

## **Análisis comparativo de la primera generación del cruzamiento entre las líneas *Oreochromis* sp. y *Oreochromis niloticus* en la piscícola San Mateo.**

Michelle Henao Arango<sup>1</sup>, Maria Alejandra Manrique Sandoval<sup>1</sup>, Juliana Andrea Cuetia Londoño<sup>2</sup>, Mateo Espejo Valencia<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Tecnológica de Pereira.

<sup>2</sup> Docente Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Tecnológica de Pereira.

### **Resumen**

La tilapia es una de las especies más importantes en la acuicultura mundial, representando en Colombia, el mayor porcentaje de la producción piscícola. Cuando en un sistema productivo el efecto que tiene la genética en la expresión de la característica a mejorar es bajo, se hace necesario mejorar el efecto genético, por medio de cruces entre genéticas diferentes de animales seleccionados con el fin de generar un aumento en el rendimiento de las nuevas poblaciones. El objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis comparativo previo de la primera generación del cruzamiento entre las líneas *Oreochromis* sp. y *Oreochromis niloticus* en la piscícola San Mateo, ubicada en el Municipio de Viterbo, departamento de Caldas, Colombia, para establecer el cruce que tienda a presentar las mejores características para su comercialización, bajo la evaluación del rendimiento del crecimiento (peso corporal, longitud estándar y profundidad corporal), bajo el agrupamiento de 1:3 (1 macho: 3 hembras). Para el estudio estadístico se empleó un análisis de varianza factorial ( $\alpha < 0,05$ ), correlaciones lineales de Pearson ( $\alpha < 0,05$ ), se realiza una comparación de media a través de tukey ( $\alpha < 0,001$ ) y se determinó la normalidad de los datos a través de las pruebas de Shapiro-Wilk y la homogeneidad a través del test de Bartlett. En los resultados, la F1 del cruzamiento HRxMchitra registró un promedio mayor en las variables longitud y profundidad a comparación de la F1 HchitraxMR, con diferencias entre 17,12% y el 20,08% respectivamente, a los

12 meses de edad. En el factor sexo, los machos presentaron valores medios superiores de longitud y profundidad corporal, respecto a las hembras; a los 20 meses, las diferencias entre sexos (macho – hembra) fue de 8,70 % en la longitud total y 13,04 % en profundidad corporal. Respecto al peso, se presentaron diferencias significativas ( $\alpha < 0,05$ ) entre machos y hembras, en ambos cruzamientos, siendo superior la media del cruzamiento uno (HRxMchitra). Se corroboró en este estudio, correlaciones lineales altas y positivas, entre las variables longitud total y peso ( $r = 0,87$ ;  $\alpha < 0,05$ ), así como entre profundidad corporal y peso ( $r = 0,70$ ;  $\alpha < 0,05$ ), lo que sugiere que los rasgos corporales están esencialmente controlados por los mismos genes, indicando que en la determinación del peso intervienen entre otras variables, la longitud total y la profundidad corporal; estas variables presentan una heredabilidad baja, sin embargo, son muy utilizadas cuando no se cuenta con factores genéticos y biomoleculares para realizar estudios a profundidad, utilizándose como método para selección de poblaciones.

**Palabras clave:** Tilapia, reproducción, selección, heredabilidad, rendimiento.

### **Abstract**

Tilapia is one of the most important species in world aquaculture, representing the highest percentage of fish production in Colombia. When in a productive system the effect that genetics has on the expression of the characteristic to be improved is low, it is necessary to improve the genetic effect, through crosses between different genetics of the selected animals in order to generate an increase in the yield of new stocks. The objective of the present work was to carry out a comparative analysis of the first generation of the cross between the *Oreochromis* sp. and *Oreochromis niloticus* in the San Mateo fish farm, located in Viterbo, department of Caldas, Colombia, to establish the cross with the best characteristics for its commercialization, under the evaluation of growth performance (body weight, standard length, width and body depth), by means of the crossing, under the grouping of 1: 3 (1 male: 3 females). In this study, high and positive linear correlations were corroborated between the variables total length and weight ( $r = 0.87$ ;  $\alpha < 0.05$ ), as well as between body depth and weight ( $r = 0.70$ ;  $\alpha < 0,05$ ), which suggests that the body traits are operated under the control of the same genes,

indicating that, among other variables, the total length and body depth intervene in the determination of weight; These variables present a low heritability, however, they are widely used when genetic and biomolecular factors are not available for in-depth studies, being used as a method for population selection.

