

Oxygen consumption in nilotic tilapia (*Oreochromis niloticus*) in relation to body weight and temperature

Antonio Mariluz-Fernández, Magister¹, Enrique García Talledo, Doctor², Rodolfo Cornejo Urbina, Doctor³
Kennedy Narciso-Gomez, Doctor⁴, Cesar Durand-Gonzales⁵

^{1,2,3,4,5} Universidad Nacional del Callao, Perú, aamariluzf@unac.edu.pe, eggarcia@unac.edu.pe,
rmcornejou@unac.edu.pe, knarcisog@unac.edu.pe, cadurandg@unac.edu.pe

*Abstract –The research project aims to determine the consumption of oxygen in nilotic tilapia (*Oreochromis niloticus*) in relation to body weight and temperature, a bifactorial experimental design was used with 5 treatments (weights) as the first factor and 3 levels (3 temperatures) as a second factor For this purpose, a 120-liter static respirometer was used, in which the oxygen consumption of tilapia of different weights (24, 39, 92, 140 and 251 grams) was measured and at different temperatures (20, 25, and 30 ° C) with 3 repetitions, making a total of 45 measurements. Obtaining as a result, that as the average body weight of tilapia increases, oxygen consumption decreases for the same temperature, expressed in milligrams of oxygen consumed per kg and per hour, and as temperature increases, oxygen consumption increases for tilapia of The same weight, Statistical analysis by regression allows us to find the regression equation: $\text{Log}Y = 0.492 - 0.243 \text{Log}X1 + 1.68 \text{Log}X2$, with $R\text{-squared} = 92.8\%$ $R\text{-square} (\text{Adjusted}) = 91.6\%$, with $x1$ being the weight variable and $x2$ the temperature variable, concluding that oxygen consumption is closely related to body weight and culture temperature.*

Key words: Tilapia, quality, body weight, temperature.

Consumo de Oxígeno en tilapia nilotica (Oreochromis niloticus) Con relación a su peso corporal y temperatura

Antonio Mariluz-Fernández, Magister¹, Enrique García Talledo, Doctor², Rodolfo Cornejo Urbina, Doctor³
Kennedy Narciso-Gomez, Doctor⁴, Cesar Durand-Gonzales⁵

^{1,2,3,4,5} Universidad Nacional del Callao, Perú, aamariluzf@unac.edu.pe, eggarcia@unac.edu.pe,
rmcornejou@unac.edu.pe, knarcisog@unac.edu.pe, cadurandg@unac.edu.pe

Resumen.- El artículo tiene por objetivo determinar el consumo de oxígeno en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en relación a su peso corporal y temperatura, se utilizó un diseño experimental bifactorial con 5 tratamientos (pesos) como primer factor y 3 niveles (3 temperaturas) como segundo factor. Para tal efecto se utilizó un respirómetro estático de 120 litros, en el cual se midió el consumo de oxígeno de tilapias de distintos pesos (24, 39, 92, 140 y 251 gramos) y a diferentes temperaturas (20, 25, y 30 ° C) con 3 repeticiones , haciendo un total de 45 mediciones. Obteniendo como resultado, que al aumentar el peso corporal promedio de las tilapias, el consumo de oxígeno disminuye para una misma temperatura, expresado en miligramos de oxígeno consumido por kg y por hora, y al aumentar la temperatura el consumo de oxígeno aumenta para tilapias de un mismo peso, El análisis estadístico mediante regresión nos permite encontrar La ecuación de regresión: $\text{LogY} = 0,492 - 0,243 \text{ LogX1} + 1,68 \text{ LogX2}$, con R-cuadrado. = 92,8% R-cuadrado. (Ajustado) = 91,6%, siendo x1 la variable peso y x2 la variable temperatura, concluyendo que el consumo de oxígeno está muy relacionado con el peso corporal y la temperatura de cultivo.

Palabras clave.- Tilapia, calidad, peso corporal, temperatura

*Abstract –The research project aims to determine the consumption of oxygen in nilotica tilapia (*Oreochromis niloticus*) in relation to body weight and temperature, a bifactorial experimental design was used with 5 treatments (weights) as the first factor and 3 levels (3 temperatures) as a second factor For this purpose, a 120-liter static respirometer was used, in which the oxygen consumption of tilapia of different weights (24, 39, 92, 140 and 251 grams) was measured and at different temperatures (20, 25, and 30 ° C) with 3 repetitions, making a total of 45 measurements. Obtaining as a result, that as the average body weight of tilapia increases, oxygen consumption decreases for the same temperature, expressed in milligrams of oxygen consumed per kg and per hour, and as temperature increases, oxygen consumption increases for tilapia of The same weight, Statistical analysis by regression allows us to find the regression equation: $\text{LogY} = 0.492 - 0.243 \text{ LogX1} + 1.68 \text{ LogX2}$, with R-squared. = 92.8% R- square. (Adjusted) = 91.6%, with x1 being the weight variable and x2 the temperature variable, concluding that oxygen consumption is closely related to body weight and culture temperature.*

