
EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE DOS LÍNEAS DE TILAPIA NILÓTICA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) MEJORADAS GENÉTICAMENTE

Luisa Paola Espinosa León

Wilson Rodrigo Cruz Flor

Camilo Ernesto Espinosa León

Mauricio Carrillo Ávila

Universidad Surcolombiana

Laboratorio de biodiversidad molecular y citogenética Neiva

Autores para correspondencia: lupaes_91@hotmail.com; wilsonrodrigocruzflor@gmail.com

Resumen: El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento productivo de dos variedades de tilapia nilótica en sus cruces “puros” y sus respectivos cruces recíprocos en un sistema de jaulas. Se siguió un diseño experimental de 4x3, cuatro tratamientos y tres repeticiones; cada réplica estuvo conformada por 2400 alevinos reversados. Se registraron las variables productivas y las diferencias estadísticas se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA). Se aplicó el test *posthoc* de Tukey-Kramer ($p < 0.05$). Los resultados indican que, en términos generales, el tratamiento que mejor se comportó, con relación a las variables productivas, fue el T3 (♂ Chitralada*♀ Gift), aunque si bien en algunos casos no tuvo diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos, siempre presentó los mayores valores en las variables analizadas. De igual forma, podemos señalar que el tratamiento T2 (Gift*Gift) fue el menos eficiente, presentando en muchas variables diferencias significativas con respecto a los demás grupos.

Palabras clave: Tilapia Nilótica, Genética, Mejora de la acuicultura.

ASSESSING THE PRODUCTIVE FEATURES OF TWO VARIETIES OF GENETICALLY IMPROVED NILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)

Abstract: The aim of this study was to evaluate the productive efficiency of two varieties of Nile tilapia in their “pure” crosses and their specific reciprocal crosses in a cage system. The study followed a 4x3 experimental design, with four treatments and three replicates; each replicate trial consisted of 2400 sex reversal fry. Production variables were recorded and statistical differences were assessed by an analysis of variance (ANOVA). Tukey- Kramer test ($p < 0.05$) was applied post-hoc. Overall, results indicate that the most efficient treatment in relation to production variables was T3. Although in some cases, it did not show significant differences with respect to other treatments, it always reported the highest values in the analyzed variables. Likewise, we can state that treatment T2 was the least efficient, showing significant differences in many variables, with respect to other groups.

Keywords: Nile Tilapia, Genetics, Improved Aquaculture.

Introducción

Según la FAO (2016), la producción de la acuicultura en 2014 fue de 73,8 millones de toneladas, con un valor de primera venta estimado de 160.200 millones de USD. Además, la producción piscícola mundial representó el 44,1 % de la producción total (incluidos los usos no alimentarios) de la pesca de captura y la acuicultura en 2014, una cifra superior al 42,1 % alcanzado en 2012 y al 31,1 % registrado en 2004. En el decenio 2005-2014, la producción piscícola creció un 5,8 % anual, un porcentaje inferior al 7,2 % alcanzado en el decenio anterior (1995-2004). La acuicultura continental de peces de escama, el tipo de operación acuícola más habitual en el mundo, supuso el 65 % del incremento de la producción pesquera en el periodo 2005-2014.

Para el caso colombiano, la acuicultura está representada por la producción de camarón de cultivo y la piscicultura (tilapia, cachama y trucha), la cual ha tenido un desarrollo importante durante los últimos años, pasando de una producción de 43.292 toneladas en el 2005 a una producción estimada cercana a las 103.198 toneladas para el año 2015. Esto equivale a un crecimiento sostenido del orden del 10,69 % (FEDEACUA, 2014; Arias, 2015).

Según Arias (2015), en Colombia la piscicultura está representada por las especies de tilapia (65%), cachama (25,3 %), trucha (10,7 %) y otras (1,5%) y los principales ejes donde se concentra la actividad piscícola son:

Huila (44.46 %), Meta (14.07 %), Antioquia (5,97 %), Tolima (4,87 %) y Cundinamarca y Boyacá (3,08 y 2,22 % respectivamente).