**Key words:** Tilapia, reproduction, selection, heritability, performance.

## **Introducción**

La tilapia es un pez teleósteo, del orden Perciforme que pertenece a la familia Cichlidae y de género *Oreochromis*, originario de África. Habita gran cantidad de las regiones tropicales del mundo, en las cuales hay condiciones favorables para su reproducción y crecimiento, generalmente tiene muy buena adaptación a aguas salobres y salinas. (1) La distribución de la tilapia se ha llevado a cabo en diferentes territorios mundiales a lo largo de los años, especialmente en países de África, Asia, Europa y América, dando inicio productivo con la especie *O. mossambicus*, una de las más primitivas, siguiendo con especies como *Coptodon rendalli* y *O. niloticus*, posteriormente se introducen *O. urolepis hornorum* y *O. aureus*, junto a las primeras generaciones de *Oreochromis sp* conocida actualmente como Tilapia Roja, desde Singapur a Taiwan, apareciendo dentro de la población de las especies de *O. mossambicus* como una cepa albina incompleta.

En Colombia, en el año 1982, la introducción de la tilapia generó gran interés en el ámbito de la piscicultura, gracias a la aceptación del consumidor por su vistosidad, gustosidad, entre otras características, generando una gran demanda por este tipo de fuente proteica, por lo que se ha propuesto mantener aquellas líneas genéticas que generen un mejor desempeño para su comercialización, por medio de cruces de individuos pertenecientes a poblaciones diferentes. (2) Estos cruces son empleados cuando la expresión genética de una característica es baja dentro de un sistema productivo, por lo que se hace necesario mejorar el efecto genético mediante el análisis de dichos cruzamientos con el objetivo de generar estrategias para el apareamiento de animales seleccionados de tal manera que se produzca un

aumento del rendimiento en las nuevas poblaciones y que se lleve a cabo su comercialización. (3)

La producción piscícola Genipez, San Mateo, ubicada en el municipio de Viterbo, en el departamento de Caldas, Colombia, se ha especializado a lo largo de los años en la genética de especies de Tilapia roja (*Oreochromis* sp) y Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), cuyo material genético fue producto de una selección masal de animales adquiridos en la zona, generando especies adaptadas y con características fenotípicas propias para el consumidor. Este proceso ha perdurado por 15 años, enfocado en la mejora de parámetros genéticos de cada una de las especies, con el fin de optimizar el desempeño de las diferentes variables productivas.

## **Materiales y métodos**

### **Ubicación**

El estudio se llevó a cabo en la piscícola “Genipez, San Mateo” situada en el Municipio de Viterbo, departamento de Caldas, Colombia (998 m s.n.m., 25 °C); la cual cuenta con una amplia experiencia en producción de genética y en el manejo de reproductores y venta de alevinos para la producción comercial de las especies de tilapia roja (*Oreochromis* sp) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), enviando dichos materiales biológicos a diferentes regiones del país, con excelentes sobrevivencias y adecuadas garantías de rendimientos zootécnicos.

### **Tamaño muestral**

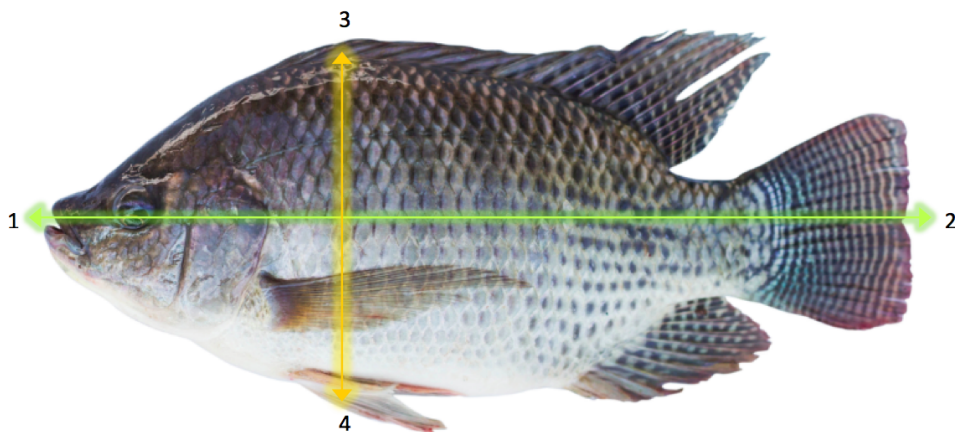
El estudio se realizó con base al cruzamiento que ya había iniciado la piscícola Genipez, San Mateo, en el cual se emplearon las líneas *Oreochromis* sp y *Oreochromis niloticus*, bajo el apareamiento de 1 macho por cada 3 hembras. Para cada cruzamiento se plantearon las siguientes proporciones: el primer grupo formado por 10 hembras de tilapia roja (*Oreochromis* sp) x 3 machos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y el segundo grupo formado por 10 hembras de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y 3 machos de tilapia roja (*Oreochromis* sp). Obtenida la primera generación de cada uno de los cruces (F1), se tomaron