I. INTRODUCTION

El consumo de oxígeno como parámetro indicador del metabolismo en los organismos aeróbicos, permite determinar el flujo de agua o la aireación requeridos para mantener los niveles de oxígeno disuelto que demanda una especie sometida a cultivo. Fluctuaciones a valores no adecuados pueden causar desde un descenso en las las tasas de crecimiento o de sobrevivencia, hasta un incremento en la susceptibilidad a las enfermedades y mortalidades masivas (Saavedra 2006). También, durante los procesos de aclimatación, empaque y transporte de alevines o adultos, el manejo adecuado de los niveles de oxígeno disuelto es fundamental para culminar estas etapas exitosamente (Peñuela- Hernández et al. 2007). De manera indirecta, el gasto energético del pez proporciona información esencial para la formulación de dietas optimizadas (Higuera 1987, Romero 1995). El oxígeno (O₂) 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 O₂ disuelto, sino también los requerimientos de O₂ (consumo de oxígeno en mg/L) 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 O₂ 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 O₂ 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. A pesar que en muchos países así como el Perú el cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus*, aún existen grandes vacíos de información sobre el consumo de O₂ 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 evaluará los efectos de la temperatura del agua y del peso corporal sobre el consumo de O₂ de la

tilapia, bajo condiciones controladas de laboratorio. El objetivo de la presente investigación es determinar la relación existente entre el peso y temperatura con el consumo de oxígeno de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*.

El conocimiento del consumo de oxígeno en tilapia se justifica porque nos permitirá determinar el caudal necesario para su cultivo es decir podremos programar mejor las producciones especialmente lo que respecta al caudal para una producción dada o las densidades de carga y mejorar la productividad en el cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* de manera indirecta, el gasto energético del pez proporciona información esencial para la formulación de dietas optimizadas (Higuera 1987, Romero 1995). Considerando el alto valor comercial de la tilapia y el potencial de cultivo en aguas salobre y marina, los objetivos del presente trabajo fueron medir el consumo de oxígeno de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*.

La concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua es una de las variables más importantes para la existencia de vida acuática; 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 O₂ 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 O₂ han sido consideradas como la causa principal de las pérdidas registradas en el cultivo de tilapia (Boyd, 1990).

El conocimiento del consumo de oxígeno en tilapia se justifica porque nos permitirá determinar el caudal necesario para su cultivo es decir podremos programar mejor las producciones especialmente lo que respecta al caudal para una producción dada o las densidades de carga y mejorar la productividad en el cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* de manera indirecta, el gasto energético del pez proporciona información esencial para la formulación de dietas optimizadas (Higuera 1987, Romero 1995). Considerando el alto valor comercial de la tilapia y el potencial de cultivo en aguas salobre y marina, los objetivos del presente trabajo fueron medir el consumo de oxígeno de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*.

El conocimiento de las variaciones del consumo de oxígeno con cambios de temperatura, constituye una herramienta valiosa para establecer la tasa de renovación de agua y densidades de cultivo máximas, debido a que la temperatura mantiene influencia sobre las actividades metabólicas de los organismos como la tasa de respiración, eficiencia en la alimentación y asimilación, crecimiento, comportamiento y reproducción, así como su distribución en los ecosistemas (De la Gándara, 2003; Ferreira et al., 2009; Poleo et al., 2011). Por lo tanto, la estimación de los requerimientos de oxígeno de los peces se convierte en una variable fundamental en la acuicultura (Merino et al., 2009, 2011).

Numerosos estudios han sido realizados para estimar el

consumo de oxígeno utilizando respirómetros o cámaras respirométricas, entre ellos los de: Parma de Croux & Lorenzatti (1981) en *Pimelodus maculatus*, Parma de Croux (1983) en *Hoplias malabaricus*, Saint-Paul (1983) en *Colossoma macro-pomum*, Fidhiany & Winckler (1995).

Bajo condiciones de metabolismo de rutina, los peces permanecen inactivos y en ayuno (Nerici et al., 2012). De la Gándara (2003) sostiene que los datos del metabolismo de rutina son considerados la mejor aproximación de lo que sucede en la naturaleza, ya que representa los costos metabólicos asociados a procesos diarios y actividades de la vida normal y parecen ser más precisos para la acuicultura con fines de producción (Enric et al., 2012). Boyd (1990) expresa que la cantidad de oxígeno requerido por los animales acuáticos es variable y depende de la especie, talla, alimentación, actividad, temperatura del agua, concentración de oxígeno disuelto, en referencia a la investigación temprana de Clauden (1936), que señaló que ocho especies de peces de agua dulce tuvieron tasas de consumo de oxígeno que fluctuaron entre 205 y 500 mg O₂ kg⁻¹ pez h⁻¹ bajo las mismas condiciones ambientales y grado de actividad. Con estos antecedentes, el objetivo de este estudio consistió en evaluar el consumo de oxígeno en tilapia *Oreochromis niloticus* a diferentes temperaturas (21, 25 y 30°C) y pesos corporales (40, 60, 90, 140 y 250 g), como una herramienta que contribuya con información específica de la especie para el desarrollo de una acuicultura con mayor sustento técnico.

