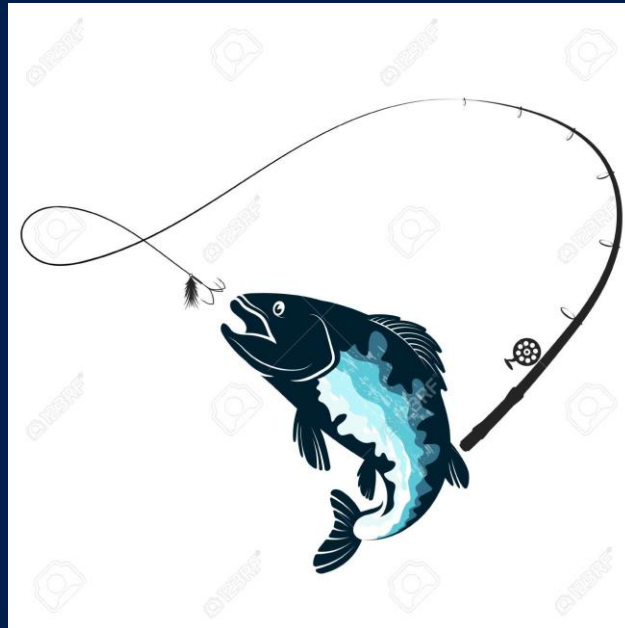


Año 11. Número 21. Enero - Junio de 2025
ISSN: 2395 - 8944

ACTA PESQUERA



Revista de la Unidad Académica
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

Universidad Autónoma de Nayarit

Directorio

Dra. Norma Liliana Galván Meza
Rector

Dra. Margarete Moeller Porraz
Secretario de Rectoría

Mtro. Hugo Fabio Pérez Ocampo
Dirección de Fomento Editorial y Artes Gráficas

Dr. Javier German Rodríguez Carpena
Coordinador del Área Biológico Agropecuaria y Pesquera

Dr. Juan Carlos Bautista Covarrubias
Director de la Unidad Académica de Ingeniería Pesquera

ACTA PESQUERA, Año 11, No. 21, Enero – Julio de 2025. Publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura “Amado Nervo”, Tepic, Nayarit, México. C. P. 63155. Correo electrónico: actapesquera@gmail.com, Director/Editor Dr. José Trinidad Ulloa Ibarra. Número de reserva de derechos al uso exclusivo 04 - 215 - 012609390000 - 102 otorgada por el INDAUTOR. ISSN: 2395-8944. Impresa en el Taller de Artes Gráficas de la UAN. Ciudad de la Cultura “Amado Nervo” C. P. 63190. Tepic, Nayarit, México.

Los contenidos firmados son responsabilidad de los autores. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes, siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro.

Acta Pesquera

Comité Científico

Dr. Guillermo Compean. Director del CIAT Comisión Interamericana del atún tropical.

Dr. Luis Galán Wong. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Dra. Mariana Fernández Facultad de ciencias de la UNAM

Dr. Javier de la Garza. CIEES

Dr. Fabio Germán Cupul Magaña. CUC U de G

Dr. Libertad Leal Lozano. Facultad de Ciencias Biológicas UANL.

Dra. Gilda Velásquez Portillo SAGARPA CONAPESCA

Dra. Guadalupe de la Lanza Espino Instituto de Biología UNAM

Dra. Teresa Rayno Trujillo Instituto de Geografía de la UNAM

Dra. Fernando Jiménez Guzmán Facultad de Ciencias Biológicas UANL

Dr. Mario Oliva S. Universidad de la Habana Cuba

Dr. Arturo Ruiz Luna. CIAD

Dr. Adrián Arredondo Álvarez. Secretario de Medio Ambiente del C.E.N. del P.R.I.

Dr. Juan Luis Cifuentes Lemus. CUC. U de G.

Comité Editorial

Directorio de la Revista

Dr. José Trinidad Ulloa Ibarra

Director / Editor

Dr. Juan Carlos Bautista Covarrubias

Subdirector

Dr. Juan Luis Cifuentes Lemus†

Coeditor

Dra. Nallely Estrada Pérez

Coordinador Científico

Dr. Javier Marcial de Jesús Ruiz Velazco Arce

Coordinador de Contenido

Dr. Juan Pablo González Hermoso

Editor Ejecutivo

Dr. Francisco Javier Valdez González

Coordinador de Edición

Índice

		Pag
1	Editorial	0
2	Evaluación de los parámetros biológicos de la tilapia gris <i>Oreochromis niloticus</i> mediante la implementación de un sistema acuapónico.	Luis Enrique Juárez Carballo, Eduardo Alfredo Zarza Meza 1 - 12
3	Identificación de variantes genéticas asociadas al crecimiento en tilapia mediante análisis de SNPs en poblaciones del estado de Nayarit	Keven Yardley Sanabria-Gameros, Francisco Valdez-González, Elifonso Isiordia-Pérez, Claudia Azucena-González-Huerta, Breidy Lizeth Cuevas-Rodríguez 13 - 23
4	Modelación del crecimiento del dorado: validación con Shapiro-Wilk	José Trinidad Ulloa-Ibarra, María Inés Ortega Arcega, Bárbara Nayar Olvera Carballo, Nidia D. Uribe Olivares, Juan Felipe Flores Robles 24 -35
5	Impacto agroecológico de la pasta de microalgas marinas <i>Dunaliella salina</i> como biofertilizante y bioestimulante en cultivos agrícolas	Raymundo René Rivas Cáceres, María Elena González Ruelas, Nelly Hostein, Guillermo Alberto Barraza Garza, Carmen Alejandra Méndez Hurtado 36 - 39
5	Evaluación con modelos matemáticos de un sistema acuapónico con juveniles de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>), albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>) y tomate cherry (<i>Lycopersicum sculentum</i>) bajo recirculación continua y parcial de agua.	Pacheco de la Torre, Yitzhak, Ruiz-Velazco, Javier M.J., Estrada-Perez, Nallely, Isiordia-Perez, Elifonso, María Daniela Arvizu 40 - 54
6	Respuesta de postlarvas de camarón blanco del pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) a diferentes condiciones de estrés	Juan Carlos Bautista-Covarrubias, Edgar Gabriel Hernández Mendoza, José Armando López Sánchez, Martín Gabriel Frías Espericueta, Marisela Aguilar-Juárez 55 - 70
7	Talla y proporción sexual de la cucaracha de mar (<i>Chiton articulatus</i>) en las costas de San Blas, Nayarit.	Bolaños-Rangel Karla Lizbeth, González-Huerta Claudia Azucena, Zavala-Leal Oscar Iram 71 - 76

Índice

8	Proyectos acuícolas: ¿Por qué algunos fracasan y otros prosperan?	Josué Ernesto López Camarena	77 – 81
9	A los autores		82 - 83



EDITORIAL

En Memoria de un Pionero de la Biología Marina en México. Con profunda tristeza y un inmenso respeto dedicamos este espacio a la memoria de nuestro querido fundador, el Dr. Juan Luis Cifuentes Lemus. Su visión y dedicación inquebrantable no solo dieron vida a esta revista, sino que también sentaron las bases para una plataforma de conocimiento y colaboración en el campo de la pesca y la acuicultura. Su partida deja un vacío irremplazable, pero su legado, plasmado en cada número y en cada contribución que hemos publicado a lo largo de los años de existencia de nuestra revista, continuará inspirando a generaciones futuras de investigadores y profesionales. Honramos su memoria comprometiéndonos a mantener los estándares de excelencia y rigor que él siempre promovió en las publicaciones.

La investigación en acuicultura y pesca se encuentra en un punto crucial, con la necesidad imperante de desarrollar sistemas de producción más eficientes, sostenibles y resilientes. En este contexto, varios temas emergen como pilares fundamentales para el avance de la disciplina.

Recientemente, hemos visto un creciente interés en la evaluación de los parámetros de crecimiento de organismos en sistemas acuapónicos. Estos sistemas integrados, que combinan la acuicultura con la hidroponía, ofrecen una vía prometedora para la producción de alimentos con una menor huella hídrica y ambiental. Los estudios que profundizan en la optimización de las condiciones de cultivo –desde la calidad del agua hasta la composición de la dieta y la densidad de siembra– son esenciales para maximizar la eficiencia biológica y económica de la tilapia, una especie clave para la seguridad alimentaria global. La comprensión precisa de cómo factores como la temperatura, el pH, los nitritos y los nitratos influyen en la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia de la tilapia en ambientes acuapónicos nos

permitirá afinar las prácticas de manejo y diseñar sistemas más robustos y productivos.

