

CONSUMO DE OXIGENO DE JUVENILES DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y SU RELACIÓN CON LA ALIMENTACIÓN

O. Galvis¹, A. Cueto², Y. Navarro² y P. González²

Departamento de Biología, Universidad del Atlántico, Km 7 antigua vía a Puerto Colombia, A.A. 1890, Barranquilla, Colombia

¹ecofisiologia@uniatlantico.edu.co

². Estudiante del Programa de Biología de la Universidad del Atlántico

Resumen. El objetivo de este experimento fue estudiar la influencia de la temperatura y la frecuencia alimentaria en el consumo de oxígeno de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en condiciones de cría intensiva. El consumo de oxígeno fue calculado a partir de la diferencia en la concentración de oxígeno disuelto en el agua de cada acuario después de 15 minutos de haber apagado el aireador y el agitador magnético. La temperatura aumenta de forma significativa el metabolismo de esta especie. La tilapia tiene hábitos alimenticios diurnos puesto que al haberle suministrado alimento a las 0:00 horas no lo consumió, mientras que a las 6:00 horas después del segundo evento alimenticio lo hicieron activamente aumentando el consumo de oxígeno.

Palabras clave: temperatura, alimento, *O. niloticus*, trópico, metabolismo, consumo de oxígeno

Abstract. The temperature influence and foraging frequency in the oxygen consumption of the tilapia (*Oreochromis niloticus*) in intensive formed conditions was studied. Oxygen consumption was measured from the difference in dissolved oxygen concentrations in water of each duomber after 15 minutes of to swicht off the aerator and magnetic agitators. The metabolism of this species was increased significantly by effect of temperature. Consequently, tilapia has diurnal foraging behavior because of to have supplied food at 6:00 hours after the second foraging event they did it actively increasing the oxygen consumption.

Keywords: temperature, food, *O. niloticus*, tropic, metabolism, oxygen consumption.

1. Introducción

Para realizar un metabolismo eficaz y sobrevivir, las células de los vertebrados deben reponer el oxígeno que gastan y deben deshacerse de los productos de desecho que se van acumulando como consecuencia de su metabolismo.

La temperatura ejerce un efecto acelerador de las reacciones químicas en general y por tanto de las metabólicas, aumentando el consumo de oxígeno de los seres vivos. El aumento de la temperatura agudiza los problemas del transporte de oxígeno en los peces y disminuye su apetito [1 y 2].

Una elevación de la temperatura no sólo reduce la solubilidad del oxígeno en el agua, sino también disminuye la afinidad hemoglobina-oxígeno, haciendo más difícil la transferencia de oxígeno entre el agua y la sangre [1].

La tasa de consumo de oxígeno de los peces se ve afectada en mayor o menor medida por la concentración de oxígeno existente en el agua [2].

En la naturaleza muchas de las especies móviles, como los peces, son capaces de evitar situaciones de este tipo, escapando de la masa de agua que contiene un bajo nivel de oxígeno disuelto [3 y 4]. En otros casos esto no resulta posible. En condiciones de confinamiento, la huida obviamente resulta imposible, por lo que las especies se ven obligadas a hacer frente a estas situaciones de hipoxia. Generalmente, esta situación suele estar asociada a la presencia puntual de blooms fitoplanctónicos, que si bien aumentan el nivel de oxígeno por encima de la saturación durante las horas de luz, producen un déficit muy importante del mismo en las horas de oscuridad, en particular las previas al amanecer.

El consumo de oxígeno está directamente asociado a la ingestión de alimento, lo que ha sido puesto de manifiesto en muchas especies de peces [1].

Algunos factores influyen sobre el consumo de oxígeno en peces. Estos factores son, abióticos como la temperatura, la concentración de oxígeno, frecuencia de distribución del alimento y composición del mismo, o factores bióticos, como por ejemplo el peso corporal, y la alimentación [5].

El objetivo del presente trabajo fue determinar la variación del consumo de oxígeno de la tilapia durante un periodo de 24 horas, sometiendo a un grupo a ayuno y a otro suministrándole alimento durante el periodo del experimento y exponiéndolos a tres diferentes temperaturas: 32° C, 36° C y ambiente.

2. Metodología

Se utilizaron diez individuos de *Oreochromis niloticus*, dos por acuario, que pesaron entre 62.2 g y 116.7 g con un valor medio de 85.96 g, las cuales fueron extraídas de los estanques del Instituto Colombiano de Desarrollo Económico y Rural (INCODER) de Repelón –Atlántico y aclimatadas a las condiciones del Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Atlántico durante 20 días, en el cual se alimentaron dos veces al día (10:00 AM- 6:00 PM) con el concentrado comercial Mojarra 24.

