

# Tropical Aquaculture

Vol.:2 No.: 2 July · December 2024





**DIRECTORIO**

**L.D. GUILLERMO NARVÁEZ OSORIO**

Rector

**DR. WILFRIDO MIGUEL CONTRERAS SÁNCHEZ**

Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

**DR. LUIS MANUEL HERNÁNDEZ GOVEA**

Secretario de Servicios Académicos

**DR. MIGUEL ARMANDO VÉLEZ TÉLLEZ**

Secretario de Finanzas

**LIC. ALEJANDRINO BASTAR CORDERO**

Encargado del Despacho de la Secretaría de Servicios Administrativos

**Wilfrido M. Contreras-Sánchez**  
*Editor-in-Chief*

**María J. Contreras-García, MSc.**  
*Associate Editor*

**Lenin Arias Rodríguez, PhD.**  
*Executive Editor*

**Misael Hernández Martínez**  
*Journal manager*

**Section Editors**

*\*Tilapia aquaculture, polyculture, and aquaponics*  
**Kevin. M. Fitzsimmons, PhD**

*\*Fish Larviculture and Nutrition*  
**Maria Célia Portella, PhD**

*\*Social Impacts of Aquaculture*  
**Hillary Egna, PhD**

*\*Stress*  
**Carl B. Schreck, PhD**

*\*Physiology*  
**Reynaldo Patiño, PhD**  
**Quenton Fontenot, PhD**  
**Allyse Ferrara, PhD**

*\*Histology and Physiology*  
**Marycarmen Uribe Aranzábal PhD**  
**Arlette A. Hernández Franyutti, MSc**  
**Aaron Alejandro Torres Martínez, PhD**

*\*Reproduction*  
**Carmen G. Paniagua Chávez, PhD**

*\*Live food culture*  
**Leonardo Cruz Rosado, PhD**

*\*Nutrition*  
**Ulises Hernández-Vidal, PhD**

*\*Water Quality*  
**Martin S. Fitzpatrick, PhD**

*\*Marine Fish Aquaculture*  
**Rodrigo Martínez Moreno PhD**  
**Leonardo Ibarra Castro, PhD**  
**Luis S. Álvarez-Lajonchère, PhD**

*\*Production Systems*  
**Alejandro Mcdonal-Vera, MSc**  
**Alfonso Castillo-Domínguez, PhD**

*\*Marine Aquaculture*  
**Antonio Garza de Yta, PhD**

*\*Aquatic health in aquaculture*  
**Marco Linné Unzueta Bustamante, PhD**

*\*Biofloc Culture*  
**Adriana da Silva, PhD**  
**Carolina Melgar-Valdes, PhD**

*\*African Aquaculture*  
**Charles Ngugi, PhD**  
**Julius Manyala, PhD**  
**Nelly Isyagi, PhD**

*\*Shrimp culture and nutrition*  
**Martha Gabriela Gaxiola Cortés, PhD**

*\*Translations*  
**S. Arriaga-Weiss, PhD**

**Tropical aquaculture**, Año 2, No. 2, Julio-Diciembre 2024, es una publicación semestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Villahermosa, Centro, Tabasco, CP. 86040, Tel (993) 358 15 00, <https://revistas.ujat.mx/index.php/ta>, [tropicalaquaculture@ujat.mx](mailto:tropicalaquaculture@ujat.mx). Editor responsable: Wilfrido M. Contreras Sánchez. Reservas de Derechos de Uso Exclusivo No. 04-2024-062114245900-102, ISSN:3061-7642, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Wilfrido M. Contreras Sánchez, Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Villahermosa, Centro, Tabasco, México. C.P. 86040, fecha de última modificación, 14 de octubre de 2024.

**CONTENT****Editorial**

- **An overview of feeding strategies and challenges in tropical aquaculture** .....1  
Ulises Hernandez-Vidal

**Scientific article**

- **Genetic merit evaluation of second-generation Nile tilapia (GIFT)** .....5  
Teresa de Jesus Damas-Pérez, Daylen Virgen Barrueta-López
- **Comparative study between live weight and sexual dimorphism in six generations of Nile tilapia GIFT** .....12  
Daylen Virgen Barrueta López, Teresa de Jesus Damas-Pérez

**Scientific note**

- **Productive performance of *Clarias gariepinus* fed alternative diets** .....22  
José Llanes-Iglesias
- **First record of the Lymphocystis *Mayaheros urophthalmus* in Balancán, Tabasco, México.** .....32  
Alfonso Castillo Dominguez, Carolina Esther Melgar Valdes, Raúl Enrique Hernández-Gómez

## An overview of feeding strategies and challenges in tropical aquaculture

### Estrategias de alimentación y retos de la acuicultura tropical

Ulises Hernández-Vidal<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Laboratorio de Acuicultura Tropical, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5, Entronque a Bosques de Saloya, Villahermosa C.P. 86039, México

**Corresponding author.** Ulises Hernández-Vidal. Laboratorio de Acuicultura Tropical, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5, Entronque a Bosques de Saloya, Villahermosa C.P. 86039, México. ulises.hernandez@ujat.mx.

**Cite:** Hernández-Vidal U (2024) Hermaphroditism in Fish: Implications for Aquaculture. *Tropical Aquaculture* 2 (2): e5734. DOI 10.19136/ta.a2n2.5740

**License creative commons:** This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike

4.0 International License 

**Editorial Received:** 4 de ceber 2024

**Editorial Accepted:** 4 december 2024

#### Abstract

Feeding accounts for more than 50% of the operating costs of commercial tropical aquaculture species such as tilapia and shrimp, while costs are difficult to estimate for emerging species, such as snooks and native cichlids, which are still under biotechnological development. Optimizing diets and feeding practices is essential to ensure the profitability and sustainability of the growing aquaculture industry. Specialized diets for critical stages such as reproduction and larval rearing are costly but justified by improved offspring quality and larval growth. However, the lack of specific feeds for emerging species forces the use of generic diets, such as those developed for tilapia or trout, which may not meet optimal nutritional requirements. This approach limits the productive evaluation of these species and, in the long term, the development of specific diets for commercialization. Dietary improvements include new ingredients and technological processes that increase efficiency, reduce costs, and minimize environmental impact. For example, the inclusion of animal meals has improved the acceptability of diets for carnivorous species. However, the design of feeding protocols remains challenging, particularly for larvae where live feed is common but costly. Genetics and environmental management are determining factors in the production performance of commercial species. In Mexico, the limited genetic acclimatization of imported tilapia has led to challenges such as diseases and stress episodes that affect growth and discourage investment. Integrating biotechnologies such as probiotics and prebiotics has shown benefits in the integrated management of the culture, reducing stress, improving feed efficiency, and reducing environmental impact. It is necessary to emphasize the generation of informed strategies that consider local resources and global information to minimize environmental and social risks and promote responsible and sustainable aquaculture that balances economic, social, and environmental benefits.

**Keywords:** Aquaculture feed, emerging species, sustainability, biotechnologies, integrated crop management.

**Resumen:** La alimentación representa más del 50% de los costos operativos en especies comerciales de acuicultura tropical como tilapia y camarón, mientras que, en especies emergentes como el robalo y las mojarras, aún en desarrollo biotecnológico, los costos son difíciles de estimar. Es crucial optimizar dietas y prácticas alimenticias para garantizar la rentabilidad y sostenibilidad de la industria acuícola en crecimiento. El uso de alimentos especializados para etapas críticas, como la reproducción y la cría de larvas, implica costos elevados, pero se justifica por la mejora en la calidad de la progenie y el crecimiento de larvas. Sin embargo, la falta de alimentos específicos para especies emergentes obliga a usar dietas genéricas, como las diseñadas para tilapia o trucha, que pueden no satisfacer las necesidades nutricionales óptimas. Este enfoque limita la evaluación productiva de estas especies y, a largo plazo, el desarrollo de dietas específicas para su comercialización. Las mejoras en las dietas incluyen nuevos ingredientes y procesos tecnológicos que buscan aumentar la eficiencia, reducir costos y minimizar el impacto ambiental. Por ejemplo, la inclusión de harinas de origen animal ha mejorado la aceptación de dietas para especies carnívoras. Sin embargo, el diseño de protocolos alimenticios sigue siendo un reto, particularmente para larvas, donde el uso de alimento vivo es común pero costoso. La genética y el manejo ambiental son factores determinantes en el rendimiento productivo de especies comerciales. En México, la limitada aclimatación genética de la tilapia importada ha generado desafíos, como episodios de enfermedades y estrés, que afectan el crecimiento y desincentivan la inversión. La integración de biotecnologías como probióticos y prebióticos ha demostrado beneficios en el manejo integral del cultivo, reduciendo el estrés, mejorando la eficiencia alimenticia y disminuyendo el impacto ambiental. Es necesario destacar la generación de estrategias informadas que consideren tanto recursos locales como información global para minimizar riesgos ambientales y sociales, promoviendo una acuicultura responsable y sostenible que equilibre beneficios económicos, sociales y ecológicos.

**Palabras clave:** Alimentación en acuicultura, especies emergentes, sostenibilidad, biotecnologías, manejo integral de cultivos.

## Editorial

The economic impact of feed use at all stages of production on aquaculture investment is well known. Feed costs are estimated to represent more than 50% of operational production costs for commercial species in the tropics, such as tilapia and shrimp. In contrast, for emerging species, such as snooks and cichlids native to southern Mexico, there are still gaps in biotechnological development, making it difficult to estimate precisely. However, developing efficient diets and feeding practices is of great value in maintaining the profitability of the culture and the interest in entrepreneurship in the face of a growing and competitive aquaculture industry (Montoya-Camacho *et al.* 2016).

The parameters and scope of aquaculture production units are determined by the species' biological characteristics and the environmental conditions created for the culture. In farms dedicated to reproduction and seed production, the use of special feeds for broodstock and larvae generally includes the use of live, fresh feeds of high nutritional quality, which can be expensive but whose use is justified to improve the quality of spawning, survival and growth of larvae. On the other hand, the aim is to achieve sufficient nutritional quality to meet the needs of the target species at a reasonable cost that maximizes profitability. The incorporation of new ingredients, processing forms, and complementary products to improve feed utilization and reduce wastage has been explored to meet these premises. Therefore, research into the variables that control the efficiency of diets in species and the development of technologies to make processing processes more efficient and reduce

the environmental impact of their waste are current and key issues for the advancement of aquaculture.

Introducing species into commercial aquaculture has created new challenges; it is difficult to determine how many species are being researched for aquaculture for food, ornamental, or raw material production (Fotedar *et al.* 2011). Given the importance of studying digestive physiology, nutritional inputs, and other issues due to their impact on the economics of farming, the transition from research to commercial practice of a species can be a slow and bumpy road. Much information has been generated on nutritional requirements, digestive physiology, and practical diets, but the commercial application of species-specific diets has not yet progressed for several reasons. The most important of these relate to the feed companies' economics, the globalization of trade, and the profitability of a new diet. It is necessary to start from a base production volume defined by the machinery capacity of the production plants, the frequency of consumption, and, therefore, the fact that the diet already has customers who demand the product in order to make it attractive to the manufacturer through a secure purchase. However, although some research centers may be able to produce a certain volume of products, more is needed and is costly.

The lack of specific diets for species with known nutritional requirements and those under research has meant that the first approach to growth trials has to be with diets designed for other species, which means there is no certainty that the production performance will be acceptable on the way to incorporation into a commercial crop. One of the advantages of globalization and the availability of a wide

range of balanced diets is the ability to conduct trials with diets designed for neighboring species or species with similar feeding habits. In this regard, we can point to the case of *Atractosteus tropicus*, a species whose requirements at different stages of development are known but whose diets are not commercially available (Márquez-Couturier *et al.* 2006). This is due to a very limited regional market; most production takes place on small family farms, and feed demand is low. Currently, culture is based on commercial diets for tilapia, from hatchery production to grow-out. A few decades ago, only commercial diets for carnivorous fish such as trout were used at the beginning of the culture. The high cost of this feed had a major impact on the production price and the final product. It was the only option then due to the lack of acceptance of tilapia feed since the high soy content made it unpalatable to this carnivorous fish. However, in recent years, new technological processes and the use of ingredients such as poultry, beef, and pork meal, which are profitable in producing tilapia feed on a global scale, have provided an alternative that allows its use in *A. tropicus* culture.