muestras aleatorias de los animales en diferentes fases de crecimiento y desarrollo, a los 12 y 20 meses los cuales fueron distribuidos en los respectivos estanques según el cruce. Estos grupos se ubicaron en estanques de concreto, cubiertos con malla.

### Diseño experimental

De las generaciones obtenidas en cada uno de los cruces se seleccionaron 25 animales al azar que fueron sexados bajo el método visomanual, evaluando la conformación anatómica de las papilas genitales de los peces y fueron medidos para variables productivas de crecimiento comercial, a través de la comparación directa por análisis cualitativo. Se evaluó el peso corporal en gramos (g), utilizando una balanza. Se tomaron medidas de longitud total (cm), profundidad (cm), empleando una cinta métrica y un pie de rey.

Los puntos de referencia para las mediciones, se muestran en la figura 1. Teniendo en cuenta estos referentes fueron registradas las diferentes mediciones de longitud total, profundidad corporal y ancho corporal.



**Figura 1.** Puntos referenciales y mediciones. (1) base del maxilar, (2) extremo final de la aleta caudal, (3) base de la aleta dorsal, (4) base de la aleta pélvica. 1 a 2: Longitud total. 3 a 4: Profundidad corporal. Adaptado de Mundiario (23)

## **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos para cada una de las mediciones fueron agrupados y organizados en un libro de Microsoft Excel.

Para el análisis estadístico se empleó un análisis de varianza (ANOVA) ( $\alpha < 0,05$ ) con arreglo factorial de dos por dos ( $2 \times 2$ ), correlaciones lineales de Pearson ( $\alpha < 0,05$ ) y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ( $\alpha < 0,001$ ), para determinar el efecto del cruzamiento y del sexo con el programa estadístico R-Project.

Se determinó que los datos siguieran una distribución normal, a través de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk ( $\alpha < 0,05$ ) y la existencia de homogeneidad de varianzas a través del test de Bartlett.

Las variables se analizaron de acuerdo con el siguiente modelo estadístico:

$$Y = C + S + C * S + e$$

Donde:

Y = variable evaluada

C = factor cruzamiento

S = sexo

C\*S = interacción cruzamiento por sexo

e = error aleatorio

## Resultados y discusión

### Longitud total y profundidad corporal

Con base en el análisis de varianza (ANOVA) se encontró que, a los 12 meses de edad, para la variable longitud total, no hubo un efecto significativo de la interacción entre ambos factores (cruzamiento\*sexo). Por lo cual, se procedió a realizar un análisis del efecto simple para cada factor, a través de la prueba Tukey ( $\alpha < 0.001$ ) encontrando diferencias significativas entre los cruzamientos, pero no entre sexos (tabla 1). En contraste, a los 20 meses se encontró un efecto significativo del sexo para la longitud total, pero no para cruzamientos (tabla 1).

Para la variable profundidad corporal, se observó que a los 12 meses hubo un efecto significativo de los factores evaluados (cruzamiento y sexo); sin embargo, la interacción entre ambos no fue significativa. Al realizar el análisis del efecto simple de cada factor, por medio de la comparación múltiple de medias de Tukey ( $\alpha < 0.001$ ), se encontró que para cruzamiento hubo diferencias significativas, pero no para el factor sexo (tabla 2). Contrario a lo que se observó a los 20 meses, en donde sólo el factor sexo fue significativo, opuesto a lo encontrado para el factor cruzamiento (tabla 2).

Los bajos coeficientes de variación para las variables de longitud total (8,1 %) y profundidad corporal (9,15 %), permiten asumir que existe homogeneidad en los datos, descartando errores por azar.

