

ARTÍCULO ORIGINAL

Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis sp*)

Effect of body weight and water temperature on the oxygen consumption of red tilapia (*Oreochromis sp.*)

VALBUENA-VILLARREAL R.D.¹; CRUZ-CASALLAS, P. E.²

¹Biólogo, Esp. Acuicultura; Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Surcolombiana, Neiva - Huila, Colombia. rubendario@usco.edu.co
²Médico 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

Recibido en febrero 15 de 2006 • Aprobado en marzo 28 de 2006

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los efectos del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la tilapia roja (*Oreochromis sp*), individuos sometidos previamente a tratamiento de reversión sexual fueron seleccionados al azar para conformar seis grupos de peso corporal: G25, G50, G100, G200, G400 y G800, los cuales fueron alojados en un respirómetro de 170 l con agua a tres diferentes temperaturas: 18, 24 y 30 °C. Previo periodo de adaptación de una hora, el consumo de O₂ fue monitoreado mediante una sonda Multiparamétrica YSI-556. Se observó una relación directa entre el consumo de oxígeno y la temperatura del agua, encontrándose que peces de 25 g a 18 °C consumieron 176 ± 15 mg.kg⁻¹.h⁻¹, en tanto que a

30 °C el consumo promedio fue de 508 120 mg.kg⁻¹.h⁻¹. En el rango de mayor peso corporal (G800), se observó un consumo de 96 ± 16 mg.kg⁻¹.h⁻¹ a 18 °C y de 237 ± 38 mg.kg⁻¹.h⁻¹ a 30 °C. Por otro lado, la relación del consumo de O₂ con el peso corporal fue inversa en todas las temperaturas estudiadas; por Ej.: a 18 °C, peces de 25 g consumieron 176 ± 15 mg.kg⁻¹.h⁻¹, mientras que los peces de 800 g apenas 96 ± 16 mg.kg⁻¹.h⁻¹. Una observación similar fue encontrada cuando la temperatura del agua fue de 24 y 30 °C.

Palabras clave: Consumo de oxígeno, respirómetro, tilapia roja, peso corporal, temperatura del agua.

ABSTRACT

To evaluate the effects of body weight and water temperature on the oxygen consumption of red tilapia (*Oreochromis sp*), individuals previously subjected to sexual reversion treatment were chosen at random to make up six body weight groups: G25, G50, G100, G200, G400 and G800 which were placed in a 170 l respirometer at three different temperatures: 18 °C, 24 °C and 30 °C. After a one-hour adaptation period, O₂ consumption was monitored by means of a YSI-556 multiparametric probe. A direct relation between oxygen consumption and water temperature was found showing that G25 fish at 18 °C consumed

176 15mg.kg⁻¹.h⁻¹, while at 30 °C it was 508 120 mg.kg⁻¹.h⁻¹. In fish at higher weight ranges (G800) the consumption was 96 16mg.kg⁻¹.h⁻¹ at 18 °C and 237 38mg.kg⁻¹.h⁻¹ at 30 °C. On the other hand, the relation to corporal weight was inverse in the three temperatures under study. For example, at 18 °C G25 fish consumed 175 15mg.kg⁻¹.h⁻¹, while G800 fish consumed only 96 16mg.kg⁻¹.h⁻¹. Similar results were observed at 24 °C and 30 °C.

Key words: Oxygen consumption, respirometer, red tilapia, body weight, water temperature.

INTRODUCCIÓN

La piscicultura es la actividad pecuaria de mayor crecimiento en los últimos años en Colombia, alcanzando actualmente una producción aproximada de 33000 toneladas por año. A esta producción contribuyen varias especies, entre ellas la tilapia roja (*Oreochromis sp.*), la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (Negret, 2005).

Las tilapias ocupan el segundo lugar en la lista de las especies de peces más cultivados mundialmente, destacándose entre este grupo la tilapia roja, la cual es el resultado de una mutación que afectó la coloración de la tilapia mozambica (*Oreochromis mossambicus*). Por su parte, en América Latina, la tilapia roja es también la especie íctica cultivada más importante y constituye la base de la piscicultura comercial en países como Colombia, Venezuela y Ecuador. En Colombia, el Departamento del Huila es el primer productor de esta especie, contribuyendo con aproximadamente el 48% de la producción nacional (Valbuena, 2005).