Paralelamente, el uso de modelos matemáticos ha demostrado ser una herramienta invaluable para abordar la complejidad de los sistemas acuícolas. Desde modelos bioenergéticos que predicen el crecimiento de los organismos hasta modelos de dispersión de contaminantes o de simulación de la dinámica poblacional de especies acuáticas, estas herramientas ofrecen una capacidad predictiva y analítica que trasciende la experimentación empírica. Los modelos no solo nos permiten probar hipótesis y explorar escenarios sin la necesidad de recursos extensivos, sino que también son cruciales para la toma de decisiones informadas en la gestión de granjas acuícolas, la evaluación de riesgos ambientales y la formulación de políticas pesqueras. La validación y calibración constante de estos modelos con datos empíricos son fundamentales para asegurar su fiabilidad y aplicabilidad en el mundo real.

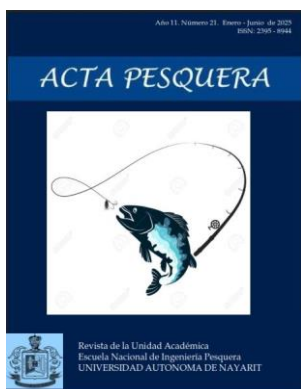
Otro campo de investigación de vital importancia es la respuesta de los organismos acuáticos a condiciones de estrés. El cambio climático, la contaminación, la sobrepesca y las prácticas intensivas en acuicultura exponen a las especies acuáticas a una variedad de estresores ambientales, fisiológicos y patológicos. Comprender cómo los peces, moluscos y crustáceos reaccionan a estos desafíos a nivel molecular, celular, fisiológico y de comportamiento es crucial para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación. Desde el estudio de la respuesta inmune frente a patógenos emergentes hasta la evaluación de la tolerancia a cambios en la salinidad o la temperatura, esta área de investigación nos brinda la información necesaria para mejorar el bienestar animal en la acuicultura, conservar la biodiversidad y garantizar la sostenibilidad de los recursos pesqueros.

Atentamente,

Finalmente, es imperativo que, como comunidad científica, reflexionemos sobre el éxito o fracaso de los proyectos acuícolas. La diferencia entre un emprendimiento próspero y uno que no lo es a menudo reside en una combinación de factores, incluyendo una planificación robusta, la aplicación de conocimientos científicos actualizados, una gestión eficiente, la adaptación a las condiciones locales y una comprensión clara de los mercados. Documentar y analizar los casos de éxito, así como los tropiezos, nos proporciona lecciones valiosas. ¿Qué factores contribuyeron al logro? ¿Qué errores se cometieron y cómo se pueden evitar en el futuro? La transparencia en la presentación de estos análisis, incluso de aquellos proyectos que no alcanzaron sus objetivos iniciales, es fundamental para el aprendizaje colectivo y para guiar futuras inversiones y esfuerzos en el sector. Solo a través de una evaluación honesta y crítica de nuestras experiencias podremos construir un futuro más prometedor para la acuicultura global.

En esta edición, y en las siguientes, continuaremos fomentando la publicación de investigaciones que aborden estos temas cruciales. Es nuestro compromiso, en honor al legado de nuestro fundador, seguir siendo un faro de conocimiento y un catalizador para la innovación en el fascinante y vital campo de la pesca y la acuicultura.

**Atentamente,
El equipo editorial**



Revista ACTA PESQUERA.

Volumen 11 No. 21.

ISSN: 2395-8944

Periodo: Enero - Junio de 2025

San Blas, Nayarit. México

Pp. 1 - 12

Recibido: marzo 20 de 2025

Aprobado: junio 15 de 2025

DOI: 10.60113/ap.v11i21.150

Evaluación de los parámetros biológicos de la tilapia gris *Oreochromis niloticus* mediante la implementación de un sistema acuapónico.

Evaluation of the biological parameters of the gray tilapia *Oreochromis niloticus* through the implementation of an aquaponic system.

Luis Enrique Juárez Carballo
Facultad de Ciencias Biológicas y
Agropecuarias, Región Poza Rica-Tuxpan

Eduardo Alfredo Zarza Meza
Facultad de Ciencias Biológicas y
Agropecuarias, Región Poza Rica-Tuxpan
ezarza@uv.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4876-2437>

Evaluación de los parámetros biológicos de la tilapia gris *Oreochromis niloticus* mediante la implementación de un sistema acuapónico.

Evaluation of the biological parameters of the gray tilapia *Oreochromis niloticus* through the implementation of an aquaponic system.

Resumen

Se evaluaron los parámetros biológicos de la tilapia gris *Oreochromis niloticus* mediante un sistema acuapónico, sembrando tres especies de vegetales diferentes: *Lycopersicum esculentum* (Tomate), *Capsicum annum* (Chile) y *Beta vulgaris* (Acelga) y se comparó con un sistema convencional durante 120 días experimentales, el sistema se dividió en dos: NFT (Nutrient Film Technique) y cama con sustratos, cada uno con 20 plantas de las diferentes especies de vegetales, los resultados obtenidos en el bioensayo muestran que la implementación del sistema acuapónico fue exitoso debido a que los peces cultivados con el sistema acuapónico obtuvieron un peso promedio final de 100.2 g y una talla de 18.03 cm, mientras que el sistema convencional registró 87.82 g en peso promedio y 17.24 cm Lt, presentando estadísticamente diferencias significativas $P < 0.05$, así mismo se obtuvieron los mejores resultados en la Tasa de Sobrevivencia y Factor de Conversión Alimenticia. Dentro de los tipos de sistemas acuapónicos, el de cama con sustratos mostró los mejores resultados debido a que se produjo 1.384 kg de tomate y 0.443 kg de chile. Por otra parte, en el sistema NFT únicamente se obtuvo 0.160 kg de acelga, económicamente es más viable la implementación de sistemas acuapónicos en cama con sustratos debido a que se obtuvo mayor producción con una menor inversión.

Palabras clave: Acuaponía, Tilapia gris, *Oreochromis niloticus*, vegetales, cama con sustratos, NFT (Nutrient Film Technique).

Abstract

The biological parameters of the gray tilapia *Oreochromis niloticus* were evaluated through an aquaponic system, planting three different species of vegetables: *Lycopersicum esculentum* (Tomato),

Capsicum annum (Chili) and *Beta vulgaris* (Swiss chard) and compared with a conventional system for 120 experimental days, the system was divided into two: NFT (Nutrient Film Technique) and bed with substrates, each with 20 plants of the different species of vegetables, the results obtained in the bioassay show that the implementation of the aquaponic system was successful because the fish grown with the aquaponic system obtained a final average weight of 100.2 g and a size of 18.03 cm, while the conventional system recorded 87.82 g in average weight and 17.24 cm Lt, presenting statistically significant differences $P < 0.05$, likewise the best results were obtained in the Survival Rate and Conversion Factor Food. Among the types of aquaponic systems, the bed-based system with substrates showed the best results, producing 1.384 kg of tomatoes and 0.443 kg of chili peppers. On the other hand, the NFT system only yielded 0.160 kg of chard. Implementing bed-based aquaponic systems with substrates is economically more viable, as it achieved higher production with a lower investment.

Keywords: Aquaponics, Gray Tilapia, *Oreochromis niloticus*, vegetables, bed with substrates, NFT (Nutrient Film Technique).

Introducción

En México la acuaponía se ha practicado desde la época de los aztecas quienes cultivaban peces junto con vegetales en estructuras llamadas chinampas, éstas se construían en lagos a una profundidad de un metro y medio máximo, en pantanos o en islas artificiales. Los residuos generados por la actividad se mantenían en el fondo de los canales, posteriormente éstos efluentes eran recolectados para fertilizar las plantas (Boutwell, 2007).

McLarney (1972), fue pionero, realizó un bioensayo en el cual tenía un control de riego sobre distintas especies de vegetales, donde un tratamiento era regado con agua no contaminada y al otro con agua que provenía de los efluentes de un estanque donde se cultivaba tilapia, de esta manera los resultados obtenidos durante el desarrollo del experimento fueron positivos al obtener mayor crecimiento en peces y vegetales.

Durham, (1992) instala camas especiales para hidroponía donde sembró vegetales, utilizando sustratos como la grava de río dentro de un invernadero casero; en este bioensayo sólo se fertilizó con alimento que contenía 40% de proteína, los resultados obtenidos en el estudio fueron aceptables teniendo una producción de tilapia de 680 kg en un rango de tiempo de 7 a 12 meses.