Las tilapias, representadas por la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y la tilapia roja (*Oreochromis sp.*), son las especies que más se cultivan en el país y principalmente en el departamento del Huila con una producción de aproximadamente 41.588,5 toneladas (*Evaluación piscícola, Secretaría de Agricultura y Minería*, departamento del Huila, 2014). Dentro de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), se encuentran diferentes líneas o variedades, todas ellas caracterizadas por presentar los siguientes rasgos: (1) altas tasas de crecimiento. Pueden alcanzar pesos hasta de 400g en 120 días; (2) excelentes conversiones, debido a su capacidad filtradora; (3) altos porcentajes de filete, (38%); (4) resistencia a enfermedades y ambientes desfavorables; (5) altos porcentajes en supervivencia.

Sin embargo, debido al bajo número de individuos importados al país y la falta de programas de reproducción basados en la selección genética, actualmente se están presentando problemas de endogamia (cruces entre organismos emparentados). Según Fessehay, *et al.*, (2007), la endogamia se manifiesta con una baja variabilidad genética reflejada en poca viabilidad y sobrevivencia de las larvas, disminución del crecimiento, poca resistencia a enfermedades y un aumento marcado de las anomalías

morfológicas, inconvenientes ya encontrados por los productores nacionales. Esto hace inaplazable la evaluación de nuevas variedades que minimicen dichos problemas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento productivo de dos variedades de tilapia nilótica en sus cruces “puros” y sus respectivos cruces recíprocos.

Materiales y métodos

La evaluación de características productivas de dos líneas de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) mejoradas genéticamente (Chitralada y Gift), se desarrolló en la estación piscícola Nueva York, ubicada en el municipio de Garzón (H), vereda Alto Sartenejo, con coordenadas geográficas: N: 2°13' 38.8" y O: 75° 36' 40.8".

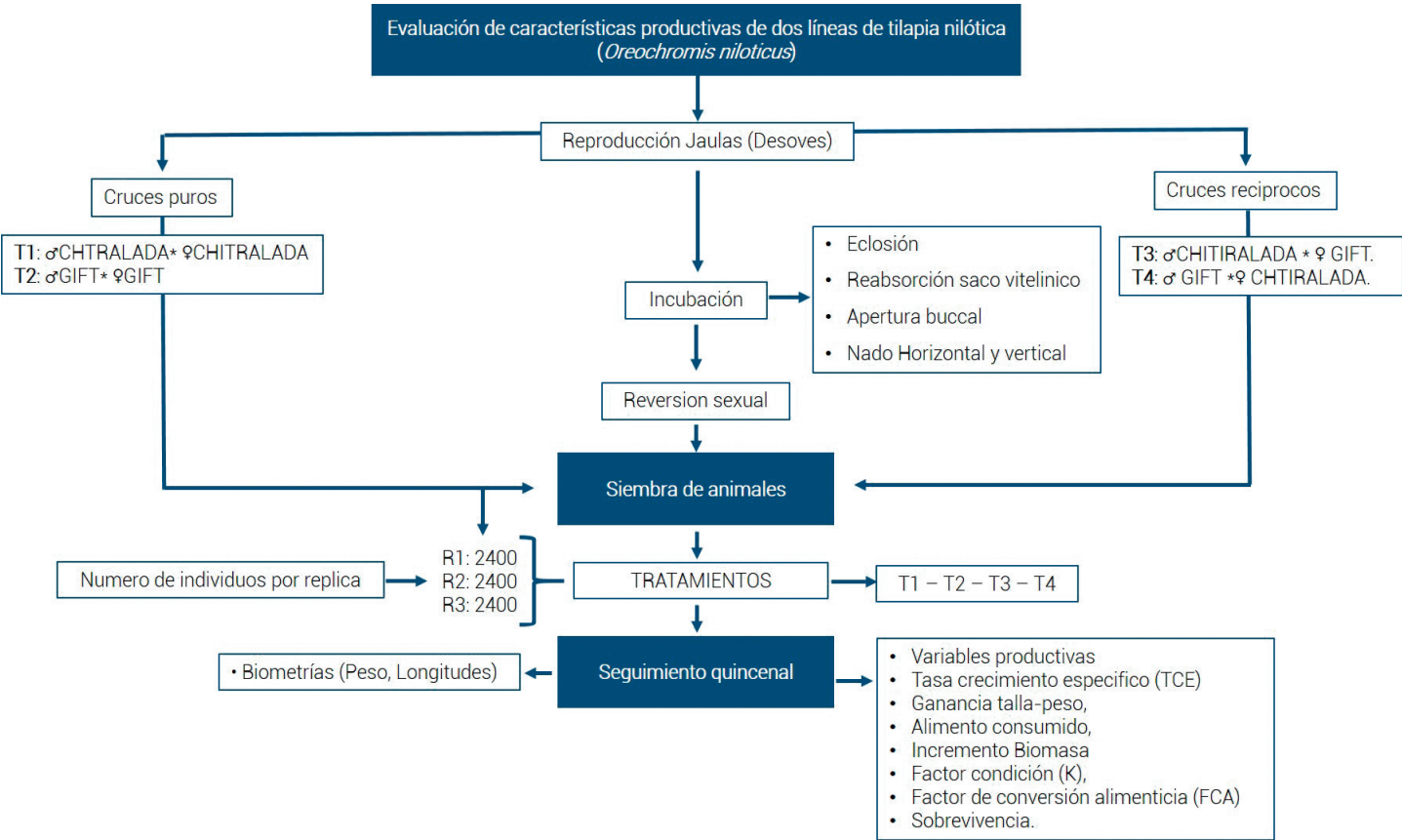
Se establecieron cruces con reproductores de las dos líneas (Chitralada*Chitralada y Gift*Gift), y cruzamientos recíprocos (♂ Chitralada*♀ Gift y ♂ Gift*♀ Chitralada); para ello, se seleccionaron 800 peces y cada grupo fue dividido en 4 jaulas. La densidad de siembra fue de tres