El oxígeno (O_2) disuelto es probablemente la variable de calidad de agua más crítica en el cultivo de organismos acuáticos (Sastre *et al.*, 2004); por lo tanto, en el estudio de factibilidad de un proyecto acuícola debe tenerse en cuenta, no sólo la disponibilidad del O_2 disuelto, sino también los requerimientos de O_2 por la especie o especies 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 muerte súbita de animales. En

términos generales, la deficiencia de O_2 ha sido considerada responsable de más del 60% de las pérdidas en los cultivos de tilapia (Boyd, 1979).

Es ampliamente conocido que la solubilidad del O_2 disminuye a medida que la temperatura del agua aumenta (Boyd, 1979) y que, además, es el principal factor que afecta el metabolismo respiratorio y la excreción de amonio en organismos acuáticos. Por ejemplo, en camarón de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*), Chen y Kou (1996) mostraron que el consumo de O_2 y la excreción de nitrógeno total se incrementan con el aumento de la temperatura del agua. Situación similar se observó en ensayos realizados con cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (Sastre *et al.*, 2004). Por otro lado, en estudios realizados por Knut y Nielsen (1976) y Blanco (1984) se demostró que el consumo de O_2 por unidad de peso corporal de una determinada especie, disminuye a medida que aumenta su peso corporal.

A pesar que gran parte de la piscicultura en Colombia está basada en el cultivo de tilapia roja, aun existen grandes vacíos de información sobre el consumo de O_2 en esta especie y de la magnitud de los efectos que sobre esta variable ejercen factores tales como el peso corporal y la temperatura del agua. Por lo tanto, con el fin de contribuir al mejoramiento del paquete tecnológico para el cultivo intensivo de la especie, en el presente trabajo se evaluaron los efectos de la temperatura del agua y del peso corporal sobre el consumo de O_2 de la tilapia roja, bajo condiciones controladas de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Estación Piscícola del Alto Magdalena, adscrita al Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER), localizada a 2 km. del municipio de Gigante (Huila) y a 900 m.s.n.m. El clima de la región se caracteriza por temperatura promedio anual de 24 °C, precipitación pluvial de 1147mm y humedad relativa de 76%.

Se utilizaron individuos híbridos de tilapia roja, descendientes de la línea *red florida*, producidos en la misma estación piscícola, los cuales habían sido sometidos durante su desarrollo larval a tratamiento de reversión sexual, consistente en la administración de 17 α -metil testosterona durante los primeros 30 días de vida, mezclada con el alimento. Previo a los ensa-

jos, los ejemplares fueron mantenidos en estanques de tierra de 5 m², conservando una densidad de 8 kg.m⁻² y recambio diario de agua del 10%. Se alimentaron dos veces por día, seis veces por semana, con concentrado comercial extrudizado del 24% de proteína bruta, en cantidad equivalente al 3% de la biomasa. Para la determinación de los efectos del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de O_2 se utilizó un respirómetro, el cual consistió en una cámara hermética de 170 l de capacidad, construida en vidrio y llena con agua filtrada utilizando un elemento filtrante construido con arena y carbón activado. El consumo de O_2 fue monitoreado a través de una sonda multiparamétrica YSI 556 (MPS 556, Yellow Springs Instruments, Ohio, EEUU), la cual se programó para

registrar automáticamente la concentración de O₂ cada 5 minutos. En el interior del respirómetro se colocó una bomba sumergida con capacidad de 200 gal.h⁻¹, con el fin de mantener el agua en permanente movimiento y de esta manera conservar homogénea la concentración de O₂ en todo el cuerpo de agua del respirómetro. El consumo de O₂ fue evaluado bajo tres diferentes condiciones de temperatura del agua: 30 ± 1°, 24 ± 1° y 18 °C, las cuales corresponden respectivamente al valor máximo, promedio y mínimo de la temperatura del agua de la región, de acuerdo con la información del año 2004 reportada por el IDEAM. Las temperaturas fueron ajustadas adicionando al respirómetro bloques de hielo o agua caliente, según el caso. Dentro del respirómetro, la variación de la temperatura del agua durante todo el periodo de muestreo fue siempre inferior a 1,0 °C. Para cada temperatura evaluada, los peces fueron sometidos a un periodo de adaptación de 1 hora, conservando durante este periodo la concentración de O₂ por encima del 90% del valor de saturación.