En Guasave Sinaloa se trabajó con tilapia gris *O. niloticus* y lechuga romana acropolis *Lactuca sativa* a través de la implementación de sistemas acuapónicos, con dos tipos de sistemas: uno con recirculación de agua sin recambio y otro sin recirculación con recambio parcial de agua, los resultados obtenidos mostraron que el sistema de recirculación sin recambio fue más eficiente al presentar mayor tasa de crecimiento tanto en los peces como en los vegetales sembrados a diferencia del sistema sin recirculación con recambio parcial de agua (Rubio, 2012).

En la Universidad Autónoma de Guanajuato se instaló un sistema acuapónico a pequeña escala, evaluando la producción de tilapia *O. niloticus* y plantas de albahaca, la rentabilidad económica, la tasa de sobrevivencia, así como la biomasa generada por peces y vegetales, al finalizar el estudio se registró 90% en la tasa de sobrevivencia tanto de peces como de vegetales (Regalado, 2013).

En Veracruz se realizó un invernadero urbano con el objetivo de producir proteína animal a través de un cultivo de tilapia (*O. niloticus*) y la producción de vegetales como lechuga, alfalfa y albahaca, los datos obtenidos muestran que los 10 peces alcanzaron un peso de 165 g por organismo, de esta manera el peso obtenido en el experimento fue considerado apto para su consumo al igual que los vegetales sembrados, se concluyó que la implementación del sistema acuapónico fue de manera exitosa (Kanchi, 2013).

Materiales y Métodos

El municipio de Álamo Temapache, Veracruz, se encuentra ubicado en la zona norte del Estado de Veracruz y presenta condiciones climáticas para implementar un sistema acuapónico con producción de tilapia gris (*O. niloticus*) midiendo la tasa

de crecimiento y sobrevivencia, a la vez que se producen vegetales como tomate en la Granja Acuícola "El Alevín".

Se diseñó un sistema de tipo NFT (Nutrient Film Technique) sin sustrato, Se instalaron dos sistemas de este tipo, uno para cada estanque donde se sembraron plantas de chile, tomate y acelga y un sistema de cama con sustratos. con tres divisiones de un metro de largo por un metro de ancho cada una. Cada compartimento se llenó con grava, arena, tezontle y sustrato orgánico (peat moss), posteriormente se adecuó el sistema de riego por goteo a base de tubos de PVC con perforaciones de un centímetro de diámetro.

Se distribuyeron al azar 800 alevines de tilapia gris de la especie *O. niloticus* a una densidad de siembra de 200 organismos (Barahona, 2012) en cuatro estanques de 10,000 litros de agua de capacidad aproximadamente con recambios parciales de agua con 15 minutos de bombeo cada tercer día. 5.4 Introducción de organismos

Se utilizaron por cada estanque 200 tilapias en su etapa de alevín con un peso promedio de 7.1 g para los peces utilizados en el sistema acuapónico y 7.7 g para los del sistema convencional.

La siembra de semillas se realizó de forma indirecta, mediante charolas de germinación, colocando de tres a cuatro semillas de las especies *Capsicum annum* (Chile), *Lycopersicum esculentu* (Tomate) y *Beta vulgaris* (Acelga)

Se calculó la biomasa para determinar la ración diaria de alimento que se proporcionó a los peces:

$$B = P \times N \quad 21$$

Dónde:

B = Biomasa

P = Peso promedio de los peces

N = Número total de peces en la pecera

La ración diaria se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$RD = B \times \% / 100$$

Para determinar la tasa de crecimiento se realizaron biometrías quincenalmente, con una muestra del 10% de los organismos sembrados en cada estanque.

La tasa de sobrevivencia, se determinó mediante la siguiente fórmula (Cruz *et al.*, 1993).

$$TS = \frac{N^{\circ} \text{ final de animales}}{N^{\circ} \text{ inicial de animales}} \times 100$$

Para el cálculo de la tasa o factor de conversión alimenticia se aplicó la siguiente expresión (Cruz *et al.*, 1993)

$$(T.C.A) = \frac{\text{Tasa de conversión alimenticia} = \text{alimento consumido} * / \text{Peso ganado} **}{}$$

* Como alimento seco consumido

** Peso fresco o húmedo ganado

Resultados

Se realizó un análisis de varianza factorial para detectar si existen diferencias significativas en el crecimiento en peso y talla de los organismos entre cada tratamiento, posteriormente se efectuó una prueba de Tukey para detectar en que días existieron diferencias significativas, estas pruebas estadísticas se realizaron con el programa estadístico STATISTICA 7. 24

Los pesos promedios de los peces al inicio del ensayo fueron de 7.1 g para el sistema acuapónico y 7.7 g para el convencional, de acuerdo con el ANOVA no se presentaron diferencias significativas ($F=.887$ g.l=1 $P=0.34$). (Cuadro 1)

Los peces en el sistema acuapónico aumentaron peso de 100.2 g al final del experimento, este aumento fue significativamente mayor ($F=5.1$, g.l= 8 $P=<0.05$) con respecto al de los organismos en el sistema convencional (87.8 g).

Durante los primeros 30 días la mayor tasa de crecimiento en los peces la reportó el sistema convencional, sin embargo, no existieron diferencias significativas con respecto al sistema acuapónico. A partir del día 45 los valores cambiaron favoreciéndose el peso de las tilapias del sistema acuapónico al presentar un peso promedio de 52.9 g, mientras que los peces del sistema convencional mostraron un peso promedio de 38.6 g, durante el resto del tiempo la tendencia siguió siendo la misma hasta culminar el proyecto, donde el sistema acuapónico obtuvo los mejores resultados al obtener diferencias significativas. (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Crecimiento promedio en peso (g) y talla (cm) de los organismos de tilapia gris (*O. niloticus*) utilizados en ambos tratamientos (promedio $\pm$ Desv. est.).

Días	Peso		Talla	
	S. Acuapónico	S. Convencional	S. Acuapónico	S. Convencional
0	7.1 $\pm$ 2.41G	7.7 $\pm$ 1.98G	7.8 $\pm$ 0.85H	7.8 $\pm$ 0.76H
15	15.6 $\pm$ 1.98G	16.3 $\pm$ 5.91G	10.3 $\pm$ 1.15G	10.4 $\pm$ 1.16G
30	35.2 $\pm$ 10.7F	35.5 $\pm$ 10.17F	12.8 $\pm$ 1.41F	12.8 $\pm$ 1.14F
45	52.9 $\pm$ 14.39E	38.6 $\pm$ 10.09F	14.7 $\pm$ 1.40E	13.7 $\pm$ 1.24F
60	63.5 $\pm$ 13.44CDE	55.5 $\pm$ 7.50DE	15.9 $\pm$ 1.06CD	15.5 $\pm$ 0.72DE
75	70.9 $\pm$ 18.58C	66.2 $\pm$ 15.86CD	16.6 $\pm$ 1.41BC	15.7 $\pm$ 1.17CD
90	86.4 $\pm$ 18.18B	70.7 $\pm$ 14.78C	17.3 $\pm$ 1.32AB	16.3 $\pm$ 0.95BCD
105	92.1 $\pm$ 26.14AB	74.5 $\pm$ 16.54C	17.7 $\pm$ 1.81A	16.5 $\pm$ 1.22BC
120	100.2 $\pm$ 23.47A	87.8 $\pm$ 19.55B	18.0 $\pm$ 1.38A	17.24 $\pm$ 1.26AB

* Letras iguales indican grupos homogéneos

El crecimiento en talla de los peces del sistema acuapónico, en su mayoría fue superior a los organismos del sistema convencional, de esta forma, el

análisis estadístico detectó que las diferencias significativas se encontraron a partir del día 45 de experimentación hasta el final del proyecto (120 días) favoreciéndose el sistema acuapónico ($F=3.5$, $g.l=8$, $P=0.01$). (figura 1)

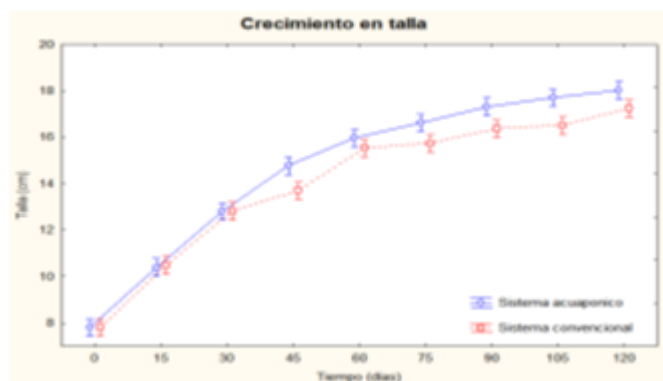


Figura 1- Comparación del crecimiento en talla obtenido por los organismos de los sistemas evaluados

El sistema acuapónico registró una tasa de sobrevivencia de 99.8% tras haber transcurrido 75 días experimentación, posteriormente la tasa de sobrevivencia disminuyó a partir del día 90 alcanzando 99.5% cifra que se mantuvo hasta la finalización del bioensayo. Con respecto al sistema convencio-

nal la disminución en la sobrevivencia inició desde los 30 días (99.7%) y finalizó con 98.5% de sobrevivencia en los organismos (figura 9), sin que se presentaran diferencias significativas entre los tratamientos ($F=0.97$, $g.l=8$, $P=0.48$). (figura 2).