hembras (♀) por cada macho (♂) (Figura 1). Las jaulas fueron alimentadas 2 veces por día, siete veces por semana, con concentrado comercial (24% proteína bruta), en cantidad equivalente al 2% de la biomasa de cada jaula.

Pasados 8 días se colectaron las ovas y se sembraron 650 ml huevos/incubadora aproximadamente. Una vez eclosionadas las larvas, se trasladaron a cuatro piletas circulares para iniciar el proceso de reversión sexual durante 30 días. Para la fase de levante y engorde los alevinos se trasladaron a un sistema de jaulas que contaba con un sistema de aireación con el fin de garantizar concentraciones de oxígeno disuelto >3,0 mg/L.

El ensayo propuesto siguió un diseño experimental de 4x3, es decir, cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Cada réplica estuvo conformada por 2400 alevinos reversados y fue distribuida aleatoriamente dentro del estanque. El tiempo de evaluación bajo la fase de levante fue de 90 días y de 270 días para la fase de engorde (Figura 1).

Figura 1. Diseño experimental de la metodología empleada para la evaluación y seguimiento del proyecto



Para determinar las variables productivas se realizaron muestreos quincenales del 10% de la población, registrándose las siguientes variables: longitud total (LT) (cm), longitud estándar (LE) (cm) y peso (P) (g) donde las diferencias estadísticas se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó el test *posthoc de Tukey-Kramer* ($p<0.05$).

Las variables productivas evaluadas fueron: tasa de sobrevivencia TS: $[100 \cdot (\text{Individuos sembrados} / \text{individuos cosechados})]$; ganancia de peso [GP: (peso final (g) - peso inicial(g))]; ganancia de talla [GT:(talla final (cm) - talla inicial (cm))]; consumo de alimento individual [CAI:(consumo total de alimento(g)/número total de animales)]; ganancia diaria de peso [GDP: [(peso final – peso inicial)/días de evaluación)]; tasa de conversión alimenticia [TCA: (consumo de alimento (g)/ganancia de peso total (g))]; tasa crecimiento específico [TCE: $\ln(\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) / \text{días de evaluación}$]; factor de crecimiento relativo [FCR: (peso final (g)/longitud estándar final (cm))]; y factor de condición [K: (peso final(g)/longitud estándar (cm))].

Resultados y discusión

Los valores promedio de crecimiento e indicadores productivos para la fase de alevinaje y reversión sexual en cada uno de los cruces evaluados (puros y recíprocos) no presentaron diferencias significativas: ($p>0.05$), indicando que los valores iniciales de peso corporal, longitud estándar

y factor de condición presentaron homogeneidad del material experimental al comienzo del estudio.

Seguidamente, se identificó que al finalizar el proceso de reversión sexual, las variables GDP, TCE, K y S, presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre tratamientos; mientras las variables Peso Final (PF), LE, Factor de Conversión Alimenticia (FCA) y Tasa Reversión Sexual (TRS), obtuvieron rangos de valores cercanos mostrando leves diferencias numéricas entre los cruces evaluados, pero sin significancia (Tabla 1).