Current diets' versatility and cost attractiveness allow a first approach towards productive evaluation of emerging and regional species but do not solve the underlying problem of lack of knowledge of diet design and the possibility of full feasibility evaluation as candidates for commercial culture. On the other hand, the development of feeding protocols in the case of fish larvae represents a challenge where the problems of availability of balanced diets and aspects of the behavior of the specimens converge, which generally requires the use of live food, the availability and cost of which can hinder the activity.

For commercial aquaculture species such as tilapia, where a wide variety of commercial feed brands are available and have been derived from extensive commercially useful research, questions about the diets used and the productive performance of the cultures are common. In many cases, poor performance may be due to other variables, such as the genetic composition of the seed and acclimatization to the location. The number of adequately acclimatized strains is still limited in Mexico, where tilapia arrived in the 1960s but where tilapia culture has not been intensively developed for a long time. The importation of foreign broodstock has long not produced the expected results and may also be the origin of disease outbreaks that have affected the industry. It appears that the differences in results are largely due to a combination of factors where the environmental conditions of the culture affect the utilization and use of dietary energy. Highly selected genetic variants for growth, evaluated with non-locally available diets and different management conditions, can create stressful situations that lead to disease development and changes in growth performance, leading to disappointment for investors. Therefore, in the industry's future, decision-makers must consider such variables in strategic investment plans to make investments safe and profitable.

Biotechnologies, such as the incorporation of probiotics and prebiotics, are increasingly in demand to understand processes that benefit crops (Hai 2015). These strategies are combined with improved nutrient utilization, inhibition of competitive diseases, stress reduction, and efficient handling of waste and effluents, to name a few. Ultimately, this practice leads to integrated management of the farming system from an ecosystem perspective,

where the interaction of its elements improves production outcomes by positively affecting the welfare of the farmed organisms. This also positively impacts the environment by reducing pollution and disease risk to the farmed species and non-target species in the surrounding areas. The understanding of ecosystem management of larval cultures, where the use of balanced diets is complemented by the management of other environmental elements such as the presence of algae and food such as protozoa and rotifers, has gained momentum as it provides a less stressful growth environment for the larvae (Kittaka, 1997). Such management may require the study of native food species in the ecosystem where the species of interest develop, adding a degree of complexity but with a greater chance of success.

Faced with these current and future challenges for aquaculture feeds, the organizations and people involved need to take greater responsibility in decision-making. These choices must be based on globally available information. However, they must also encourage the generation of knowledge about local resources and the feasibility of their use, thereby reducing environmental and social risks. A more responsible aquaculture will only be achieved by adopting strategies that inform producers and government officials in their decisions so that the impact of the activity is positive in economic, environmental, and social terms.

### Literature cited

- Fotedar R, Phillips B (Eds.) (2011). Recent advances and new species in aquaculture.
- Márquez-Couturier G, Álvarez-González CA, Contreras-Sánchez WM, Hernández-Vidal U, Hernández-Franyutti AA, Mendoza-Alfaro RE, Aguilera-González C, García-Galano T, Civera-Cerecedo R, Goytortua-Bores E (2006). Advances in the feeding and nutrition of the gecko *Atractosteus tropicus*. *Advances in aquaculture nutrition*.
- Montoya-Camacho N, Márquez-Ríos E, Castillo-Yáñez FJ, Cárdenas López JL, López-Elías JA, Ruíz-Cruz S, Jiménez-Ruiz JL, Rivas-Vega ML, Ocaño-Higuera VM (2019). Advances in the use of alternative protein sources for tilapia feeding. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 515-526.
- Hai NV (2015). The use of probiotics in aquaculture. *Journal of applied microbiology*, 119(4), 917-935.
- Kittaka J (1997). Application of ecosystem culture method for complete development of phyllosomas of spiny lobster. *Aquaculture*, 155(1-4), 319–331.

## 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-Pérez<sup>1</sup>  | Daylen Virgen Barrueta-López<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Empresa 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 m<sup>3</sup>). 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;  $\beta$ : 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

$\delta^2a$ : varianza aditiva

$\delta^2p$ : 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 mérito 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](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 T R, 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.

## Estudio comparativo entre peso vivo y dimorfismo sexual en seis generaciones de tilapia nilótica GIFT

### Comparative study between live weight and sexual dimorphism in six generations of Nile tilapia GIFT

Daylen Virgen Barrueta-López<sup>1</sup>  | Teresa de Jesus Damas-Pérez<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA)-Cuba.

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

**Como citar:** Barrueta-López DV, Damas Pérez TJ, (2024) Estudio comparativo entre peso vivo y dimorfismo sexual en seis generaciones de tilapia nilótica GIFT. Tropical Aquaculture 2 (2): e5732. DOI 10.19136/ta.a2n2.5732

**Artículo recibido:** 8 de junio de 2024  
**Artículo aceptado:** 19 de noviembre de 2024

**Licencia creative commons:** This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License 

#### Resumen

La presente investigación enfocó los resultados obtenidos a evaluar por medio de un análisis comparativo el rasgo peso vivo y sexo en base al número de generaciones. Fueron obtenidas en su totalidad 86 grupos de familias de tilapia nilótica GIFT en seis generaciones de programa de mejoramiento genético en Cuba. Se observó cómo al pasar de una generación a la siguiente aumentaba el peso vivo promedio de los peces. Los mejores resultados fueron encontrados a nivel de las generaciones cinco y seis con valores superiores a los 500 g (514 g y 612 g, respectivamente). Fue realizado un análisis de regresión, obteniendo un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del 60,9 %, demostrando que los efectos generación y sexo explican aproximadamente el 61 % de la variabilidad fenotípica mostrada por el rasgo peso vivo. A su vez se evidenció la superioridad de los machos desde el inicio del programa de mejora genética con pesos promedios de 776 g en los machos y 470 g en las hembras. Se pudo concluir como resultado principal un incremento significativo del peso vivo en la tilapia nilótica GIFT con el avance del programa selectivo aplicado para ambos sexos, mostrando superioridad para los machos.

**Palabras claves:** dimorfismo sexual, grupo de familia, *Oreochromis niloticus*, variabilidad fenotípica.

#### Abstract

The present investigation focused on the results obtained to evaluate the traits of live weight and sex through comparative analysis based on the number of generations. A total of 86 groups of GIFT Nile tilapia families were obtained along six generations of the genetic improvement program in Cuba. It was observed how the average live weight of the fish increased when passing from one generation to the next. The best results were found in generations five and six with values greater than 500 g (514 g and 612 g, respectively). A regression analysis was performed, obtaining a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 60.9 %, demonstrating that the generation and sex effects explain approximately 61 % of the phenotypic variability shown by the live weight trait. At the same time, the superiority of the males was evident since the beginning of the genetic improvement program, with an average weight of 776 g in the males and 470 g in the females. The main result was a significant increase in live weight in GIFT Nile tilapia with the advance of the selective program applied to both sexes, showing superiority for males.

**Keywords:** sexual dimorphism, family group, *Oreochromis niloticus*, phenotypic variability.

## Introducción

La acuicultura es definida como la actividad dedicada al cultivo de peces bajo manejo e implementación de buenas prácticas como lo son el desarrollo genético, alimentación, reproducción y sanidad de las especies (Pulgarín 2012). La Acuicultura cubana tuvo sus primeros inicios durante la década de los sesenta con la fundación del Centro de Recría Ictiológica y repoblación fluvial, actualmente llamada Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (FAO 2010). A su vez durante este periodo también fueron introducidas disímiles especies foráneas con el objetivo de repoblar los numerosos embalses, presas, micropresas y estaciones del país, pues las especies endémicas no cumplían con los requisitos necesarios para su cultivo (FAO 2017).

El grupo de tilapias y carpas representaron las principales especies importadas, con mayor énfasis en el cultivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758), debido a sus disímiles características (Damas *et al.*, 2015). Entre ellas se destacan: alta capacidad de adaptación y rápido crecimiento en diferentes condiciones de cultivo, rusticidad, resistencia a enfermedades, buena conversión alimentaria, carne de calidad y puede ser manipulada genéticamente. A su vez representa una de las principales especies acuícolas con mayor importancia económica y social, convirtiéndose en la segunda más cultivada a nivel mundial (Dos Santos 2009, FAO 2011).

La especie ha sido sometida a diferentes procedimientos genéticos, enfocados a herramientas biotecnológicas modernas de transgénesis y androgénesis, cuya aplicación han producido cambios estructurales en el material genético disponible para ser usados

comercialmente (Flor 2013). Un ejemplo consiste en la obtención por parte de WorldFish Center y sus socios de una cepa mejorada llamada tilapia nilótica GIFT (WorldFish Center 2004). La misma fue originada con el objetivo de aumentar la producción acuícola mediante la selección genética de rasgos favorables o deseables (Ponzoni *et al.*, 2011).

Entre los principales rasgos deseables se destacan el peso vivo, largo total, altura de la cabeza, resistencia a enfermedades, características reproductivas, etc. El peso vivo o también conocido como tasa de crecimiento, representa el criterio de selección más empleado en los diferentes programas de mejoramiento genético, pues el objetivo de estos programas es aumentar en el tiempo la tasa de crecimiento de los individuos (Lopes de Oliveira *et al.*, 2015).

Otro de los aspectos a tener en cuenta en la presente investigación es lo referente al dimorfismo sexual de la especie. El mismo consiste en las diferencias físicas, anatómicas y comportamentales que existen entre los individuos de diferentes sexos en una especie. Estas diferencias pueden ser evidentes en aspectos como el tamaño, la forma del cuerpo, la coloración, la estructura ósea y los rasgos sexuales secundarios. Durante la etapa reproductiva de la tilapia las hembras desvían gran parte de sus reservas corporales al cuidado de los huevos y posteriormente larvas. Durante este periodo no consumen ningún tipo de alimento al ser incubadoras bucales. Sin embargo, el macho durante esta etapa continúa alimentándose y aumentando por consiguiente su ganancia en peso diaria (Gonçalves *et al.*, 2007).

Por tanto, la selección genética en tilapia ha avanzado considerablemente con varios estudios que han evaluado la heredabilidad y variabilidad genética de los criterios antes mencionados, teniendo en cuenta aspectos como el sexo de los peces (Gjedrem 2012). Es así que se plantea como objetivo de la presente investigación, evaluar el peso vivo y dimorfismo sexual en seis generaciones de tilapia nilótica GIFT obtenidas por medio de la metodología de selección masal durante el programa de mejoramiento genético de la tilapia en Cuba..

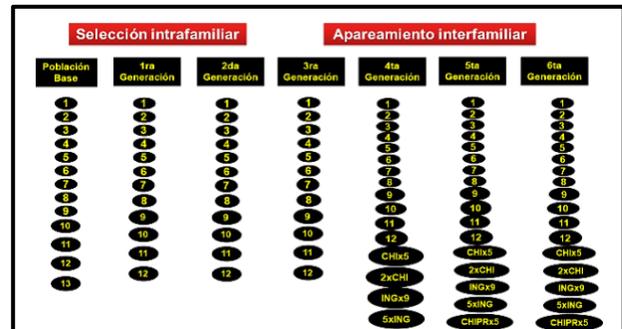
## Materiales y métodos

El presente estudio fue realizado en la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA), específicamente en la Unidad de Desarrollo e Innovación (UDI) El Dique. Los datos analizados fueron tomados de seis generaciones del programa de mejoramiento genético de la tilapia nilótica GIFT en Cuba. Todos los procedimientos de manipulación de animales estuvieron de acuerdo con las normas éticas y estándares, aprobados por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, así como el Ministerio de la Industria Pesquera.

