

## Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en una zona cálida tropical

Daniel Antonio Perdomo Carrillo<sup>1\*</sup>, Zenaida Corredor<sup>1</sup> y Lílido Ramírez-Iglesia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Los Andes (ULA). Núcleo Universitario “Rafael Rangel” (NURR). Técnico Superior Universitario en Ejercicio Privado. Estudiante de Ingeniería de la Producción en Agroecosistemas, estado Trujillo, Venezuela. Correo electrónico: dperdomocarrillo@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad de Los Andes (ULA). Núcleo Universitario “Rafael Rangel” (NURR). Centro de Investigaciones Agrícolas, Biológicas, Educativas y Sociales (CIABES), Laboratorio de Investigación en Fisiología e Inmunología (LIFI), estado Trujillo, Venezuela.

---

### RESUMEN

Se realizó un ensayo para evaluar las características morfométricas, parámetros físico-químicos del agua, densidad de siembra y mortalidad, en el cultivo intensivo de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.), en condiciones de zona tropical, en el estado Trujillo, Venezuela. El estudio abarcó tres fases productivas de peces en lotes diferentes. Se empleó una densidad de siembra de 70, 30 y 15 peces/m<sup>2</sup>, para levante (L), pre-engorde (P) y engorde (E), respectivamente. Las variables morfométricas referentes a longitud total (LT) y estándar (LS) en las tres fases y los parámetros del agua, se analizaron mediante la *t* de Student ( $P < 0,05$ ) y correlaciones de Pearson con el programa SAS. Se encontraron diferencias en todas las medidas morfométricas evaluadas, LTL-LTP ( $P < 0,001$ ), LTL-LTE ( $P < 0,001$ ), LTP-LTE ( $P < 0,001$ ), LSL-LSP ( $P < 0,001$ ), LSL-LSE ( $P < 0,001$ ), LSP-LSE ( $P < 0,0019$ ). Se encontraron correlaciones ( $P < 0,05$ ) entre las medidas morfométricas a excepción de LSL-LTE y LSL-LSE. Los coeficientes de las correlaciones en las longitudes totales, mostraron una tendencia a disminuir en subsiguiente fases, LTL-LTP (0,68), LTP-LTE (0,55). Los resultados de la Prueba *t* de Student indicaron que la dureza del agua, presentó diferencias ( $P < 0,05$ ) en las fase P y E. Se concluye que las características morfométricas varían de acuerdo al desarrollo y fase de cultivo, los parámetros físico-químicos del agua presentaron rangos similares a los requeridos por la especie, y la mortalidad fue del 16%. Es necesario ajustar las condiciones ambientales en función del bienestar animal y reducir la mortalidad.

*Palabras clave:* Tilapia roja, cultivo intensivo, bienestar en peces, características morfométricas, trópico.

---

### Physico-chemical characteristics and morphometric breeding phased of red tilapia (*Oreochromis* spp.) in a warm tropical zone

### ABSTRACT

A trial was conducted in Trujillo state, Venezuela, to evaluate the morphometric characteristics, physic-chemical parameters of water, density and mortality of red tilapia (*Oreochromis* spp.), under intensive culture in tropical conditions. The study covered three stages of production of fish in different lots. A density of 70, 30 and 15 fish/m<sup>2</sup> to lift (L), pre-fattening (P) and fattening (E), was used, respectively. The morphometric variables related to total length (TL) and standard (LS) in the three phases, and water parameters were analyzed using Student's *t* test ( $P < 0.05$ ) and Pearson correlations with the SAS program. Differences were found in all morphometric measures assessed, LTL-LTP ( $P < 0.001$ ), LTL-LTE ( $P < 0.001$ ), LTP-LTE ( $P < 0.001$ ), LSL-LSP ( $P < 0.001$ ), LSL-LSE ( $P < 0.001$ ), LSP-LSE ( $P < 0.0019$ ). Correlations were found ( $P < 0.05$ ) between the morphometric measures except for LSL-LTE and LSL-LSE. The coefficients of correlation of the total length, showed a tendency to decrease in subsequent phase, LTL-LTP (0.68), LTP-LTE (0.55). The results of the Student's *t* test indicated that

the water hardness differences ( $P < 0.05$ ) in the phase P and E. We conclude that the morphometric characteristics vary according to the development and growth phase, the physic-chemical parameters of water presented similar levels to those required by the species, and mortality was 16%. You need to adjust environmental conditions in terms of animal welfare and reduce mortality.

*Key words:* Red tilapia, intensive culture, fish welfare, morphometric measured, tropic.