En la Tabla 2 se puede identificar, en términos generales, que el tratamiento T3:(♂ CH*♀ Gift), obtuvo los mayores valores promedios para las variables TCE: ($4,53 \pm 0,058$), GDP($0,080 \pm 0,003$) y K:($0,44 \pm 0,02$), ($p<0.05$). Adicionalmente, este mismo tratamiento T3, presentó el mejor desempeño productivo en términos de PF ($1,9 \pm 1,37$), LE ($4,0 \pm 0,82$) y FCA ($0,84 \pm 0,03$) (Tabla 2). No obstante, respecto a la eficiencia en la obtención del mayor número de individuos viables, la S, y la TRS durante esta fase, el tratamiento que obtuvo los mayores valores promedios corresponde a T1 (CH*CH) con un 78% y $93,4 \pm 4,7\%$ respectivamente (Tabla 1).

Los promedios de las variables productivas y de crecimiento en la fase de levante para cada uno de los cruces evaluados (puros y recíprocos) no presentaron diferencias significativas ($p>0.05$) en los cruces experimentales durante el desarrollo de esta fase (datos no mostrados).

Tabla 1. Variables productivas por tratamiento obtenidas durante el desarrollo de reversión y alevinaje

Variable	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	P<F
Valores iniciales					
Peso corporal (g)	0,113±0,06	0,121±0,06	0,119±0,15	0,113±0,12	0,9940
Longitud estándar (cm)	1,50±0,32	1,26±0,20	1,03±0,12	1,03±0,17	0,0806
Factor de condición (K)	0,08±0,04	0,12±0,05	0,12±0,15	0,11±0,12	0,4356
Fase reversión (alevín)					
PF (g)	1,74±0,76	1,78±1,16	1,9±1,37	1,5±1,05	0,9750

Longitud estándar final (cm)	3,91±0,53	3,92±0,6	4,0±0,82	3,63±0,72	0,9127
TRS (%)	93,4±4,7	91,6±2,3	90,5±3,3	93,3±4,71	0,8008
GDP (g/día)	0,073±0,001(A)	0,076±0,002(A)	0,080±0,003(A)	0,060±0,002(B)	0,0001
FCA	0,89±0,01	0,86±0,01	0,84±0,03	0,84±0,02	0,0402
TCE (%/día)	4,29±0,08(B)	4,32±0,06(B)	4,53±0,058(A)	3,84±0,08(C)	0,0001
(K)	0,32±0,02(B)	0,39±0,03(A)	0,44±0,02(A)	0,43±0,01(A)	0,0005
Sobrevivencia (%)	78 (A)	75 (D)	76,5 (C)	77,3 (B)	0,0001

Valores medios y desviación estándar (±DS), A, B, C, letras distintas entre columnas indican diferencias significativas (p<0,05). Abreviaturas: T1= (CH*CH), T2= (Gift*Gift), T3= (CH*Gift), T4= (Gift*CH).

Los valores promedios de crecimiento e indicadores productivos para la fase de crecimiento y finalización, son reportados en la Tabla 3 para cada uno de los cruces evaluados (puros y recíprocos). Las variables de PF, LE, K y GDP presentaron diferencias significativas (p<0.05) entre los tratamientos establecidos. Estos resultados indican que el tratamiento T3:(♂CH*♀Gift) fue quien presentó un mejor comportamiento para la longitud estándar. También

para el peso corporal final y la ganancia diaria de peso, aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con el T1: (CH*CH) y T4: (♂Gift*♀CH), pero sí con el T2: (Gift*Gift). Caso similar a lo ocurrido con el factor de condición. Seguidamente, las variables relacionadas con TCE, S, FCA y CAI no presentaron diferencias (p>0.05) entre los tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Variables productivas por tratamiento obtenidas durante el desarrollo de engorde