### Formación de los grupos de familias a lo largo de seis generaciones

El programa obtuvo en su totalidad durante seis generaciones un total de 86 grupos de familias. La población base importada estuvo constituida por 13 grupos de familias, procedentes de Brasil (10), Vietnam (2) y Tailandia (1). A partir del apareamiento interfamiliar y selección de la población base se obtuvo una primera generación formada por 12 grupos de familias. La segunda y tercera generación también estuvieron constituidas por

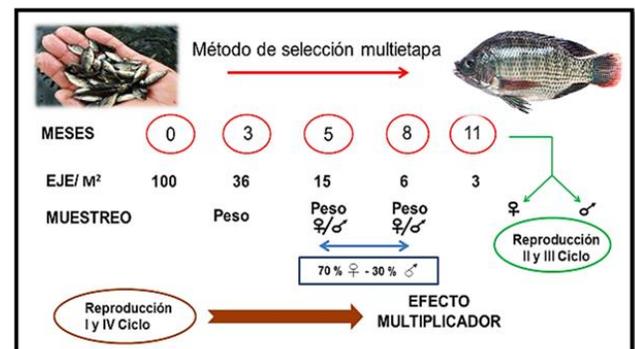
12 grupos de familias. Sin embargo, a partir de la cuarta generación fue necesario incluir en el programa nuevas variedades de tilapia con el objetivo de refrescar el banco de reproductores, incluyendo la Chitralada e Inglaterra. En la quinta generación se incorporó otro grupo de familia de tilapia Chitralada procedente de la ciudad de Pinar del Río, Cuba (Fig. 1).



**Figura 1.** Formación de los grupos de familias del núcleo élite de tilapia nilótica GIFT en seis generaciones.

### Proceso de formación del grupo elite de reproductores por generación

El crecimiento, selección y reproducción de los peces se realizó en estanques de concreto, nueve circulares de 128 m<sup>2</sup> y siete rectangulares de 140 m<sup>2</sup> durante el periodo reproductivo de la tilapia en Cuba (abril-octubre). El método de selección empleado fue el masal multietapa, descrito por el WorldFish Center (2004) (Fig. 2).



**Figura 2.** Proceso de formación del núcleo élite de reproductores por generación.

Todo el periodo de crecimiento y selección de los individuos tuvo una duración total de 11 meses de cultivo, aplicando cuatro cortes selectivos y seleccionando los peces a partir de la metodología de selección masal antes mencionada. En cada corte selectivo fue utilizada una balanza monoplato de reloj para establecer la medición del peso vivo en los individuos.

En el mes cero inició dicho crecimiento de los grupos de familias con un total de 14 000 alevines de dos g de peso vivo (100 alevines/m<sup>2</sup>). Al tercer mes se aplicó el primer corte selectivo, seleccionando los animales con mayor peso vivo, eligiendo 5040 alevines (36 ejemplares/m<sup>2</sup>). En el segundo y tercer corte, correspondiente al quinto y octavo mes, además de seleccionar en base al rasgo peso vivo se tuvo en cuenta el sexo de los animales. Fue seleccionado el 70 % de hembras y 30% de los machos con mayor peso. Esta proporción fue establecida debido a la tasa sexual empleada que fue de dos hembras por un macho (2H:1M), para un total de 2 100 ejemplares (1 470 hembras y 630 machos) al segundo corte selectivo. Para el octavo mes se seleccionaron 840 ejemplares (558 hembras y 252 machos).

A los 11 meses de cultivo se realizó el cuarto y último corte selectivo, seleccionando 3 ejemplares/m<sup>2</sup>, representado por 420 reproductores (294 hembras y 126 machos), constituyendo el núcleo “Élite” de reproductores en cada generación. Los grupos de familias obtenidas fueron mantenidos separados para evitar el apareamiento y por consiguiente evitar la consanguinidad entre ellos. La alimentación de los reproductores fue en base a concentrado peletizado al 24% de proteína bruta, ofertándolo dos veces al día para un mayor aprovechamiento.

La etapa de reproducción inició cada año durante el periodo de abril a octubre, estableciendo cuatro ciclos reproductivos. La descendencia obtenida del segundo y tercer ciclo fue destinado al proceso de formación del núcleo elite de reproductores por generación mencionado anteriormente. Ahora, la descendencia del primer y cuarto ciclo estuvo destinado al llamado efecto multiplicador. El mismo consiste en la entrega de alevines mejorados de tilapia nilótica GIFT a las diferentes estaciones de cultivo del país, con el objetivo de establecer el crecimiento de los individuos hasta alcanzar el peso de reproducción e iniciar su etapa reproductiva.

Al obtener la descendencia descrita anteriormente del segundo y tercer ciclo reproductivo, se dio inicio al proceso de formación del núcleo elite de reproductores nuevamente. Todo este proceso tiene la característica de ser cíclico.

### Análisis estadístico

A partir del software R Studio (versión 4.1.3) se llevaron a cabo los diferentes análisis estadísticos de la investigación. Primeramente, se realizó una estadística descriptiva del peso vivo obtenido para cada generación con el objetivo de evaluar el comportamiento fenotípico de este indicador. Posteriormente se realizó un ANOVA para evaluar las diferencias en el peso vivo entre las diferentes generaciones de tilapia nilótica GIFT. Seguido de un test de Tukey para comparaciones múltiples entre las medias de las generaciones, el sexo y sus interacciones. Adicionalmente se evaluó el comportamiento del peso vivo por sexo y generación para determinar la existencia del dimorfismo sexual a través de una estadística descriptiva. Se consideró un nivel de

significancia de  $\alpha = 0.05$  para todos los análisis estadísticos.

También se realizó un análisis a partir del modelo mixto lineal, ajustando el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) para determinar los efectos aleatorios y fijos, en este caso la variabilidad entre las generaciones, el sexo y su interacción a partir del peso vivo. La fórmula del modelo empleado es:

$$PV \sim G \times \text{Sexo} + (I|G)$$

Donde: PV= peso vivo; G= Generación.

## Resultados

El peso vivo promedio de los animales fue en aumento con el avance del programa selectivo desde la primera generación (206.46 g) hasta la sexta (612.90 g). Los mejores resultados se obtuvieron en las generaciones cinco y seis, superando los 500 g de peso vivo a los 11 meses de cultivo. Estos resultados sugieren una selección genética efectiva para el rasgo peso vivo.

Los valores obtenidos demuestran un incremento en peso a lo largo de las generaciones, desde 112.69 g en la primera generación hasta 207.90 g en la sexta (Tabla 1). Esto indica que, la variabilidad del rasgo peso junto con la dispersión ha ido en aumento al pasar de una generación a la siguiente.

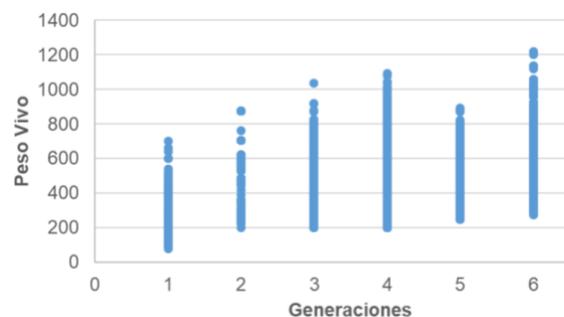
Se muestra a su vez una disminución significativa del coeficiente de variación (CV) desde la primera (54.58 %) hasta la quinta generación (21.53 %). Esto se debe a la mejora en la uniformidad del peso vivo a lo largo de estas generaciones. Sin embargo, a nivel de la sexta generación se produce un aumento causado por la llamada presión de selección,

causada al seleccionar los individuos con mayores características fenotípicas al pasar de una generación a la siguiente. Esto puede ser corregido al establecer nuevas estrategias de selección para mantener la dicha uniformidad en las poblaciones.

**Tabla 1.** Estadística descriptiva del peso vivo (gramos) por generación en tilapia nilótica GIFT.

Generación	Media (gramos)	DE (gramos)	CV (%)
1	206.46	112.69	54.58
2	361.36	129.26	35.77
3	416.59	164.69	39.53
4	472.36	187.94	39.79
5	513.52	110.58	21.53
6	612.90	207.90	33.92

Los datos referentes al peso vivo y números de generaciones muestran un aumento significativo del peso vivo al pasar de una generación a la siguiente (Fig. 3).



**Figura 3.** Valores de peso vivo en las generaciones obtenidas a partir del peso vivo.

El análisis de varianza, (ANOVA) indica diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.001$ ) en el peso vivo: la generación, el sexo y la interacción entre ambos (Tabla 2). Todos los valores de F son altos, sugiriendo que el factor generación influye significativamente en el rasgo peso vivo. Para el sexo se mostró un efecto superior con relación al peso vivo en comparación al resto de los parámetros. Por último, la interacción entre generación y sexo indicó que su efecto

varía dependiendo del sexo significativamente en los individuos.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue 60,9 %, por lo que los factores generación y sexo explican aproximadamente el 61 % de la variabilidad fenotípica mostrada por el rasgo peso vivo.

El dimorfismo sexual en los individuos representó otro de los temas importantes a tratar en el presente estudio. A partir de los datos obtenidos del peso vivo durante las seis generaciones se evaluó el comportamiento del sexo de cada individuo (Tabla 3).

**Tabla 2.** Análisis de varianza para el peso vivo (gramos), sexo, generación y la interacción entre ambas en seis generaciones de tilapia nilótica GIFT.

Indicador	GL	SQ	QM	F	p
Generación	5	44526597	8604982	613,51	<0.001
Sexo	1	48759777	2747986 <sub>2</sub>	1959,2 <sub>2</sub>	<0.001
G*S	5	8596305	1719261	122,58	<0.001
Residual	4647	65178446	14026		
Total	4658	167061126			

**Tabla 3.** Estadística descriptiva del peso vivo (g) atendiendo al sexo y número de generaciones de tilapia nilótica GIFT.

Generación	Sexo	Media (gramos)	DE (gramos)	CV (%)
1	M	232.62	126.2	54.26
	H	171.1	78.74	46.02
2	M	396.7	139.59	35.19
	H	317.36	98.92	31.18
3	M	541.1	139.72	25.82
	H	307.4	90.81	29.55
4	M	601.2	144.27	23.99
	H	316.8	92.49	29.2
5	M	553.54	99.4	17.96
	H	426.9	79.9	18.72
6	M	775.92	167.9	21.64
	H	469.3	111.47	23.75

En todas las generaciones se manifestó un aumento significativo del peso vivo para ambos sexos, con mayor notoriedad en los machos, obteniéndose en la sexta generación pesos promedios de 776 g y 470 g para machos

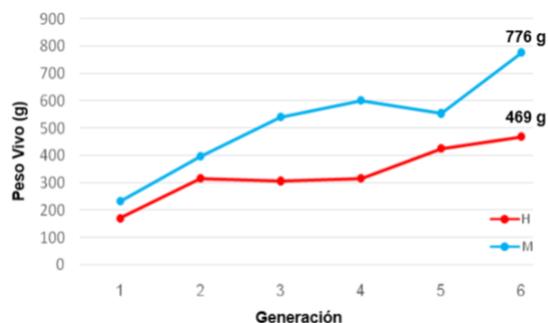
y hembras, respectivamente. A su vez se mostró una diferencia entre sexos en la primera generación de 61.5 g a favor de los machos. Para la última generación la diferencia fue a favor también de los machos con un valor de 306.6 g.

Al analizar el coeficiente de variación (CV) se evidenció un mayor impacto de la llamada presión de selección durante el proceso selectivo en los machos. Sus valores oscilaron entre 54.26 % y 21.64 % y en las hembras de 46.02-23.75 %. Esto demostró que a pesar de un incremento del peso promedio, se presentó una disminución del estadígrafo, indicando que la dispersión relativa del peso está reduciéndose con el tiempo (Tabla 4).