La tendencia encontrada para la edad de 20 meses, podría estar asociada a la tasa de mortalidad (datos no reportados) que se registró en esa etapa muestral. Es por ello, que serían necesarios nuevos estudios que brinden mayor soporte a los resultados obtenidos.

La F1 o progenie resultante del cruzamiento hembra roja x macho chitralados (HRxMchitra) registró una mayor longitud total promedio, así como un valor medio de profundidad superior, en comparación a la progenie derivada del cruzamiento hembra chitraladas x macho rojo (HchitraxMR), (tabla 1, tabla 2), dichas diferencias entre las progenes HRxMchitra y HchitraxMR, en relación a la longitud total fue del

17,12 % y en profundidad corporal del 20,08 % a los 12 meses de edad. Nguyen et al. (4) señala que aquellos peces que son más profundos y anchos, dan la percepción de tener una mayor cantidad de carne comestible, en comparación con individuos más largos y delgados, por lo tanto, resultan más atractivos para los consumidores.

A nivel de sexo se pudo observar que los machos presentaron valores medios superiores de longitud total y profundidad corporal, respecto a las hembras; a los 20 meses de edad, las diferencias entre sexos (macho – hembra) fue de 8,70 % en la longitud total y 13,04 % en profundidad corporal.

Los resultados encontrados coinciden con los reportados por Salamanca-Carreño et al. (5) quienes encontraron que para la longitud total, no se evidenciaron diferencias significativas ( $\alpha > 0,05$ ) entre sexos en *Oreochromis* sp; además, los machos presentaron una longitud ligeramente superior con respecto a las hembras; una tendencia similar a la encontrada a los 12 meses de edad, fue reportada por Solano-Peña et al. (6) quienes no observaron dimorfismo sexual, al no encontrar diferencias estadísticas entre sexos en mojarra amarilla (*Caquetaia kraussii*).

Algunos estudios han reportado que las dimensiones corporales de la tilapia y otras especies, como carpa común (*Cyprinus carpio*), cangrejo de río (*Procambarus clarkii*), camarón gigante de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*) suelen ser significativamente superiores en machos, esto asociado con un dimorfismo sexual en el crecimiento (7). Para *Oreochromis* sp se han reportado diferencias en las medidas corporales en el orden de hasta 50 % (8) y entre 4 – 12 % (7). Es importante señalar que el dimorfismo sexual o la diferencia fenotípica entre sexos, está estrechamente relacionada con el valor comercial del animal (4).

Se ha indicado que el fenotipo de un individuo está influenciado por el entorno local en el cual crece y se desarrolla, es decir que existe una influencia alta del medio ambiente; es por ello que se esperaría que los individuos que se desarrollan y maduran en la misma área, compartan un fenotipo similar, ya que es probable que experimenten influencias ambientales y genéticas comunes (9).



Por otro lado Pineda et al. (10) mencionan que se ha reportado en diferentes especies ícticas, como *O. niloticus*, trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y salmón común (*Salmo salar*), heredabilidades bajas (0,25 – 0,46) en la longitud total y profundidad corporal (longitud altura del lomo); por su parte Bernal-Buitrago et al. (11) reportaron en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), heredabilidades entre 0,33 y 0,41 para la longitud. Lo anterior, indicaría que existe una influencia alta del medio ambiente sobre los rasgos de longitud en los peces.

Aunque en este estudio no se evaluó la heredabilidad, muchas investigaciones han reportado que es posible seleccionar individuos con base en la longitud, con el propósito de elevar indirectamente el peso, como una alternativa justificable, principalmente en condiciones de campo, cuando no se cuenta con balanzas de precisión y se tiene un coeficiente de variación bajo (11,12). Sin embargo, es importante señalar que, las variaciones morfométricas están determinadas por factores genéticos y ambientales en la mayoría de los peces, por lo cual es importante desarrollar estudios que permitan comprender dichas interacciones, con el propósito de obtener mejores caracteres (9).