Los cinco acuarios, de 20 litros cada uno, fueron dispuestos en línea sobre una canaleta de Eternit colocada sobre una estantería de madera localizada en la parte central del Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Atlántico, quedando un extremo más expuesto a la interferencia antrópica en la toma de las muestras que el otro.

El trabajo fue realizado durante 24 horas, en las cuales las tilapias fueron sometidas a tres diferentes temperaturas de la siguiente manera:

Tabla 1
Acuarios experimentales y tratamientos.

	ACUARIOS				
	1	2	3	4	Control
T(°C)	32	32	36	36	28
Dosis	0	2	0	2	0

Cada acuario recibió un suministro de agua caliente de clorada de un recipiente elevado. La temperatura se mantuvo constante en cada uno de los acuarios (dos por temperatura) durante el tiempo del experimento a 32°C y 36°C por medio de un sistema automático conformado por un sensor térmico, un pirómetro, un relax y una electroválvula. El agua se homogenizó con un agitador magnético y se oxigenó mediante aireadores comerciales. El acuario control se mantuvo a temperatura ambiente (28°C).

A uno de los dos acuarios mantenidos a la misma temperatura, se le suministró durante el experimento alimento en dos ocasiones (una a las 0:00 y la otra a las 6:00 horas) mientras que al otro se le sometió a ayuno. El control no fue alimentado.

Para estimar el contenido de oxígeno en cada acuario se utilizó el método de Winkler. La determinación del consumo de O₂ por los peces relacionado con el metabolismo se estimó mediante la diferencia producida entre la medida de la concentración de O₂ manteniendo [6 y 7] el agitador magnético y el aireador encendidos, en primera instancia, y una medida 15 minutos después con el agitador magnético y el aireador apagados [8]. La medida de la concentración de O₂ comenzó a las 0:00 horas, cada dos horas.

Al finalizar el ciclo de medida de concentración de oxígeno fueron pesados todos los peces para expresar el consumo de oxígeno por unidad de peso.

El diseño estadístico del experimento correspondió a un análisis de la varianza completamente aleatorizado [9].

3. Resultados y Discusión

En las tablas 2 y 3 se muestran los valores máximos, mínimos y medios de consumo de oxígeno expresado en mg O₂/kg/h, para las dos estrategias alimentarias y para las tres temperaturas diferentes ensayadas.

Tabla 2.
Consumo máximo, mínimo y medio de oxígeno en mg O₂/kg/h, para las dos estrategias alimentarias y una temperatura de 32° C

Consumo O ₂	Sin alimentación	2 eventos alimenticios
Máximo	162.12	173.06
Mínimo	11.79	3.74
Medio	37.34	26.82

Tabla 3.
Consumo máximo, mínimo y medio de oxígeno en mg O₂/kg/h, para las dos estrategias alimentarias y una temperatura de 36° C

Consumo O ₂	Sin alimentación	2 eventos alimenticios
Máximo	166.67	55.07
Mínimo	4.44	4.41
Medio	33.07	20.74

Tabla 4.
Consumo máximo, mínimo y medio de oxígeno en mg O₂/kg/h, para el control con una temperatura de 28° C

Consumo O ₂	Sin alimentación
Máximo	168.35
Mínimo	5.39
Medio	43.66

En la tabla 5 se presentan los pesos medios de los peces, presentando el acuario 4 el peso medio mayor con 0.1069 kg mientras el acuario 1 el menor con 0.06785 kg.

Tabla 5.
Peso medio de los peces en los diferentes acuarios.

	ACUARIOS				
	1	2	3	4	Control
Peso medio (Kg)	0.06785	0.0908	0.09	0.1069	0.07425

En la figura 1 y 2 se muestra la evolución del consumo de oxígeno en mg O₂/kg/h para las dos estrategias alimentarias y para las dos temperaturas ensayadas.

Como se puede observar en las figuras 1 y 2 los peces reaccionaron en forma diferente a los dos eventos alimenticios. En el primero (a las 0:00 horas) no presentaron ninguna reacción y se mantuvieron con un nivel de consumo de oxígeno con tendencia a la baja. Sin embargo, después de 4 horas los peces comenzaron a aumentar marcadamente la demanda de oxígeno, alcanzando el máximo de consumo a las 6:00 horas, pico que coincide con el segundo evento alimentario.