**Tabla 4.** Parámetros genéticos para la característica peso vivo en seis generaciones de tilapia nilótica GIFT.

Parámetro	$\sigma^2_a$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_p$	h <sup>2</sup>
Peso Vivo	2871	16302	19173	0.15

Se observa un claro dimorfismo sexual en los individuos a partir del rasgo evaluado durante las seis generaciones de tilapia nilótica GIFT (Fig. 4). Al analizar los resultados del modelo lineal mixto se obtuvieron las varianzas aditivas, residual y fenotípica, permitiendo posteriormente calcular la heredabilidad total del programa de mejora genética. La heredabilidad obtenida fue de 0.15, clasificándose de baja. Esto sugiere que la característica estudiada es influenciada más significativamente por factores ambientales o de otra índole que por factores genéticos. A su vez también este valor bajo está dado por el tipo de metodología de selección empleada en el programa, que fue la masal, donde no existe un control individual de los individuos al no estar identificados con chips internos.



**Figura 4.** Tendencia de cambio de los valores de peso vivo (g) de tilapia nilótica GIFT en ambos sexos por generaciones durante un programa de mejora genética.

## Discusión

El proceso de selección masal del carácter peso de cada grupo familiar y el cruce rotativo, permiten obtener una variabilidad y mejora gradual de los caracteres cuantitativos de la media del peso de la población (Ponzoni *et al.*, 2011, Portales *et al.*, 2013, Damas y Berovides 2017).

Rutten *et al.* (2005) lograron en la tilapia nilótica GIFT un peso corporal promedio de cosecha entre 286 a 403.6 g, datos que coinciden con los obtenidos en el presente estudio en la generación dos y tres. A su vez, Dos Santos *et al.* (2011) alcanzaron un peso final promedio de 325.81 g, con una desviación estándar de 131.82 g, coincidiendo con la generación dos de este estudio.

El programa de mejora genética implementado permitió obtener una reducción en el coeficiente de variación del peso, en ambos sexos, a medida que avanzó el número de generación sometida a la selección. Al respecto, Charo-Karisa *et al.* (2006) observaron que los coeficientes de variación aumentan por efecto del medio ambiente, entre sexos, por generaciones y densidades de siembra, entre otros factores.

Al comparar la especie con otras de interés comercial, Neumann *et al.* (2009) evidenciaron la superioridad en peso a favor de la tilapia nilótica GIFT en comparación con el híbrido de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Similares hallazgos fueron encontrados por García *et al.* (2015), quienes obtuvieron un peso final de 338.28 g en el caso de la tilapia nilótica GIFT y un máximo de 193.87 g en la tilapia San Pedro con un coeficiente de variación de 20.52 %. Los resultados permiten afirmar que la especie cultivada debe ser genéticamente mejorada, para asegurar un crecimiento exitoso y rentabilidad de la acuicultura (Ponzoni *et al.*, 2011).

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido en el análisis de varianza efectuado en el estudio, fue moderado (0.61). Valores superiores fueron encontrados por Souza de Castro *et al.* (2015) quienes obtuvieron regresiones lineales significativas, con coeficientes de determinación que van desde 0.77 a 0.86 (77.43-86.28 %), aunque encontraron también efectos significativos en cuanto a la generación, el sexo, así como la interacción entre ellos.

Portales *et al.* (2013) infieren que diversos factores pueden influir en el peso de los peces a una edad determinada, pero uno de los indicadores que permiten establecer el porqué de estas diferencias entre sexo y generaciones es la tasa de crecimiento (g/día). En la misma, pueden influir las condiciones climáticas, la alimentación, la densidad de siembra y el manejo del estanque.

En el gráfico 2 se evidenció la superioridad de los machos desde el inicio del programa de mejor, con pesos máximos de 776 g mientras las hembras alcanzaron 470 g, diferencia entre sexos que se hace más marcada con el

transcurso de las generaciones. Nogueira de Oliveira *et al.* (2019) alcanzaron pesos superiores a la presente investigación, pero también constataron un marcado dimorfismo sexual y los machos presentaron pesos más altos que las hembras, 1551 g y 761 g, respectivamente.

Rutten *et al.* (2005) encontraron evidencias similares en tilapia nilótica, pues los machos tenían mayor peso, lo cual complica la homogeneidad de las poblaciones cuando los peces de ambos sexos permanecen mezclados. Al respecto, Kuanhong (2011) planteó que las hembras tienen reproducción temprana y son incubadoras bucales, por lo que durante el cuidado parental no consumen alimento, mantienen sus funciones vitales y metabolismo a partir de sus reservas, sucesos que no acontecen en los machos que mantienen un aprovechamiento continuo del alimento suministrado. Este comportamiento fisiológico de la reproducción no es casual sino sistemático en peces tropicales donde su reproducción se mantiene desde abril hasta octubre, con una periodicidad de 45 días entre ciclos reproductivos.

Ries Neto *et al.* (2014) observaron a su vez que los machos pueden responder a la selección del peso corporal más rápido que las hembras, debido a sus características morfométricas. Estudios recientes realizados por Corrêa *et al.* (2018) afirmaron que, en las hembras, la longitud de la cabeza está relacionada con el comportamiento reproductivo, pues incuban huevos y albergan larvas recién nacidas en la boca. Teóricamente, una cabeza de mayor longitud tendría una cavidad bucal más grande, permitiendo así una mayor tasa de

supervivencia de la progenie; esto también implicaría un menor rendimiento en canal.

El tema del dimorfismo sexual se abordó en la especie por varios autores, atribuyendo estas diferencias en peso a factores tales como: el comportamiento, las interacciones sociales (Toguyeni *et al.*, 2002), los factores genéticos (Fryer 1972) y el período de inanición en las hembras por su carácter de incubadoras bucales (Huet 1972). Entre las causas del dimorfismo sexual de la tilapia del Nilo se encuentran:(a) las familias, algunas responden mejor que otras en términos de respuesta al diferencial de selección por sexo y (b) la efectividad de una selección, por cuanto la estimación de parámetros genéticos en una población, tales como: heredabilidad y correlación genética, pueden cambiar de forma relevante en el tiempo (Ponzoni *et al.*, 2005, Vehviläinen *et al.*, 2008).

## Conclusiones

Se mostró un incremento del peso vivo en la tilapia nilótica GIFT con el avance del programa de mejoramiento genético del país para ambos sexos, superior en los machos y se obtuvo una heredabilidad de 0.15, clasificada como baja debido al empleo de la metodología masal de selección y apareamiento. Así como también a la influencia de factores ambientales.

## Literatura citada

- Charo-Karisa H, Komen H, Rezk MA, Ponzoni RW, Arendonk JA, Bovenhuis H (2006) Heritability estimates and response to selection for growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds. *Aquaculture* 261: 479-486.
- Corrêa B, Da Costa N, Müller F (2018) Morphometric measurements and phenotypic correlations of the tilapia GIFT after individual selection. *Agropecuária Catarinense* 31(3): 38-40.
- Damas T, Portales A, Millares N, Díaz G (2015) Mejoramiento genético de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) y su cría en ambiente marino. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 32(1): 138-8452.
- Damas T, Berovides V (2017) Heredabilidad realizada por caracteres morfológicos de la tilapia nilótica GIFT (*Oreochromis niloticus*). *AcuaCuba* 19(1): 11-20.
- Dos Santos AI (2009) Estimativa de parâmetros genéticos para peso y sobrevivência em tilapias (*Oreochromis niloticus*) melhoradas no Brasil. (Tese doutor em zootecnia). *Facultai em Zootecnia. Universidade Estadual de Maringá. Estado de Paraná.*
- Dos Santos AI, Pereira R, Vargas L, Mora F, Filho, LA, Fornari DC, et al. (2011) Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46(1): 33-43.
- FAO (2010) Visión general del sector acuícola nacional Cuba. Departamento de Pesca y Acuicultura. [https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=countrysector&xml=naso\\_cuba.xml&lang=es](https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=countrysector&xml=naso_cuba.xml&lang=es).
- FAO (2011) Programa de información de especies acuícolas. *Oreochromis niloticus*. Obtenida el 5 de mayo de 2024. [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis\\_niloticus/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es).
- FAO (2017). Programa de mejoramiento genético para peces de agua dulce en Cuba. Empresa de Desarrollo de tecnologías Acuícolas.
- Fryer G, Iles TD (1972) The cichlid fishes of the great lakes of Africa: their biology and distribution. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Flor JC (2013) Evaluación de tres densidades de siembra y tres porcentajes de alimento balanceado más alimento natural (termitas y guayaba) en el cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*). Tesis para grado de ingeniero agropecuario. Universidad Estatal Amazonica de Ecuador.
- García N, Curty LM, López de Olivera CA, Massako G, Miwa N, Pereira R (2015) Morphological traits and growth performance of monosex male tilapia GIFT strain and Saint Peter®. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, UEM, Maringá. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n5p3399.
- Gonçalves E, De Seixas FJ, Pereira A, Lima C (2007) Produção de tilápia Mercado, espécie, biologia e recria. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Circular técnica.
- Gjedrem T (2012) Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: a personal opinion review. *Aquaculture* 344: 12-22.
- Huet M (1972) Breeding and cultivation of fish. Fishing News (Books) Ltd., Farnham, Surrey.

- Kuanhong M (2011) Biology of Major Freshwater Cultivate Fishes in China. Reference material for China-Aid Training Programs. Training Course On Aquiculture for Developing Countries. Freshwaters Fisheries Center of Chinese Academy of Fishery Sciences Wuxi, April 28<sup>th</sup> to June 22<sup>nd</sup>, p. 25-46.
- Lopes de Oliveira CA, Yoshida G, Nogueira de Oliveira S, Kunita N, Dos Santos A, Alezander filho L, et al. (2015) Avaliação genética de tilápias-do-nilo durante cinco anos de seleção. Pesquisa Agropecuária Brasileira 50(10): 871-877. DOI: 10.1590/S0100-204X2015001000002.
- Neumann E, Koberstein TC, Braga FM (2009) Desempenho de três linhagens de tilápia submetidas ao tratamento com 17- $\alpha$ -metiltestosterona em condições ambientais não controladas. Revista Brasileira de Zootecnia 38(6): 973- 979.
- Nogueira de Oliveira S, Ribeiro RP, Lopes de Oliveira CA, Lopera-Barrero NM, Aspilcueta RR, Da Silva Oliveira AM, et al. (2019) Multivariate analysis using morphometric and ultrasound information for selection of tilapia (*Oreochromis niloticus*) breeders. Revista Brasileira de Zootecnia 48, e20170179.
- Ponzoni RW, Hamzah A, Tana S, Kamaruzzamana N (2005) Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 247: 203-210.
- Ponzoni RW, Nguyen HN, Khaw HL, Hamzah A, Abu-Bakar KR, Yee HY (2011) Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. Reviews in Aquaculture 3(1): 27-41.
- Portales A, Cobas L, Damas T, Días G, Morales R, Ross M (2013) Influencia de la mejora selectiva en peces y reproducción del núcleo élite de tilapia nilótica GIFT. AcuaCuba 15(1): 24-33.
- Pulgarín CE (2012) Estimación 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 para optar al título de Magister en Producción Animal. Universidad Nacional de Colombia.
- Ries Neto RV, De Oliveira CA, Ribeiro RP, De Freitas RT, Allaman IB, De Oliveira SN (2014) Genetic parameters and trends of morphometric traits of GIFT tilapia under selection for weight gain. Scientia Agricola 71: 259-265.
- Rutten MJ, Komen H, Bovenhuis H (2005) Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) body weight using a random regression model. Aquaculture 246, 101.
- Souza de Castro T, Dos Santos LD, Da Silva LC, Michelato M, Rossetto V, Massamitu W (2015) Length–weight relationship and prediction equations of body composition for growing-finishing cage-farmed Nile tilapia. Revista Brasileira de Zootecnia 44(4): 133-137.
- Toguyeni A, Fauconneau B, Fostier A, Abucay J, Mair G, Baroiller JF (2002) Influence of sexual phenotype and genotype and sex ratio on growth performances in tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 207(3-4): 249-261.
- Vehviläinen H, Kauser A, Quinton C, Koskinen H, Paananen T (2008) Survival of the currently fittest: genetics of rainbow trout survival across time and space. Genetics 180: 507-516.
- WorldFish Center (2004) GIFT Technology Manual: An aid to tilapia selective Breeding. WorldFish Center, Penang, Malaysia; 56 p.