**Tabla 1.** Valores medios de la longitud total asociados al cruzamiento y sexo.

<b>Factor</b>	<b>Edad (meses)</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>CV</b>
<b>Cruzamiento</b>	12	HRxMchitra	25,82a ± 1,48	5,73
		HchitraxMR	21,40b ± 2,06	9,63
	20	HRxMchitra	29,07a ± 2,42	8,32
		HchitraxMR	29,92a ± 2,83	9,45
<b>Sexo</b>	12	Macho	22,97a ± 2,94	12,80
		Hembra	22,29a ± 2,55	11,44
	20	Macho	30,44a ± 2,53	8,31
		Hembra	27,79b ± 2,03	7,30

Descripción: Valores medios ( $\pm$  desviación estándar). **CV**: coeficiente de variación. **HRxMchitra**: cruzamiento hembra roja (*Oreochromis* sp) x macho chitralados (*Oreochromis niloticus*); **HchitraxMR**: cruzamiento hembra chitraladas (*Oreochromis niloticus*) x macho rojo (*Oreochromis* sp). Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.** Valores medios de la profundidad corporal asociados al cruzamiento y sexo.

Factor	Edad (meses)	Tratamiento	Media	CV
<b>Cruzamiento</b>	12	HRxMchitra	9,41a $\pm$ 0,59	6,27
		HchitraxMR	7,52b $\pm$ 0,82	10,90
	20	HRxMchitra	9,05a $\pm$ 1,02	11,27
		HchitraxMR	9,14a $\pm$ 1,12	12,25
<b>Sexo</b>	12	Macho	8,19a $\pm$ 1,17	14,28
		Hembra	7,91a $\pm$ 1,11	14,03
	20	Macho	9,51a $\pm$ 0,98	10,30
		Hembra	8,27b $\pm$ 0,73	8,82

Valores medios ( $\pm$  desviación estándar). **CV**: coeficiente de variación. **HRxMchitra**: cruzamiento hembra roja (*Oreochromis* sp) x macho chitralados (*Oreochromis niloticus*); **HchitraxMR**: cruzamiento hembra chitraladas (*Oreochromis niloticus*) x macho rojo (*Oreochromis* sp). Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas. Fuente: Elaboración propia.

### Peso

Con base en el ANOVA se observó que, a los 12 meses de edad para la variable peso, hubo un efecto significativo del cruzamiento, el sexo y la interacción entre ambos factores (cruzamiento\*sexo). A partir de estos resultados, se realizó un análisis de la interacción para cada nivel, cruzamiento: HRxMchitra, HchitraxMR; y sexo: macho, hembra. Sin embargo, a los 20 meses se detectó que la interacción entre los factores cruzamiento y sexo, no fue significativo para el peso de los animales, tampoco, el efecto simple del nivel de cruzamiento, pero si tuvo un efecto significativo el tipo de sexo (tabla 4). Los coeficientes de variación de manera general permiten asumir que existe homogeneidad en los datos, descartando errores por azar.

Por otro lado, el coeficiente de variación de los pesos de las progenies F1 de los cruzamientos evaluados (HRxMchitra y HchitraxMR) a los 12 meses de edad, mostraron valores mayores para HchitraxMR frente a HRxMchitra (tabla 3), lo que permite inferir que en la progenie de HchitraxMR, hay menos individuos con pesos superiores; y que el cruzamiento HRxMchitra, podría tener una mayor ventaja en el crecimiento de las F1 (13).

A los 12 meses de edad, se encontró que para el factor cruzamiento, el tipo de sexo (macho o hembra) fue significativo (tabla 3). En relación al factor sexo dentro de cada cruzamiento, se encontraron diferencias significativas entre los cruces (HRxMchitra); sin embargo, para el cruzamiento (HchitraxMR) las medias fueron estadísticamente iguales (tabla 3).

Con base en los resultados encontrados se pudo observar que la F1 resultante del cruzamiento HRxMchitra, presentó valores medios superiores relacionados con el peso (tabla 3). También se observó que el peso promedio de los machos y hembras, del cruzamiento HchitraxMR, respecto a HRxMchitra fue inferior, con una diferencia de 53,80 % en machos y 38,99 % en hembras. Al comparar los pesos entre los sexos de la F1 con mejores resultados (HRxMchitra), se evidenció que las hembras registraron a los 12 meses, 138,70 g (33,13 %) y a los 20 meses 146,92 g (28,56 %) menos que los machos, estos resultados coinciden con lo reportado por (7) y Ruiz-Peña et al. (14)

Ruiz-Peña et al. (14) reportaron en tilapia, que durante las primeras semanas de vida, no se encontraron diferencias de peso entre machos y hembras, pero que a partir de la semana 21, los machos fueron más pesados.