Se utilizaron 468 peces, clasificados de acuerdo con su peso corporal en seis grupos experimentales, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de los tratamientos y número total de animales utilizado para cada grupo de peso corporal

Tratamiento	Temperatura del agua (°C)	Peso corporal (g)	Nº total de peces	n
G25	18, 24 ó 30	24 ± 1	240	5
G50	18, 24 ó 30	50 ± 2	120	5
G100	18, 24 ó 30	98 ± 3	60	5
G200	18, 24 ó 30	193 ± 23	30	5
G400	18, 24 ó 30	398 ± 4	20	5
G800	18, 24 ó 30	786 ± 33	10	5

n = número de repeticiones

Para los grupos G25, G50, G100 y G200, cada réplica consistió de un número de peces suficiente para obtener aproximadamente 1,0 kg de biomasa. Para los dos grupos experimentales restantes (G400 y G800), se utilizaron en cada réplica tres (ca. 1200 g) y dos peces (ca. 1600 g), respectivamente. En total fueron realizadas de cada grupo cinco réplicas, evitándose que un mismo pez fuera utilizado más de una vez dentro del mismo rango de temperatura. En todos los casos, el consumo de oxígeno se ajustó a 1,0 kg de biomasa, empleando la siguiente ecuación:

$$CO_{1,0\text{ kg}} = (1,0\text{ kg} \times CO_o) / PT$$

Donde:

- CO_{1,0 kg} = Consumo de oxígeno por un 1,0 kg de biomasa
- CO_o = Consumo de oxígeno observado
- PT = Peso total de los peces de cada réplica

Las réplicas se realizaron en días consecutivos, alternando las tres temperaturas. Cuarenta y ocho horas antes de cada experimento, los peces fueron trasladados a piletas de concreto circulares, con agua y 3 ppt (parte por mil) de NaCl (sal común) en donde fueron sometidos a cuarentena, incluyendo la suspensión del suministro de alimento para evitar presencia de sustancias que alteraran el real consumo de O₂ por parte de los peces.

Para cada uno de los tres tratamientos y sus respectivas réplicas fue seguido el siguiente protocolo: 1) llenar el espirómetro con agua filtrada; 2) ajustar la temperatura del agua hasta la temperatura deseada, adicionando agua tibia o trozos de hielo según el caso; 3) aumentar la concentración de O₂ hasta el nivel de saturación, indicado por el instrumento de medición. Para este propósito se aplicó oxígeno comprimido mediante una manguera de ¼ de pulgada; 4) alojar los peces en el respirómetro, correspondientes al rango de peso a evaluar; 5) permitir un periodo de adaptación de una hora, conservando la cámara del respirómetro abierta y manteniendo la concentración de O₂ por encima del 90% del nivel de saturación; 6) cerrar de manera hermética la cámara del respirómetro, previa instalación de la bomba y de la sonda multiparamétrica; 7) registrar a intervalos de cinco minutos la temperatura del agua y la concentración de O₂ durante dos horas o hasta que éste último alcance un valor inferior a 2 mg.l⁻¹ y, 8) abrir la cámara del respirómetro y retirar los peces. Durante la realización de todos los tratamientos, las ventanas del laboratorio fueron cubiertas con plástico negro y la cámara del respirómetro con láminas de icopor, con el fin de evitar la entrada de luz y cualquier otro factor de perturbación que ocasionara estrés en los peces.

Análisis estadístico

El consumo de O₂ se expresó en mg.kg⁻¹.h⁻¹ y se calculó obteniendo la diferencia de concentración de O₂ entre el valor inicial y el final para cada uno de los tratamientos y sus respectivas réplicas. Para evaluar los efectos de la temperatura del agua y del peso corporal sobre el consumo de O₂, los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) seguida de la prueba de