## INTRODUCCIÓN

En Venezuela, el cultivo de la tilapia comenzó legalmente en el año 1992, a partir de la autorización mediante resolución conjunta MAC-152, MARNR-66 del 10-06-92, para las especies, tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), tilapia azul (*O. aureus*), tilapia negra (*O. mossambicus*) y sus híbridos (Giménez *et al.*, 1995). Esto permitió incrementar su cultivo, lo que se evidenció en las estadísticas de producción piscícola, al obtenerse en el año 1995, 1.655 tm (Castillo, 2005) valores de producción obtenidos principalmente con la variedad roja.

El bienestar animal aplicado a la crianza de peces, nace bajo un concepto de la interacción del hombre con otros animales y surge como una atribución de un estado moral a los animales (Oliveira y Galhardo, 2007; OIE, 2011). En ese sentido, el bienestar animal tiene como fundamento científico la determinación de la calidad de vida y el respeto a su bienestar tanto físico como psicológico en la crianza, transporte, y sacrificio (Håstein, 2008; OIE, 2011).

Los indicadores del bienestar animal en especies acuáticas implican la definición de las condiciones físico-químicas del agua y del ambiente, la evaluación de salud, lesiones, el crecimiento, características morfométricas, conducta, así como, las técnicas del manejo de la alimentación, manipulación, gestión, conservación de las características del agua, captura, transporte y sacrificio humanitario (Huntingford *et al.*, 2006; Pedrazzani *et al.*, 2007; Relić *et al.*, 2010); así como la identificación de los factores ambientales u otros agentes estresantes que pueden afectar negativamente la producción y el desempeño de los organismos acuáticos (Huntingford *et al.*, 2006; Oliveira y Galhardo, 2007). En piscicultura, se avizoran importantes desafíos para la producción de peces con bienestar animal, ya que el medio acuático donde viven presenta dificultades para observar su conducta normal en forma directa que indique falta

de bienestar y adecuadas condiciones de la calidad de su medio de vida, etología que resulta mas obvia su observación en las especies terrestres (Relić *et al.*, 2010; Molento y Dal Pont, 2010).

Algunos autores han señalado que en piscicultura la densidad de siembra, sistemas de alimentación, factores genéticos, patologías, parámetros físico-químicos del agua, diseño de infraestructuras, métodos de manipulación y selección de peces son los factores que propician un adecuado estado en el bienestar animal y una mayor supervivencia de los organismos durante el cultivo (Håstein, 2008; González *et al.*, 2010). Además, según Huntingford *et al.* (2006), se debe prestar atención en las interacciones sociables de los peces y la ausencia de predadores en las granjas.

En las tilapias, las características morfométricas como la longitud total y estándar, han sido utilizadas en evaluaciones de la respuesta en la crianza tanto en ambientes naturales como en cautiverio. Reportándose que variaciones en estas medidas morfométricas en las distintas fases de crianza pueden ser indicadoras de las condiciones ambientales, alimento consumido y hasta de bienestar (Narváez *et al.*, 2005). También, las características morfométricas han sido utilizadas para estimar los rendimientos corporales, sin necesidad de recurrir al sacrificio de los peces (Rutten *et al.*, 2004; Leonhardt *et al.*, 2006; Diodatti *et al.*, 2008).

Lo antes señalado sugiere la importancia de la morfometría como indicador del bienestar animal. En la evaluación del crecimiento animal existen precedentes de indicadores morfométricos que se han correlacionado altamente con el peso durante el sacrificio (Rojas-Runjaic *et al.*, 2011). Estos mismos autores sugieren que la determinación de una de ellas, es suficiente para realizar el monitoreo del rendimiento productivo sin tener que sacrificar el animal.

Se ha reportado en la crianza de tilapias (*Oreochromis* spp.) gran adaptabilidad a distintos

ambientes; no obstante, es importante conocer los parámetros físico-químicos del agua como indicadores del bienestar en los peces, tales como oxígeno disuelto (OD), temperatura, pH, transparencia, dureza, amonio y alcalinidad. Alteraciones en los rangos de tolerancia de estos parámetros pueden causar problemas como hipoxia, inapetencia, atraso del crecimiento, incremento de la conversión alimenticia, inmunosupresión, susceptibilidad a enfermedades, deterioro de branquias y mortalidad, lo cual se traduce en considerables pérdidas económicas (Boyd, 1996; Kubitzka y Kubitzka, 2000; Valbuena y Cruz, 2006; Kubitzka, 2009; González *et al.*, 2010).

En relación a las condiciones de la crianza de tilapias con bienestar animal existen pocos trabajos al respecto, sin embargo se podrían adoptar los principios de la Declaración Universal de los Derechos de los Animales (WSPA, 2012), y la Ley para la Protección de la Fauna Doméstica Libre y en Cautiverio (Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, N° 39.338, de fecha 04/01/2010). Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue estudiar las condiciones físico-químicas del agua, la morfometría, la densidad de siembra y la mortalidad en las fases de Levante, Pre-engorde y Engorde de la Tilapia roja en una granja de la zona calida del estado Trujillo y su asociación con el bienestar animal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo se realizó en una granja comercial dedicada a la producción intensiva de tilapia roja (Tetrahíbrido de *Oreochromis* spp.) ubicada en el asentamiento campesino Los Negros, sector El Jagüito, parroquia El Jagüito, municipio Andrés Bello, estado Trujillo, Venezuela, entre las coordenadas geográficas: 9°22'17,76"N y 70°40'45,75"O.