Por otro lado, al estar las hembras y los machos en un mismo estanque, se infiere que podría existir una influencia directa en el desempeño de las hembras, ya que las diferencias en los pesos, según señala Prieto et al. (13) se explicarían por la competencia y dominancia (jerarquías) que los machos establecen entre individuos de la misma población y que se inicia a temprana edad y se va acentuando y definiendo con relación a la edad.

Diferentes estudios han confirmado que los machos incrementan su peso más rápido que las hembras (por ejemplo, Go miero et al., Lind et al.; Prieto et al., (13,15,16). Sin embargo, Prieto et al. (13) cita que en otros estudios sobre el crecimiento de machos y hembras de tilapia dispuestos de manera individual, se observó que las hembras alcanzaron mayor peso que los machos, explicando que la superioridad de los machos en una población de hembras y machos, se debería principalmente al comportamiento de los peces.

Prieto et al. (13) reportó que los valores medios del peso de progenies F1, resultante del cruzamiento entre machos rojos y hembras grises fue significativo y superior, en comparación con valores promedio de progenies de machos grises con hembras rojas.

**Tabla 3.** Valores medios del peso asociados al cruzamiento y sexo a los 12 meses de edad.

<b>Factor</b>	<b>Nivel</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>CV</b>
<b>Cruzamiento</b>	Hembra	HRxMchitra	280,00a ± 54,41	19,43
		HchitraxMR	170,83b ± 54,29	31,78
	Macho	HRxMchitra	418,70a ± 92,15	22,01
		HchitraxMR	193,45b ± 48,42	25,03
<b>Sexo</b>	HchitraxMR	Macho	193,45a ± 48,42	25,03
		Hembra	170,83a ± 54,29	31,78
	HRxMchitra	Macho	418,70a ± 92,15	22,01
		Hembra	280,00b ± 54,41	31,78

Descripción: Valores medios (± desviación estándar). **CV**: coeficiente de variación. **HRxMchitra**: cruzamiento hembra roja (*Oreochromis* sp) x macho chitralados (*Oreochromis niloticus*); **HchitraxMR**: cruzamiento hembra chitraladas (*Oreochromis niloticus*) x macho rojo (*Oreochromis* sp). Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.** Valores medios del peso asociados al cruzamiento y sexo a los 20 meses de edad.

Factor	Tratamiento	Media	CV
<b>Cruzamiento</b>	HRxMchitra	431,11a ± 142,53	33,06
	HchitraxMR	490,42a ± 110,04	22,44
<b>Sexo</b>	Macho	513,92a ± 115,61	22,50
	Hembra	367,14b ± 86,86	23,66

Descripción: Valores medios ( $\pm$  desviación estándar). **CV**: coeficiente de variación. **HRxMchitra**: cruzamiento hembra roja (*Oreochromis* sp) x macho chitralados (*Oreochromis niloticus*); **HchitraxMR**: cruzamiento hembra chitraladas (*Oreochromis niloticus*) x macho rojo (*Oreochromis* sp). Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas. Fuente: Elaboración propia.

Estudios realizados en *O. niloticus* reportaron una diferencia de peso entre machos y hembras de 26,3 % de superioridad del macho con respecto a la hembra (17). La diferenciación del crecimiento entre machos y hembras de tilapia está afectadas directamente por el proceso de maduración sexual (18) y dimorfismo sexual. Dicha diferenciación entre sexos podría minimizarse a través de prácticas de manejo, como por ejemplo la nutrición, la densidad poblacional, la sincronización de la producción de alevines (7).

En términos generales, el grupo de peces F1 del cruzamiento HchitraxMR fue menor en relación al peso, profundidad corporal y longitud total, en contraste a la progenie HRxMchitra, lo que sugiere que existe un efecto genético en el crecimiento de los peces y que se debe evaluar con más detalle para futuros programas de mejoramiento genético en la producción. De acuerdo con Charo-Karisa et al. (12) El peso es uno de los parámetros más valiosos para procesos de selección en peces, es por ello que esta variable (peso vivo) puede constituirse como un parámetro de selección indirecto, asociado con factores de conformación (10).

Se pudo corroborar en este estudio, correlaciones lineales altas y positivas, entre las variables longitud total y peso ( $r = 0,87$ ;  $\alpha < 0,05$ ), así como entre profundidad corporal y peso ( $r = 0,70$ ;  $\alpha < 0,05$ ), lo que sugiere que los rasgos corporales están esencialmente controlados por los mismos genes (9). Los resultados coinciden con

diferentes estudios, que indican que existen correlaciones altas entre las medidas corporales de los peces (11,12,14,19–22), lo que indica que en la determinación del peso intervienen entre otras variables, la longitud total y la profundidad corporal, dando posibilidad al productor de seleccionar animales mediante uso de talladores (14).