El conocimiento de las variaciones del consumo de oxígeno con cambios de temperatura, constituye una herramienta valiosa para establecer la tasa de renovación de agua y densidades de cultivo máximas, debido a que la temperatura mantiene influencia sobre las actividades metabólicas de los organismos como la tasa de respiración, eficiencia en la alimentación y asimilación, crecimiento, comportamiento y reproducción, así como su distribución en los ecosistemas (De la Gándara, 2003; Ferreira et al., 2009; Poleo et al., 2011). Por lo tanto, la estimación de los requerimientos de oxígeno de los peces se convierte en una variable fundamental en la acuicultura (Merino et al., 2009, 2011).

Es ampliamente conocido que la solubilidad del O₂ 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 O₂ 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 O₂ por unidad de peso corporal de una determinada especie, disminuye a medida que aumenta su peso corporal. La determinación del consumo de oxígeno es una forma de calorimetría indirecta que permite conocer la energía

producida por los diversos procesos metabólicos. En concreto, el consumo de oxígeno de rutina representa una estimación de los requerimientos de energía necesarios para mantener el metabolismo basal más la actividad espontánea (Waller, 1992). Además, esta medida puede ser útil para estimar los caudales de agua necesarios para cubrir los requerimientos de oxígeno de una especie en situación de rutina. No obstante, el consumo de oxígeno puede ser altamente variable en función de diversos factores, como el peso y la temperatura, razón por la cual numerosos autores lo describen mediante modelos matemáticos en función de estas dos variables (por ejemplo: Liao, 1971; Brett y Glass, 1973; Muller Feuga, 1978; Lemarie y cols, 1991). Generalmente, estos modelos tienen en común una relación entre el consumo de oxígeno y el peso del tipo $CO = a \cdot P^b$, donde “CO” es el consumo de oxígeno de un individuo, “a” es una constante que representa el consumo de oxígeno de un pez de una unidad de peso, “P” es el peso corporal y “b” es el exponente del peso. La tilapia nilótica es una de las especies más importantes para la acuicultura mundial, con un volumen del 7% del total global en piscicultura, ubicándola como una de las principales especies productivas. Para el Ecuador la industria de la tilapia representa un ingreso de 123,6 millones de dólares, siendo un aporte significativo para la economía regional (FAO, 2011). Es importante mencionar que esta industria enfrenta grandes retos por la alta competitividad y oferta de países asiáticos, por lo que el uso de tecnologías innovadoras en cada actividad productiva, será una estrategia competitiva en el mercado.

Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*):

Grupo de peces de origen africano que habita mayoritariamente en regiones tropicales del mundo, donde se dan las condiciones favorables para su reproducción y crecimiento (Wikipedia, 2008). La tilapia es un pez de aguas cálidas, que vive tanto en agua dulce como salobre e incluso puede acostumbrarse a aguas poco oxigenadas.

La tilapia se ha introducido en todo el mundo y se cría de manera generalizada en los trópicos y las zonas subtropicales. Este pez presenta muchos atributos adecuados para su domesticación y cría. Entre ellos se incluyen la buena calidad y el sabor de su carne, una gran tolerancia a distintos entornos, su resistencia a muchas enfermedades habituales de los peces y la relativa facilidad de reproducción que presenta en cautividad. Durante los años de introducción de especies de tilapia se fue creando una equivocada creencia de que las tilapias tenían sabor a tierra, asumiendo, según esa creencia, que estos peces comían tierra; este sabor especial se debe al alga oscilatoria que florece en aguas con alto contenido de materia orgánica y bajo recambio; al industrializarse y tecnificarse esta explotación, se elimina dicha alga y por supuesto el sabor a tierra desaparece (Estevez, 1990).

La tilapia es un pez introducido y adaptado a las condiciones tropicales del Perú. Su cultivo se ha venido desarrollando en la selva alta y en la costa norte, vinculándose al aprovechamiento de represas y cultivos en jaulas, para el proceso de crecimiento y engorda se emplea alimento

balanceado de buena calidad. La existencia de amplias zonas para desarrollar la actividad en la costa norte y la selva alta, así como la tecnología de cultivo conocida y disponible, son indicios de buenas perspectivas para el cultivo de esta especie, aunque el sector empresarial aun no ha superado los niveles de informalidad ni se ha logrado un acceso estable al mercado de exportación; el mercado local se ha venido presentando como una importante oportunidad para su comercialización, incrementando su demanda en el mismo y manteniendo precios de venta muy atractivos. Los rendimientos de la tilapia para su procesamiento en la presentación de filete son en promedio de 31% y en entero eviscerado se considera 80%. Fuente: Fishstat Plus – FAO.