## Rendimiento productivo de *Clarias gariepinus* alimentados con dietas alternativas

### Productive performance of *Clarias gariepinus* fed alternative diets

José Llanes-Iglesias<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Empresa Desarrollo Tecnologías Acuícolas. Carretera Central km 20 ½, Loma de Tierra, Cotorro, La Habana. Cuba.

**Autor de correspondencia.** José Llanes-Iglesias. Empresa Desarrollo Tecnologías Acuícolas. Carretera Central km 20 ½, Loma de Tierra, Cotorro, La Habana. Cuba. Email: jose@edta.alinet.cu

**Como citar:** Llanes-Iglesias J (2024) Comportamiento productivo de *Clarias gariepinus* alimentados con dietas alternativas. Tropical Aquaculture 2 (2): e5731. DOI 10.19136/ta.a2n2.5731

**License creative commons:** This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License 

**Artículo recibido:** 6 de Junio de 2024

**Artículo aceptado:** 20 de Diciembre de 2024

#### Resumen

Por la necesidad creciente de nuevas formulaciones de alimentos con ingredientes locales, se evaluó el comportamiento productivo de 72 juveniles de *Clarias gariepinus* (100.16 ± 1.72 g de peso inicial) alimentados con diferentes dietas durante el engorde. Se empleó un diseño completamente aleatorizado de tres tratamientos con tres repeticiones y la prueba estadística de Duncan al 5 % de probabilidad. Los tratamientos fueron el control (alimento comercial, AC) y dos dietas húmedas con subproductos de pescado y quebrado de frijol de soya y como fuente energética una con harina de yuca (HY) y otra con salvado de trigo (ST). Las cantidades de proteína bruta suministrada por pez fueron similares para el control y la dieta con harina de yuca (78.9, 77.0 y 88.4 g). El crecimiento no mostró diferencias entre las dietas (pesos finales de 291.43, 284.21 y 241.29 g). La conversión alimentaria se desfavoreció con las dietas húmedas (1.23, 1.81 y 2.21), mientras la eficiencia proteica fue igual para el control y la dieta con harina de yuca (2.41, 2.40 y 1.61). Las supervivencias resultaron 100 % para todos los tratamientos. El análisis económico mostró un ahorro monetario por concepto de alimentación con las dietas húmedas (\$ CUP 17,316 y 14,543), una vez que se elaboraron a base de subproductos disponibles en el territorio y no hubo una variación significativa de los indicadores zootécnicos. Se concluye que las dietas alternativas promovieron buenas tendencias productivas en juveniles de *C. gariepinus*, con efecto económico positivo.

**Palabras clave:** alimentación, bagres, local, subproductos, nutrición.

#### Abstract

Due to the growing need for new food formulations with local ingredients, the productive behavior of 72 juvenile of *Clarias gariepinus* (100.16 ± 1.72 g initial weight) fed with different diets during the fattening period was evaluated. A completely randomized design of three treatments with three repetitions and Duncan significance test at 5 % probability was used. The treatments were the control (commercial food, AC) and two humid diets with fishery by-products and broken soybeans and as energy source, one with cassava meal (HY) and the other with wheat bran (ST). The amounts of crude protein supplied per fish were similar between the control and cassava meal diet (78.9, 77.0 y 88.4 g). Growth did not show differences between the diets (final weights of 291.43, 284.21 and 241.29 g). The feed conversion was unfavorable with the humid diets (1.23, 1.81 y 2.21), while the protein efficiency was the same for the control and the diet with cassava meal (2.41, 2.40 y 1.61). Survivals were 100% for all treatments. The economic analysis showed monetary savings due to feeding with humid diets (\$ CUP 17,316 y 14,543), since they were made from by-products available in the territory and there was no significant variation in the zootechnical indicators. It is concluded that alternative diets promoted good productive behaviors in juveniles of *C. gariepinus*, with a positive economic effect.

**Keywords:** food, catfish, local, byproducts, nutrition.

## Introducción

El consumo mundial de pescado se incrementó significativamente en los últimos años y se prevé que continúe su crecimiento los próximos años. La acuicultura tiene un gran potencial para alimentar y nutrir la creciente población mundial, pero este crecimiento debe ser sostenible (FAO 2022).

El bagre africano, *Clarias gariepinus* es la principal especie de cultivo intensivo en Cuba, cuya producción llegó a 7 000 t anuales con un rendimiento promedio de 30 t /ha, destinadas al consumo de la población (Toledo *et al.* 2015). Es un animal omnívoro, depredador, con amplia variedad de alimentos que consume y de pocas exigencias de cultivo (Falaye *et al.* 2018). El estudio de Llanes *et al.* (2010) reveló que el uso de los subproductos pesqueros (SP) otorga alto valor nutricional para *C. gariepinus*, por lo que se establecieron como su principal alimento, pero por su nivel de humedad (70 - 80 %) fue necesario mezclar con alimento formulado a base de harinas vegetales para lograr mejor calidad física, aprovechamiento por el animal y reducir el deterioro de la calidad del agua.

En la actualidad Cuba tiene una compleja realidad económica que se ha encargado de asestar un duro golpe a la mentalidad importadora, la que cede terreno en buscar soluciones a muchos problemas en el tramado productivo del país. La dificultad principal es el sostenimiento alimentario de los cultivos intensivos de peces, sustentado durante años en la erogación de cientos de millones de dólares en la compra de materias primas convencionales y alimentos formulados. No contar con el financiamiento necesario, junto a la escalada de precios de los ingredientes convencionales que se utilizan en la elaboración de los alimentos formulados ha

obligado a la búsqueda de alternativas para encontrar propuestas sostenibles en el ámbito local.

Algunas opciones disponibles en la localidad son el quebrado de frijol de soya (QFS) procedente de la industria láctica que consiste en cáscaras y cotiledones quebrados de frijol de soya “full fat”; subproductos de la elaboración de leche y yogurt, la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y el salvado de trigo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de *C. gariepinus* alimentado con dietas elaboradas a partir de subproductos locales en la fase de engorde.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Nutrición de peces de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA) en La Habana, Cuba. La instalación cuenta con tanques circulares de cemento de 68 L de capacidad con flujo constante de agua de pozo (recambio de 100 % diario).

Los animales fueron procedentes del área de pre-engorde de la EDTA; estos se aclimataron en las instalaciones experimentales durante una semana. Al cabo de este tiempo se seleccionaron 72 juveniles de *C. gariepinus* ( $100.16 \pm 1.72$  g de peso inicial), los cuales se ubicaron al azar en nueve tanques (tres tanques por tratamiento y ocho peces por tanque), correspondiendo el tanque a la unidad experimental.

Los subproductos pesqueros empleados corresponden a cabezas y vísceras de tenca blanca (*Hypophthalmichthys molitrix*), de la industria de la EDTA, los cuales se molieron en un molino de carne (JAVAR 32, Colombia) a un tamaño de partícula de 5 mm. El quebrado de frijol de soya (QFS) fue

procedente del Complejo Lácteo de la Habana y la harina de yuca (HY) se elaboró con las raíces incluidas las cáscaras según la metodología de Valdivié (2022). Por su parte, el salvado de trigo se adquirió en los molinos de Regla en la Habana.

Para la elaboración de las dietas húmedas, los subproductos harinosos (QFS, HY y el salvado de trigo) se molieron en un molino de martillo criollo aproximadamente a 300  $\mu$ m. Las mezclas con los subproductos pesqueros se realizaron en una mezcladora (HOBART M-600, Canadá) durante 5 min y se almacenaron en recipientes plásticos con tapa a -10°C. Se suministraron húmedas y en forma de esferas. El control se correspondió con la formulación del alimento comercial de engorde de *Clarias*. Para su elaboración se molieron las harinas de pescado, soya y trigo en el molino de martillo aproximadamente a 250  $\mu$ m. Estas harinas junto al aceite, fosfato dicálcico y la premezcla vitamínica-mineral se mezclaron en la mezcladora HOBART M-600 durante 5 min y se adicionó 30 % de agua para su acondicionamiento. La peletización se realizó en el molino de carne JAVAR 32, a un tamaño de 5 mm y posteriormente los pellets se secaron a 60°C durante 48 h en una estufa (Selecta, España).

El análisis bromatológico se realizó a los ingredientes por triplicado según los métodos descritos por Latimer (2016) (tabla 1). La energía digestible (ED), se calculó utilizando los siguientes coeficientes calóricos: 3,00 Kcal/g para carbohidratos (no leguminosos) y 2,00 (leguminosos), 4,25 proteína animal, 3,80 proteína vegetal y 8,00 para lípidos (Toledo *et al.* 2015). La composición porcentual y proximal de las dietas se presenta en la tabla 2. Todos los días se tomaron los valores de temperatura y oxígeno disuelto con Oxímetro

digital portátil (HANNA®, Rumania). El cálculo de la cantidad de ración diaria fue por la tabla de alimentación para *C. gariepinus* (tabla 3), a la cual se le calculó el aporte de gramos de proteína bruta por kg de peso vivo para el control y estos aportes se consideraron para las dietas húmedas (HY) por las diferencias de proteína bruta (PB). Los alimentos se suministraron en dos raciones diarias durante 60 días. Cada 15 días se realizaron muestreos grupales para ajustar las raciones y al final del bioensayo se efectuó un pesaje individual a todos los peces para el cálculo de los siguientes indicadores productivos:

Alimento suministrado /pez (g) = Alimento añadido (materia seca) / Número de peces finales.

Proteína suministrada /pez (g) = Proteína suministrada /Número de peces finales

Ganancia de peso diario (g/día) = Ganancia de biomasa /Días de cultivo

Factor de Conversión Alimentaria = Alimento añadido (materia seca) /Ganancia peso.

Eficiencia proteica= Ganancia de biomasa /proteína suministrada.

Supervivencia (%) = No. Animales finales/ No. Animales iniciales x 100.

**Tabla 1.** Composición proximal de las materias primas experimentales para la alimentación de *C. gariepinus* (% en base seca).

Ingredientes	Materia seca	Proteína bruta	Extracto etéreo	Fibra bruta	Cenizas
Subproductos pesqueros	26.11	43.17	14.19	-	33.04
Quebrado de frijol de soya	88.25	37.05	15.21	11.60	2.75
Harina de yuca	87.26	2.50	0.35	4.56	3.63
Salvado de trigo	89.30	14.56	0.65	5.21	3.90

**Tabla 2.** Composición porcentual y proximal de las dietas experimentales para la alimentación de *C. gariepinus*.

Ingredientes	AC	HY	ST
Harina de pescado	10	-	-
Harina de soya	45	-	-
Harina de trigo	40	-	-
Aceite de soya	3	-	-
Fosfato dicálcico	1	-	-
P vitamínica-mineral	1	-	-
Subproducto pesquero	-	60	60
Quebrado de frijol de soya	-	15	15
Harina de yuca	-	25	-
Afrecho de trigo	-	-	25
Análisis calculado (% base seca)			
Materia seca	91.21	52.13	52.64
Proteína bruta	30.9	24.81	29.41
Extracto etéreo	4.94	11.12	11.51
Fibra bruta	4.37	3.96	5.73
Energía digestible Kcal /kg	2,720.26	3,925.55	3,900.19
Proteína bruta /Energía digestible.mg /Kcal	113.59	63.21	75.4

**Tabla 3.** Tabla de alimentación para *C. gariepinus* con dietas húmedas (% de la biomasa).

Peso promedio (g)	Requerimiento (g PB /kg peso)	Control	Dietas húmedas
100	1.25	4.0	10.2
130	1.2	3.8	9.8
150	1.1	3.5	9.0
200	1.0	3.2	8.0
250	0.85	2.7	6.9

### Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico InfoStat versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012). Los valores medios se compararon mediante la dócima de Duncan (1955) en los casos necesarios.