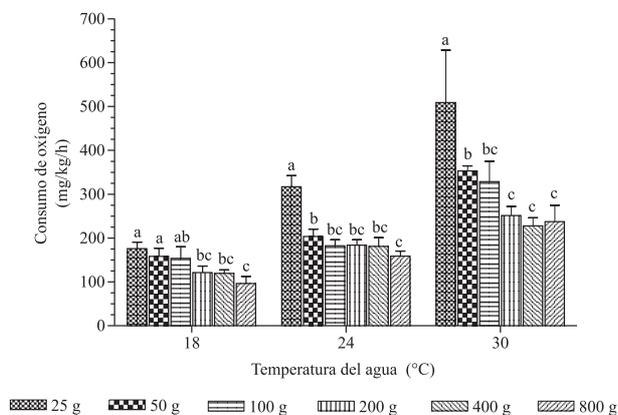
Tukey - Kramer (Johnson y Leone, 1974). Por último, se realizaron pruebas de regresión logarítmica (Logaritmo natural) para establecer la relación entre el consumo de O₂ y el peso corporal para cada uno de los rangos de temperatura evaluados. Previamente los datos

fueron sometidos a pruebas de Bartlett (Johnson y Leone, 1974) para determinar su homogeneidad y orientar el tipo de análisis. Para todos los casos, p<0.05 se utilizó como criterio estadístico para establecer diferencias significativas.

RESULTADOS

Efecto del peso corporal sobre el consumo de O₂

La Figura 1 ilustra el consumo de O₂ para cada grupo de peso corporal bajo las tres diferentes condiciones de temperatura evaluadas. El peso corporal mostró un efecto significativo (p<0,05) sobre el consumo de O₂ por parte de los peces, observándose que los ejemplares de mayor peso consumieron menor cantidad de O₂ por unidad de peso corporal que los individuos de menor peso. Lo anterior es muy evidente especialmente a la temperatura más baja evaluada, a la cual se observó que peces de 800 g consumieron solamente 96 ± 16 mg.kg⁻¹.h⁻¹, mientras que los peces de 25 g consumieron 176 ± 15 mg.kg⁻¹.h⁻¹, es decir 83% más. Para temperaturas de 24° y 30 °C se observaron resultados similares, aunque en algunos casos las diferencias no fueron significativas.

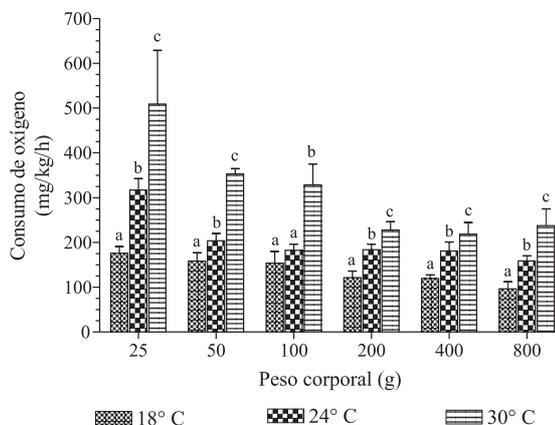


a,b,c Dentro de cada temperatura, barras con letras diferentes difieren estadísticamente (p<0.05). ANOVA seguido de la prueba de Tukey - Kramer.

Figura 1. Efecto del peso corporal (g) sobre el consumo de oxígeno (mg.kg⁻¹.h⁻¹) en tilapia roja (*Oreochromis sp*), bajo tres diferentes condiciones de temperatura del agua. Son ilustradas las medias ± error estándar (n = 5).

Efecto de la temperatura sobre el consumo de O₂.

Los resultados del efecto de la temperatura sobre el consumo de O₂ se muestran en la figura 2. En los seis grupos experimentales de peso corporal se presentó una relación positiva entre la temperatura del agua y el consumo de O₂; es decir, a mayor temperatura mayor consumo de O₂. De nuevo, se observó que este efecto presentó diferencias más notorias en los peces de menor peso o desarrollo corporal. Por ejemplo, a la temperatura de 30 °C peces de 25g consumieron 508 ± 120 mg.kg⁻¹.h⁻¹, mientras que a la misma temperatura peces de 800g consumieron solamente 237 ± 38 mg.kg⁻¹.h⁻¹, equivalente apenas al 47% de lo consumido por los peces de 25 g.



a,b,c Dentro de cada grupo de peso corporal, barras con letra diferente difieren estadísticamente (p<0.05). ANOVA seguido de la prueba de Tukey - Kramer.

Figura 2. Efecto de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno (mg.kg⁻¹.h⁻¹) en tilapia roja (*Oreochromis sp*), en diferentes etapas de desarrollo corporal. Son ilustradas las medias ± error estándar (n = 5).

