

Evaluación por mérito genético de tilapias del Nilo (GIFT) en su segunda generación

Genetic merit evaluation of second-generation Nile tilapia (GIFT)

Teresa de Jesus Damas-Pérez¹  | Daylen Virgen Barrueta-López¹ 

¹Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA)-Cuba.

Autor de correspondência.

Daylen Virgen Barrueta-López.
Empresa de Desarrollo de
Tecnologías Acuícolas (EDTA)-
Cuba. Email:
daylenbarrueta@mail.com.


Como citar: Damas Pérez TJ,
Barrueta-López D (2024)
Evaluación por mérito genético
de tilapias del Nilo (GIFT) en su
segunda generación. Tropical
Aquaculture 2 (2): e5733. DOI
10.19136/ta.a2n2.5733

Artículo recibido: 10 de junio de
2024

Artículo revisado: 17 de Julio de
2024

Artículo aceptado: 24 de
octubre de 2024

Licencia creative commons:

This work is licensed under
a Creative Commons
Attribution-NonCommercial-
ShareAlike 4.0 International
License 

Resumen

El presente estudio determinó el valor genético de tilapia nilótica GIFT en su segunda generación. Los datos evaluados correspondieron a 19 familias, obtenidas del programa de mejoramiento genético de la tilapia en Cuba. Se estableció una evaluación en toda la población formada, con el objetivo de determinar el valor genético a cada individuo, dando paso a su clasificación en alto, medio y bajo. Los resultados obtenidos para mérito genético alto fueron de 362 y 322 gramos para machos y hembras respectivamente, demostrando la superioridad de los machos con respecto a las hembras para la característica peso vivo. A su vez fueron estimados los parámetros genéticos y componentes de varianza: varianza aditiva, residual y fenotípica. Como elemento fundamental se estimó la heredabilidad, caracterizándose por ser clasificada de alta al obtener un valor de 0.49. La evaluación por mérito genético en programas de mejoramiento representa un alto potencial para mejorar la productividad a través de la selección genética.

Palabras claves: *Oreochromis niloticus*, parámetros genéticos, peso vivo.

Abstract

The present study aimed to determine the genetic value of Nile tilapia GIFT in its second generation. The data evaluated corresponded to 19 families obtained from the genetic improvement program of tilapia in Cuba. An evaluation was performed on the entire population to determine each individual's genetic value, classifying it into high, medium, and low. The results obtained for high genetic merit were 362 and 322 grams for males and females, respectively, demonstrating the superiority of males over females for the live weight characteristic. The genetic parameters and variance components were estimated: additive, residual and phenotypic variance. As a fundamental element, heritability was estimated, characterized by being classified as high by obtaining a value of 0.49. The evaluation of genetic merit in genetic improvement programs represents a high potential to improve productivity through genetic selection.

Keywords: *Oreochromis niloticus*, genetic parameters, live-weight.

Introducción

La tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) es una especie rústica, omnívora y de reproducción asincrónica. Se cultiva en diferentes climas, principalmente en regiones tropicales, presenta un rápido crecimiento y gran adaptación en diferentes condiciones de cultivo. A su vez son resistentes a enfermedades y altas densidades, aceptan una amplia variedad de alimentos en sus dietas, producto final de calidad y amplia aceptación, además puede ser manipulada genéticamente (Basantes 2015, Todesco 2022).

Por todas las características antes mencionadas fue seleccionada en 1988 por el WorldFish Center y sus socios de Filipinas y Noruega para el establecimiento de un programa de mejoramiento genético. Para eso fue establecido el cruzamiento de cuatro líneas parentales (provenientes de Egipto, Ghana, Kenia y Senegal) y cuatro líneas comerciales (Israel, Singapur, Taiwán y Tailandia), dando como resultado la obtención de una cepa mejorada llamada tilapia genéticamente mejorada (GIFT). El programa tuvo una duración total de 10 años, formando seis generaciones con una cepa dando como resultado final que creció un 85% más rápido en comparación a la población original (WorldFish 2021).

El mejoramiento genético de la tilapia del Nilo en Cuba inició en 2007 con la introducción del linaje GIFT proveniente de Brasil, Vietnam y Tailandia, totalizando 13 grupos de familias y constituyendo así la población base. A partir de la metodología de selección masal fueron obtenidos siete generaciones con una respuesta a la selección de 285 % para la característica peso vivo. En 2018, la especie fue reintroducida con un total de 15 familias

TILAMAX, descendientes del linaje GIFT, como parte de la colaboración de la Universidad Estadual de Maringá (Brasil) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La metodología de selección empleada en esta ocasión fue la selección individual con resultados hasta la fecha de tres generaciones mejoradas para la característica peso vivo (Barrueta 2021).