Hassanien et al. (9) menciona que el peso vivo es el criterio de selección más eficaz para mejorar el rendimiento general de los peces; pero, en situaciones en las que no es posible registrar el peso vivo, el uso de la longitud, el ancho y la profundidad corporal de los peces, es una opción práctica, con la misma precisión que el registro del peso solo, es decir que si el registro de peso no es una opción, las tres medidas corporales mencionadas son una alternativa eficaz.

## **Conclusiones y recomendaciones**

En el estudio, el grupo de peces F1 del cruce HchitraxMR presentó menores valores en relación al peso, profundidad corporal y longitud total, en contraste a la progenie HRxMchitra, lo que sugiere que existe un efecto genético en el crecimiento de los peces y que se debe evaluar con más detalle para futuros programas de mejoramiento genético en la producción. Se confirman además, correlaciones lineales altas y positivas, entre las variables longitud total y peso, como para profundidad corporal y peso, mostrando así, que los rasgos corporales son controlados por los mismos genes, del mismo modo, cuando se presentan correlaciones altas dentro de las medidas corporales de los peces, expresa que las variables como la longitud total y profundidad corporal determinarán el peso corporal, esto permite al productor contar con alternativas a la hora de la selección del producto a comercializar.

Las variaciones morfométricas presentes en el estudio exponen los primeros pasos para determinar el cruce que tienda a expresar mejores características, es conveniente señalar que, estas variaciones están dadas por diversos factores genéticos y ambientales en la mayoría de los peces, por lo que resulta ser de gran importancia desarrollar estudios que permitan comprender dichas interacciones, con el objetivo de obtener mejores caracteres para la futura comercialización.

Cabe destacar que este estudio es una base para futuras investigaciones, las cuales deben evaluar una población de animales más grande, profundizar en otras variables fenotípicas (morfométricas), genéticas y moleculares, puesto que se necesitan estimaciones confiables de los parámetros genéticos y fenotípicos para todos los rasgos de importancia económica, para predecir la respuesta a la selección, elegir planes de reproducción, estimar los rendimientos económicos y predecir los valores de reproducción de los candidatos para la selección (9) en pro del mejoramiento de la tilapia en características de interés comercial o económica para los productores.

## **Agradecimientos**

Los autores de este estudio agradecemos en primer lugar a nuestros padres por su apoyo incondicional y dedicación durante nuestra formación académica. A los docentes del programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Tecnológica de Pereira, quienes fueron nuestros formadores, personas de gran sabiduría que se esforzaron por transmitirnos sus conocimientos, especialmente a Juliana Andrea Cuetia y Mateo Espejo, quienes fueron nuestros asesores, brindando soporte y constante orientación en el desarrollo del estudio. Agradecemos a la Producción piscícola Genipez, San Mateo, por permitir la realización de los diferentes estudios y mediciones de los animales producto del cruzamiento propuesto. Finalmente, a nuestros compañeros de carrera profesional.



## Bibliografía

1. Alicorp. Manual de Crianza Tilapia. Nicovita [Internet]. 2013;49. Disponible en: <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual de crianza de tilapia.pdf>
2. Castillo L. Tilapia roja. Mundo Tilapia [Internet]. 2006;(6):1–124. Disponible en: [https://mundotilapia.es.tl/Tilapia-Roja\\_Oreochromis-Sp-red.htm](https://mundotilapia.es.tl/Tilapia-Roja_Oreochromis-Sp-red.htm)
3. PULGARIN CE. Estimacion de los efectos aditivos y de heterosis para peso de cosecha, sobrevivencia y manchamiento en siete poblaciones de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en Colombia. Tesis Maest Univ Nac Colomb Bogota DC [Internet]. 2012;87. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9747/>
4. Nguyen NH, Khaw HL, Ponzoni RW, Hamzah A, Kamaruzzaman N. Can sexual dimorphism and body shape be altered in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by genetic means? *Aquaculture*. 2007;272(SUPPL. 1).
5. Salamanca-Carreño A, Bentez-Molano J, Crosby-Granados R. Variación morfométrica de la Tilapia roja (*Oreochromis sp*) cultivada en estanques con aguas subterráneas en Arauca, Colombia. *Rev electrónica Vet*. 2017;18(2):1–11.
6. Solano-Peña D, Segura-Guevara F, Olaya-Nieto C. Crecimiento y reproducción de la mojarra amarilla (*Caquetaia kraussii* Steindachner, 1878) en el embalse de Urrá, Colombia. *Rev MVZ Córdoba*. 2013;
7. Hamzah A, Nguyen NH, Ponzani RW, Kamaruzzaman BN, Subha B. Performance and survival of three red tilapia strains (*Oreochromis spp.*) in pond environment in Kedah state, Malaysia. 8th Symp Tilapia Aquac. 2008;
8. Pongthana N, Nguyen NH, Ponzoni RW. Comparative performance of four red tilapia strains and their crosses in fresh- and saline water environments. *Aquaculture*. 2010;308(SUPPL.1).
9. Hassanien HA, Kamel EA, Salem MA, Dorgham AS. Multivariate Analysis of