Variable	Tratamiento				
	T1	T2	T3	T4	P<F
PF(g)	569,82±119,8(AB)	560,8±131,3(B)	635,26±172,3(A)	591,9±107,85(AB)	0,0307
LE(cm)	24,98±1,60(AB)	24,674±1,68(B)	25,574±2,11(A)	25,516±1,51(AB)	0,0287
(K)	0,022±0,002(B)	0,023±0,002(AB)	0,024±0,004(A)	0,022±0,003(B)	0,0011
GDP (g/día)	2,28±0,48(AB)	2,24±0,52(B)	2,54±0,69(A)	2,36±0,43(AB)	0,0312
TCE (%)	2,13±0,08	2,12±0,09	2,15±0,10	2,14±0,07	0,3966
CAI (Kg)	0,7942±0,09	0,7316±0,09	0,8822±0,07	0,8544±0,09	0,6239
(FCA)	1,54±0,03	1,59±0,03	1,53±0,02	1,56±0,03	0,5342
S (%)	95,91±1,91	90±1,91	90,33±1,56	91,5±1,91	0,2164

Valores medios y desviación estándar (±DS), A, B, C, letras distintas entre columnas indican diferencias significativas (p<0,05). Abreviaturas: T1= (CH*CH), T2= (Gift*Gift), T3= (♂CH*♀Gift), T4= (♂Gift*♀CH).

En la evaluación de las variables productivas (Tabla 4) podemos observar, con relación a la altura (cm), que el tratamiento T2 fue quien presentó el menor valor siendo este significativo comparado con los demás tratamientos, los cuales no presentaron diferencias entre sí. En cuanto al ancho (cm) de los animales, se encontró que todos los tratamientos estuvieron muy similares, sin embargo, el T2 continuó siendo el que mostró los menores valores. Para el caso de peso del filete (g) el T3 fue el tratamiento con mayores pesos aunque sin diferencias significativas con T1 y T4, en donde nuevamente el T2 aparece como el menos eficiente presentando diferencias significativas con respecto a los demás. En el caso de las vísceras el tratamiento T1 fue quien presentó mayores valores junto

con el T4 siendo sus pesos significativamente diferentes de los tratamientos T2 y T3 que se comportaron de igual forma. Con relación a la carcasa (g), no se encontraron diferencias significativas.

Cuando pasamos estos resultados a porcentajes podemos observar que el T3 fue quien evidenció el mayor valor con relación al filete ($33,71\pm1,21\%$), siendo este valor significativo comparado con los demás tratamientos quienes tuvieron valores muy similares. Los valores de la carcasa mostraron que el tratamiento T3 fue el que presentó los mejores resultados. El tratamiento T1 mostró el mayor valor con relación a las vísceras ($11,8\pm1,94\%$) siendo diferente al valor encontrado en los otros grupos (Tabla 3).

Tabla 3. Variables productivas por tratamiento obtenidas durante el desarrollo y finalización

Variable	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	P<F
Medidas corporales					
Altura (cm)	99±8,1(A)	93±8,09(B)	100±7,49(A)	99±8,28(A)	0,0005
Ancho (cm)	45±5,04(A)	43±4,32(B)	44±3,88(AB)	45±3,56(AB)	0,0381
Filete (g)	185±41,91(AB)	174±43,98(B)	207±42,76(A)	187±44,35(AB)	0,0025
Vísceras (g)	70±19,07(A)	55±15,66(B)	61±15,17(B)	65±17,2(AB)	0,0014
Carcasa (g)	312±71,05	288±66,17	318±62,88	323±67,48	0,1070
Fracciones corporales					
Filete (%)	31,48±1,69(B)	32,01±2,43(B)	33,71±1,21(A)	31,2±1,91(B)	0,0001
Vísceras (%)	11,8±1,94(A)	10,16±1,44(B)	9,92±1,43(B)	10,77±1,63(B)	0,0001
Carcasa (%)	52,88±2,53(AB)	53,4±3(A)	51,98±2,09(B)	54,19±2,19(A)	0,0002
Residuos (%)	3,84±0,88	4,43±1,48	4,39±1,73	3,84±1,11	0,0601

Valores medios y desviación estándar (±DS), A, B, C, letras distintas entre columnas indican diferencias significativas (p<0,05). Abreviaturas: T1= (CH*CH), T2= (Gift*Gift), T3= (♂CH*♀Gift), T4= (♂Gift *♀CH).