Se realizó análisis de varianza de clasificación simple. Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para todas las variables a partir de las dócimas de Shapiro-Wilk (1965) para la normalidad de los errores y la dócima de Levene (1960) para la homogeneidad de varianza. Las variables cumplieron con los supuestos teóricos del ANOVA.

### Análisis económico

Se realizó según el procedimiento de Toledo *et al.* (2015). Se calcularon los costos de las raciones a partir de los precios brindados por el Dpto. de Economía de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA) (tabla 4). A los resultados se les sumó el 50 % del total de costos de materias primas, por conceptos de gastos adicionales (transportación, maquila y administrativos) para Cuba. Estos valores se multiplicaron por los valores de conversión alimentaria que se obtuvieron en este estudio, para conocer los costos de alimentación.

**Tabla 4.** Precios de las materias primas que se utilizaron en las dietas alternativas (\$ CUP /t) (1 dólar \$ US = 24,24 CUP).

Ingredientes	Valor
Pienso	30,000.00
Subproductos pesqueros	2,500.00
Harina de yuca	7,000.00
Salvado de trigo	5 800.00
Quebrado de frijol de soya	8 200.00

### Resultados y Discusión

La temperatura del agua en los tanques fluctuó entre 26.3 y 27.5°C, la concentración de oxígeno disuelto entre 5.3 y 6.8 mg/L y el pH se mantuvo entre 7.6 y 7.9. Estos valores se consideran de confort para el buen desempeño de la especie (Toledo *et al.*, 2015).

Las dietas húmedas mostraron buena atractabilidad y estabilidad física, las cuales fueron rápidamente capturadas por los animales que estuvieron en confinamiento. Esto puede indicar que las materias primas experimentales (quebrado de soya, harina de yuca y salvado de trigo) no aportaron elementos que disminuyeran la aceptabilidad por los peces. Además, la mezcla de los

subproductos pesqueros frescos con ingredientes secos a la proporción establecida pudo ser favorable para reducir la lixiviación de nutrientes y un mejor aprovechamiento de la ración por los peces (Toledo *et al.* 2015).

El quebrado de frijol de soya es una fuente de proteína viable, con altos niveles de PB y lípidos, aunque el contenido de fibra bruta fue alto por el nivel de cáscaras que presentó la materia prima. Durante el proceso de elaboración de la leche o yogurt, las temperaturas llegan a más de 100°C, lo cual pudo favorecer la eliminación de los inhibidores de tripsina.

Toledo *et al.* (2015) informaron que el frijol de soya tiene de 18.0 a 19.0% de lípidos altamente insaturados (21.8 % de C18:1, 51.1 % de C18:2 y 6.8 % de C18:3), valiosos componentes insaponificables y tocoferoles que actúan como antioxidantes naturales previendo la peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados y brindando un considerable valor nutricional para la tilapia. Los autores también refirieron digestibilidades de materia seca de 63 %, proteína bruta de 88.6 % y lípidos de 96.5 % para la harina de frijol de soya en tilapia roja (*Oreochromis* sp), lo cual pudiera tener alguna similitud para *Clarias* por ser un pez omnívoro y de agua dulce.

La harina de raíz de yuca es una fuente de energía rica en almidón, con alto contenido de amilopectinas y posee entre 3 y 5 % de azúcares totales con predominio de la sacarosa. La raíz presenta dos glucósidos cianogénicos (linamarina y lotaustralina) que reciben la máxima atención, pues al hidrolizarse por la enzima linamarinasa, presente en la raíz, produce el ácido cianhídrico libre que puede intoxicar o causar la muerte de los animales, cuando superan los límites de ingestión permisibles de 150 ppm

para aves y cerdos. El principio básico para eliminar estos metabolitos secundarios consiste en moler la raíz, ponerla a orear durante 24 h al aire libre y posteriormente secar a temperaturas de 40 a 80°C que no destruye la enzima (Valdivie 2022). Metodología que se corrobora con los buenos resultados alcanzados en este estudio, donde los animales no presentaron intoxicación y no hubo mortalidad con la dieta HY. Otro aspecto para discutir es la relación proteína bruta – energía digestible (PB /ED) de las dietas húmedas (tabla 2). Los valores indicaron que el aporte de proteínas por los subproductos proteicos (SP y QFS) no fueron suficientes, una vez que las concentraciones de energía digestible resultaron mayores y por tanto propiciaron una relación PB/ED baja respecto a los requerimientos de la especie para el engorde (90 a 100 mg /Kcal, Toledo *et al.*, 2015). Lo anterior se atribuye a que los SP y el QFS tienen altos niveles de aceites lo cual limitan su nivel de inclusión por el exceso de energía que proporcionan a la ración. Además, del aporte de almidón de la harina de yuca y el salvado de trigo incluidos a altos niveles (47 % base seca). Orisasona (2018) solo pudo sustituir 56 % de la harina de pescado por harina de subproductos de aves en *C. gariepinus* por el alto nivel de grasa (26.66 %) que presentó esta fuente proteica. Para fabricar la harina de pescado (HP), la materia prima se cose y se extrae parte del aceite. De igual forma, al frijol de soya se le extrae el aceite y la torta resultante (0.5 – 0.8 % de aceite) es la que se utiliza en la alimentación animal; razón por la que se puede incluir a altos niveles en la ración. Por el contrario, las materias primas experimentales son subproductos de procesos industriales que deben tener baja manipulación

para favorecer su impacto económico en el cultivo.

Se encontró diferencias en las cantidades de alimentos suministrados por pez (tabla 5), donde los mayores valores corresponden a las dietas húmedas debido que fueron las de menores concentraciones de proteínas y por tanto se necesitaron mayores cantidades de materia seca para igualar el consumo de proteínas respecto al control. Por el contrario, las cantidades de proteína suministradas por pez fueron similares (tabla 5), entre el control y la dieta HY (harina de yuca) que fue el nivel de proteína que se consideró, por resultar el más bajo, para el cálculo de las raciones (tabla 2). Es importante resaltar que los subproductos pesqueros son muy atractivos y palatables para la especie, lo cual contribuye con el consumo total de las raciones húmedas que fueron mayores respecto al control.

**Tabla 5.** Resultados productivos de *C. gariepinus* alimentados con las dietas alternativas.

Indicadores	AC	HY	ST	±EE	P
Alimento suministrado/pez (g)	232.83 <sup>a</sup>	334.01 <sup>c</sup>	310.67 <sup>b</sup>	14.47	0.001
Proteína suministrada /pez (g)	78.88 <sup>a</sup>	77.00 <sup>ab</sup>	88.44 <sup>c</sup>	1.88	0.001
Peso final (g)	291.43 <sup>a</sup>	284.21 <sup>a</sup>	241.29 <sup>a</sup>	12.53	0.286
Ganancia diaria de peso (g/día)	3.19 <sup>a</sup>	3.07 <sup>a</sup>	2.36 <sup>a</sup>	0.24	0.283
Conversión alimentaria	1.23 <sup>a</sup>	1.81 <sup>b</sup>	2.21 <sup>c</sup>	0.14	0.001
Eficiencia proteica	2.41 <sup>a</sup>	2.40 <sup>a</sup>	1.61 <sup>b</sup>	0.14	0.007
Supervivencia (%)	100	100	100	-	-

Letras diferentes en la misma presentan diferencias estadísticamente significativas (Duncan,  $p < 0,05$ ). El alimento suministrado por pez y la conversión alimentaria se calcularon considerando los contenidos de materia seca.

Los crecimientos no presentaron diferencias entre el control y las dietas húmedas (tabla 5), lo que indica la calidad adecuada de los ingredientes experimentales, una vez que se corrigen las diferencias de proteína dietética

por el porcentaje de alimentación. Además, se evidencia un efecto de ahorro de proteínas, por el alto nivel energético de las raciones y una alta eficiencia de utilización de los aceites de pescado y soya, ricos en ácidos grasos poliinsaturados que son más fáciles de digerir que los saturados (Perea *et al.*, 2022).

Fernández (2021) informó que desde hace varios años se evalúan los subproductos de la pesca en la alimentación de peces, como alternativa de la HP, por la necesidad de encontrar materias primas con alto valor nutritivo y biológico. También, hizo énfasis en su contribución a la disminución de los costos de producción y la reducción de los efectos adversos en el medio ambiente; aspectos que se reafirman en los resultados de este trabajo con la utilización de los SP.

Correa *et al.* (2020), utilizaron los SP ensilados como alternativa en la alimentación de pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y tambacu (*Colossoma macropomum* × *Piaractus mesopotamicus*) y lograron resultados productivos alentadores. Esto puede respaldarse con las determinaciones de digestibilidad de materia seca, proteína y energía de 91.84 %, 84.20 % y 68.44 % de un hidrolizado de vísceras de trucha empleado en cachamas blancas (*Piaractus brachyomus*), lo cual demuestra la calidad nutricional de los SP y la eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes (Perea *et al.*, 2022).

Numerosos estudios evaluaron la utilización de varias fuentes de proteínas alternativas a la HP en los alimentos para *C. gariepinus* con resultados diversos. Falaye *et al.* (2018) lograron sustituir el 100 % de la HP por harina de estiércol de gallinas ponedoras (34.6 % de proteína), cuando la ración se suplementó con 2 % de harina de hojas de albahaca (*Ocimum gratissimum*). También, Orisasona (2018)

consiguió suplir el 56 % de la HP por harina de subproductos de aves (51.41 % de proteínas y 26.66 % de grasa), mientras Nwana *et al.* (2019) y Ameenat *et al.* (2019) remplazaron el 30 % con harina de cabeza de camarón fermentada con levadura y 68 % con las harinas de las algas spirulina (*Spirulina platensis*) y clorella (*Chlorella vulgaris*), respectivamente.

Por otra parte, Omoike *et al.* (2019) determinaron que los subproductos de cebada de cerveza pueden remplazar hasta el 40 % del maíz en la ración de *C. gariepinus* sin afectar el comportamiento productivo, lo cual recomendaron utilizar siempre que estén disponibles como ingrediente adicional en la mezcla de alimentos o como complementario del alimento formulado para peces.

Las ganancias de pesos diarias (tabla 5) fueron superiores a las reportadas para la misma especie por Nwana *et al.* (2019), Ameenat *et al.* (2019) y los registrados a niveles productivos (2.3 g /día) en la Unidad de Desarrollo e Innovación “El Dique”, donde los organismos se alimentaron con ensilado ácido de subproductos pesqueros y alimento formulado a base de soya (27 % de proteína y 2,553 kcal /kg de energía digestible) según su directora (Z. Arboleya, 2024, comunicación personal). Esto evidencia que las dietas húmedas fueron viables para la alimentación de esta especie, cuando hay disponibilidad de las materias primas y se cubren los requerimientos absolutos de proteína bruta.

Las conversiones alimentarias se desfavorecieron con las dietas húmedas (tabla 5) por los menores niveles de proteína bruta y por tanto las mayores cantidades de alimento que se suministró a los peces para igualar el requerimiento absoluto (gramos de PB por kg de peso vivo), respecto al control y no afectar los crecimientos. Esto sugiere incluir otras

materias primas proteicas (subproductos cárnicos, semillas de oleaginosas, levaduras) para incrementar el nivel de proteína dietética y la relación PB/ED por encima de 90 mg /Kcal y de esta forma reducir las tasas de alimentación. Los valores alcanzados en este estudio con la HY (harina de yuca) fueron similares a los reportados con harina de estiércol de gallinas ponedoras (1,87) por Falaye (2018).

La eficiencia proteica (EP) revela la calidad de la dieta y el balance de sus aminoácidos esenciales. De ahí, que se utilice para evaluar la utilización y el recambio de proteínas (Falaye *et al.* 2018). Los peces alimentados con el control y la dieta húmeda con harina de yuca (HY) no presentaron diferencias en este indicador, lo que corrobora la eficacia de las fuentes de proteínas de las raciones húmedas (SP y QFS) y la yuca como fuente energética no proteica por su nivel de almidón (tabla 5), capaz de brindar la energía necesaria para disminuir la actividad de desaminación de aminoácidos con fines energéticos, que no estarán disponibles.

