. Experimentos con tres niveles de proteína, en la ración para el engorde de yamú, *Brycon siebenthalae*. Memorias VI jornada de Acuicultura. Segunda reunión regional del género *Brycon*. IALL – Unillanos 2000; p.14-16.
5. Arias CJ, Pardo CS. Ensayos en parcelas de monocultivo de yamú en tres densidades de siembra. Memorias primera jornada regional de avances en piscicultura del yamú. Unillanos, Acuoriente-Inpa-Agropesca. 1998; p. 7.
6. Beamish FW. Swimming performance and metabolic rate of three tropical fishes in relation to temperature. *Hydrobiologia* 1981; 83:245-54.
7. Benavides BC. Valoración hematológica y química sanguínea en el yamú (*Brycon siebenthalae*). Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los llanos, Villavicencio, 2002. 139p.
8. Bernal RJ, Cala P. Composición de las dieta alimenticia del yamú (*Brycon siebenthalae*) (Pisces: Characidae) en la parte media del río Guayabero, sistema del alto río Guaviare, Colombia. *Dalia* 1997; 2:55-63.
9. Brix O, Solveig T, Colosimo A. Temperature acclimation modulates the oxygen binding properties of the Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) genotypes -*HbI\*1/1*, *HbI\*1/2*, and *HbI\*2/2*- by changing the concentrations of their major hemoglobin components (results from growth studies at different temperatures). *Comp Biochem Phys A* 2004; 138: 241-51.
10. Brown JA, Jones A, Matty JA. Oxygen metabolism of farmed turbot (*Scophthalmus maximus*)L. The influence of fish size and water temperature on metabolic rate. *Aquaculture* 1984; 36:273-81.
11. Carrick TR. Oxygen consumption in the fry of brown trout (*Salmo trutta* L.) related to pH of the water. *J Fish Biol* 1981; 18:73-80.
12. Cruz-Casallas PE, Lombo-Rodríguez DA, Velasco-Santamaría YM. Milt quality and spermatozoa morphology of captive *Brycon siebenthalae* (Eigenmann) broodstock. *Aquacult Res* 2005; 36:682-86.
13. Cruz-Casallas PE, Pardo-Carrasco SC, Arias-Castellanos JA, Lombo-Castellanos PE, Lombo-Rodríguez DA, Pardo-Mariño JE. Cryopreservation of yamú *Brycon siebenthalae* Milt. *J World Aquacult Soc* 2004; 35:529-35.
14. Degani G, Levanon D. The relationship between ammonia production and oxygen concentration in water and the biomass of eels and level of protein in the diet of *Anguilla anguilla* L. *Aquacul Engineering* 1988; 7:235-44.
15. Eslava PR. Aspectos morfológicos del sistema digestivo del yamú (*Brycon siebenthalae*). Memorias VII Jornada de Acuicultura. Tercera reunión regional del género *Brycon* 2001; p.14-19.
16. Froese R. Relationship between body weight and loading densities in fish transport using the plastic bag method. *Aquacult Fish Manage* 1988; 19:275-81.
17. Froese R, Pauly D. FishBase 2005. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (07/2005).
18. Iwama G, Takemura A, Takano K. Oxygen consumption rates of tilapia in fresh water, sea water, and hypersaline sea water. *J Fish Biol* 1997; 51:886-94.
19. Johnson N, Leone F. Statistics and Experimental Design. In: Engineering and physical sciences. New York: John Wiley; 1974. p.241-44.
20. Korovin VA. Metabolic rate of the underyearling of the carp, *Cyprinus carpio*, adapted to different water temperatures. *J Ichthyol* 1976. 16:168-72.
21. Lugo RL. Determinación de hábitos alimenticios, madurez sexual y desove en tres especies ícticas de la cuenta del río Tomo Vichada y consideraciones para el mantenimiento de padrotes. *Inf. Final Univ. Tec. de los Llanos-COLCIENCIAS-COINCO* 1989; 137p.
22. McLean WE, Jorgen OT, Donald FA. Oxygen consumption rates and water flow requirements of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in the fish culture environment. *Aquaculture* 1993; 109:281-313.
23. Pauly D. Quantitative analysis of published data on the growth, metabolism, food consumption, and related features of the red-bellied piranha, *Serrasalmus nattereri* (Characidae). *Environ Biol Fish* 1994; 41:423-37.
24. Saint-Paul U. Investigations on the respiration of the neotropical fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalimidae). The influence of weight and temperature on the routine oxygen consumption. *Amazoniana* 1983; 7:433-43.
25. Saint-Paul U. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture* 1986; 54:205-40.
26. Sastre OF, Hernández G, Cruz-Casallas PE. Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). *Rev Col Cienc Pec* 2004; 17(suplemento):11-16.
27. Siegel S. Nonparametric statistics for the behavioral science. New York: McGraw-Hill; 1956.
28. Torres QE. Apuntes sobre el cultivo del yamú en los Llanos Orientales. Memorias de la VI jornada de Acuicultura. Segunda reunión regional del género *Brycon* IALL. Unillanos 2000; p.9-10.
29. Wedler E. Introducción en la acuicultura con énfasis en los neotrópicos. 1ª ed. Santa Marta (Colombia): Universidad del Magdalena; 1988.