Los principales países productores de tilapia son en primer lugar China con 1,382 millones de TM seguido por Egipto con 456,607 TM e Indonesia con 420,851 TM; en la Región de América Latina y El Caribe el principal productor de tilapia es Brasil con 159,016 TM seguido por Colombia con 49,201 TM, Ecuador con 43,192 TM, Costa Rica con 22,290 TM, entre otros países, encontrándose el Perú con apenas 2,013 TM de tilapia se encuentra en el Puesto N° 24 a nivel mundial y en el Puesto N° 10 a nivel de la Regional.

El conocimiento de las variaciones del consumo de oxígeno con cambios de temperatura, constituye una herramienta valiosa para establecer la tasa de renovación de agua y densidades de cultivo máximas, debido a que la temperatura mantiene influencia sobre las actividades metabólicas de los organismos como la tasa de respiración, eficiencia en la alimentación y asimilación, crecimiento, comportamiento y reproducción, así como su distribución en los ecosistemas (De la Gándara, 2003; Ferreira et al., 2009; Poleo et al., 2011). Por lo tanto, la estimación de los requerimientos de oxígeno de los peces se convierte en una variable fundamental en la acuicultura (Merino et al., 2009, 2011).

El conocimiento de las variaciones del consumo de oxígeno con cambios de temperatura, constituye una herramienta valiosa para establecer la tasa de renovación de agua y densidades de cultivo máximas, debido a que la temperatura mantiene influencia sobre las actividades metabólicas de los organismos como la tasa de respiración, eficiencia en la alimentación y asimilación, crecimiento, comportamiento y reproducción, así como su distribución en los ecosistemas (De la Gándara, 2003; Ferreira et al., 2009; Poleo et al., 2011). Por lo tanto, la estimación de los requerimientos de oxígeno de los peces se convierte en una variable fundamental en la acuicultura (Merino et al., 2009, 2011).

Numerosos estudios han sido realizados para estimar el consumo de oxígeno utilizando respirómetros o cámaras respirométricas, entre ellos los de: Parma de Croux & Lorenzatti (1981) en *Pimelodus maculatus*, Parma de Croux (1983) en *Hoplias malabaricus*, Saint-Paul (1983) en *Colossoma macro-pomum*, Fidhiany & Winckler (1995). De ellos ~85% se realizó bajo condiciones de metabolismo de rutina, los peces permanecen inactivos y en ayuno (Nerici et al., 2012). De la Gándara (2003) sostiene que los datos del metabolismo de rutina son considerados la mejor

aproximación de lo que sucede en la naturaleza, ya que representa los costos metabólicos asociados a procesos diarios y actividades de la vida normal y parecen ser más precisos para la acuicultura con fines de producción (Nerici et al., 2012).

II. MATERIAL Y METODOS

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Pesquería y de alimentos de la Universidad Nacional del Callao, con un diseño experimental bifactorial 5x3 (dos variables independientes, una de ellas con 5 niveles y la otra con 3 niveles) = 15 combinaciones con 3 réplicas por combinación = 45 experimentos.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población total estaba constituida por 600 ejemplares de tilapia *Oreochromis niloticus* de diferentes pesos del Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de alimentos en Chucuito.

La Muestra.-Se utilizaron 210 peces con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Unidades experimentales: se construyó 1 respirómetro (Fig. 1) que consistió en una cámara de vidrio con un volumen de 120 L de agua, sellada con tapa hermética. La medición del consumo de oxígeno se realizó con un oxímetro (HACH LDO HQ 20), y una bomba de recirculación de agua con filtro sumergible Sea Star HX con un caudal de 250 L h⁻¹. La metodología a emplear es una adaptación y modificación realizada a partir de los trabajos de, Sastre et al. (2004), Valbuena-Villareal & Cruz-Casallas (2007) y Peñuela- Hernández et al. (2007), y se aplicará el siguiente procedimiento:

1. Calibración del oxímetro: se realiza según los valores de altitud del lugar y salinidad del agua. 2. Respirómetro: se instaló el sensor del oxímetro y la bomba sumergible de recirculación de agua, y se llenó el respirómetro con agua de clorada. 3. Oxígeno: se suministró oxigenación mediante piedras difusoras procurando mantener el mayor porcentaje de saturación. 4. Peces: se introdujeron los peces de acuerdo a la biomasa estipulada para cada experimento. (1 kg) por cada grupo de peces 5. Aclimatación: el período de adaptación y aclimatación fue de 1 h aproximadamente.

