

# ARTÍCULOS ORIGINALES

## Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*)

Oscar F Sastre<sup>1</sup> MVZ; Gilma Hernández<sup>1</sup> MVZ, MS; Pablo E Cruz Casallas<sup>1</sup> MVZ, MS, PhD

<sup>1</sup>Instituto de Acuicultura, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales,  
Universidad de los Llanos, A. A. 2621, Villavicencio, Colombia.  
pecruz@telecom.com.co

(Recibido: 15 marzo, 2004; aceptado: 28 mayo, 2004)

### Resumen

*El conocimiento del consumo de oxígeno ( $O_2$ ) por las especies ícticas cultivadas es importante para determinar la concentración mínima de oxígeno disuelto (OD) que debe mantenerse en los estanques de cultivo o la densidad máxima que puede alojarse en determinado cuerpo de agua. El presente estudio investigó los efectos de la temperatura del agua y del peso corporal sobre el consumo de  $O_2$  de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). Se empleó un respirómetro de 172 l de capacidad y agua filtrada a través de un dispositivo de carbón activado y arena. Se evaluaron tres temperaturas: 18°, 24° y 34° C y tres grupos de animales de diferente peso corporal: 125 peces de 27 a 32 g (G30g); 25 peces de 170 a 190 g (G180g) y 10 peces de 460 a 500 g (G480g); de cada grupo se utilizaron aproximadamente 1000 g de pez para cada repetición ( $n = 6$ ). La concentración de  $O_2$  fue monitoreada cada 5 min con una sonda multiparamétrica YSI 556. Los resultados revelaron que existe una relación negativa entre el peso corporal y el consumo de  $O_2$  por unidad de peso, mientras que la temperatura del agua puede aumentar la demanda de  $O_2$ , independientemente del peso corporal.*

**Palabras clave:** *demanda de oxígeno, peces tropicales, respirómetro*

### Introducción

La piscicultura es el sistema de producción animal que durante los últimos años ha registrado mayor crecimiento, particularmente en la región del piedemonte llanero colombiano. La Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) es un pez de escama, nativo de las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas, ampliamente cultivada en los Llanos Orientales de Colombia (1, 5). Aunque se han realizado varias investigaciones sobre esta especie, parámetros fisiológicos tales como consumo de oxígeno ( $O_2$ ), función cardiorrespiratoria y química sanguínea, aún no han sido definidos completamente, lo cual constituye un factor limitante para la tecnificación del cultivo de la especie.

Entre los gases presentes en el agua, el oxígeno disuelto (OD) es el más importante para determinar la

existencia de la vida acuática (13) y su deficiencia ha sido considerada responsable de más del 60% de las pérdidas en acuicultura (6). En los sistemas de cultivo dos factores son determinantes para definir la capacidad de carga de un cuerpo de agua: 1) la concentración de OD y, 2) el requerimiento de  $O_2$  de la especie cultivada. La medición del primer factor se realiza rutinariamente en las granjas piscícolas; sin embargo, el conocimiento del requerimiento de  $O_2$  implica la realización de experimentos controlados, teniendo en cuenta las diferentes variables que afectan tanto el consumo de  $O_2$  como su solubilidad en el agua (4).

Es ampliamente conocido que la temperatura es un factor que afecta el metabolismo respiratorio y la excreción de amonio en las especies acuáticas.

Estudios realizados por Chu Chen y Tao Kou (2), revelaron que el consumo de O<sub>2</sub> y la excreción de nitrógeno total se incrementan con el aumento de la temperatura. Por otra parte, la excreción de nitrógeno se incrementa con el estado de desarrollo del animal, su estado nutricional y el tipo de comida suministrada. Sin embargo, aún no se conoce la magnitud de tal incremento cuando la especie cultivada es Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). En consecuencia, con el propósito de contribuir al perfeccionamiento del paquete tecnológico para el cultivo de la especie, el presente trabajo evaluó los efectos de la temperatura del agua sobre el consumo de O<sub>2</sub> durante tres etapas de desarrollo corporal.

### Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en la Estación Piscícola del Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos (IALL – UNILLANOS), localizada a 12 Km. de la ciudad de Villavicencio, capital del departamento del Meta, ubicada a 418 m.s.n.m. El clima se caracteriza por una temperatura promedio anual de 25° C, precipitación pluvial de 4050 mm y humedad relativa de 75%.

Fueron utilizados individuos machos y hembras 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 500g 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 (12).