La zona de vida corresponde a un área de Bosque Seco Tropical, a 50 msnm, temperatura promedio anual de 29°C, precipitación promedio anual de 1.026,5 mm y humedad relativa del 71%.

### Crianza de tilapias

Se evaluó el bienestar animal durante la crianza intensiva de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.),

mediante el análisis de tres fases productivas (levante, pre-engorde y engorde). Para ello, se evaluaron por separado diferentes lotes de individuos en cada una de las fases productivas.

### Levante (L)

Se realizó con alevines de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) con peso vivo promedio de 2,18 g, reversados mediante la hormona 17  $\alpha$ -metil-testosterona con 28 días de edad, y sembrados en un tanque de 200m<sup>2</sup> (volumen 12,5m x 16m x 1,4m= 280m<sup>3</sup>) a una densidad de siembra (DS) de 70 peces/m<sup>2</sup> (14.000 alevines). Estos permanecieron por un tiempo de dos meses. Durante esta etapa fueron alimentados con una frecuencia de cuatro veces/día con Puripargo® con 28% de proteína bruta (PB) y 3% de grasa cruda (GC). Se aplicó flujo continuo de agua para favorecer la oxigenación (50 L/min). Al culminar este ciclo, se clasificaron con selector (tamiz) de cinco cm de luz de malla, en ambos lados, reteniéndose aquellos ejemplares con un peso promedio de 50 g de peso vivo (PV) y una LT promedio de 11,7 cm.

### Pre-engorde (P)

Se realizó con pre-juveniles de dos meses de edad, seleccionados con PV de 50 g. Se empleó un tanque de 147m<sup>2</sup> (10,5m \*14m \* 1,2m= 205m<sup>3</sup>), la DS fue de 30 peces/m<sup>2</sup> (4.500 peces/tanque), donde permanecieron por un periodo de 3 meses, hasta alcanzar un PV que oscilaron entre 150-200g y una longitud total promedio de 16,4 cm. Durante esta etapa las tilapias fueron alimentadas dos veces/día con Puripargo® de 25% de PB y 3% GC.

### Engorde (E)

Se realizó durante 60 días, con juveniles de cinco meses de cría, y PV que osciló entre 150-200g, se empleó un tanque de 147m<sup>2</sup> (10,5m \*14m \* 1,2m= 205m<sup>3</sup>), con DS de 15 peces/m<sup>2</sup> (2.200 peces/tanque). Los individuos se alimentaron dos veces/día (Puripargo® de 25% de PB y 3% GC). Las tilapias permanecieron en esta fase hasta que alcanzaron un PV y longitud promedio de 450 g y 22,6 cm, respectivamente.

### Manejo de la calidad del agua

Durante todas las fases de crianza se mantuvo la aireación aportada por un Blower (1,5 HP) y

renovación de agua diaria del 25%. Cada ocho a diez días, el volumen de agua se renovó en un 100% del agua a fin de mantener las condiciones en la calidad del agua.

### Parámetros físico-químicos del agua

Se determinaron semanalmente los parámetros físico-químicos del agua, como factores que inciden en el bienestar de los peces cultivados (OIE, 2011). En tal sentido se determinaron el oxígeno disuelto (OD) y temperatura del agua (°C) con un medidor digital portátil (marca YSI, modelo 850), pH (marca YSI, modelo 63), la transparencia del agua (cm) se valoró con un disco de Secchi, amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), dureza, y la alcalinidad, mediante un kit de acuicultura (marca La Motte, modelo: PLN).

### Evaluación del crecimiento animal

Las mediciones morfométricas en cada una de las fases productivas, se basaron en las siguientes determinaciones corporales: Longitud Total en Levante (LTL), Pre-engorde (LTP) y Engorde (LTE), y Longitud Estándar en Levante (LSL), Pre-engorde (LSP) y Engorde (LSE). Se empleó un íctiometro convencional y vernier, según metodología empleada por Rojas-Runjaic *et al.* (2011). El PV en cada fase, correspondió al peso según la fase de producción (50 g en levante, 150-200 g en pre-engorde y 450 g en engorde).

El muestreo se realizó durante las primeras horas del día (07:00-08:00 am), a fin de evitar mayores efectos estresantes sobre los peces.