6. Temperatura: se controló mediante la adición de hielo o agua caliente, en el interior de los respirómetros se mantuvo a 21 °C; 25 °C y 30°C. 7. Cerrado del sistema: se llenó el volumen faltante con agua, se retiró la oxigenación del sistema y se cerró el sistema herméticamente. 8. Se determinó de consumo de oxígeno: registrando los datos cada 15 min hasta alcanzar una hora por cada prueba A los valores obtenidos del consumo de oxígeno para diferentes pesos y distintas temperaturas se le aplicará un análisis de regresión múltiple con el software Minitab para determinar la relación logarítmica o exponencial entre las variables independientes y dependientes.

III. RESULTADOS

Consumo de oxígeno en relación al peso,: En el gráfico N° 1a se muestra los valores de consumo de oxígeno de tilapia nilótica con variación del peso corporal, de 24 g. hasta 251 g a 20° C donde observamos que a una misma temperatura (20°C) el consumo de oxígeno disminuye de 239,33±21 mg de oxígeno / kg / h para un peso de 24 g; a 52,78±69 mg de oxígeno / kg / h para un peso de 251 igualmente ocurre a 25°C, tenemos que para una peso promedio de 24 g el consumo de oxígeno fue de 319,15±97 mg de oxígeno / kg / h y para una tilapia de 251 g el consumo de oxígeno disminuye a 81,35±81 mg de oxígeno / kg / h. Y finalmente A 30° C para tilapias con peso promedio de 24 g tienen un consumo de oxígeno de 498 mg de oxígeno por kg/h, y para un peso promedio de 251 g. el consumo de oxígeno también disminuye a 112 mg de oxígeno/kg.h. Esto nos permite establecer que para una misma temperatura el consumo de oxígeno expresado como mg de oxígeno por kg. por hora disminuye al aumentar el peso. Consumo de oxígeno en relación a la temperatura En la tabla N° 1 nos muestra los valores de consumo de oxígeno, que cuando se aumenta la temperatura de 20° C a 30° C , el consumo de oxígeno para tilapias con peso promedio de 24 g (a 20° C) aumenta de 239 mg de oxígeno por kg y por hora a 498 mg por kg por hora para tilapias con peso promedio de 24 g a (a 30° C).

TABLA 1

Consumo de Oxígeno de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) a diferentes pesos y temperatura de agua

Peso corporal (g)	Consumo de O ₂ disuelto (mg O ₂ kg ⁻¹ .h ⁻¹)		
	20°	25°	30°
24 (g)	239,33±21	319,15±97	498,23±17
39 (g)	183,67±12	240,71±34	280,45±62
92 (g)	98,23±36	142,06±37	209,03±72
140 (g)	65,45±41	114,9±38	161,02±79
251 (g)	52,78±69	81,35±81	112,57±12

Fuente: Elaboración propia

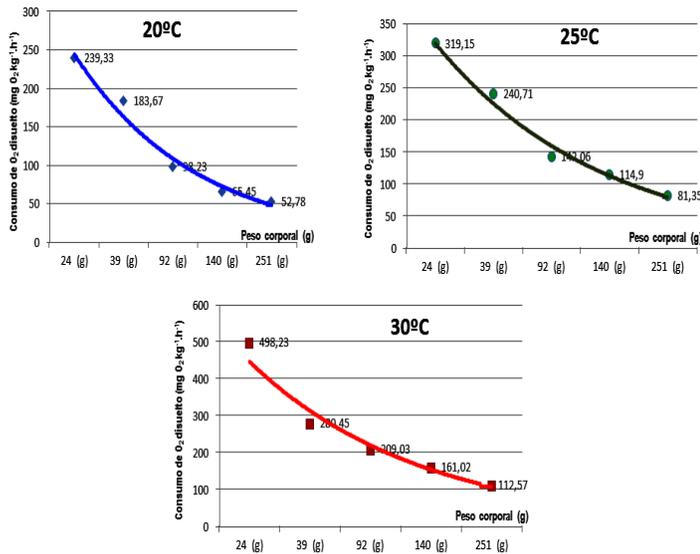


Gráfico 1 consumo de oxígeno de tilapia nilótica (mg O₂/ kg/h) a diferentes temperaturas con variación del peso corporal de 24 g a 251 g
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 2, podemos observar los valores de consumo de oxígeno, cuando se varía el peso, para una misma temperatura a 30° C (Barra verde) se puede inferir que este disminuye al aumentar el peso. Lo mismo al aumentar los pesos a temperatura de 25° C (barras Azules), el consumo de oxígeno también disminuye. El análisis estadístico mediante regresión nos permite encontrar La ecuación de regresión es $\text{Log}Y = 0,492 - 0,243 \text{Log}X_1 + 1,68 \text{Log}X_2$, con R-cuadrado. = 92,8% R-cuadrado. (ajustado) = 91,6%