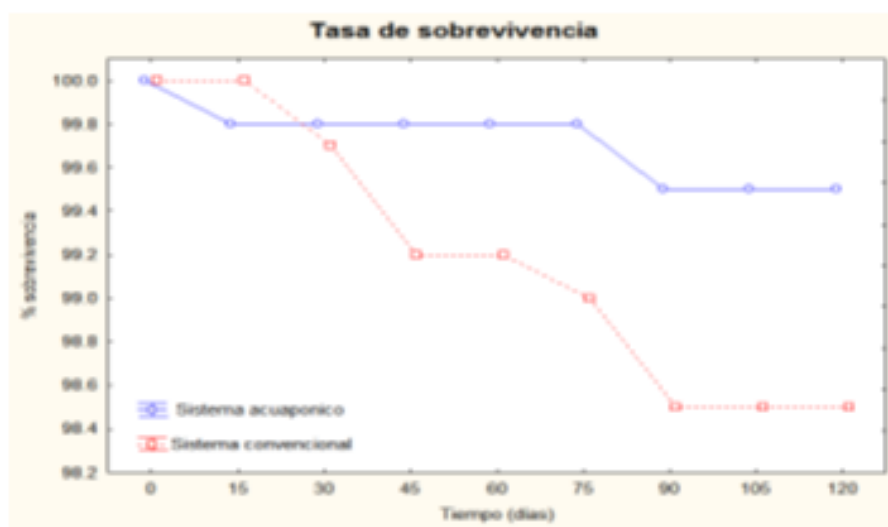


Figura 2.- Tasa de sobrevivencia obtenida por los organismos acuáticos al implementar el sistema acuapónico en comparación con el sistema convencional durante 120 días.

La tasa de sobrevivencia de los vegetales sembrados en el sistema acuapónico se mantuvo en 100%, en los primeros 30 días. Pero a partir del día 45 comenzó a decrecer hasta el 82.5%. Al finalizar el bio-

ensayo (día 120) el valor en la tasa de sobrevivencia de los vegetales en el sistema acuapónico terminó reflejado en 60% (figura 3).

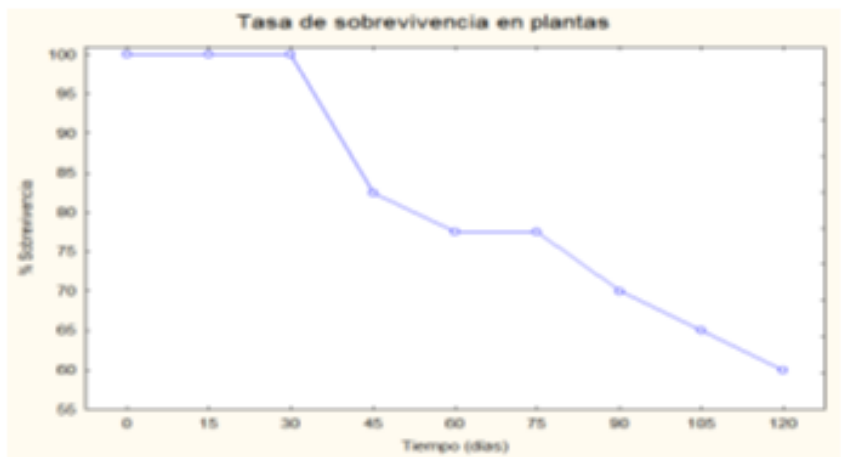


Figura 3.- Tasa de sobrevivencia de las plantas obtenida durante la implementación del sistema acuapónico La tasa de sobrevivencia de los vegetales sembrados en el sistema acuapónico se mantuvo en 100%, en los primeros 30 días. Pero a par-

Durante los días de alimentación el valor más bajo reportado del FCA en el sistema acuapónico fue de 0.91 en el día 60 y el más alto fue de 1.41 (cuadro 2), por otra parte, el sistema convencional obtuvo 1.06 siendo éste su valor mínimo en los días 45 y 75,

mientras que el superior fue de 1.31, sin embargo, estadísticamente no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($F=3.36$, $g.l=1$, $P=0.08$). (Cuadro 2)

Tiempo (días)	Sistema Acuapónico (%)	Sistema Convencional (%)
15	1.41	1.31
30	1.18	1.13
45	1.07	1.06
60	0.91	1.26
75	0.92	1.06
90	1	1.18
105	1.06	1.3
120	0.97	1.22

Cuadro 2.- Factor de Conversión Alimenticia obtenido por los organismos de ambos tratamientos en la duración del proyecto

La concentración de oxígeno disuelto en el sistema acuapónico fluctuó entre 5.7 mg/L al inicio y 4.3 mg/L al final, mientras que el rango del sistema convencional osciló entre 5.8 mg/L y 4.4 mg/L. El pH se mantuvo cercano a la neutralidad presentando valores de 7.2 - 8 para el sistema acuapónico y 7.4 - 8 para el sistema convencional.

Las concentraciones de amoníaco (NH₃) en el sistema acuapónico obtuvo un valor máximo de 3 mg/L en los días 90 y 105 del experimento y para el sistema convencional se registró un valor máximo de 2.4 mg/L al finalizar el proyecto, en cuanto a la cantidad de Nitritos (NO₂ mg/L), la mayor concentración en el sistema acuapónico fue de 3,6 mg/L, mientras que la menor concentración fue de 0.1 mg/L, a su vez, el sistema convencional presentó un valor mínimo de 0.1 mg/L y un valor máximo de 3.5 mg/L.

Los Nitratos (NO₃ mg/L) en el sistema acuapónico las mayores concentraciones se obtuvieron a partir del día 90 y se mantuvo en incremento hasta el final del experimento con un valor de 100 mg/L, el valor mínimo registrado fue de 0.5 mg/L, las concentraciones máximas en el sistema convencional se obtuvieron a partir del día 105 con 100 mg/L, mientras que la concentración mínima fue durante el inicio del proyecto con 0.5 mg/L.

La temperatura promedio en el sistema acuapónico presentó un valor mínimo de 28 °C y 28.2 °C para el sistema convencional, mientras que, la temperatura máxima registrada fue de 31 °C para ambos tratamientos

La biomasa obtenida por los organismos de tilapia gris (*O. niloticus*) en el sistema acuapónico alcanzó un total de 39.779 kg, este valor fue significativamente más alto ($F=17.9$, $g.l= 1$, $P=0.001$), con respecto a los peces del sistema convencional que generaron una biomasa inferior de 34.601 kg. La biomasa de vegetales obtenida en el sistema acuapónico se resume en el cuadro 5, logrando producir 1.384 kg de tomate, 0.443 g de chile y dos acelgas con un peso de 80 g cada una.

Discusión

Los especímenes del cultivo acuapónico reportan una ganancia en peso promedio de 100.2 g en cuatro meses, se consideran adecuados al compararlos con los resultados obtenidos por Rubio (2012) cuyos peces en un periodo de 10 meses aumentaron

un peso promedio de 102.81 g, mientras que Kanchi (2013) reportó una ganancia en peso de 165 g en seis meses de cultivo.

La tasa de sobrevivencia obtenida en el sistema acuapónico fue de 99.5%. Esta es similar a la tasa reportada por Flores y Madrid (2013) quienes obtuvieron 99.6% de sobrevivencia al implementar un sistema acuapónico y es superior a la tasa reportada por Rubio (2012) quien calcula un 53.33% de sobrevivencia en su estudio.