Los efectos del peso corporal y de la temperatura sobre el consumo de O<sub>2</sub> fueron determinados en un respirómetro, el cual consistió de una cámara hermética construida en vidrio, de 172 L de capacidad, llena con agua filtrada a través de un dispositivo de arena y carbón activado. Para monitorear el consumo de O<sub>2</sub> se empleó una sonda multiparamétrica YSI 556 (MPS 556, Yellow Springs Instruments, Ohio, EEUU), programada para registrar automáticamente la concentración de O<sub>2</sub> cada 5 min. Dentro de la cámara del respirómetro el agua se mantuvo en permanente movimiento mediante una bomba sumergida con capacidad de 200 gal/h.

Se evaluaron tres condiciones de temperatura del agua, en el siguiente orden: 34°, 24° y 18° C, las cuales

corresponden al valor máximo, promedio y mínimo, respectivamente, de temperatura del agua reportados para el año 2001 por la estación meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), localizada a 500 m del lugar donde fueron llevados a cabo los experimentos. La temperatura se ajustó utilizando hielo o agua caliente según el caso. La variación de la temperatura dentro de la cámara del respirómetro durante los períodos de lectura fue siempre inferior a 1.0°C. Para cada temperatura se permitió un período de adaptación de 1 h, conservando durante este tiempo la concentración de O<sub>2</sub> por encima del 90% del valor de saturación.

Como material biológico se emplearon 160 peces, clasificados de acuerdo con su desarrollo corporal en tres grupos experimentales, así: 125 peces de 27 a 32 g (G30g); 25 peces de 170 a 190 g (G180g) y 10 peces de 460 a 500 g (G480g). De cada uno de los grupos se utilizaron aproximadamente 1000g de pez para conformar cada una de las seis repeticiones, evitando que un mismo pez fuera utilizado en más de dos oportunidades. Las repeticiones fueron realizadas en días consecutivos, alternando los tres grupos experimentales. Veinticuatro horas antes de cada experimento, al grupo de animales correspondiente le fue suspendida la alimentación y trasladado a un estanque circular de asbesto-cemento con agua y 3 ppt (partes por mil) de NaCl (sal común – Minerallano<sup>®</sup>).

Para cada repetición fue seguido el siguiente protocolo: 1) llenar la cámara del respirómetro con agua filtrada, 2) ajustar la temperatura del agua a 34°C adicionando agua tibia, 3) aumentar la concentración de O<sub>2</sub> hasta el nivel de saturación (ca. 7.1 mg/l) burbujeado O<sub>2</sub> comprimido a través de una manguera de ¼ de pulgada, 4) colocar los peces dentro de la cámara del respirómetro, 5) durante 1 h, conservar la cámara del respirómetro abierta y mantener la concentración de O<sub>2</sub> por encima del 90% de nivel de saturación, 6) cerrar la cámara del respirómetro herméticamente, 7) durante 2 h o hasta que la concentración de O<sub>2</sub> sea inferior a 2 mg/l, registrar la temperatura del agua y la concentración de O<sub>2</sub> cada 5 min, 8) abrir la cámara del respirómetro y ajustar la temperatura a 24° C, retirando agua y reemplazándola por agua fría y (o) adicionado pequeños bloques de hielo, 9) aumentar la concentración de O<sub>2</sub> hasta el nivel de saturación (ca. 8.4 mg/l) burbujeado O<sub>2</sub> comprimido a través de una manguera de ¼ de pulgada, 10) seguir

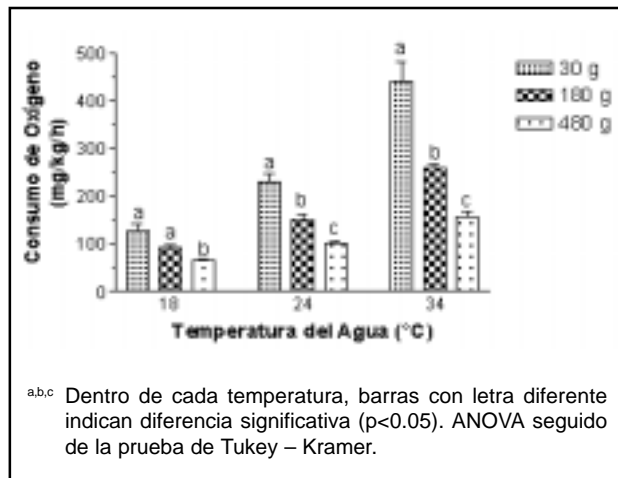
lo descrito en los numerales 5, 6 y 7, 11) abrir la cámara del respirómetro y ajustar la temperatura a 18°C, retirando agua y reemplazándola por agua fría y adicionado pequeños bloques de hielo, 12) aumentar la concentración de O<sub>2</sub> hasta el nivel de saturación (ca. 10.6 mg/l) burbujeadO<sub>2</sub> comprimido a través de una manguera de ¼ de pulgada, 13) continuar como descrito en el numeral 10; 14) retirar los peces. En todos los casos la cámara fue recubierta con láminas de icopor para proteger los peces de la luz excesiva y cualquier otra perturbación generada por la presencia del investigador.