Al obtener e identificar individuos genéticamente superiores es crucial y requiere del conocimiento sobre la genética de los objetivos y criterios de selección. Parámetros como heredabilidad, varianza genética aditiva, ambiental y fenotípica son esenciales para determinar el valor o mérito genético de cada individuo obtenido en el programa de mejoramiento genético (Eknath y Acosta 1998, Ponzoni *et al.* 2005, Charo-Karisa *et al.* 2006, Khaw *et al.* 2008, Santos *et al.* 2011 y Bezerra *et al.* 2013). Todo lo anterior favorece la formación de animales superiores para la característica de interés, incrementando su productividad, asegurando así una fuente de alimento de calidad a la población cubana, promoviendo la sostenibilidad y fortalecimiento de la economía nacional. Es por eso que el objetivo de la presente investigación es determinar el valor genético de tilapias nilótica GIFT en su segunda generación.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA), específicamente en la Unidad de Desarrollo e Innovación (UDI) El Dique en el año 2021. La especie empleada fue la tilapia del Nilo, utilizando los datos correspondientes a la

característica peso vivo de 19 familias. Estos peces constituyeron la segunda generación obtenida en el programa de mejoramiento genético de la tilapia en Cuba.

A partir del apareamiento de la población base por medio de la metodología de selección individual fueron obtenidas 12 familias de tilapias GIFT como primera generación. Al establecer el crecimiento de estos individuos y estos obtuviesen el peso de reproductor, se inició su apareamiento durante el periodo de abril a septiembre, correspondiente a la etapa reproductiva de la tilapia en Cuba. El resultado final fue la formación de una segunda generación, conformada por 19 familias de hermanos completos y medios hermanos.

El periodo de crecimiento de las familias fue dividido en dos etapas. La primera tuvo una duración de 90 días, donde fueron seleccionados aleatoriamente 50 individuos de cada familia para ser identificados por medio de chips internos al alcanzar pesos iguales o superiores a cinco gramos. La segunda etapa tuvo una duración de 180 días, estableciendo su crecimiento en un estanque común (300 m³). Fueron realizados muestreos mensuales durante este periodo con el objetivo de realizar ajustes en la dieta y medir los parámetros o características morfométricas de interés en un porcentaje de la población de forma aleatoria. Al culminar este periodo se procedió a realizar la medición final del peso vivo en cada individuo y así iniciar con el proceso de análisis genético.

Análisis estadístico

Para estimar los componentes de varianza, covarianza, valores genéticos, y parámetros genéticos (varianza residual, aditiva, fenotípica y heredabilidad) se empleó software estadístico de análisis genético BLUPF90, descrito por

Misztal *et al.* (2015). Este programa emplea el modelo animal para estimar dichos parámetros y se encuentra representada en la siguiente formula:

$$y = X\beta + Z + \epsilon$$

Dónde: y : es el vector de observaciones de la característica analizada; X : matriz de incidencia de los efectos fijos ambientales identificables; β : vector de efectos ambientales fijos identificables (sexo, edad); Z : matriz de incidencia de los efectos genéticos aditivos directos.

El cálculo de la heredabilidad fue establecido a partir de la siguiente formula:

$$h^2: \delta^2a / \delta^2p$$

Donde:

h^2 : heredabilidad

δ^2a : varianza aditiva

δ^2p : varianza fenotípica: $\delta^2a + \delta^2e$ (varianza residual o ambiental)

Una vez obtenidos los valores genéticos en cada uno de los individuos de la segunda generación, se dio paso a su clasificación en tres tipos: alto, medio y bajo. Este fue establecido por familia en base a una media para una mayor orden y comprensión a la hora de establecer los futuros apareamientos. Los individuos con valores por encima de la media pertenecieron al grupo de alto valor genético, aquellos con valores inferiores a la media fueron clasificados como bajo, y por consiguiente los que se encuentran en la media pertenecieron al grupo de mérito genético medio. También fue establecida la evaluación del mérito genético teniendo en cuenta el efecto sexo y así determinar su proporción en base al número de

hembras y machos para la clasificación estipulada al parámetro valor genético.