García (2014) menciona que un valor mayor a dos en el factor de conversión alimenticia indica una baja eficiencia de los peces para convertir el alimento en biomasa, lo ideal es que sea igual a uno. Tomando en cuenta lo anterior, en este estudio se estimó un valor máximo de 1.41, quedando dentro del nivel señalado, similar al valor de 1.41 que reportan Rakocy *et al.*, (2000).

Otros autores reportan valores de 2.8 y 3 (Flores Ochoa y Madrid Junior, 2013; y Moreno y Zafra, 2014, respectivamente). Estos resultados serían desfavorables debido a la densidad de peces sembrada y la cantidad de alimento suministrado, repercutiendo en el crecimiento y sobrevivencia de los organismos como lo indica Saavedra (2006) que adjudica que los índices superiores a lo establecido en el factor de conversión alimenticia se relacionan con la falta de alimento, la temperatura del agua y la densidad de siembra de peces en los estanques.

El pH es un parámetro esencial en los cultivos acuapónicos, se obtuvieron rangos de 7.2 a 8 parecidos a los números reportados por Moreno y Zafra (2014) quienes tuvieron 7.4-7.8, mientras que Cáceres (2013) registró valores inferiores de 6.1-6.3. Nelson (2007) menciona que un pH de 7 garantiza el buen funcionamiento del sistema para promover la nitrificación, pero se ha demostrado que la nitrificación puede ocurrir en niveles de pH de 6 a 9, siempre y cuando se mantenga la temperatura adecuada para el desarrollo de las bacterias nitrificantes de 30 °C reportada por Wheaton *et al.*, (1994).

Caló (2011) establece que los niveles de OD deben ser superiores a 3 mg/L para que el sistema tenga un buen funcionamiento, pero la concentración idónea debe ser mayor o igual a 5 mg/L,

el nivel fue superior al mínimo establecido (4.3 a 5.7 mg/L).

Por otro lado, el amoníaco se produce a través de la excreción y orina de los peces y descomposición del alimento no consumido (Lozano *et al*, 2001), este compuesto es tóxico y el nivel debe fluctuar en 0.0125 mg/L (Timmons *et al*, 2002), las concentraciones de amoníaco (mg/L) en este estudio fueron altas, el tratamiento con el sistema acuapónico obtuvo 3 mg/L y el sistema convencional 2.4 mg/L, de esta manera, los valores encontrados en ambos tratamientos nos indican una amplia tolerancia de los organismos acuáticos a este compuesto nitrogenado, al comparar estos resultados con los obtenidos por Rubio (2012) fueron mejores ya que reporta una alta concentración de 24.62 mg/L.

Los nitritos conforman un producto intermedio durante el proceso de nitrificación y al igual que el amoníaco es tóxico en altas concentraciones, por lo que valores superiores a 5 mg/L provocarían estrés en el organismo (Masser, *et al.*, 1999), de acuerdo a este criterio los niveles mantenidos en el sistema acuapónico fueron indicadores del buen desarrollo del proceso al presentar valores de 3.6 mg/L, superiores a los reportados por Rubio (2012) al obtener 0.69 mg/L, mientras que Ramírez *et al* (2009), registró una concentración máxima de 1.6 mg/L.

Los nitratos son el producto final del proceso de nitrificación, es la forma menos toxica para los organismos experimentales. Masser *et al.*, (1999) menciona que los niveles superiores a 300 ppm comienzan a ser tóxicos para los peces, de esta manera los niveles presentados en los tratamientos evaluados son considerados admisibles al presentar un valor de 100 ppm durante los últimos días del experimento, debido a que conforme pasaban los días la cantidad de materia orgánica en el estanque iba aumentando, por lo que se puede afirmar que durante el proceso bioquímico las bacterias trabajaron de una forma correcta.

La biomasa final de las tilapias del sistema acuapónico (39.779 kg) fue mayor al sistema convencional (34.601 kg) y los kilogramos producidos por metro cubico fueron de 4.97 kg y 4.32 kg respectivamente para cada sistema. Aunque son menores a los pro-

ducidos por Rubio (2012) quien obtuvo 8.48 kg/m³, se debe considerar que su tiempo de cultivo (300 días) fue más del doble del ocupado en este experimento (120 días).

Con respecto a la biomasa producida por los vegetales cabe resaltar que se instalaron dos tipos de sistemas (NFT y cama con sustratos), de esta forma, las plantas de tomate y chile trasplantadas al sistema NFT no se desarrollaron correctamente debido a que los vegetales que dan frutos requieren de una mayor demanda nutricional como lo menciona Masser (2002), sin embargo, se logró cosechar dos acelgas las cuales demandan un nivel bajo a medio de requerimientos nutricionales.

El sistema de cama con sustratos arrojó buenos resultados, las plantas se desarrollaron adecuadamente y se logró cosechar 1.384 kg de tomate y 443 g de chile. De acuerdo con Diver (1996), las plantas que producen frutos necesitan de sistemas más complejos, en este caso, los sustratos ayudaron a darle sostén a las plantas y a estabilizar los niveles de pH y así evitar el deterioro de los vegetales trasplantados; haciendo validar la eficiencia de este tipo de sistema al producir proteína animal y vegetales.

Conclusiones

El tratamiento representado por el sistema acuapónico arrojó los mejores resultados en comparación con el tratamiento del sistema convencional al obtener diferencias significativas con respecto al peso ganado y talla.

La tasa de sobrevivencia en el sistema acuapónico fue similar en ambos tratamientos, al igual que el factor de conversión alimenticia.

Los parámetros fisicoquímicos fueron óptimos para el crecimiento de las tilapias, así mismo en el desarrollo de los vegetales trasplantados en los dos tipos de sistemas acuapónicos. El sistema con cama con sustratos aportó los mejores resultados al cosechar tomate y chile, mientras que en el sistema NFT los vegetales trasplantados no obtuvieron un buen desarrollo y solo se logró cosechar dos acelgas.

En relación a la biomasa obtenida por los peces, fue más eficiente en el sistema acuapónico. La implementación de sistemas acuapónicos sobretodo con el tipo de cama de sustratos es una alternativa viable para la producción de proteína animal y vegetal.

Considerando los costos, la implementación de este tipo de sistemas es económicamente viable. La inversión total en el experimento fue de \$2, 889.00 pesos MN (sin contar los estanques). El sistema acuapónico en cama de sustratos fue el de mayor productividad lo que lo hace más viable al invertir \$340.00 pesos MN, mientras que el de tipo NFT tuvo un costo de \$560.00. Inversión que se recupera a largo plazo.

La implementación de sistemas acuapónicos es eficiente al reducir las cantidades de agua que se utilizan en un sistema convencional.