### Protocolo de muestreo

El muestreo de los parámetros físico-químicos del agua y de las variables morfométricas, se realizaron semanalmente durante un periodo de seis semanas consecutivas, en cada fase de crianza (levante, pre-engorde y engorde). En cada una de las fases, las mediciones se iniciaron a los 15 días de haberse iniciado las mismas, de acuerdo al protocolo de manejo de la granja.

### Mortalidad

La mortalidad se determinó diariamente en los tanques correspondientes a las tres fases de producción evaluadas.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño totalmente aleatorizado con tres replicas utilizando las densidades de siembra como factor fijo (Levante: 70 peces/m<sup>2</sup>, Pre-engorde: 30 peces/m<sup>2</sup>, y Engorde: 15 peces/m<sup>2</sup>). Los tanques fueron considerados unidades experimentales y los peces unidades de muestreo.

### Procesamiento de datos y análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron sin considerar el sexo de los peces, en vista de ser animales reversados. Las bases de datos fueron creadas en hojas de cálculo MS Excel 2007, para lo cual se conformó un registro de múltiples entradas para el análisis de las variables evaluadas.

Para determinar los valores estadísticos descriptivos media, desviación estándar, valor mínimo y máximo y establecer la existencia de diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre las medias, tanto en los parámetros de las características físico-químicas del agua en las tres fases de crianza (Levante, Pre-engorde y Engorde) que pudieran afectar el bienestar animal y por ende su crecimiento, y para establecer los valores descriptivos y diferencias de las distintas variables morfométricas de cada fase productivas, se empleó el procedimiento PROC MEANS del SAS (SAS, 1999) con comparación de medias mediante la *t* de Student ( $P < 0,05$ ).

Para determinar correlaciones en los indicadores del crecimiento en las tres fases, se utilizó el procedimiento PROC CORR/Pearson del mismo SAS para variables numéricas continuas, se consideró asociación lineal significativa cuando la probabilidad fue  $P < 0,05$ . Los datos fueron analizados en el Centro Nacional de Cálculo Científico (CeCALCULA) de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables morfométricas

De acuerdo al manejo dado en la granja al momento de realizar la selección, la tilapia roja presenta medidas morfométricas aceptables según las tallas esperadas en las tres fases productivas (Cuadro 1).

La prueba de *t* de Student arrojó diferencias entre todas las variables morfométricas evaluadas,



Cuadro 1. Variables morfométricas en la crianza de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en una zona cálida tropical

| Variable (cm)                    | Media              | DS  | mín  | máx  |
|----------------------------------|--------------------|-----|------|------|
| Longitud total en levante        | 11,7 <sup>a</sup>  | 1,8 | 6,8  | 15,9 |
| Longitud estándar en levante     | 10,3 <sup>a</sup>  | 3,3 | 5,1  | 22,9 |
| Longitud total en pre-engorde    | 16,4 <sup>ab</sup> | 1,2 | 13,9 | 18,6 |
| Longitud estándar en pre-engorde | 13,5 <sup>ab</sup> | 1,1 | 11,2 | 15,4 |
| Longitud total en engorde        | 22,6 <sup>c</sup>  | 1,4 | 19,2 | 24,7 |
| Longitud estándar en engorde     | 19,2 <sup>c</sup>  | 1,5 | 16,2 | 24,1 |

Líneas con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

DS: desviación estándar, min: mínimo, máx: máximo.

LTL–LTP ( $P < 0,001$ ), LTL–LTE ( $P < 0,001$ ), LTP–LTE ( $P < 0,001$ ), LSL–LSP ( $P < 0,001$ ), LSL–LSE ( $P < 0,001$ ), LSP–LSE ( $P < 0,0019$ ).

Esto evidencia que el manejo y clasificación realizada en la granja, para las posteriores etapas de la crianza, manifiestan una importante tendencia, indicando que la selección de los peces es un indicativo del bienestar animal acorde al crecimiento y desarrollo de esta especie para las subsiguientes fases productivas.

Estos resultados guardan relación a los criterios expresados por Diodatti *et al.* (2008) donde pone en evidencia que las medidas morfométricas puedan ser utilizadas como criterio de selección y control del crecimiento de las tilapias en las diferentes fases del ciclo de vida. Sin embargo, el modo de abordar el nexo entre variables morfométricas y productivas queda circunscrito a las condiciones experimentales de cada fase de producción y a las particularidades de los sistemas de manejo acuícola (Rojas-Runjaic *et al.*, 2011).

Considerando los aspectos de manejo dado a los peces en la granja, los ciclos de producción abarcan un periodo que oscila entre seis a siete meses (180 a 210 días), para obtener ejemplares con PV de 450g, y LT y LS promedios de 22,6cm y 19,2 cm, respectivamente. No obstante esto se ve influenciado por la calidad de alimento, densidad de siembra, y manejo del agua, los que proporcionan las condiciones ambientales de manejo y el bienestar para los peces sometidos a engorde.