Resultados

En estudios genéticos, la estimación de los parámetros genéticos representa una fuente de detección de los efectos residuales que puede interferir en la estimación o predicción de los valores genéticos. Al estimar el valor genético de cada individuo se procedió a clasificar cada uno según su valor genético en alto, medio y bajo para el objetivo de selección principal, peso vivo. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para las 19 familias de la segunda generación de tilapia GIFT.

Las familias que mostraron mayores resultados para el parámetro valor genético alto fueron las número cuatro, cinco y dieciocho. Para el valor genético medio fueron las número: tres, catorce y diecisiete, con mayor resultado para la catorce (383 y 296 g para machos y hembras, respectivamente).

De forma general para el parámetro valor genético alto fueron obtenidos un total de 14 familias, de las cuales 12 estuvieron representadas por ambos sexos y dos representadas solamente por machos. Para el valor genético medio se presentaron en su totalidad 17 familias, de las cuales dos presentan solo machos (familia número 8) y hembras (familia número 18). Por último, se destaca el parámetro valor genético bajo, con 16 familias (13 completas), de las cuales 3 son representadas por un solo sexo.

Un elemento importante por destacar corresponde a la ausencia de datos en la Tabla 1 para algunas familias y sexos. Esto se debe a la ausencia de individuos para cualquiera de las tres clasificaciones del mérito genético establecido al no encontrarse en el rango

establecido de la media, ya sea por encima, inferior o en la media.

Tabla 1. Valores promedio \pm Desviación Estándar (DE) para la característica peso vivo, representada como valor genético, teniendo en cuenta el sexo y familia formada en la segunda generación de tilapia del Nilo.

Familia	Sexo	VGA \pm DE (g)	VGM \pm DE (g)	VGB \pm DE (g)
1	M	392.4 \pm 86.9	302.6 \pm 33.2	260.6 \pm 13.2
	H	306.4 \pm 65.4	268.0 \pm 6.6	270.8 \pm 25.9
2	M	347.7 \pm 58.5	262.3 \pm 26.4	256.5 \pm 5.5
	H	361.3 \pm 65.4	304.5 \pm 15.2	252.7 \pm 3.2
3	M	320.0 \pm 16.4	300.0 \pm 23.2	250.0 \pm 6.2
	H	309.0 \pm 34.6	300.0 \pm 20.3	258.0 \pm 11.3
4	M	387.5 \pm 48.7	288.5 \pm 7.2	256.0 \pm 8.3
	H	336.5 \pm 34.6	287.1 \pm 4.9	262.6 \pm 6.5
5	M	396.0 \pm 56.6	270.0 \pm 8.8	260.0 \pm 7.2
	H	314.0 \pm 60.3	274.0 \pm 9.5	258.0 \pm 5.2
6	M	397.1 \pm 43.2	284.2 \pm 7.9	350.9 \pm 37.1
	H	304.0 \pm 33.6	276.0 \pm 6.2	328.0 \pm 20.2
7	M		274.3 \pm 5.2	
	H		288.0 \pm 6.0	
8	M	378.3 \pm 47.4	287.3 \pm 4.8	318.6 \pm 11.2
	H			
9	M		286.2 \pm 7.2	
	H		282.0 \pm 5.2	
10	M	324.3 \pm 27.1	285.4 \pm 6.5	261.1 \pm 7.7
	H	314.0 \pm 14.1	280.0 \pm 2.8	265.0 \pm 7.0
11	M	341.8 \pm 90.6	294.0 \pm 33.7	258.2 \pm 6.1
	H	318.0 \pm 60.6	286.8 \pm 20.5	250.0 \pm 5.2
12	M		288.0 \pm 33.0	
	H		280.0 \pm 20.0	260.7 \pm 6.5
13	M			260.5 \pm 5.2
	H			270.0 \pm 6.5
14	M	366.0 \pm 31.3	383.0 \pm 4.2	262.0 \pm 5.0
	H	320.0 \pm 28.3	296.0 \pm 5.5	260.0 \pm 5.6
15	M	374.1 \pm 26.4	292.2 \pm 18.7	258.9 \pm 18.4
	H	329.1 \pm 26.4	282.0 \pm 31.7	258.5 \pm 10.9
16	M	392.0 \pm 25.0		
	H			
17	M	350.0 \pm 24.2	362.5 \pm 30.5	262.0 \pm 11.3
	H	311.2 \pm 29.1	286.4 \pm 23.2	245.7 \pm 15.3
18	M	403.8 \pm 30.1		
	H	324.0 \pm 25.1	296.2 \pm 20.5	255.0 \pm 16.2
19	M		286.5 \pm 15.0	264.5 \pm 15.2
	H		278.1 \pm 15.2	259.6 \pm 20.5

VGA = valor genético alto; VGM = valor genético medio; VGB = valor genético bajo; M = Macho; H = Hembra. Celdas vacías carecen de información.