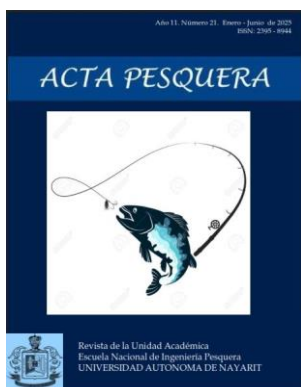
Bibliografía

- Boutwell, J. 2007. Aztecs Aquaponics revamped. Napa valley resgister. (Actualizado al 10 de Diciembre 2015). Página electrónica (<http://www.growfish.com.au/content.asp?contenId=10617>).
- Barahona, T. J. 2012. Evaluación de dos promotores de crecimiento en la alimentación de tilapia en la etapa de engorde en el complejo turístico (La Chorrera) barrió Huapante las playas del cantón Pillaro provincia de Tungurahua. Tesis de Licenciatura. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador.
- Cáceres, D. 2013. Efecto del agua residual del cultivo de *Oreochromis niloticus* "tilapia" sobre el crecimiento de *Lactuca sativa* "lechuga" en un sistema acuapónico continuo. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú.
- Caló, P. 2011. Introducción a la acuaponía. Centro Nacional de Desarrollo acuícola (CENADAC). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina. 15 pp. CNA. Comisión Nacional de Agua. 2008. Plan Nacional Hídrico 2007-2012. Coyoacán México, D. F. 15 pp.
- Cruz, L. E., Ricque, D. y Martínez, J. A. 1993. Evaluación de dos subproductos de camarón en forma de harina como fuente de proteína en dietas balanceadas para *Penaeus vannamei*. 205-232 pp. En memorias del primer simposium internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuacultura, Monterrey, Nuevo León, México. 491pp.
- Diver, S. 1996. Integration of hydroponics with aquaculture. Appropriate technology transfer for rural areas and national center for appropriate technology. 163(1): 1-20.
- Durham, D. 1992. Low-tech polycultural yields, high profit. Small farm today. Carolina del Norte. 25 pp.
- Flores, O. L. y Madrid J. R. 2013. Comparación de la producción de lechuga de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine en acuaponía con tilapia
- García, E. 2014. Tecnologías alternativas de alimentación para cachama, tilapia, bagres y langostinos. Aquacría. Primer encuentro nacional de producción de alimentos balanceados y otras alternativas de consumo animal. Valencia, España. 12 pp.
- Kanchi, D. D. 2013. Implementación de un sistema acuapónico urbano bajo invernadero en la ciudad de Xalapa, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa de Enríquez, Veracruz, México.
- Lozano, D., López F., 2001. Manual de Piscicultura de la región amazónica ecuatoriana. Ed. Imprenta Mosaico, Quito- Ecuador. 120 p.
- Masser, M., Rakocy, J. E y Losordo, T. M. 1999. Recirculating aquaculture tank production systems: management of recirculating systems. Southern regional aquaculture centre publication. N° 452. Southern Regional Aquaculture Centre. USA
- Masser, M. 2002. Hydroponics integration with aquaculture. Ed. Alabama. Estados Unidos. 23 pp.
- McLarney, W. 1972. Irrigation of garden vegetables with fertile fish pond water. New alchemy agricultural report. Estados Unidos 2(1). 25-24
- Moreno, E. W. y Zafra, T. A. 2014. Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia. Rebiol. 34(2): 60
- Nelson, R. 2007. Acuaponia. Pade Multimedia. Montillo. Estados Unidos. 15 pp.
- Rakocy, J., Bailey D., Martin J. y Shultz, R. 2000. Tilapia production systems for the lesser antilles and other resource-limited tropical area. Ed. Tilapia Aquaculture. University of the Virgin Islands, agricultural experiment Station. 18 pp. 51
- Ramírez, D., Sabogal, D., Gómez, E., Rodríguez D. y Hurtado, H. 2009. Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónico goldfish-lechuga. Universidad Militar de Nueva Granada. 5(1):154-170.
- Regalado, A. J. 2013. Diseño y evaluación de un sistema acuapónico para la producción de animales acuáticos y plantas para consumo humano. Tesis de Maestría. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México.

- Rubio, C. S. 2012. Análisis técnico de producción de tilapia *Oreochromis niloticus* y lechuga acropolis *Lactuca sativa* en acuapónia. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Guasave Sinaloa, México.
- Saavedra, M. M. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Ed. CIDEA. Managua Nicaragua. 22 pp.
- StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Timmons, M. B., Ebeling J. M., Wheaton F. W., Summerfelt S. T. y Vinci B. J. 2002. Recirculating Aquaculture Systems. Northeastern Regional Aquaculture Center, NRAC Ithaca. New York USA. 769 pp.
- Wheaton, F W., Honchheimer, J. N., Kaisser, G. E., Krones M. J., Libey, G. S. y Easter, C. C. 1994. Nitrification filter desing methods. Acuaculture water reusse systems: Engineering desing and management. Ed. Acuaculture and fisheries science. Amsterdam. 171 p







Revista ACTA PESQUERA.

Volumen 11 No. 21.

ISSN: 2395-8944

Periodo: Enero - Junio de 2025

San Blas, Nayarit. México

Pp. 13 - 23

Recibido: 05 Mayo 2025

Aprobado: 25 de Junio de 2025

DOI: 10.60113/ap.v11i21.146

**Identificación de variantes genéticas asociadas al crecimiento en tilapia
mediante análisis de SNPs en poblaciones del estado de Nayarit**

**Identification of Genetic Variants Associated with Growth in Tilapia
through SNPs Analysis in Populations from the State of Nayarit**

Keven Yardley Sanabia-Gameros
Programa de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias U. A.
sanabia.gameros@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3695-2615>

Francisco Valdez-González
Unidad Académica Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
francisco.valdez@uan.edu.mxCorreo
<https://orcid.org/0000-0002-2517-4811>

Elifonso Isiordia-Pérez
Unidad Académica Escuela Nacional de Ingeniería PesqueraInstitución
elifonso@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6821-123X>

Claudia Azucena-González-Huerta
Universidad Autónoma de Nayarit
claudia.gonzalez@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3489-202X>

Breidy Lizeth Cuevas-Rodríguez
¹Universidad Autónoma de Nayarit
cuevas@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6173-322X>

Identificación de variantes genéticas asociadas al crecimiento en tilapia mediante análisis de SNPs en poblaciones del estado de Nayarit

Identification of Genetic Variants Associated with Growth in Tilapia through SNPs Analysis in Populations from the State of Nayarit

Resumen

La tilapia representa la tercera especie acuícola de mayor producción a nivel mundial, gracias a su alto rendimiento productivo, valor nutricional y bajo costo de cultivo. El uso de herramientas biotecnológicas ha impulsado significativamente su desarrollo, permitiendo la identificación de rasgos de interés en programas de mejoramiento, como el crecimiento, mediante el análisis de genes asociados a este carácter. El objetivo del presente estudio fue identificar variantes de un solo nucleótido (SNPs) en genes relacionados con el crecimiento. Para ello, se recolectaron 50 individuos en distintas localidades del estado de Nayarit, los cuales fueron sexados, marcados y muestreados para la obtención de sangre. El ADN genómico fue extraído utilizando un kit comercial de la marca Qiagen, siguiendo el protocolo del fabricante. Posteriormente, se llevó a cabo la amplificación por PCR empleando concentraciones de dNTPs (0.4 nM), iniciadores (0.5 μ M) y GoTaq DNA Polimerasa (2.5 U). Los productos amplificados fueron secuenciados y analizados mediante el software CodonCode Aligner, identificándose polimorfismos en 14 individuos. En el gen amplificado con el iniciador GHp se detectaron cinco transiciones y seis transversiones entre las posiciones 231 y 435 pb; mientras que con el iniciador GH2 se observaron tres transiciones y cinco transversiones entre las posiciones.

Palabras clave: *Tilapia, SNPs, crecimiento, biotecnología, análisis genético, Nayarit*

Abstract

Tilapia is the third most produced aquaculture species worldwide, thanks to its high productive performance, nutritional value, and low cultivation cost. The use of biotechnological tools has significantly enhanced its development, enabling the identification of traits of interest in breeding programs, such as growth, through the analysis of genes associated with this characteristic. The aim of this study was to identify single nucleotide polymorphisms (SNPs) in genes related to growth. To achieve this, 50 individuals were collected from various locations in the state of Nayarit, sexed, marked, and sampled for blood collection. Genomic DNA was extracted using a Qiagen commercial kit, following the manufacturer's protocol. PCR amplification was then performed with concentrations of dNTPs (0.4 nM), primers (0.5 μ M), and GoTaq DNA Polymerase (2.5 U). The amplified products were sequenced and analyzed using the CodonCode Aligner software, identifying polymorphisms in 14 individuals. In the gene amplified with the GHp primer, five transitions and six transversions were detected between positions 231 and 435 bp; while with the GH2 primer, three transitions and five transversions were observed between positions 488 and 543 bp.

Keywords: *Tilapia, SNPs, Biotechnology, genetic analysis, Nayarit.*

INTRODUCCIÓN

La acuicultura se define como el conjunto de actividades orientadas al desarrollo de organismos y microorganismos acuáticos, tanto vegetales como animales, con el objetivo de lograr una producción elevada y controlada de bienes alimenticios, principalmente para mejorar el abastecimiento de consumo (FAO, 2020).

En México, la acuicultura es considerada un tema de seguridad nacional y una parte esencial de la actividad económica y social del país (FAO, 2022). En 2018, la producción mundial de acuicultura alcanzó un récord de 96.4 millones de toneladas, lo que representó un aumento del 5.4% con respecto a años anteriores. A nivel global, la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) ocupó el tercer lugar entre las especies más producidas, alcanzando 10.3 millones de toneladas, lo que implicó un incremento del 51% en comparación con 2016 (FAO, 2020). Este crecimiento en la producción de tilapia se atribuye a su alta resistencia a enfermedades, rápido crecimiento, facilidad de manejo, capacidad de sobrevivir en ambientes con bajos niveles de oxígeno y su habilidad para alimentarse de una amplia gama de alimentos (Cuevas-Rodríguez et al., 2017).