Estas condiciones reflejan semejanzas a las descrita por otros autores en diferentes sistemas de producción de tilapias (Kubitza y Kubitza, 2000; Aguilar *et al.*, 2010). Similarmente las LT y LS finales muestran similitud a las descritas por Rojas-Runjaic *et al.* (2011), quienes reportaron valores entre 24,61 y 26,56 cm y 20,09 y 22,14 cm, para LT y LS, respectivamente.

Otro de los factores que pudo influir en los resultados de las variables morfométricas analizadas, lo constituye el proceso de reversión sexual al que fueron sometidos los peces para controlar la reproducción de juveniles en las etapas tempranas de la crianza. Valbuena y Cruz (2006) reportaron que los peces reversados pueden presentar similares condiciones de crecimiento acorde al desarrollo corporal.

A pesar de que existen pocas experiencias que han relacionado las medidas morfométricas en especies del género *Oreochromis*, Rojas-Runjaic *et al.* (2011) encontraron que los pesos corporales ejercieron una influencia en la morfometría. Indicando conjuntamente que la selección de las medidas morfométricas evaluadas permiten realizar un monitoreo apropiado del rendimiento cárnico de los peces sin tener que recurrir al sacrificio de los animales durante el ciclo de producción.

El coeficiente de Pearson arrojó la existencia de correlaciones entre las medidas morfométricas ( $P < 0,05$ ), a excepción de LSL-LTE y LSL-LSE (Cuadro 2).

Cuadro 2. Correlaciones entre las mediciones morfométricas de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en una zona cálida tropical

|     | LSL   | LTP   | LSP   | LTE   | LSE   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| LTL | 0,56* | 0,68* | 0,69* | 0,39* | 0,41* |
| LSL |       | 0,33* | 0,37* | 0,20  | 0,24  |
| LTP |       |       | 0,98* | 0,55* | 0,64* |
| LSP |       |       |       | 0,55* | 0,66* |
| LTE |       |       |       |       | 0,72* |

LTL: longitud total en levante, LSL: longitud estándar en levante, LTP: longitud total en pre-engorde, LSP: longitud estándar en pre-engorde, LTE: longitud total en engorde, LSE: longitud estándar en engorde. \*(P<0,05).

Los valores en los coeficientes de las correlaciones en referencias a las longitudes totales, mostraron una tendencia a disminuir en la medida que los peces pasan a una subsiguiente fase en el ciclo productivo, LTL-LTP (0,68); LTP-LTE (0,55).

Estas correlaciones positivas encontradas para las fases consecutivas de levante y pre-engorde, evidenciaron que las mismas presentan diferencias significativas para las subsiguientes fases de crianza (P<0,05).

Reflejando, en base al análisis de las variables morfométricas evaluadas, que al realizar el ciclo de producción en fases, la tilapia roja, presenta una morfometría variable, pero en proporción a su desarrollo corporal, como fue el caso de los peces objeto del presente trabajo.

Asimismo, esto pone de manifiesto que la morfometría evidencia el grado de adaptación, la eficiencia biológica, las diferenciaciones morfológicas y cambios metabólicos en el desarrollo corporal que se originan en las especies acuáticas en relación a los recintos y sistemas de producción (Pineda *et al.*, 2004; Narváez *et al.*, 2005, Rojas-Runjaic *et al.*, 2011).

Resultados similares han sido reportados anteriormente en tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) por Silva *et al.* (2009), quienes constataron que las variaciones morfométricas disminuyeron cuando los peces superaban un peso vivo de 450 g. Por su parte Lundstedt *et al.* (1997) igualmente en *O. niloticus*, evidenciaron en ejemplares reversados, características morfométricas similares a grupos de

peces no reversados, excepto en las longitudes de la cabeza. No obstante, ambos estudios enfocaron las relaciones existentes entre las medidas morfométricas y los rendimientos en canal y fileteado y no su relación con el crecimiento de los peces en los sistemas de producción utilizados y su bienestar animal.

Narváez *et al.* (1995), comprobaron que ejemplares en cautiverio de *O. niloticus* poseían la cabeza más afinada que los individuos provenientes de ambientes naturales. Estos últimos presentaban un cuerpo más corto y menos robustos que los individuos mantenidos en estanques. Lo que pone de manifiesto que el ambiente acuático ejerce una influencia directa sobre la diferenciación morfométrica en estos cíclidos. Lo anterior posiblemente guarde relación con lo encontrado en las variables morfométricas analizadas que variaron según el crecimiento de los peces y las tres fases de producción analizadas.

#### Parámetros físicos-químicos del agua

Los parámetros del agua registrados durante el presente estudio no difieren mucho a los reportados para esta especie en otros sistemas de producción y manejo de tilapia (Cuadro 3) (Leonhardt *et al.*, 2006; García y Calvario, 2008; Kubitzka, 2009; Rojas-Runjaic *et al.*, 2011).