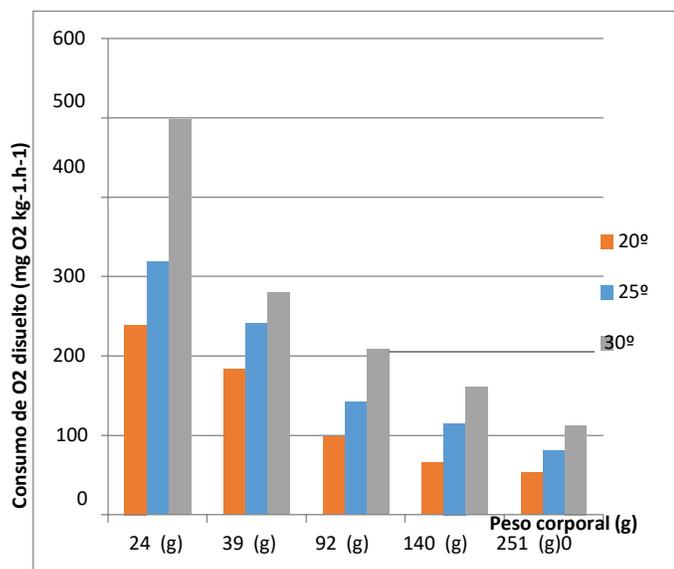


Gráfico 2 Consumo de oxígeno (mg O₂/kg/h) de tilapia nilótica a diferentes pesos y temperaturas
Fuente: Elaboración propia

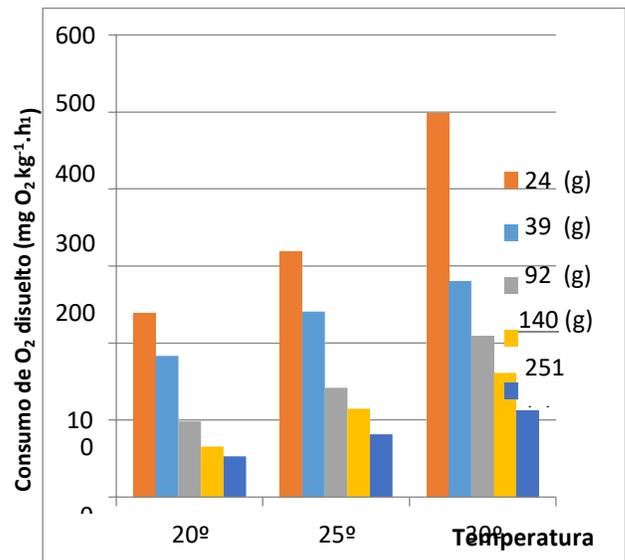


Figura N° 3 Consumo de oxígeno (mg O₂/kg/h) de tilapia nilótica a diferentes temperaturas y pesos
Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran, que al aumentar el peso corporal promedio de las tilapias, el consumo de oxígeno disminuye para una misma temperatura, expresado como miligramos de oxígeno consumido por kg y por hora, y al aumentar la temperatura el consumo de oxígeno aumenta para tilapias de un mismo peso,

Jover (2009), Puente (2009) y Merino et al. (2009), entre otros autores, mencionan diferentes clasificaciones para identificar el estado metabólico de los peces. En el presente trabajo, se consideró el metabolismo de rutina como la tasa metabólica de los peces cuando se está realizando una actividad espontánea normal y en ayuno según Waller (1992) en Cerezo-Valverde & García- García (2004) y Brett & Groves Gráfico N° 6.6: Valores promedio de longitud (cm) por tratamiento y por días de los ejemplares de Oreochromis niloticus

Los resultados muestran una relación inversa entre el consumo de oxígeno y el peso corporal, de manera similar a lo obtenido para Piaractus brachyomus (Sastre et al., 2004), Dentex dentex (Cerezo-Valverde & García-García, 2004), Oreochromis sp. (Valbuena- Villareal & Cruz-Casallas, 2007) y Bycon amazonicus (Valbuena et al., 2006; Peñuela-Hernández et al., 2007).

En este contexto, los resultados obtenidos nos permiten inferir que organismos con pesos corporales mayores a 251 g podrían tolerar un mayor tiempo de exposición a bajas concentraciones de oxígeno como lo señala Barbosa et al. (2009), Carvalho & Rodrigues (2009), Val (1996), Lacerda et al. (2010), FONDEPES (2004), Brauner & Val (2006) y Centeno et al. (2007).