*Análisis estadístico*

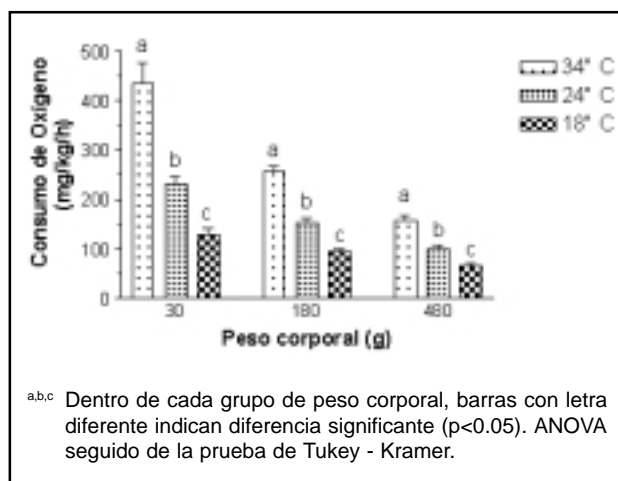
El consumo de O<sub>2</sub> fue expresado en mgO<sub>2</sub>/kg/h, calculado con base en la disminución de la concentración de O<sub>2</sub> observada durante un período de tiempo determinado. Inicialmente los datos fueron descritos estadísticamente y posteriormente sometidos a análisis de varianza (ANOVA), seguida de la prueba de Tukey – Kramer (10), para determinar los efectos del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de O<sub>2</sub>. Finalmente, fueron realizadas pruebas de regresión no lineal con el fin de establecer la relación entre el consumo de O<sub>2</sub> y el peso corporal, bajo cada una de las condiciones de temperatura de agua estudiadas. Previo a cualquier análisis estadístico, los datos fueron sometidos a pruebas de Bartlett (7) 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.

**Resultados**

La figura 1 ilustra el consumo de O<sub>2</sub> por cada uno de los grupos experimentales, bajo las tres condiciones de temperatura estudiadas. El peso corporal afectó significativamente (p<0.05) el consumo de O<sub>2</sub> de los peces, ya que peces de menor peso consumieron más O<sub>2</sub> por unidad de peso corporal que peces grandes. Por ejemplo, a 34° C, peces de 30 g consumieron casi tres veces más O<sub>2</sub> que peces de 480 g (434.9 ± 41.1 vs. 127.36 ± 14.4 mgO<sub>2</sub>/kg/h, respectivamente). Resultados similares fueron observados a 24°C y 18°C; sin embargo, bajo estas dos últimas condiciones de temperatura del agua, las diferencias fueron menos notables.



**Figura 1.** Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno (mgO<sub>2</sub>/kg/h) de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*), bajo tres condiciones de temperatura del agua. Son ilustradas las medias ± error estándar.



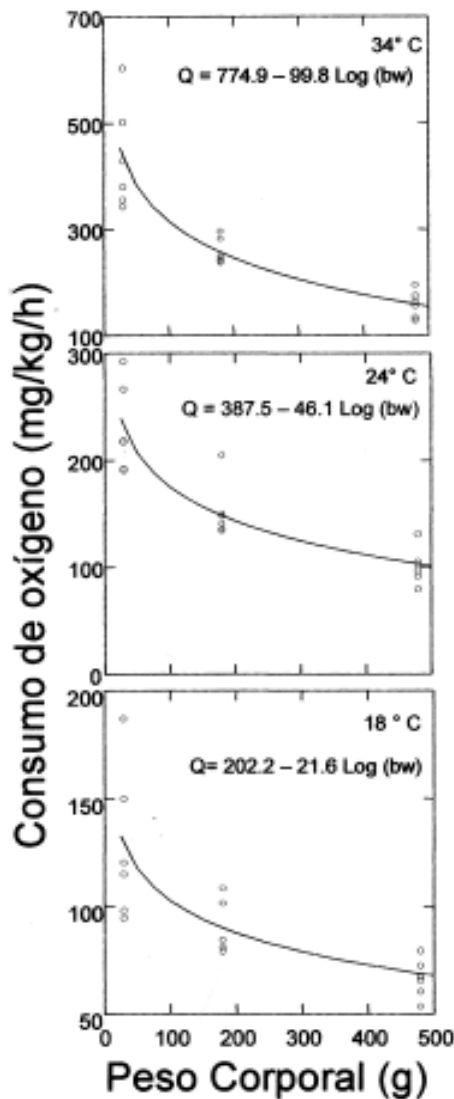
**Figura 2.** Efectos de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno(mgO<sub>2</sub>/kg/h) de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*), durante tres diferentes etapas de desarrollo corporal. Son ilustradas las medias ± error estándar.