Los resultados de la Prueba *t* de Student no mostraron diferencias significativas (P<0,05) entre los respectivos estanques, sólo la dureza mostró diferencias entre los estanques utilizados en las fase de pre-engorde (P) y engorde (E) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros físico-químicos del agua en la crianza de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en una zona cálida tropical.

| Parámetro        | Levante                |      |      | Pre-engorde            |      |      | Engorde                 |      |      | Rango normal* |
|------------------|------------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|------|------|---------------|
|                  | M + DS                 | min  | máx  | M + DS                 | min  | máx  | M + DS                  | min  | máx  |               |
| pH               | 7,8 ±0,4               | 6,7  | 7,9  | 7,1 ±0,2               | 6,7  | 7,3  | 7,5 ±0,5                | 7,0  | 8,1  | 6-9           |
| Oxígeno Disuelto | 3,6 ±0,7               | 2,7  | 4,6  | 4,1 ±0,9               | 2,7  | 5,1  | 4,1 ±0,9                | 2,4  | 4,9  | 4-5 mg/L      |
| Temperatura      | 28,1 ±0,6              | 27,3 | 28,9 | 28,0 ±0,5              | 27,3 | 28,9 | 27,8 ±0,3               | 27,2 | 28,1 | 27-32 °C      |
| Trasparencia     | 42,4 ±1,4              | 40,0 | 44,0 | 42,4 ±1,3              | 40,0 | 44,0 | 39,4 ±5,2               | 35,0 | 46,0 | 30-45cm       |
| Amonio           | 0,2 ±0,1               | 0,1  | 0,3  | 0,2 ±0,0               | 0,2  | 0,3  | 0,2 ±0,1                | 0,1  | 0,3  | < 2 mg/L      |
| Dureza           | 46,1 ±2,9 <sup>a</sup> | 41,3 | 49,1 | 46,7 ±1,3 <sup>a</sup> | 44,9 | 48,3 | 48,7 ± 0,8 <sup>b</sup> | 48,2 | 49,7 | 40 y 200 mg/L |
| Alcalinidad      | 40,0 ±6,3              | 28,1 | 44,2 | 42,2 ±1,6              | 39,4 | 44,2 | 42,5 ± 0,8              | 41,4 | 43,2 | 50-200mg/L    |

Líneas con letras diferentes difieren significativamente (P<0,05).

M + DS: media + desviación estándar, min: mínimo, máx: máximo.

\*: Según Boyd (1996); Kubitz y Kubitz (2000) y González *et al.* (2010).

Lo anterior puede ser atribuible al mayor tamaño de los peces y por ende mayor eliminación de heces. Esta dureza está muy relacionada con la alcalinidad, y la capacidad del medio para resistir cambios en el pH del agua (Boyd, 1996).

Los valores de temperatura, pH, transparencia fueron los valores más ajustados en referencia a los indicados por diferentes autores para esta especie (Boyd, 1996; García y Calvario, 2008; Kubitza y Kubitza, 2000; González *et al.*, 2010). Los valores para estos parámetros oscilaron entre 27,8-28,1°C; 7,1-7,8 y 39,4-42,4 cm; respectivamente.

Aunque la dureza mostró similitud a los rangos para asegurar el bienestar en las especies de *Oreochromis*, la alcalinidad estuvo entre 40 y 42,5 mg/L, inferiores a los reportados. Otros autores (Boyd, 1996; González *et al.*, 2010) han indicado que estos parámetros deben ser muy semejantes según el rango normal reportado (Cuadro 3).

Se ha señalado que el manejo de la calidad del agua no solamente debe cubrir los requerimientos físico-químicos para la especie, sino que debe de estar libre de contaminante químico y biológico que pueda afectar el desempeño y bienestar de los peces (Boyd, 1996; Valbuena y Cruz, 2006; Håstein, 2008). Sin embargo, se aprecia que de acuerdo al rango óptimo para el adecuado desarrollo de las tilapias, los valores de OD registrados en la fase de L (3,6 mg/L) estuvieron por debajo del rango inferior sugerido para las especies del género *Oreochromis* (Cuadro 3), lo que pudiera provocar situación de estrés e inapetencia en los animales.

Lo anterior pudiera atribuirse a que en la crianza de tilapia roja, se evidencia una disminución en la tasa de respiración a medida que los organismos crecen, donde los peces de mayor tamaño manifiestan un menor consumo de oxígeno, en comparación con los ejemplares pequeños, que demandan mayor tenores (Valbuena y Cruz, 2006). Estos mismos autores consideran, que los peces mayores toleran de manera más eficiente, cuerpos de agua con menor valor de OD, 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.