Val (1996) y Brauner & Val (2006) sostienen que la

temperatura acelera en general, las reacciones químicas, trayendo consigo el incremento del consumo de oxígeno en los seres vivos. FONDEPES (2004) reporta que la temperatura óptima para el cultivo de gamitana oscila entre 25 y 30°C; los cultivos se verían afectados por eventos de friaje, existiendo reportes de temperaturas de 21°C y temperaturas aún más bajas, que han afectado a la región amazónica (Rodríguez, com. pers.). Saint-Paul (1983) reportó valores de consumo de oxígeno disuelto de *C. macropomum* correspondientes a 103,7; 191,5; 289,7 y 212,4 mg O₂ kg⁻¹ h⁻¹ a temperaturas de 22, 27, 30 °C respectivamente, con tendencia al ascenso en las tres primeras temperaturas (2009), coincidiendo con este resultado, menciona que todos los organismos tienen un rango de temperatura en el cual desarrollan sus funciones de manera óptima, pero a medida que la temperatura se aleja de este rango, dichas funciones se ven afectadas hasta que dejan de realizarse a determinadas temperaturas extremas. Comparando los datos coincidentes de Saint-Paul (1983) con los obtenidos en el presente trabajo, se observa que el comportamiento del CO es similar en los dos casos, aunque se observan diferencias en los valores absolutos, probablemente debidas a las diferentes condiciones experimentales a las que fueron sometidos los organismos o a diferencias poblacionales. No obstante, esto indica que bajo condiciones próximas a 35°C los resultados no serían aplicables, puesto que Saint-Paul (1983) observa una caída en el CO a los 35°C, lo cual sugiere que esas temperaturas podrían ser extremas o letales para la gamitana. Parma de Croux & Lorenzatti (1981), Montagna & Parma de Croux (2001), De La Gándara (2003) y Dias de Oliveira (2003) indican que la tasa metabólica ha sido utilizada como una medida cuantitativa para evaluar la actividad general de los peces encontrándose diferentes respuestas para una misma especie. Esto se debe a que los organismos están expuestos a diferentes condiciones ambientales tales como: temperatura del agua, tamaño, peso, estado fisiológico animal y metodología empleada en experimentos de laboratorio. Esto indica que las condiciones ambientales influyen en el metabolismo de los organismos.

A pesar del proceso de aclimatación, los organismos consumieron más oxígeno durante un corto período luego de cerrar la cámara respirométrica. Peñuela- Hernández et al. (2007) indican que la demanda de oxígeno se atribuye al déficit causado por el ejercicio aerobio durante la manipulación y adaptación a un nuevo entorno. Por consiguiente, en los experimentos, luego del cierre del respirómetro, el contorno de la cámara fue cubierto con plástico oscuro para evitar el estrés a los animales.

En investigaciones realizadas en trucha arco iris por Schroeder (1975) y Muller Feuga (1978) citados en Boyd (1990); en cachama blanca por Sastre et al. (2004) y Peñuela- Hernández et al. (2007) y en tilapia roja por Valbuena & Cruz-Casallas (2007), independientemente que sean especies de aguas frías o cálidas, el CO se ajustó a ecuaciones logarítmicas y potenciales. En la presente investigación los

datos ajustaron mejor a curvas de regresión potencial que se caracterizaron por presentar un alto coeficiente de determinación (R²). Por su parte, la ecuación producto del análisis multivariado guarda relación con la ecuación que describen Andrews & Matsuda (1975) en Boyd (1979) en trabajos de respiración de bagre de canal desarrollando expresiones multivariadas de la forma: $CO = a + bP + cT$, que permiten estimar el consumo de oxígeno a partir de las dos variables, peso y temperatura, señalando que los datos se aplican a condiciones específicas del experimento, pudiendo ser utilizados para obtener valores aproximados para el consumo de O₂ por los peces en el estanque.

Andrews & Matsuda (1975) en Buentello et al. (2000) señalan que en el bagre de canal la tasa de consumo de oxígeno en función de la alimentación puede variar incrementándose 1,45 veces en peces de 100 g. Además, Andrews & Matsuda (1975) en Boyd (1990) reportaron que el bagre de canal bajo condiciones ambientales constantes disminuyó su tasa de respiración después de la alimentación como sigue: inmediatamente después de la alimentación 520 mg O₂ kg⁻¹ h⁻¹; 1 h después de la alimentación, 680 mg O₂ kg⁻¹ h⁻¹, ayuno nocturno 380 mg O₂ kg⁻¹ h⁻¹; ayuno de tres días 290 mg O₂ kg⁻¹ h⁻¹; ayuno de nueve días 290 mg O₂ kg⁻¹ h⁻¹. Es decir, la tasa de respiración aumenta con el incremento de la actividad; mientras que a medida que se prolonga el ayuno el consumo de oxígeno disminuye. Estos resultados nos permiten recomendar que en una siguiente fase de experimentación se debiera realizar el estudio bajo condiciones de alimentación (metabolismo de actividad); para estimar el consumo de oxígeno en condiciones prolongada de ayuno tal como el reportado en bagre de canal. No obstante la interpretación del consumo de oxígeno y su aplicación en una acuicultura más intensiva dependerá de la tasa de alimentación en los cultivos.