En cuanto, el salvado de trigo (ST) el valor de EP fue desfavorable y se puede relacionar con el alto nivel de inclusión (47,16 % en base seca) y, por tanto, de fibra bruta respecto a las harinas de trigo y yuca. La fibra bruta aumenta la velocidad del bolo alimentario por el tracto digestivo y por tanto disminuye la digestibilidad del resto de los nutrientes. En dietas comerciales los salvados se utilizan de relleno y su nivel de inclusión debe ser de 10 a 15 % (Toledo *et al.*, 2015). Los valores obtenidos en este estudio con las dietas húmedas fueron similares (1.75 a 2.04) a los reportados por Nwana *et al.* (2019) y superiores (0.79 a 1.11) a los informados por Omoike *et al.* (2019).

No hubo mortalidad de los juveniles de *Clarias* durante el periodo experimental (tabla 5). Esto evidencia que los diferentes subproductos experimentales no afectaron la supervivencia de esta especie, partiendo del hecho que en el caso de la harina de yuca por su nivel de ácido cianhídrico puede ser extremadamente toxico. Este compuesto termolábil pudo inactivarse totalmente durante el procesamiento, una vez que se realizó según la metodología de Valdivié (2022).

El análisis económico (tabla 6) mostró un ahorro monetario por concepto de alimentación con el empleo de las dietas húmedas cuando se elaboran a base de subproductos disponibles en el territorio sin mostrar una variación significativa del desempeño productivo de los animales. Estos resultados pueden amparar la disminución de las importaciones de materias primas convencionales, las cuales encarecen el precio de los piensos comerciales.

Se evidenció la posibilidad de incrementar la producción intensiva de *Clarias* a partir de materias primas disponibles en el territorio. Por consiguiente, se deben desarrollar proyectos que incentiven la producción eficiente y competitiva de yuca que, junto a los otros subproductos generados en el territorio, pueden impactar la producción de alimentos para peces. Para lograr este objetivo, es necesario disponer de altas cantidades de subproductos pesqueros y agroindustriales debido que estas dietas presentan 50 % de MS y es necesario utilizar altos porcentajes de alimentación, además de una logística (transporte y equipamientos) que permita el acopio y la correcta elaboración de las raciones.

Las dietas alternativas se elaboran a partir de subproductos agroindustriales y aunque siempre van a tener menor calidad que las harinas convencionales de los alimentos formulados, permiten disminuir las importaciones y garantizar una producción de pescado con recursos propios que contribuye con la soberanía y seguridad alimentaria. Verdegem *et al.* (2023), reportaron que desde el año 2000 la acuicultura se integró bien en el sistema alimentario mundial, pero su integración a los sistemas alimentarios locales sensibles a la nutrición, circulares y sostenibles debería convertirse en el principal impulsor del futuro desarrollo del sistema acuícola mundial.

**Tabla 6.** Resultados económicos de las dietas alternativas en *C. gariepinus* (\$ CUP/t).

Indicadores	AC	HY	ST
Costo de la ración	30,000.00	6,945.00	6,270.00
Costo de alimentación	40,500.00	23,184.00	25,957.00
Ahorro	-	17,316.00	14,543.00

## Conclusiones

Las dietas con subproductos pesqueros, quebrado de frijol de soya, harina de yuca y salvado de trigo promovieron buen desempeño productivo en el engorde de *C. gariepinus*, con efecto económico positivo.

## Literatura citada

- Ameenat, R., Olawale, J., Pozi, M., Norhidayah, T., Adamu, F., Asiata, K., Zazali, A. & Shaharudin, R. (2019). Partial replacement of fishmeal with *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* and its effect on growth and body composition of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Indian J. Fish* 66(4): 100-111. DOI: 10.21077/ijf.2019.66.4.87193-13
- Correa, C., Da Silva, T., Leonardo, A., Reis-Neto, R. & Enke-Shoffen, D (2020). Acid fish silage in the diet of pacu and tambacu reared at cold suboptimal temperature. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 55 (n. e 01653): 1-8. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2020.v55.01653>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. (2012). Infostat versión 2012. Grupo Infostat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <http://www.infostat.com.ar>. [Consulted: October 9, 2019]
- Duncan, D. B. (1955). "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1. ISSN: 0006-341X, <https://dx.doi.org/10.2307/3001478>.
- Falaye, A.E., Omoike, A., Oyebanji, B. O & Adiat, T. (2018). Effect of Poultry Hatchery Waste Meal supplemented with Clove basil leaf, *Ocimum gratissimum* as Replacement for Fish Meal on Growth Performance of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *African Journal of Fisheries and Aquatic Resources Management* 3: 1-7. ISSN: 2672-4200 (Online). [www.theajfarm.com](http://www.theajfarm.com)
- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Fernández, A. (2021). Ensilados químicos y biológicos. Una alternativa de aprovechamiento integral y sustentable de los residuos pesqueros en Argentina. *Marine and fishery Sciences* 34(2): 235-262. <https://doi.org/10.47193/mafis.3422021010603>
- Latimer, G. W. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International*. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available: <<http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>>, [Consulted: September 22, 2016].
- Levene, H. (1960). Robust tests for the equality of variance In: Olkin, I., *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*, Stanford University Press, pp. 278–292, ISBN: 978-0-8047-0596-7.
- Llanes, J., Toledo, J., Lazo de la Vega, J. (2010). Evaluación de desechos de pescado frescos y ensilados en la alimentación de híbridos de *Clarias gariepinus* × *Clarias macrocephalus*. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 27(1):55-59. ISSN 0138-8452.
- Nwanna, L. C., Fagbenro, O., Boh, G., Afolabi, J. & Okiki, O. (2019). Growth Performance and Nutrient Utilization of African Catfish Fed Yeast Fermented Shrimp Head Meal in Replacement for Fish Meal. *African Journal of Resources Management Fisheries and Aquatic* 4:43-50. ISSN: 2672-4200 (Online). [www.theajfarm.com](http://www.theajfarm.com)
- Omoike, A., Falye, A. E., Ogunyemi, A. (2019). Use of Agro-Industrial Waste (Brewer's Dried Grain) to Substitute Maize in the Diet of African Catfish *Clarias gariepinus*. *African Journal of Resources Management Fisheries and Aquatic*, 4: 91-98. ISSN: 2672-4200 (Online). [www.theajfarm.com](http://www.theajfarm.com)
- Orisasona, O. (2018). Utilisation of A Poultry Wastes Meal as A Replacement for Fishmeal in Diets of *Clarias gariepinus*. *African Journal of Fisheries and Aquatic Resources Management* 3: 1-7. ISSN: 2672-4200 (Online). [www.theajfarm.com](http://www.theajfarm.com)
- Perea, C., Garcés, Y., Morales, Y., Jiménez, M., Hoyos, J.L. & Vivas, N. (2022). Digestibility of enzymatic hydrolyzates from animal origin viscera in *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 20(1):54-67. DOI: <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1606>
- Shapiro, S. S. & Wilk, M.B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4): 591–611, ISSN: 0006-3444. <https://dx.doi.org/10.2307/2333709>

- Toledo, J., Llanes, J. E. & Romero, C. (2015). Nutrición y alimentación de peces de aguas cálidas. *AcuaCUBA*, 17 (1): 5-22, ISSN: 1608-0467.
- Valdivié, M. (2022). Alternativas de alimentación para la producción de aves, cerdos y conejos en Cuba. Taller Producción de monogástricos. Memorias Convención Producción Animal y Agrodesarrollo. Del 10 al 14 de octubre 2022. Centro de Convenciones Plaza América. Varadero, Matanzas, Cuba. ISBN: 978-959-7171-86-7.
- Verdegem, M. (2023). The contribution of aquaculture systems to global aquaculture production. *Journal of the World Aquaculture Society* 54 (2): 206-250.

## Primer registro de linfocitosis en mojarra *Mayaheros urophthalmus* en Balancán, Tabasco, México.

## First record of the Lymphocystis *Mayaheros urophthalmus* in Balancán, Tabasco, México.

Alfonso Castillo-Domínguez<sup>1\*</sup>  | Carolina Esther Melgar Valdes<sup>1</sup>  | Raúl Enrique Hernández-Gómez<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>División Académica Multidisciplinaria de los Ríos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km. 1. Carretera Tenosique-Estapilla. Col. Solidaridad. C.P. 86901. Tenosique, Tabasco, México.

**Autor de correspondencia.** Alfonso Castillo-Domínguez. División Académica Multidisciplinaria de los Ríos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km. 1. Carretera Tenosique-Estapilla. Col. Solidaridad. C.P. 86901. Tenosique, Tabasco, México.. Email: [alfonso.castillo@ujat.mx](mailto:alfonso.castillo@ujat.mx)

**Como citar:** Castillo-Domínguez A, Melgar Valdes CE, Hernández-Gómez RE (2024) Primer registro de linfocitosis en mojarra *Mayaheros urophthalmus* en Balancán, Tabasco, México. Tropical Aquaculture 2 (2): e5743. DOI 10.19136/ta.a2n2.5743

**License creative commons:** This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License 

**Artículo recibido:** 18 de Diciembre de 2024  
**Artículo aceptado:** 23 de Diciembre de 2024

### Resumen

Se reporta un nuevo registro para ambientes dulceacuícolas en seis organismos del cíclido nativo *Mayaheros urophthalmus* colectados en el municipio de Balancán, Tabasco, México. Representa el primer registro de esta infección linfocística viral en un cíclido nativo de importancia económica y ecológica. Su presencia indica el estatus de la sanidad acuícola en la zona. Debido a la época del año, su incidencia o grado de infección responde a su distribución ambiental influenciado por la temperatura, el estrés y la contaminación ambiental.

**Palabras clave:** Enfermedad viral, cíclido nativo, linfocitosis.

### Abstract

A new record for freshwater environments is reported in six organisms of the native cichlid *Mayaheros urophthalmus* collected in the municipality of Balancán, Tabasco, Mexico. It represents the first record of this viral lymphocytic infection in a native cichlid of economic and ecological importance. Its presence indicates the status of aquaculture health in the area. Due to the time of year, its incidence or degree of infection responds to its environmental distribution influenced by temperature, stress and environmental contamination.

**Keywords:** viral disease, native cichlid, lymphocytosis.

## Introducción

La enfermedad linfocística fue descrita por primera vez por Lowe en 1874 (Liversidge y Munro 1978) y su nombre de linfocistis proviene de Woodcock quién en 1904 describe la enfermedad creyendo que era producida por un esporozoo al que nombra *Lymphocystis Johnstonei* por producir lesiones quísticas o células enormemente hipertrofiadas en espacios linfáticos rodeados por linfocitos (Wolf, 1988). El virus causante de la linfocitosis tiene una distribución universal, provocado por una enfermedad benigna crónica, no fatal en muchos peces teleosteos y afecta al menos a 125 especies diferentes pertenecientes a unas 42 familias, incluyendo peces marinos y dulceacuícolas, tanto, el medio natural, como en cultivos en sus diferentes etapas y en especies de acuariofilia. Esta enfermedad provoca una infección crónica o benigna caracterizada por hipertrofia de las células de la epidermis y de las aletas (Wolf, 1988). Estos nódulos visibles en la superficie del cuerpo, posteriormente invaden a los órganos y tejidos internos. Los peces no presentan un comportamiento especial, aunque, en estados avanzados de la infección, se puede observar cierta dificultad en la actividad natatoria. Aunque la enfermedad no es mortal, el deterioro de los peces, fundamentalmente en su aspecto, reduce su comercialización.