Los efectos de la temperatura del agua sobre el consumo de O<sub>2</sub> son ilustrados en la figura 2. Aunque la magnitud de las diferencias en el consumo de O<sub>2</sub> variaron de acuerdo con el desarrollo corporal, en todos los tres grupos experimentales se observó una relación positiva entre la temperatura del agua y el consumo de O<sub>2</sub>, encontrándose diferencias significantes (p<0.05) entre todos los grupos estudiados. Nuevamente, las diferencias fueron mucho más evidentes en el grupo de menor desarrollo corporal. Por ejemplo, peces de 30 g consumieron a 34° C 434.9 ± 41.1 mgO<sub>2</sub>/kg/h, mientras que a 18° C apenas 127.3 ± 10.3 mgO<sub>2</sub>/kg/h (p<0.05).

Para cada una de las condiciones de temperatura estudiadas, la figura 3 muestra la relación entre el consumo de oxígeno y el peso corporal. Las ecuaciones de regresión fueron las siguientes:

Para 34° C,  $Q = 774.9 - 99.8 \text{ Log (bw)}$ ,  $R^2 = 0.97$ ,  
 para 24° C,  $Q = 387.5 - 46.1 \text{ Log (bw)}$ ,  $R^2 = 0.97$ ,  
 para 18° C,  $Q = 202.2 - 21.6 \text{ Log (bw)}$ ,  $R^2 = 0.96$ ,

Donde Q = Consumo de Oxígeno ( $\text{mgO}_2/\text{kg/h}$ ),  
 bw = peso corporal (g) y  $R^2$  = coeficiente de determinación.



**Figura 3.** Curvas y ecuaciones logarítmicas de la regresión entre el consumo de oxígeno ( $\text{mgO}_2/\text{kg/h}$ ) y el peso corporal en Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*), bajo tres diferentes condiciones de temperatura del agua.

## Discusión

Los resultados reportados aquí muestran que, entre otros factores, la demanda de oxígeno por individuos de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) depende de la temperatura del agua y del peso corporal de los peces. La relación entre el peso corporal y el consumo de  $\text{O}_2$  presentó una relación inversa, ya que animales de menor peso consumieron mayor cantidad de  $\text{O}_2$  por unidad de peso corporal que individuos de pesos superiores. Esta observación permite inferir que animales con pesos corporales mayores a 300g podrían tolerar un mayor tiempo de exposición a ambientes acuáticos con concentraciones de  $\text{O}_2$  disminuidas; sin embargo, un valor crítico para la especie no pudo ser determinado.

La relación entre el consumo de  $\text{O}_2$  y la temperatura del agua fue directamente proporcional: el consumo de  $\text{O}_2$  se incrementó considerablemente a medida que la temperatura del agua aumentó. Este resultado confirma la importancia que para las explotaciones piscícolas tiene las fluctuaciones de la temperatura del agua, la cual no solamente determina la solubilidad de los gases en el medio acuático, sino también la demanda de  $\text{O}_2$  por los organismos cultivados (9).

La temperatura del agua puede afectar la obtención de  $\text{O}_2$  por parte de los peces de tres diferentes formas: 1) provocando un aumento del metabolismo y por lo tanto de los requerimientos de  $\text{O}_2$ ; 2) disminuyendo la solubilidad del gas de forma que los animales deban bombear más cantidad de agua a través de las branquias para obtener la misma cantidad de  $\text{O}_2$  y, 3) afectando negativamente la afinidad de la hemocianina por el  $\text{O}_2$ , lo cual incrementa la necesidad de  $\text{O}_2$  en el torrente circulatorio del pez.

La mayoría de estudios que evalúan el consumo de  $\text{O}_2$  en especies acuáticas han sido realizados principalmente en especies de agua fría (3,8). En estas especies, el consumo es mucho menor en comparación con los resultados obtenidos en Cachama Blanca, ya que aún individuos de la menor talla estudiada (30 g), presentaron un mayor consumo de  $\text{O}_2$  mayor, cuando comparadas con grupos de igual o mayor tamaño de especies de agua fría e inclusive superior que aquel observado en salmones transgénicos, los cuales, a pesar de poseer una tasa metabólica elevada (3), no alcanzaron a tener consumos semejantes a los reportados aquí por la Cachama Blanca.