V. REFERENCIALES

- Blanco, MC. 1984. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundiprensa. Madrid, 238 pp.
- Boyd, C. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Birmingham Publishing, Alabama, 482 pp.
- Brett, J.R. y N.R. Glass. (1973). Metabolic rates and critical swimming speeds of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to size and temperature. J. Fish. Res. Board Can., 30(3):379-387
- De La Gándara, F. 2003. Efecto de diversos factores sobre el consumo de oxígeno de juveniles de seriola *Seriola dumerili* en condiciones de cultivo. Tesis de Doctorado en Oceanografía, Instituto Español de Oceanografía, Universidad de Murcia, Murcia, 279 pp.
- FAO. 2010. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma. 219 pp.

- Hepher B. 1993. Nutrición de Peces Comerciales en Estanques. Grupo Noriega Editores, México. 406 pp.
- Higuera M. 1987. Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas. J. Espinoza y V. Labarta (Eds). Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. CAICIT. pp. 291-318.
- Ferreira, P.M.F., J.M. Barbosa, E.L. Santos, M.R. Lima & J.A.L. Cabral. 2009. Efeito da temperatura sobre a taxa metabólica da carpa-comum *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). *Rev. Bras. Eng. Pesca*, 4(2): 1-10.
- knut s, Nielsen Y. 1976. Fisiología Animal: adaptación y medio ambiente. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. España. 320 pp.
- Liao, P.B. (1971). Water requirements of salmonids. *Prog. Fish-Cult.*, 33(4) :210-215
- Merino, G.E., D.E. Conklin & R.H. Piedrahita, 2011. Dial rhythms of oxygen consumption rates of California halibut (*Paralichthys californicus*) under culture in a recirculating system. *Aquacult. Eng.*, 45: 28-34.
- Merino, G.E., R.H. Piedrahita & D.E. Conklin. 2009. Routine oxygen consumption rates of california halibut (*Paralichthys californicus*) juveniles under farm-like conditions. *Aquacult. Eng.*, 41: 166-175.
- .Muller-Feuga, A. (1978). The influence of temperature and weight on the oxygen demand of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* R.) in fresh water. *Aquaculture*, 14:355-363
- Nerici, C., G.E. Merino & A. Silva. 2012. Effects of two temperatures on the oxygen consumption rates of *Seriola lalandi* (palm fish) juveniles under rearing conditions. *Aquacult. Eng.*, 48: 40-46.
- Parma De Croux, M.J. 1983. Metabolismo de rutina de *Hoplia malabaricus malabaricus* (Bloch, 1974) (Osteichthyes, Erythrinidae). *Rev. Bras. Zool.*, 1(3): 217-222.
- Parma De Croux, M.J. & E. Lorenzatti. 1981. Metabolismo de rutina de *Pimelodus maculatus* (Lac) (Pisces, Pimelodidae). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 12: 20-26.
- Peñuela-Hernández, Z., G. Hernández, J.R. Corredor & P.E. Cruz-Casallas. 2007. Consumo de oxígeno en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) durante diferentes etapas de desarrollo corporal. *Orinoquia*, 11(1): 49-55.
- Poleo, G., J.V. Aranbarrio, L. Mendoza & O. Romero. 2011. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, *Pesqui. Agropecu. Bras.*, 46(4): 429-
- Saavedra M.A. 2006. Manual de manejo del cultivo de tilapia. Coastal Resources Center. Univ. Rhode Island. 90 pp.
- Sastre, O.F., G. Hernández & P.E. Cruz-Casallas. 2004. Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Rev. Colomb. Cienc. Pec.*, 17: 11-16.
- Valbuena-Villareal, R.D. & P.E. Cruz-Casallas. 2007. Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Orinoquia*, 10(1): 57-63.
- Valbuena, M., Y. Velasco-Santamaría & P.E. Cruz-Casallas. 2006. Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno en yamú *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829): reporte preliminar. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.*, 19(2): 175- 179.
- Saint-Paul, U. 1983. Investigations on the respiration of the neotropical fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalmidae). The influence of weight and temperature on the routine oxygen consumption. *Amazoniana*, 7: 433-43.
- Higuera M. 1987. Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas. J. Espinoza y V. Labarta (Eds). Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. CAICIT. pp. 291-318.
- Romero C. 1995. Consumo de oxígeno, balance energético y efecto de inmunoestimulantes en el rodaballo cultivado *Scophthalmus maximus* L. Tesis Doctoral en Biología. Facultad de Biología. Universidad de Santiago de Compostela, España, 189 pp
- Waller, U. (1992). Factors influencing routine oxygen consumption in Turbot, *Scophthalmus maximus*. *J. Appl. Ichthyol.*, 8:62-71