Relación entre el consumo de oxígeno y el peso corporal.

Para cada una de las condiciones de temperatura evaluadas se calculó la curva y ecuación de regresión, las cuales permiten establecer la relación entre el consumo de O_2 y el peso corporal. Las curvas con sus respectivas ecuaciones de regresión se muestran en la figura 3.

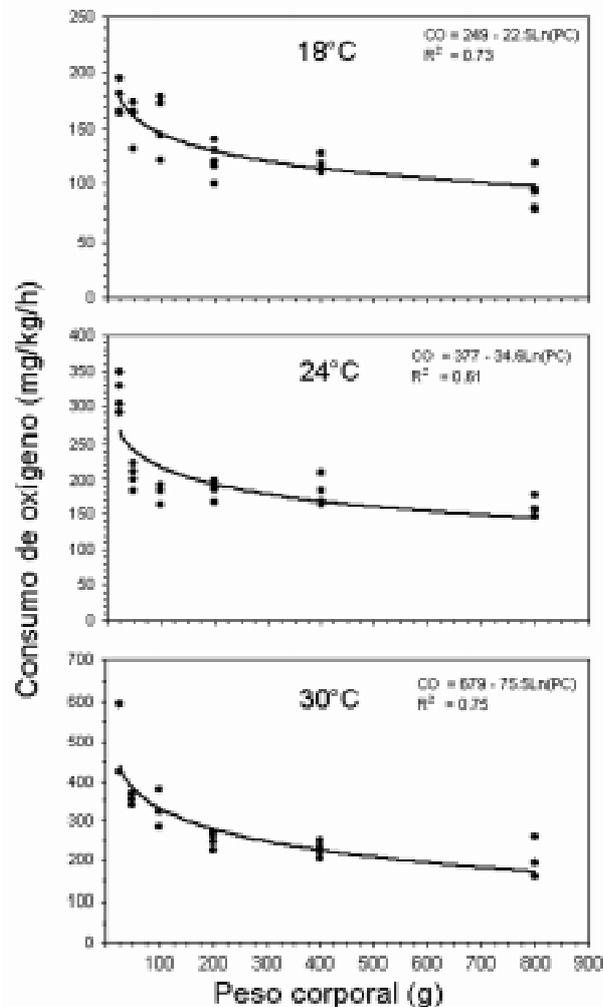


Figura 3. Curvas y ecuaciones logarítmicas de regresión (logaritmo natural) para ilustrar la relación entre en consumo de oxígeno ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) y el peso corporal (g) en tilapia roja (*Oreochromis sp.*), medido bajo tres diferentes condiciones de temperatura del agua. CO = Consumo de oxígeno; Ln = Logaritmo natural, PC = Peso corporal (g).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente experimento corroboran la dependencia del consumo de O_2 en los peces de factores tales como la temperatura y el peso corporal (Chen y Kou, 1996; Saint-Paul, 1986; Valbuena, 2004). El consumo de O_2 por unidad de peso corporal presentó una relación inversa con el tamaño de los peces, es decir peces de menor tamaño consumieron mayor cantidad de O_2 por unidad de peso

corporal que peces de pesos mayores. Esta misma relación, aunque de magnitud diferente, también ha sido observada en experimentos con otras especies nativas tropicales, tales como cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (Sastre *et al.*, 2004) y yamú (*Brycon amazonicus*) (Valbuena, 2004) e inclusive en algunas especies de peces marinos como el dentón común (*Dentex dentex*) (Valverde y García, 2004).

La mayor tasa de consumo de O_2 por parte de peces pequeños se ha atribuido a una mayor tasa metabólica (Blanco, 1984; Chen y Kou, 1996). De los resultados obtenidos respecto a la incidencia del peso corporal sobre el consumo de O_2 se puede afirmar que para el caso de tilapia, organismos con pesos mayores podrían tolerar de manera más eficiente cuerpos de agua con menores concentraciones de O_2 , lo cual permite determinar las respectivas capacidades de carga o densidades de siembra, de acuerdo con el tamaño de los peces y las condiciones del cultivo. Por ejemplo, bajo las condiciones de los Llanos Orientales de Colombia (temperatura promedio de 27°C) tilapias de 25 g consumirían alrededor de 500 mg.kg⁻¹.h⁻¹ de oxígeno, lo cual determina que sería posible alojar hasta 10 kg de biomasa por metro cúbico, en un cuerpo de agua con una concentración de O_2 de 5 mg.l⁻¹, siempre y cuando se haga cada hora recambio total. En contraste, bajo las mismas condiciones de temperatura y manejo, podrían alojarse hasta 20 kg de biomasa de peces de 400 g de peso corporal.