Morphometric Parameters in Wild and Cultured Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. *J Arab Aquac Soc.* 2011;6(2).

10. Pineda S, Taborda A, Hernández B. Selección por conformación de reproductores de tilapia roja *Oreochromis sp.*, mediante prueba de progenie. *Rev MVZ Cordoba.* 2013;18(SUPPL.).
11. Bernal-Buitrago G, Valderrama J, Monroy-Suárez D, Manrique-Perdomo C, Medina-Robles V. Parámetros genéticos para características de crecimiento, canal, calidad y espinas intramusculares en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Rev UDCA Actual Divulg Científica.* 2019;22(1):e1182.
12. Charo-Karisa H, Komen H, Rezk MA, Ponzoni RW, van Arendonk JAM, Bovenhuis H. Heritability estimates and response to selection for growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds. *Aquaculture.* 2006;261(2).
13. Prieto Z, Arqueros M, Salirrosas D, Gastañudi D, Fernández R. Heterosis para el peso corporal en los híbridos del cruce de *Oreochromis niloticus* roja y gris. *Sciéndo.* 2016;19(1):25–35.
14. Ruiz-Peña M, Montoya-Palacios C, Álvarez-Franco L, Muñoz-Flórez J, Constaín L. Selección masal por peso y talla de dos generaciones de tilapia roja *oreochromis spp.* *Acta Agronómica.* 2009;50(1–2):109–14.
15. Gomiero LM, Villares Junior GA, Braga FM de S. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* 2010;10(1).
16. Lind CE, Safari A, Agyakwah SK, Attipoe FYK, El-Naggar GO, Hamzah A, et al. Differences in sexual size dimorphism among farmed tilapia species and strains undergoing genetic improvement for body weight. *Aquac Reports.* 2015;1.
17. Alvarado-Ruiz C. Comparación del crecimiento de machos y hembras de la

- tilapia *Oreochromis Niloticus* cultivadas en jaulas. *Uniciencia*. 2015;29(1).
18. Bwanika GN, Murie DJ, Chapman LJ. Comparative age and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in lakes Nabugabo and Wamala, Uganda. *Hydrobiologia*. 2007;589(1).
  19. de Assis Lago A, Reis-Neto RV, Rezende TT, da Silva Ribeiro MC, de Freitas RTF, Hilsdorf AWS. Quantitative analysis of black blotching in a crossbred red tilapia and its effects on performance traits via a path analysis methodology. *J Appl Genet*. 2019;60(3–4).
  20. Thodesen Da-Yong Ma J, Rye M, Wang YX, Yang KS, Bentsen HB, Gjedrem T. Genetic improvement of tilapias in China: Genetic parameters and selection responses in growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. *Aquaculture*. 2011;322–323.
  21. Reis Neto RV, de Oliveira CAL, Ribeiro RP, de Freitas RTF, Allaman IB, de Oliveira SN. Genetic parameters and trends of morphometric traits of GIFT tilapia under selection for weight gain. *Sci Agric*. 2014;71(4).
  22. Garcia ALS, de Oliveira CAL, Karim HM, Sary C, Todesco H, Ribeiro RP. Genetic parameters for growth performance, fillet traits, and fat percentage of male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *J Appl Genet*. 2017;58(4).
  23. Sara R. Mundiario. 2019. Disponible en:  
<https://www.mundiario.com/articulo/alimentacion/es-tilapia-es-malati/20190927134048164997.html>