En forma general se puede asumir una tendencia igual del consumo de oxígeno por los organismos sometidos al ayuno en las tres temperaturas (figuras 1 y 2), especialmente a los 36° C, a pesar de aparecer una anomalía bien marcada en el consumo de oxígeno a las dos horas para el grupo sometido a los 32° C, la cual se puede atribuir no a la actividad alimentaria, sino al disturbio antrópico, puesto que los acuarios con este tratamiento quedaron más expuestos que los de 36° C, causándoles un estrés al ser molestados al inicio del experimento, reflejándose

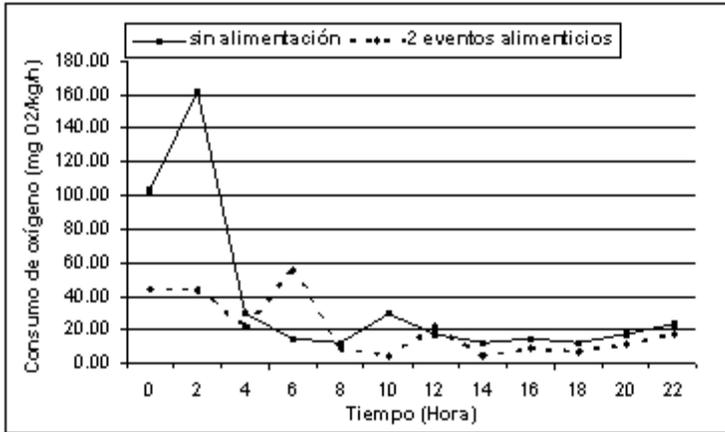


Figura 1: Evolución del consumo de oxígeno en mg O₂/kg h para las dos estrategias alimentarias y una temperatura de 32° C.

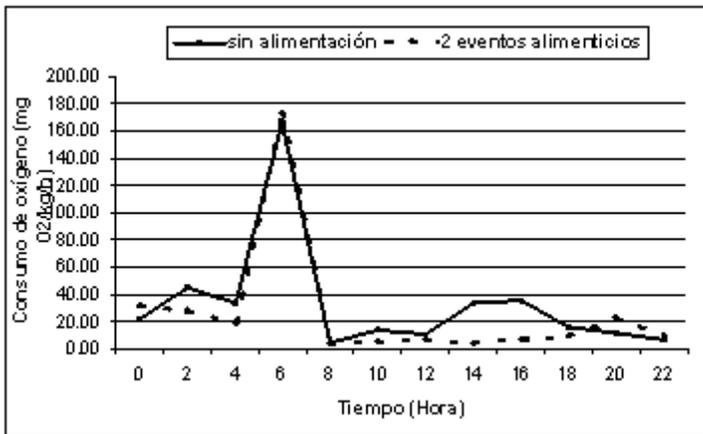


Figura 2: Evolución del consumo de oxígeno en mg O₂/kg h para las dos estrategias alimentarias y una temperatura de 36° C.

en un incremento del consumo de oxígeno disuelto. Este grupo estresado no presentó ninguna actividad a las 6:00 horas como consecuencia de la perturbación ocurrida durante la noche, sin embargo, después de las 8:00 horas se normalizó siguiendo rápidamente el comportamiento mostrado por los demás acuarios.

En el control se puede observar una coincidencia en el aumento de la actividad de la tilapia a las 6:00 horas confirmando la actividad alimenticia descrita en las figuras 1 y 2. Sin embargo, a las 10:00 horas se presenta un pico adicional (fig. 3) el cual coincide con el tratamiento a los 32°C sin alimentación. Se presume que este comportamiento es respuesta al menor tamaño que tienen los organismos sometidos a este tratamiento, los cuales por su menor edad van a requerir mayor cantidad de energía [1 y 5].

Estos resultados están mostrando que la *O. niloticus* es una especie de hábitos tróficos diurnos, observándose que a pesar de la oferta de alimento en el periodo nocturno los organismos no se alimentaron y si lo hacen activamente al amanecer.

Igualmente, queda de manifiesto la influencia del aumento de la temperatura en el consumo de oxígeno en los peces que se alimentaron, ya que éste se registra en 55.07 mg/h en los peces mantenidos a 32° C, mientras en los acuarios a 36° C se registra un valor de 173.06 mg/h (tabla 2 y 3) que reflejan un notable incremento del metabolismo corporal al requerir éstos una mayor cantidad de energía para el mantenimiento de la homeostasis. La rapidez de los procesos metabólicos se modifica con relación a la temperatura, pues el aumento de ésta acelera la mayor parte de las actividades corporales [5]. Por otro lado, esto se hace evidente en los organismos no alimentados a 36°C (fig.2) al aumentar el consumo de oxígeno entre las 14:00 y 16:00 horas (23.58 y 29.48 mg O₂/kg/h respectivamente) por la necesidad de incrementar su actividad en la búsqueda de alimento, obligados por el largo tiempo de ayuno y la alta temperatura. Esta situación prácticamente no se presentó en el tratamiento de la temperatura de 32° C, pues se mantuvo el consumo de oxígeno similar para los peces alimentados y en ayuno, aunque se mostró un tendencia a mantenerse alta en los organismos no alimentados (figurtas 1).