El cultivo de la tilapia ha experimentado un notable crecimiento global, con avances significativos en el desarrollo de tecnologías debido a su creciente aceptación en el mercado internacional, especialmente en Estados Unidos. México es uno de los principales productores de tilapia en América Latina, aunque sus exportaciones siguen siendo limitadas (Ruiz-Velazco et al., 2006). Según Ruiz-Campos (2012), la tilapia fue introducida en México durante la década de los 70 como parte de un programa nacional de piscicultura rural para apoyar a los productores acuícolas. En el estado de Nayarit, la tilapia ocupa el segundo lugar entre las especies más cultivadas. Actualmente, los cultivos de tilapia en este estado están concesionados en 109 cuerpos de agua para su explotación comercial, y se tiene registro de siembra en 184 cuerpos de agua. La acuicultura en Nayarit demanda un desarrollo sostenible de los recursos biológicos y económicos disponibles para el sector acuícola. Por lo tanto, el éxito del desarrollo acuícola dependerá de la implementación de tecnologías eficientes, innovación y la modernización de los procesos (Ponce-Palafox et al., 2018).

Aunque las tecnologías genéticas no habían sido consideradas un componente estándar de la producción acuícola, en la última década ha

aumentado su aplicación en la mejora genética de las especies cultivadas. Actualmente, 10 de las 19 especies acuícolas más cultivadas están bajo algún tipo de selección genética (Jaser et al., 2017). Una de las herramientas biotecnológicas clave en este proceso es la genotipificación o caracterización molecular de poblaciones animales, que ha ganado relevancia por su impacto en la productividad. La implementación de la biotecnología en la industria acuícola ha permitido caracterizar la variabilidad genética presente en el ADN de los organismos, mejorando la comprensión de la relación genotipo-fenotipo. Esto ha generado avances en la selección de progenitores candidatos, reducción del intervalo generacional y aumento de la ganancia genética (Cuevas-Rodríguez et al., 2016).

Una de las alternativas para hacer más rentable el cultivo de tilapia es identificar e incorporar caracteres fenotípicos a partir de colectas silvestres o semi-silvestres, mejorando así las variedades locales con potencial productivo. Mediante cruza entre individuos genéticamente diversos, se pueden incorporar características deseables en el cultivo, como el crecimiento, que es uno de los rasgos más importantes para la acuicultura (Hemmer-Hansen et al., 2011). En vertebrados, la hormona de crecimiento (GH) es la principal responsable del crecimiento somático. En peces, esta hormona regula el metabolismo energético, la reproducción, la osmorregulación, el comportamiento y las funciones inmunológicas. La estructura genética de la hormona de crecimiento en peces es variable, con algunos grupos presentando cinco exones y cuatro intrones, como en los tetrápodos, o seis exones y cinco intrones, siendo los exones 5 y 6 producto de la inserción de un intrón en el último exón (Delgadín, 2016). Se han identificado los receptores de la hormona de crecimiento (GHR-I y GHR-II) en peces, los cuales se expresan en el hígado. La hormona de crecimiento, a través de estos receptores, estimula la producción de factores de crecimiento similares a la insulina, que intervienen en diversas funciones fisiológicas (Cottrino, 2016).

Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio es identificar variaciones de un solo nucleótido (SNPs) localizadas en genes relacionados con el crecimiento en poblaciones de tilapia de la región de Nayarit.

MATERIALES Y METODOS

Recolecta de muestra

Se realizaron muestreo en distintos municipios del estado de Nayarit, para seleccionar las zonas de recolección donde se seleccionaron organismos vivos (n=50) trasladándolos a la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, de la Universidad Autónoma de Nayarit, en San Blas, Nayarit; posteriormente fueron colocados en un estanque para su aclimatación, con entrada de agua constante y aeración continua.

Para evaluar la población experimental de descubrimiento e identificar la variabilidad genética en las poblaciones de estudio. Se extrajeron muestras de sangre de la aleta caudal y el ADN se aisló utilizando el kit comercial DNA marca Qiagen.® El gen de la hormona de crecimiento de tilapia *O. niloticus*,

posee 2341 pb y su secuencia se encuentra disponible en la base de datos del Centro Nacional de Información en Biotecnología de Estados Unidos (National Center of Biothechnology Information, NCBI), bajo el código LOC100534452 en su última versión para los cuales, se diseñarán los oligos específicos en regiones flanqueantes con el programa Primer Select V7.0.0 de la Suite Lasergene, DNASTAR y reportado por Cuevas-Rodríguez *et al.* (2016) (Tabla1). Las amplificaciones de los fragmentos del gen se realizaron con variaciones en las concentraciones de ADN molde, magnesio, temperatura y programas de PCR. Se utilizaron concentraciones de dNTPs (0.4 nM), primers (0.5 µM) y GoTaq DNA Polimerasa (2.5 U), la temperatura de alineamiento 60°C y 50ng de muestra de ADN. Los productos de PCR purificados fueron secuenciados en ambas direcciones en un secuenciador automático ABI PRISM 3100 Genetic Analyzer (Applied Biosystems®). Una vez obtenidas las secuencias de nucleótidos, los alineamientos de secuencias y la identificación de SNPs se realizaron utilizando el software PolyPhred (Nickerson et al., 1997).

Tabla 1.- Oligonucleótidos diseñados para la amplificación del gen GH

	Nombre del Primer	Secuencia (5'- 3')	Tamaño del producto de PCR en pb
1	GH1	A:atgttggtatgtcagagcacttt B: tgaaaa agaccaaag ttacc	545pb
2	GH2	A:ttctgtatgcacctgtgtatt B:agtcagggtggttagtcgcattggt	510pb
3	GH3	A: acacaggaca gaagagcgca tactgaagacta B: ctgctgggtgagggaggac	552pb
4	GHp	A:gtcgacctttatttcaga B:gctcagagtttttgccttta	466pb

RESULTADOS**Identificación de los polimorfismos****Polimorfismos en el gen GH**

Se obtuvieron satisfactoriamente 14 muestras de ADN, los cuales se organizaron bancos distintos de acuerdo a la población de origen.

Para el gen GH, se secuenciaron 600 pb en 14 organismos de dos poblaciones, dando un total de 8,400 pb analizadas.

En las secuencias con el primer GHp se observaron variaciones polimórficas en cuatro indivi-

duos; en el organismo 2 se observó una transición (A/G) localizada en la posición 231 y dos transversiones (A/C) y (C/A) localizadas en la posición 383 y 434 respectivamente. En el organismo 3 se localizaron cuatro transiciones, dos (A/G), (T/C) y (T/G) desde la posición 274 hasta la 289; dos transversiones (T/G) localizada en la posición 294 y (T/A) en la posición 319. Los organismos 11 y 14 comparten una transversión (C/G) localizada en ambas en la posición 435. Todos localizados en la región promotora (tabla 2).

Tabla 2.- Polimorfismos observados en la hormona GH con el primer GHp

Gen	Organismo	Polimorfismo		Localización	Región
GHp	2	Transición	A/G	231	Promotor
	2	Transversión	A/C	383	
	2	Transversión	C/A	434	
	3	Transición	C/T	274	
	3	Transición	A/G	284	
	3	Transición	A/G	286	
	3	Transición	T/C	289	
	3	Transversión	T/G	294	
	3	Transversión	T/A	319	
	11	Transversión	C/G	435	
	14	Transversión	C/G	435	

En el primer GH2 se localizaron polimorfismos en 3 individuos diferentes, una transversión en el organismo dos (C/G) localizada en la posición 543. En el organismo 6 una transición (T/C) localizada en la posición 532 y una Transversión (T/A) localizada en la posición 536. En el organismo 14 se localizaron dos transiciones (A/G), (C/T) localizado en la posición 488 y 527 res-

pectivamente y tres transversiones (G/C), (T/A) y (C/A) localizadas desde la posición 513 hasta la 515. Todas en la región codificante (Tabla 3). De forma individual el individuo marcado con el número 2 y 14 cuentan con polimorfismos de ambos tipos en los dos iniciadores.