En la fase de P y E, estos valores de OD fueron semejantes (4,1 mg/L), y se consideran aceptables

según el rango óptimo para un adecuado desarrollo y bienestar en las especies de tilapias.

En tal sentido, se torna necesaria la práctica del recambio diario de agua para favorecer la oxigenación, así como la valoración continua de los parámetros del agua para poder determinar posibles factores estresantes y eliminarlos oportunamente. Los beneficios de estas prácticas de renovación continua del agua han sido comprobados por Andrade *et al.* (2011), los cuales en una experiencia de engorde intensivo de cachama, *Colossoma macropomum*, evidenciaron que el correcto manejo de la calidad del agua fue uno de los factores determinantes para asegurar la sobrevivencia de los individuos.

Por otra parte, los contenidos de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) obtenidos, como producto del metabolismo natural de los peces, sugirieron que el recambio total del agua en el intervalo y frecuencia utilizado en este estudio contribuyeron a eliminarlos significativamente, de tal forma que los valores registrados en las tres fases estuvieron por debajo de los esperados para las especies del género *Oreochromis* (Boyd, 1996; González *et al.*, 2010), favoreciendo el bienestar de los peces. Valores altos de este parámetro pueden ocasionar deterioro de branquias (Kubitza y Kubitza, 2000), comprometiendo similarmente además, la tasa respiratoria.

### Mortalidad

Al culminar la fase de L se obtuvo una población de 11.200 peces, lo que representó una mortalidad del 8%. En la fase de P se obtuvo una supervivencia de 4.275 peces, para una mortalidad del 5% y durante el E la mortalidad fue del 3%, reflejando una sobrevivencia de 2.134 peces. Estos resultados mostraron que en los distintos lotes se redujo la mortalidad en la subsiguiente fase productiva.

Kubitza (2009) reportó que en la producción de tilapia la mortalidad total no debe sobrepasar el 10%. Este valor se muestra inferior al encontrado y sugerido en esta observación, que correspondió al 16%.

Este valor de mortalidad pudiera ser reducido durante todas las fase de crianza, mediante una mejor observación de las conductas de los peces y mejores prácticas durante el manejo de los peces en los estanques de producción, incluyendo un mejor cuidado y protección de alevines y juveniles de



potenciales depredadores, mantenimiento de lotes uniformes en los estanques y uso más eficiente de los recintos de producción.

### CONCLUSIONES

Las características morfométricas variaron de acuerdo al desarrollo y en cada fase de la crianza de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.), lo cual, a su vez, estuvo determinado por la selección de los peces en las tres fases evaluadas, encontrándose que los coeficientes de correlación en las longitudes totales, tienden a disminuir a medida que los peces pasan a la subsiguiente fase durante en el ciclo productivo.

Las medidas morfométricas pueden ser utilizadas como indicadores del bienestar animal durante las fases de crianza y en la evaluación del crecimiento en las especies del género *Oreochromis*.

La mortalidad en la fase de L fue elevada pero disminuyó durante las fases de P y E planteando la necesidad de ajustes en el manejo durante el levante para reducirla a niveles cercanos al 10%. Este estudio mostró que bajo el esquema de confinamientos por lotes, los peces de mayor tamaño presentaron mejor resistencia y tolerancia a las técnicas de manipulación, densidad de engorde y variaciones de los parámetros físico-químicos del agua.

Se recomienda continuar con los estudios que relacionen las variables analizadas con el bienestar animal en peces de aguas cálidas.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la empresa Agropecuaria “El Limonal, C.A.” por facilitar las condiciones técnicas para desarrollar la investigación. Igualmente, Al Centro Nacional de Cálculo Científico (CeCalCULA) de la Universidad de Los Andes (ULA) por la realización de los análisis estadísticos realizados.

### LITERATURA CITADA

Aguilar, F., G. Afanador-Téllez y A. Muñoz-Ramírez. 2010. Efecto del procesamiento de la dieta sobre el desempeño productivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* var. Chitralada) en un ciclo comercial de producción. *Rev. Med. Vet. Zoot.*, 57:104-118.

Andrade, G., Y. Méndez y D. A. Perdomo. 2011. Engorde experimental de cachama (*Colossoma macropomum*) en la Estación Local El Lago, estado Zulia, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 29(2):213-219.

Boyd, C. 1996. Manejo de suelo y de la calidad de agua en la acuicultura de piscinas. Asociación Americana de Soya (ASA). Caracas, Venezuela. 62 p.

Castillo, O. 2005. La piscicultura como alternativa de producción animal en Venezuela. *En: Nieves, D., J. Vivas y C. Zambrano (Eds.). Sistemas integrados de producción con no rumiantes. UNELLEZ. Portuguesa, Venezuela. pp. 44-46.*

Diodatti, F.C., R.T. Fonseca, T.A. Freato, P.A. Ribeiro y L.D. Solis. 2008. Parámetros morfométricos en el rendimiento de los componentes corporales de tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Anales de Veterinaria*, 24: 45-55.