Una comparación general de los valores de consumo de oxígeno de *O. niloticus* observados, muestra que este consumo es parecido al que se presenta en peces claramente sedentarios como los pleuronectiformes [10 y 11], con valores de consumo de oxígeno por debajo de 100 mg O₂/kg/h, pero muy inferior al que muestran los grandes nadadores pelágicos, como los corifénidos, con valores de 358 a 726 mg O₂/kg/h [12]. Existen trabajos realizados con esta misma especie en los cuales el rango de consumo de oxígeno estaba entre los 100 y 400 mg O₂/kg/h, pero en un lugar con condiciones climáticas diferentes a las presentadas durante el experimento [5].

El pico máximo de consumo de oxígeno se alcanzó a las 6:00 horas, después de suministrar por segunda vez el alimento, resultado que no concuerda con Wells y Cols [13] que observaron un pico máximo de consumo de oxígeno entre 1 y 3 horas después de suministrar la comida en *Octopus vulgaris*; la diferencia se presenta



Figura 3: Evolución del consumo de oxígeno en mg O₂/kg/h del control y una temperatura de 28° C

debido a que el pulpo después de alimentarse entra en reposo mientras los jugos gástricos digieren el alimento, además de ser un especie que se encuentra en aguas frías y en profundidades mayores a 10 m.

4. Conclusiones

La *O. niloticus* es una especie euriterma que compensa las necesidades energéticas para mantener su homeostasis en condiciones hipertérmicas aumentando su tasa metabólica durante el periodo de actividad, en cuyo caso es diurna.

A pesar que la tilapia es una especie de origen subtropical se ha adaptado a las condiciones megatérmicas de los trópicos, haciéndola una de las especies con mayor capacidad competitiva en las áreas donde ha sido introducida frente a las especies nativas.

5. Agradecimientos

Se agradece al profesor Holmes Ripoll por su valiosa colaboración en el diseño del sistema robótico de control de la temperatura. Al Laboratorio Microbiológico de Barranquilla y al INCODER por facilitarnos el material de trabajo. Al señor Ebercio Ballesta por su aporte en el diseño estructural del experimento. También a nuestros compañeros del Programa de Biología por su apoyo y colaboración.

Referencias

- [1] ECKERT R. Intercambio de gases. En: Fisiología Animal. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España, 1990:474-520.
- [2] BERLINSKY D., MARK W., GEORGE N., TERENCE M. Investigatios of Selected Parameters for Growth of Larval and Juvenile Black Sea Bass *Centropristis striata* L. Journal of the World Aquaculture Society. 31(3.200): 426-435.
- [3] DAVIS JC. Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review. J. Fish. Res. Bd. Canadá. 1975; 32:2295-332.
- [4] BEJADA AJ, STUDHOLME AL, OLLA BL. Behavioural responses of red hake, *Urophycis chuss* to decreasing concentrations of dissolved oxygen. Environmental Biology of Fishes. 1987; 19:261-8.
- [5] EL SAYED T., A. MOÑINO & M. JOVER. Primeros ensayos de determinación del consumo de oxígeno de juveniles de Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) bajo diferentes condiciones de temperatura y frecuencia alimentaria. II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. 2003; 885-890.
- [6] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Oxygen (Dissolved). Iodometric Methods. Standard Methods For the Examination of water and wastewater. Fourteenth Edition. 1975; 440-445.
- [7] ROLDAN P. Gases disueltos en el agua, Oxígeno Disuelto. Fundamentos de Limnología Neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. 1992; 1: 225-242.
- [8] CERESO J. Factores que afectan al consumo de oxígeno, concentraciones crítica y letal de oxígeno, frecuencia de ventilación en el sargo picudo (*Diplodus puntazzo*), el dentón común (*Dentex dentex*) y el pulpo de roca (*Octopus vulgaris*). Tesis doctoral, Departamento de Fisiología, Universidad de Valencia. España. 2002.
- [9] MARTINEZ R & M. MARTINEZ. Diseño de experimentos-Análisis de datos estándar y no estándar. Fondo Nacional Universitario. Santa Fé de Bogotá. 1997; 87-91.
- [10] WOOD CM, MC MAHON BR, MC DONALD DG. Respiratory gas exchange in the resting starry flounder, *Platichthys stellatus*; a comparison with other teleost. J. Exp. Biol. 1979:167-79.

- [11] DUTHIE GG. The respiratory metabolism of temperature-adapted flatfish at rest and during swimming activity and the use of anaerobic metabolism at moderate swimming speeds. *J. Exp. Biol.* 1982; 97:359-73.
- [12] BENETTI DD, BRILL RW, KRAUL SA. The standar metabolic rate of dolphin fish. *J. Exp. Biol.* 1995; 46:987-96.
- [13] WELLS MJ, O'DOR RK, MANGOLD K, WELLS J. Feeding and metabolic rate in Octopus. *Mar. Behad. Physiol.* 1983; 9:275-187.