Los parámetros genéticos fueron elementos clave en el programa de mejoramiento genético, no solamente para la formación de la segunda generación, sino de forma general, es decir desde su inicio con la población base y primera generación. La heredabilidad obtenida en la segunda generación para la característica peso vivo fue de 0.49 (Tabla 2). El valor de heredabilidad obtenida para el peso es considerado alto, lo cual es sumamente positivo pues nos indica que existe una mayor prevalencia de ganancias genéticas en la población con respecto a la varianza ambiental. También nos indica que la varianza aditiva es la más importante para la selección animal ya que es heredable y cuantificable a partir de los registros productivos. A su vez determina las relaciones genéticas entre individuos.

Tabla 2. Parámetros genéticos obtenidos en la segunda generación de tilapia del Nilo.

Parámetros	Valores
Varianza aditiva	3375.70
Varianza residual	3379.06
Varianza fenotípica	6754.76
Heredabilidad	0.49

Discusión

Preston y Willis (1974), implementaron la clasificación del valor genético (alto, medio y bajo) para la característica peso vivo en su estudio, indicando una mayor prevalencia para individuos con merito genético bajo. Según los autores sugiere que la varianza fenotípica total está más influida por efectos ambientales y genéticos no aditivos. Sus resultados difieren en parte de los obtenidos en nuestra

investigación pues se obtuvieron individuos de ambos sexos para cada tipo de clasificación del mérito genético.

Con estimaciones altas de heredabilidad, el resultado de nuestro trabajo indica que el énfasis de la selección debe estar centrado en el nivel individual, lo que significa que los mejores individuos pueden ser elegidos para conformar el lote de reproductores siempre y cuando la selección de los mismos sean por familia pues al seleccionar los mejores individuos de forma general (por generación) podría traer como consecuencia una disminución de la variabilidad genética..

La heredabilidad es empleada para determinar la ganancia genética de la población, representa un predictor del valor genético y, por lo tanto, si la selección se basa en el valor fenotípico de los individuos, es importante porque expresa la confiabilidad del valor fenotípico como una indicación del valor genético. Esta diferencia puede ser el resultado de diferentes enfoques de manejo, como la calidad del alimento, la calidad del agua o la fertilización del estanque, lo que podría afectar la cantidad de fitoplancton porque las tilapias son peces omnívoros filtradores que pueden usar este recurso cuando está disponible (Bezerra *et al.*, 2013).

Santos *et al.* (2011) obtuvieron una heredabilidad de 0.39 para peso vivo al momento de la cosecha, destacando que el aumento de la heredabilidad por peso corporal, desde el marcaje hasta la cosecha, indica una mayor contribución de la varianza genética aditiva como proporción de la varianza fenotípica. A su vez Oliveira *et al.* (2017), en su estudio encontraron una heredabilidad alta para la característica peso vivo, con un valor de 0.6. Otro estudio similar al realizado en esta investigación fue el descrito por Oliveira *et al.*

(2020), quienes evaluaron el efecto de la interacción genotipo \times ambiente con relación a la estimación de la heredabilidad y respuesta a la selección en la tilapia de Nilo. Ellos obtuvieron valores clasificados como de moderados y altos (0.27–0.52).

De Paiva *et al.* (2015) señalan que el valor de heredabilidad estimado para el peso a la cosecha en su estudio fue de 0.32. Estos autores utilizaron información de la primera generación de selección de tilapia del Nilo de la cepa GIFT. Oliveira *et al.*, (2017) y Bentsen *et al.* (2013), al estudiar la tilapia en diferentes ambientes de cultivo, observaron una heredabilidad del peso corporal de 0,06 a 0,30 en individuos cultivados en tanques de tierra y de 0.31 a 0.68 en tanques de redes, demostrando el gran potencial de la especie en ambos ambientes de cultivo.

La varianza ambiental depende del cultivo y el manejo. Mayores variaciones de las condiciones reducen la heredabilidad mientras que una mayor uniformidad la aumenta. Los individuos serán seleccionados en base a su clasificación del valor genético y establecidos

los apareamientos a partir de machos o hembras de mérito genético alto con individuos de medio y bajo valor genético. Esto nos permite garantizar la variabilidad y consecuentemente la longevidad del programa (Nogueira de Oliveira *et al.*, 2017).