El efecto de la temperatura sobre el consumo de O_2 mostró una relación directamente proporcional; es decir, a mayor temperatura del agua se presentó mayor consumo de O_2 . Resultados similares fueron observados en otras especies como cachama blanca (*Piaractus bachypomus*), yamú (*Brycon amazonicus*) y tilapia mosambica (*Sarotherodon mossambicus*) (Sastre et al., 2004, Saint-Paul, 1986; Valbuena, 2004). Los resultados obtenidos se explican en la medida en que la temperatura dentro del medio acuático ocupa un lugar preponderante ya que gobierna tanto las diferentes fun-

ciones del organismo como su distribución (Valverde y García, 2004) y es uno de los factores que acelera las reacciones químicas y el metabolismo en general, ocasionando un mayor consumo de O_2 por parte de los seres vivos (Wedler, 1988).

Las ecuaciones de regresión obtenidas para cada una de las temperaturas evaluadas son una herramienta importante para el acuicultor en el momento de tomar decisiones respecto a las condiciones de cultivo tales como temperaturas óptimas, densidades de siembra o capacidades de carga de acuerdo con la fase y requerimientos de oxígeno. Al comparar los actuales resultados de consumo de oxígeno con los obtenidos en otras especies de peces tropicales se observa que, bajo condiciones similares de temperatura del agua, la tilapia consumiría mayor cantidad de oxígeno por unidad de peso corporal que el yamú (*Brycon amazonicus*) (Valbuena, 2004) y que la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (Sastre et al., 2004).

En conclusión, los resultados del presente trabajo corroboran lo observado en otras especies de peces sobre la existencia de una relación inversa entre el consumo de oxígeno y el peso corporal, así como el efecto positivo de la temperatura del agua sobre la tasa metabólica; sin embargo, aún se requiere de investigación adicional con el fin de evaluar otros rangos, tanto de peso corporal como de temperatura del agua, con el fin de establecer las condiciones óptimas de cultivo y definir los niveles críticos de concentración de O_2 tolerados para la especie, bajo diferentes condiciones de cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Universidad Surcolombiana- dentro del rubro correspondiente a Investigaciones. Adicionalmente contó con el apoyo de INCODER y de sus funcionarios Biólogos Marinos Elías Mazo y Octavio Dávila de la Estación Piscícola del Alto Magdalena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANCO MC. 1984. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundiprensa. Madrid, 238pp.

BOYD C. 1979. Water quality management in pond fish culture. Research and Development Series v. 22. Project AID/DSAN. Auburn. Alabama.

CHEN J.-C, KOU C. -T. 1996. Effects of temperature on oxygen consumption and nitrogenous excretion of juvenile *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 145: 295 - 303.

JOHNSON N, LEONE F. 1974. Statistics and Experimental Design. In: Engineering and Physical Sciences. John Wiley. New York. p. 241 - 44.

KNUT S, NIELSEN Y. 1976. Fisiología Animal: adaptación y medio ambiente. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. España. 320 pp.

NEGRET E. 2005. Hacia una piscicultura de producción más limpia: manejo de residuos. V Seminario Internacional de Acuicultura. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá,

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 PE. 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.

VALBUENA M. 2004. Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno en yamú (*Brycon amazonicus*). Trabajo de Grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA. Bogotá D.C. Colombia. 57pp.

VALBUENA RD. 2005. Recursos hidrobiológicos y desarrollo de la pesca y la piscicultura en el Huila. La USCO piensa la región: aportes desde la investigación. Universidad Surcolombiana.

VALVERDE C, GARCÍA GB. 2004. Influencia del peso y la temperatura sobre el consumo de oxígeno de rutina del Dentón común (*Dentex dentex* Linnaeus, 1758). *Aquatic*, 2: 16 - 23.

WEDLER E. 1988. Introducción en la Acuicultura con énfasis en los neotrópicos. 1ª Edición. Universidad del Magdalena, Santa Marta (Colombia).