La transmisión del virus de linfocistis se produce a través de las aguas contaminadas y de las heridas de la piel. Las lesiones pueden ser vía de entrada para otros patógenos. Además, los peces infectados pierden valor comercial y es una enfermedad con marcada estacionalidad, ya que suele aparecer en juveniles en época estival o sequía. Según Nikmah *et al.*, (2024) en la actualidad sólo hay cuatro especies reconocidas de LCDV

registradas en el Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV) (<https://ictv.global/report/chapter/iridoviridae/lymphocystivirus>), la especie de LCDV-1 que infecta al lenguado *Platichthys flesus* en la zona europea y la especie LCDV-C que infecta al lenguado japonés *Paralichthys olivaceus* en el continente asiático (Chinchar *et al.* 2009). Existen otras especies que han sido aisladas, como la LCDV-RF que infecta a *Sebastes schlegeli* Hilgendorf, 1880 (Kitamura *et al.*, 2006); y la LCDV-2 que infecta a pleuronectidos (Wolf 1988, Chinchar *et al.*, 2009), y la especie que afecta a *Micropterus salmoides* Lacépède, 1802, misma que no han sido definitivamente caracterizada molecularmente (Chinchar *et al.*, 2009). En la mojarra castarrica o latinoamericana, la mayoría de los estudios de sanidad se han enfocado en reportar a solo a ectoparásitos en condiciones silvestres (Fernández-Pérez, 2024). Por otra parte, (Chávez-Martínez *et al.*, 1994) describieron cuales son las enfermedades de la mojarra castarrica en manejo zootécnico y sus posibles tratamientos en relación agentes patógenos como bacterias, protozoarios y metazoarios.

## Materiales y métodos

Se capturaron seis organismos de *M. urophthalmus* en una granja de cultivo comercial denominada “Los Jiménez” ubicada el Poblado Villa el Triunfo en Balancán, Tabasco, México, en las siguientes coordenadas (Universal Transverse Mercator, 17.932345-91.170649). La captura se realizó el 16 de mayo de 2021, usando una atarraya tipo sardinera de 1,70 m de altura con una abertura de luz malla de 50 mm, en un estanque de

membrana de 9 m de diámetro con 1,20 cm altura.

Los organismos fueron colectados con las siguientes condiciones de calidad de agua: transparencia 92 cm; temperatura 34 °C, la concentración de oxígeno 3.7 mg/L, con pH de 8.6 y una alcalinidad de 180 mg/L. Estos peces mostraban lesiones tumorales en la piel, razón por la cual fueron llevados para su estudio al Laboratorio de Sanidad Acuicola de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos. Las muestras de peces fueron sacrificadas sumergiéndolas en una sobredosis (250 mg/ml) de Metasulfonato de Tricáina (Sato *et al.* 2020) MS-222 (Sigma-Aldrich, EE. UU.), de acuerdo con el protocolo de la Asociación Médica Veterinaria Estadounidense (AVMA, 2020). Posteriormente, se siguió la metodología propuesta por (LaPatra, 2003) para la colección de muestra e identificación de virus. A través del método de montaje en húmedo de piel, donde macroscópicamente se muestren fibroblastos dérmicos aglomerados y agrandados. Para la observación e identificación de los fibroblastos dérmicos se utilizó un microscopio estereoscópico con pantalla LCD marca VelaQuin. Posteriormente los organismos fueron fijados en una solución de formalina al 10%. Se determinaron taxonómicamente usando las claves Miller *et al.* 2009 y Řičan *et al.* 2016. Los datos merísticos fueron determinados a través de los criterios propuestos para su identificación según (Miller *et al.*, 2009). Con la ayuda de un vernier digital electrónico de precisión de 0.01, se obtuvieron las medidas de longitud total (LT) y longitud patrón (LP) en milímetros, posteriormente con la ayuda de una balanza OHAUS ( $\pm 0.1$  g) se determinó el peso total (PT) en gramos.

## Resultados y discusión

Los especímenes capturados variaron en relación a sus tallas de 117.68 a 130.95 mm de longitud total, con un peso de 24.8 a 46.5 g. (Tabla 1.). Concordando en talla y peso, a lo reportado por Chávez *et al.* 1989 y Martínez-Palacios *et al.* 1989. Mencionando que estos se distinguieron sistemáticamente en peces machos y hembras maduras, en su primer periodo reproductivo. El periodo reproductivo concuerda con otros cíclidos tropicales, llevándose a cabo mayoritariamente durante la época de estiaje o secas y con el incremento en la temperatura del agua por arriba de los 28°C.

**Tabla 1.** Datos merísticos de los organismos de *M. urophthalmus* con presencia de linfocitosis en Balancán, Tabasco, México.

Organismo	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud patrón (cm)
I	46.5	130.95	104.61
II	39.1	124.24	92.02
III	38.6	138.87	110.2
IV	31.3	116.46	91.96
VI	26.1	114.11	88.22
VII	24.8	117.68	89.25

Este incremento de la temperatura es propicio para el desarrollo de la infección de linfocitosis como lo menciona (Nigrelli y Ruggieri, 1965) que oscila entre 22 a 25°C en peces tropicales. Los peces infectados presentaban externamente formaciones de aspecto tumoral o nodular, de 1 a varios mm de diámetro, en diferentes lugares de la piel, especialmente en el lado del pedúnculo caudal y el borde de la boca (Fig. 1).

Alcántara *et al.* (2022) realizaron un análisis de las enfermedades bacterianas obtenidas en peces cultivados de México a través de registros de aislamiento e identificación de varios géneros obtenidos tanto de peces

clínicamente enfermos como subclínicos, con alta frecuencia de bacterias oportunistas. En la última década se ha confirmado la ocurrencia de enfermedades septicémicas causadas por bacterias emergentes.

**Figura 1.** Mojarra Latinoamericana, *M. urophthalmus*,



con nodulaciones irregulares blancas en la piel y el pedúnculo caudal.

En ambientes dulceacuícolas predominó *Flavobacterium psychrophilum*, *Yersinia* spp., *Weissella ceti* y *Lactococcus garviae* han causado enfermedad septicémica. Mientras que *Francisella orientalis*, *Streptococcus iniae* y *Mycobacterium* spp. han afectado a poblaciones de cíclidos específicamente del grupo de las tilapias en condiciones de cultivo.

Según Borrego *et al.* (2015), LCDV ha infectado a 141 especies de peces teleósteos y 100 especies de peces dulceacuícolas y marinos. La enfermedad de linfocitosis infecta especies de peces que han evolucionado a

partir de peces teleósteos, incluidas las familias Cichlidae, Osphronemidae, Centrarchidae, Gobiidae, Chaetodontidae, Pomacentridae, Sciaenidae, Serranidae y Pleuronectidae (Nikmah *et al.*, 2024; Borrego *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2023). Esto concuerda con el aumento de la infección de LCDV en países como; España, Italia, y Turquía debido a factores estacionales y estrés (Labella *et al.*, 2019). En nuestro país existe el reporte de la infección en el pez tetra fantasía *Parambassis baculis* en la ciudad de México por primera vez en el año 2001. Finalmente, en la búsqueda de información y a nuestro entender este trabajo sería el primer reporte de la enfermedad linfocítica en el cíclido maya o mojarra latinoamericana *M. urophthalmus* en el sureste de México, agudizándose este tipo la infección en la época de seca.

## Agradecimientos

Agradecemos al trabajo y colaboración, así como a su valiosa ayuda en campo a don Manuel Hernández Jiménez, dueño de la granja acuícola y Lucas Sarao por su apoyo en las visitas a las granjas de zona del Triunfo en Balancán, Tabasco. Que sin su apoyo y conocimiento de la zona no hubiese sido posible contactar a los productores acuícolas.

## Literatura citada

- Alcántara-Jauregui, F. M., Valladares-Carranza, B., Ortega, C. (2022). Enfermedades bacterianas y bacterias obtenidas en peces cultivados de México. *Revista MVZ Córdoba*, 27(2), e2387.
- American Veterinary Medical Association (2020). *AVMA Guidelines for The Euthanasia of Animals*, 2020 edition.

- Borrego, J.J., Valverde, E.J., Labella, A.M. & Castro, D. (2015). Lymphocystis disease virus: its importance in aquaculture. *Reviews in Aquaculture* doi: 10.1111/raq 1213
- Chávez-Lomelí, M.O.M., Mattheeuws, A.E., & Pérez Vega, M. H. (1989). *Biología de los peces del Río San Pedro en vista de determinar su potencial para la piscicultura*. Xalapa, Veracruz, México Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.
- Chinchar, V.G.; Hyatt, A.; Miyazaki, T. & Williams, T. (2009). Family Iridoviridae: Poor viral relations no longer. *Current Topics in Microbiology and Immunology*, 328: 123-170.
- Fernández-Pérez M. (2024). La Mojarra Castarrica, *Mayaheros urophthalmus*: Especie Nativa Mesoamericana, con Alto Potencial Acuícola. *Tropical Aquaculture* 2 (1): e5735. DOI 10.19136/ta.a2n1.573.
- Kitamura, S.I.; Jung, S.J.; Kim, W.S.; Nishizawa, T.; Yoshimizu, M. & O, M.J. (2006). A new genotype of lymphocystivirus, LCDV-RF, from lymphocystis diseased rockfish. *Archives of Virology*, 151: 607-615.
- Labella, A.M., Leiva-Rebollo, R., Alejo, A., Castro, D. & Borrego, J.J., (2019). Lymphocystis disease virus (LCDV-Sa), polyomavirus 1 (SaPyV1) and papillomavirus 1 (SaPV1) in samples of Mediterranean gilthead seabream. *Dis. Aquat. Org.* 132 (2), 151–156. <https://doi.org/10.3354/dao03311>.
- Liversidge J, Munro ALS (1978) The virology of teleosts. In: Roberts RJ (ed) *Fish pathology*, Bailliere Tindall, London, pp 114–143
- LaPatra S. (2003). General procedures for virology. In: AFS-FHS (American Fisheries Society—Fish Health Section), *FHS Blue Book: Suggested Procedures for the Detection and Identification of Certain Finfish and Shellfish Pathogens*, 2007 ed., AFS-FHS, Bethesda, MD.
- Martínez-Palacio CA, Ross LG (1994) *Biología y Cultivo de la Mojarra latinoamericana*. Castarrica. Edit. CIAD-87CONACYT.MEXICO. 203 pp.
- Miller RR. (2009) *Peces dulceacuícolas de México*. CONABIO, Sociedad Ictiológica Mexicana, El Colegio de la Frontera Sur y el Consejo de Peces del Desierto, México – Estados Unidos. Ciudad de México, México, 559 pp.
- Nigrelli, R.F. & Ruggieri, G.D. (1965). Studies on virus diseases of fishes. Spontaneous and experimentally induced cellular hypertrophy (lymphocystis disease) in fishes of the New York Aquarium, with a report of new cases and an annotated bibliography (1874-1965). *Zoologica*, 50: 83-96.
- Nikmah, N. L. F., Sihananto, B. S., Isnansetyo, A., & Istiqomah, I. (2024). Identification and characterization of Lymphocystis disease virus from snakehead (*Channa striata*) in South Kalimantan, Indonesia. *Aquaculture*, 588, 740897.
- Řičan O, Píálek L, Dragová K & Novák J (2016) Diversity and evolution of the Middle American cichlid fishes (Teleostei: Cichlidae) with revised classification. *Vertebrate Zoology* 66(1): 3-102.
- Sato T, Kitayama S, Mitsuhashi C, Ikeda T, Morita K, Dohi T. (2000). Selective inhibition of monoamine neurotransmitter transport by synthetic local anesthetics. *Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol* 361: 214-220. doi:10.1007/s002109900184
- Zhang, H., Sheng, X., Tang, X., Xing, J., Chi, H., Zhan, W., 2023. Transcriptome analysis reveals molecular mechanisms of lymphocystis formation caused by lymphocystis disease virus infection in flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Front. Immunol.* 14, 1268851 <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1268851>.
- Wolf, K. (1988). *Fish viruses and fish viral diseases*. Cornell University Press, Ithaca & London. 476 p.