Conclusiones

La evaluación por mérito genético en la segunda generación de tilapias GIFT muestra un alto potencial para mejorar la productividad a través de la selección genética, con resultados superiores para los machos en comparación a las hembras. La implementación de un programa de selección basado en la determinación del valor genético y heredabilidad de la población para una determinada característica de interés, en este caso correspondiente al peso vivo, conduce a mejoras sustanciales en la eficiencia y sostenibilidad de la producción de tilapia en Cuba.

Literatura citada

Barrueta D (2021). Mejora genética de los cruces dialélicos por selección masal en la tilapia nilótica GIFT (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758). Centro De Investigaciones Marinas. Universidad De La Habana. Cuba. Tesis de Master en Biología marina y mención en Acuicultura 78.

Basantes C (2015) “Evaluación del uso de balanceado orgánico vs el alimento industrial sobre la conversión alimenticia de la *Oreochromis spp* criada en cultivo intensivo”. Tesis en medicina veterinaria. Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia 70p.

Bentsen HB, Gjerde B, Nguyen NH, Rye M, Ponzoni RW, De Vera MSP, Bolivar HI, Velasco RR, Danting JC, Dionisio EE (2013) Genetic improvement of farmed tilapias: genetic parameters for body weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during five generations of testing in multiple environments. *Aquaculture* 338-341.

- Bezerra IA, Vilhena RN, Fonseca RT, Freato TA, Carvalho A, Ribeiro R (2013) Weight and morphometric growth of different strains of tilapia (*Oreochromis spp.*). *Revista Brasileira* 42(5): 305-311.
- Charo-karisa H, Rezk MA, Ponzoni RW, Arendonk L, Van B (2006) Heritability estimates and response to selection for growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds. *Aquaculture* 261: 479-486.
- De Paiva E, Lopes de Oliveira CA, Martins EN, Pereira RR, Conti AC, Kunita MN, Nogueira de Oliveira S, Pinheiro P (2015) Responses to selection for performance traits in Nile tilapia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50(9): 745-752.
- Eknath AE, Acosta BO (1988) Genetic improvement of farmed tilapias (GIFT) project: final report. Makati City: International Center for Living Aquatic Resources Management. *Aquaculture* 240.
- Khaw HL, Ponzoni RW, Danting MJC (2008) Estimation of genetic change in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by comparing contemporary progeny produced by males born. *Aquaculture* 275: 64-69.
- Misztal I, Aguilar I, Legarra A, Vitezica ZG (2022) Manual for BLUPF90 family of programs. (University of Georgia: Athens, GA, USA) Available at http://nce.ads.uga.edu/html/projects/programs/docs/blupf90_all8.pdf 149 p. Verified 20/10/24.
- Nogueira de Oliveira S, Lopes de Oliveira CA, Filho LA, Kawakami RE, Lopera NM, Kunita NM, Araya F, Pereira R (2017) Genetic parameters and morphometric characteristics of two generations from the GIFT strain of the Nile Tilapia. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina* 35(6): 3457-3468.
- Oliveira SN, Ribeiro R, Oliveira C, Filho LA, Oliveira AMS, Lopera NM, Santander VFA, Santana R, (2017) Interactive effects of genotype x environment on the live weight of GIFT Nile tilapias. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89(4): 2931-2943.
- Oliveira FCL, Campos ECG, Yoshida M, Lewandowski V, Todesco H, Nguyen NH, Pereira RR (2020) Effects of genotype × environment interaction on the estimation of genetic parameters and gains in Nile tilapia. *Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences, Poznan* 20,1-6 pp.
- Ponzoni RW, Azhar H, Saadiah T, Norhidayat K (2005) Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 247: 203-210.
- Preston TR, Willis MB (1974) *Producción Intensiva de Carne*. Editorial Diana, México. Verde, L. La aplicación racional del crecimiento. pp200.
- Santos AI, Pereira RR, Vargas L, Mora F, Filho LA, Fornari DC, Nogueira de Oliveira S (2011) Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46(1): 33-43.
- Todesco H (2020) *Parâmetros genéticos para características produtivas e qualidade de pele em tilápia do Nilo*. Universidade estadual de Maringá. Teses de doutorado. Paraná, Brasil.
- WorldFish (2021) *Guidelines for managing the risks of introductions and transfers of Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT)*. Penang, Malaysia: WorldFish. Guidelines.