Bajos niveles de consumo de O<sub>2</sub> son comunes en especies de agua fría, especialmente en aquellas caracterizadas por ser sedentarias y con escasas habilidades de nado, lo que les permite conservar energía para su mantenimiento. Según Val (11), la cachama no es una especie sedentaria, sino que posee hábitos de comportamiento migratorio y de alta actividad de nado, lo cual podría explicar los altos consumos de oxígeno encontrados en el presente trabajo.

Tomados en conjunto, los actuales resultados permiten recomendar aumentar la concentración de O<sub>2</sub> en los sistemas de cultivo, conforme aumenta la temperatura del agua y disminuye el peso corporal de los animales cultivados. Sin embargo, aún es necesario definir los niveles de concentración crítica de O<sub>2</sub>, que puede ser aquella que provoque cambios significativos en la frecuencia de ventilación y en el mismo consumo de oxígeno por los animales.

### 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. Los autores agradecen las correcciones y contribuciones del Profesor MS Pedro René Eslava y Prof. Dr. Wálter Vásquez Torres, durante la preparación del manuscrito.

### Summary

*Influence of body weight and water temperature on the routine oxygen consumption of cachama (Piaractus brachypomus).*

*The knowledge of oxygen consumption for the culture of aquatic species is important to determinate the minimum concentration of dissolved oxygen (DO) that must be maintained in the pool or the maximum density that can be cultivated in any water body. This work investigated the effects of the water temperature and the body weight on the oxygen consumption in Cachama Blanca (Piaractus brachypomus). A respirometer with a capacity of 172 l was used and had been supplied with tap water through activate charcoal and sand filter. Three temperatures were evaluated: 18°, 24° y 34° C and three animal groups of different body weight: 125 fish from 27 to 32 g (G30g); 25 fish from 170 to 190 g (G180g) and 10 fish from 460 to 500 g (G480g); of each group approximately 1000 g of fish were used in each replicate (n = 6). The oxygen concentration was monitored each 5 min with a MPS YSI 556. The results showed that a negative relationship exist between body weight and oxygen consumption, while the water temperature can increase the oxygen demand, independently of body weight.*

**Key words:** oxygen demand, respirometer, tropical fish.

### Referencias

1. Arias CJA. Apuntes sobre el cultivo de la cachama en el Meta. Agrometa. 1988; 20: 9-10.
2. Chu Chen J, Tau Kou T. Effects of temperature on oxygen consumption and nitrogenous excretion of juvenile *Macrobrachium rosenbergii*. Aquacult. 1996; 145: 295 -303.
3. Cook JT, Sutterlin AM, Mcniven MA. Effect of food deprivation on oxygen consumption and body composition of growth - enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquacult. 2000; 188: 33-45.
4. De Boeck G, Vlaeminch A, Van der Linden A, Blust R. Salt stress and resistance to hypoxic challenge in the common carp (*Cyprinus carpio L.*). J Fish Biol. 2000; 57: 761-76.
5. Hernández A, Muñoz D, Ferraz de Lima J, De Fex R, Vásquez W. Estado actual del cultivo de *Colossoma* y *Piaractus* en Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela. Boletín Red de Acuicultura 1992; 6: 3-27.
6. Iwama GK, 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.

7. Johnson N, Leone F. Statistics and Experimental Design. En: Engineering and physical sciences. New York: John Wiley; 1974; 241-44.
8. Liao Y, Lucas MC. Growth, diet and metabolism of common wolf fish in the north sea, a fast-growing population. J Fish Biol 2000; 56: 810 - 25
9. Saint-Paul, U. The neotropical serrasalmid *Colossoma macropomum*, a promising species for fish culture in Amazonia. Anim Res Develop. 1985; 22:7 – 35.
10. Siegel S. Nonparametric statistics for the behavioral science. New York: McGraw-Hill, 1956; 117 - 27.
11. Val AL. Surviving low oxygen levels: Lesson from fishes of the Amazon. En: Physiology and Biochemistry of the fishes of the Amazon. Manaus, INPA, 1996; 59 - 73.
12. Vásquez W. La Cachama Blanca, una especie nativa para cultivo en estanques. Boletín Fundación Yamato. 1994; 1:1 - 4.
13. Wedler E. Introducción en la acuicultura con énfasis en los neotrópicos. 1ª Edición. Santa Marta, Colombia; 1988.