Estos resultados nos muestran que, en términos generales, el tratamiento que mejor se comportó con relación a las variables productivas fue el T3 (♂ CH*♀ Gift), y aunque en algunos casos no tuvo diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos, siempre presentó los mayores valores en las variables analizadas. De igual forma podemos señalar que el tratamiento T2 (Gift*Gift) fue el menos eficiente, presentando casi siempre diferencias significativas con respecto a los demás grupos, difiriendo de lo reportado por Dan y Little (2000) quienes trabajando de tres linajes de tilapia del Nilo (Gift, Thai, and Viet) en dos tipos de sistema de cría, es decir, monosexo y cultivos mixtos, en invierno y verano, encontraron que la línea Gift alcanzó un peso final superior en comparación con las otras dos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos autores no compararon el redimiendo de la variedad Gift con la variedad Chitralada.

Los resultados aquí encontrados nos indican que las líneas "puras" (CH*CH y Gift*Gift), tuvieron un comportamiento menor comparadas con sus cruces recíprocos especialmente cuando se utilizaron machos Chitralada con hembras Gift.

Esto nos sugiere que al realizar los cruces recíprocos estamos aprovechando el vigor híbrido de las dos variedades y aumentando la posibilidad de obtener un animal con mejores características que sus padres. En este sentido Neves, *et al.*, (2008) comparando el rendimiento productivo de diferentes "líneas" de tilapia nilótica, encontraron que la tilapia nilótica (Chitralada) mostró mejores rendimientos que la variedad Bouaké (Brasilera) cuando se analizaron las variables como el peso final y la longitud final.

Cuando analizamos los resultados encontrados en este trabajo, principalmente los relacionados con el peso final y el porcentaje de filete, estos concuerdan con los reportados por Thodesen, *et al.*, (2012). Ahí se mencionan que las correlaciones positivas entre peso de filete con piel y peso corporal fueron muy altas (0,97). Y de manera negativa por la edad del pez, y según Rutten, *et al.*, (2005), con correlaciones genéticas positivas entre peso corporal y peso del filete de (0,99) para la tilapia nilótica. En este mismo sentido, Gjerde, *et al.*, (2012) encontraron una alta

correlación genética positiva (1,00) entre el peso corporal y el peso del filete y mencionan que el mejoramiento genético en una de estas características sin alcanzar un cambio genético proporcional en la otra es difícil o incluso imposible.

Referencias

- Arias, P. (2015). Cadena productiva de la acuicultura. Sistema de información de gestión y desempeño de organizaciones de cadenas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Recuperado de <http://sioc.minagricultura.gov.co/index.php/opc-documentoscadena?ide=51>
- Dan, N.C.; Little, D.C. (2000). The culture performance of monosex and mixed sex new season and overwintered fry in three strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in northern Vietnam. *Aquaculture*, 184, pp. 221-231.
- Evaluación piscícola. (2014). Observatorio de territorios rurales-estadísticas. Secretaría de Agricultura y Minería. Departamento del Huila. Recuperado de <http://www.huila.gov.co/observatorio-de-territoriosruralesestadisticas/estadisticas.html>.
- Federación Colombiana de Acuicultores (FEDEACUA), (2014). Producción de la acuicultura colombiana, 2004-2015. Recuperado de http://fedecua.org/assets/uploads/files/7436a-PRODUCCION-ACUI-COLA-2004_2014_V2.pdf
- Fessehay, Y.; Komen, H.; Rezk, M. A.; Van Arendonk, J. A. M.; Bovenhuis, H. (2007). Effects of inbreeding on survival, body weight and fluctuating asymmetry (FA) in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, v.264, pp. 27-35.
- Gjerde, B.; Mengistu, S.B.; Ødegård, J.; Johansen, H.; Soza Altamirano, D. (2012). Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 342-343, pp. 117-124.
- Neves, P.; Ribeiro, R.; Vargas, L.; Natali, M.; Maehana, K.; Marengoni, N. (2008). Evaluation of the Performance of Two Strains of Nile Tilapia (*Oreochro-*

mis niloticus) In Mixed Raising Systems. Brazilian archives of biology and technology. v.51 n.3, pp. 531-538, May/June.

Rutten, M.J.M.; Bovenhuis, H.; Komen, H. (2005). Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 246, pp. 125– 132.

Thodesen, J.; Rye, M.; Wang, Y.; Bentsen, H. and Gjedrem, T. (2012). Genetic improvement of tilapias in China: Genetic parameters and selection responses in fillet traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. Aquaculture 366–367, pp. 67–75.