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. Ley para la protección de la fauna doméstica y en cautiverio. G.O. N° 39.338 de fecha 04/01/2010.

García, A. y O. Calvario. 2008. Manual de buenas prácticas de producción acuícola de tilapia para la inocuidad alimentaria. Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo (CIAD). Mazatlán, Sinaloa, México. 104. p.

Giménez, E.; F. Bortone, R. Royero, E. Piñero, M. González-Estopiñán, R. Valecillos, L. Peña, M. Lemus y M. Capecchi. 1995. La acuicultura en Venezuela, una alternativa de desarrollo. SARPA-MAC. Caracas, Venezuela. 230. p.

González, R., O. Romero y M. Valdivié. 2010. Evaluación de la calidad del agua y su influencia en el cultivo de la tilapia. Disponible en línea: <http://www.vet-uy.com/articulos/piscicultura/050/020/pec020.htm>. [Enero 04, 2012].

Håstein, T. 2008. Bienestar de los peces en los establecimientos de acuicultura. *Boletín OIE*, 2:8-10.

Huntingford, F., C. Adams, V. Braithwaite, S. Kadri, T. Pottinger, S. Sandøe and J. F. Turnbull. 2006.

- Review paper: current issues in fish welfare. *Journal of Fish Biology*, 68: 332-372.
- Kubitzka, F. 2009. Produção de tilápias em tanques de terra: estratégias avançadas no manejo. *Panorama da Aqüicultura*, 115:14-21.
- Kubitzka, F., L. Kubitzka. 2000. Tilápias: qualidade água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. Parte I. *Panorama da Aqüicultura*, 59: 44-53.
- Leonhardt, J. H., M. C. Filho, H. Frossard e A. Machado. 2006. Características morfológicas, rendimento e composição do filé de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da linhagem tailandesa, local e do cruzamento de ambas. *Ciências Agrárias*, 27(1): 125-132.
- Lundstedt, M. L., J. H. Leonhardt e A. L. Dias. 1997. Alterações morfológicas induzidas pela reversão sexual em tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Revista UNIMAR*, 19(2):461-472, 1997.
- Molento, C. F. M. y G. Dal Pont. 2010. Diagnóstico de bem-estar de peixes. *Ciênc. Vet. Tróp.*, 13 (Supl. 1): 6-11.
- Narváez, J. C., A. Acero y J. Blanco. 2005. Variación morfológica en poblaciones naturalizadas y domesticadas de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae) en el norte de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 29:383-394.
- OIE. Oficina Internacional de Epizootias. 2011. Código sanitario para los animales acuáticos 2011. Décima cuarta edición. Disponible en línea: <http://www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-acuatico>. [Febrero 24, 2012].
- Oliveira, R. F. e L. Galhardo. 2007. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura. *R. Bras. Zootec.*, 36:77-86.
- Pedrazzani, A. S., C. F. M. Molento, P. C. F. Carneiro e M. Fernandes. 2007. Senciência e bem-estar de peixes: uma visão de futuro do mercado consumidor. *Panorama da Aqüicultura*, 102:24-29.
- Pineda, H. S., L. F. Restrepo y M. O. Ángel. 2004. Comparación morfológica entre machos y hembras de cachama negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) mantenidos en estanque. *Rev. Col. Cienc. Pec.*, 17 (Supl.): 24-29.
- Relić, R. R., S. V. Hristov, M. M. Vučinić, V. D. Poleksić and Z. Z. Marković. 2010. Principles of fish welfare assessment in farm rearing conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, 55(3):273-282.
- Rojas-Runjaic, B., D. A. Perdomo, D. E. García, M. González-Estopiñán, Z. Corredor, P. Moratinos y O. Santos. 2011. Rendimiento en canal y fileteado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) variedad Chitralada producidas en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 29(1):113-126.
- Rutten, M. J., H. Bovenhuis and H. Komen. 2004. Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 231:113-122.
- Silva, F. V., N. L. Franco, J. S. Vieira, A. J. Tessitore, L. L. Oliveira e E. P. Saraiva. 2009. Características morfológicas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias do Nilo em diferentes faixas de peso. *R. Bras. Zootec.*, 38(8): 1407-1412.
- WSPA. Sociedad Mundial para la Protección Animal. 2012. Declaración Universal para el Bienestar Animal. Disponible en línea: <http://www.wspa-internacional.org/news-archive/oldnews62>. [Febrero 24, 2012].
- SAS. Statistical Analysis Systems Institute. 1999. User's Guide. SAS Institute INC., Cary, University North of Caroline, USA. 1999.
- Valbuena, R. D. y P. E. Cruz. 2006. Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis ssp*). *Orinoquia*, 10(1):57-63.