Tabla 3.- Polimorfismos observados en la hormona GH con el primer GH2

Gen	Organismo	Polimorfismo		Localización	Región
GH2	2	Transversión	C/G	543	Codificante
	6	Transición	T/C	532	
	6	Transversión	T/A	536	
	14	Transición	A/G	488	
	14	Transversión	G/C	513	
	14	Transversión	T/A	514	
	14	Transversión	C/A	515	
	14	Transición	C/T	527	

Discusión

El incremento en la investigación de las bases genéticas, con énfasis en rasgos fenotípicos como la heredabilidad y las correlaciones genéticas (Gjerde, 1986; Vandeputte et al., 2004), junto con la exitosa adaptación de planes de mejoramiento genético diseñados para especies acuícolas (Dupont-Nivet et al., 2006), ha impulsado avances significativos en la acuicultura. Este mejoramiento se ha potenciado gracias a la genética molecular, la cual ha revolucionado diversas tecnologías con un objetivo central: estudiar la composición genética de los individuos a nivel de secuencia de ácido desoxirribonucleico (ADN), con el fin de reforzar la selección de crías desde edades tempranas y predecir con mayor precisión su fenotipo en la etapa adulta. (Cuevas- Rodríguez et al., 2017). Para alcanzar este propósito, es fundamental localizar e identificar genes y sus polimorfismos asociados a rasgos de interés, con el objetivo de utilizarlos posteriormente como marcadores moleculares en distintas especies de los sistemas productivos, estrategia conocida como selección asistida por genes (GAS, por sus siglas en inglés) (De-Santi y Jerry, 2007).

El crecimiento es un rasgo productivo prioritario en muchas especies acuícolas, por lo que el uso de herramientas como la selección asistida por genes (GAS) en estrategias de mejoramiento genético puede representar una ventaja económica al reducir el tiempo necesario para lograr mejoras significativas en la producción. En peces, al igual que en la mayoría de los mamíferos, el crecimiento y el desarrollo están regulados principalmente por el eje somatotrófico. La identificación de polimorfismos genéticos en los genes que conforman este eje ha permitido la aplicación de la estrategia GAS en diversas especies tanto de peces como de mamíferos (De-Santi y Jerry, 2007).

Los genes candidatos son aquellos cuya función biológica es conocida y que, generalmente, están involucrados en el desarrollo o la fisiología de una característica específica. Estos pueden clasificarse como genes estructurales, reguladores o genes que participan en rutas metabólicas. La estrategia basada en genes candidatos se centra en la identificación y selección de polimorfismos de un solo nucleótido (SNP, por sus siglas en inglés), lo que suele

implicar la secuenciación completa del gen en la población de estudio (Yañez et al., 2020).

Un objetivo clave del uso de SNPs en esta estrategia es su capacidad para revelar sustituciones nucleotídicas en posiciones específicas del codón, las cuales pueden o no modificar la secuencia aminoácida. Estas sustituciones se clasifican en dos tipos: las sustituciones nucleotídicas sinónimas (sSNPs) o silenciosas, que no alteran el aminoácido codificado; y las sustituciones no sinónimas (nsSNPs) o antónimas, que sí producen un cambio en el aminoácido (Gou et al., 2017).

Los genes del eje somatotrófico, así como aquellos relacionados con el desarrollo muscular, han sido ampliamente caracterizados con el fin de identificar polimorfismos genéticos que permitan seleccionar individuos con mayor potencial productivo en peces (Liu et al., 2014). En *Oreochromis niloticus*, los principales genes de este eje han sido secuenciados, revelando variaciones genéticas asociadas a rasgos productivos como el crecimiento. Jaser et al. (2017) sugieren que la variación en crecimiento está más relacionada con la genética del organismo que con las condiciones de cultivo, observando que un aumento en la variabilidad genética conlleva un incremento en el peso de cosecha.

Black et al. (2009) encontraron una asociación significativa entre un polimorfismo (GH1-PstI) ubicado en el intrón 1 del gen de la hormona de crecimiento (GH) y diversas características corporales de distintas variedades de tilapia del Nilo, tales como longitud total, altura y ancho del cuerpo, lo cual sugiere un papel regulador de este gen sobre el rendimiento productivo. De forma complementaria, Yue y Orban (2001) reportaron que la mayoría de las variaciones genéticas del gen GH se localizan en los intrones, principalmente como inserciones, deleciones, repeticiones y SNPs. Por su parte, Streelman y Kocher (2002) asociaron la longitud de un microsatélite en el promotor del gen prolactina con el crecimiento y niveles de expresión de este gen en cruces entre *O. mossambicus* (adaptada a salinidad) y *O. niloticus* (adaptada a agua dulce).

Asociaciones similares entre polimorfismos en regiones codificantes y no codificantes del gen GH y rasgos de crecimiento han sido descritas en otras especies, como *Paralichthys olivaceus* (Kang et al., 2002), *Salmo salar* (Gross y

Nilsson, 1999) y *Salvelinus alpinus* (Tao y Boulding, 2003).

La hormona de crecimiento (GH) es un polipéptido que desempeña un papel fundamental en la estimulación del crecimiento en vertebrados, incluidos los teleósteos. Sus secuencias de aminoácidos están conservadas filogenéticamente (Watahiki et al., 1989), lo que se refleja también en la conservación de su función biológica. En general, la GH regula el crecimiento somático mediante procesos de hipertrofia e hiperplasia celular. En peces teleósteos, además, cumple funciones clave como la osmorregulación (Mancera y McCormick, 1998), control de la esmoltificación (Björnsson et al., 2000) y síntesis de proteínas anticongelantes (Idler et al., 1989).

Gracias a estudios de clonación y caracterización del gen GH en especies de interés comercial, como carpa común (*Cyprinus carpio*), bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), dorada (*Sparus aurata*) y salmón del Atlántico (*Salmo salar*), se ha avanzado significativamente en el entendimiento de su regulación genética (Chiou et al., 1990; Tang et al., 1993; Almuly et al., 2005).

En este trabajo se utilizó la estrategia de genes candidatos para identificar variación genética asociada a rasgos de crecimiento en tilapia. Para el gen GH, se re-secuenciaron 600 pb en 14 organismos de dos poblaciones, totalizando 8,400 pb analizadas. Se identificaron variaciones polimórficas del tipo SNPs en cuatro individuos, todas localizadas en la región promotora del gen, detectándose una transición y dos transversiones en las posiciones 383 y 434, respectivamente. En el individuo número 3 se hallaron cuatro transiciones [(A/G), (T/C), (T/G)]

entre las posiciones 274 y 289, así como dos transversiones [(T/G) en la posición 294 y (T/A) en la 319]. Los organismos 11 y 14 compartieron una transversión (C/G) en la posición 435 (Tabla 2).

Las variaciones funcionales dentro de regiones promotoras pueden afectar la actividad transcripcional del gen, modulando la unión de factores de transcripción (Zou y Liu, 2015), lo que coincide con los hallazgos de este estudio. Aunque no se planteó una asociación directa con el origen o productividad de los organismos, estudios como el de Li et al. (2012) han demostrado que polimorfismos en regiones promotoras de genes como *MSTN* en lenguado manchado (*Verasper variegatus*) se asocian significativamente con el crecimiento, incluso de forma sexo-específica.

En este estudio se observaron variaciones del tipo SNP en la región codificante del exón II del gen GH. En tres individuos se detectaron mutaciones específicas: en el organismo 2, una transversión (C/G) en la posición 543; en el organismo 6, una transición (T/C) en la posición 532 y una transversión (T/A) en la 536; mientras que en el organismo 14 se encontraron dos transiciones (A/G y C/T) en las posiciones 488 y 527, y tres transversiones (G/C, T/A, C/A) entre las posiciones 513 y 515 (Tabla 3).

Los SNPs en exones, especialmente los no sinónimos (nsSNP), son de gran relevancia debido a su impacto potencial en el fenotipo, al modificar la secuencia aminoacídica de la proteína (Ramensky et al., 2002). En tilapia del Nilo, estas variantes han mostrado asociaciones con características como longitud total y estándar, profundidad y ancho corporal, y peso, lo que respalda su uso en programas de selección asistida por marcadores (Zou et al., 2015).

Bibliografía

- Abo-Al-Ela, H., El-Magd, M., El-Nahas, A. y Mansour, A. (2014). Association of a novel SNP in exon 10 of the IGF2 gene with growth traits in Egyptian water buffalo (*Bubalus bubalis*). *Tropical Animal Health and Production*. 46(6): 947-952.
- Almuly, R., Poleg-Danin, Y., Gorshkov, S., Gorshkova, G., Rapoport, B., Soller, M. y Funkenstein, B. (2005). Characterization of 50 flanking region of the growth hormone gene of the marine teleost, gilthead sea bream *Sparus aurata*: Analysis of a polymorphic microsatellite in the proximal promoter. *Fisheries Science*. 71: 479- 490.
- Astorga, M. (2008). Estado actual del uso de marcadores moleculares en moluscos bivalvos de importancia para la acuicultura. *Cultivo y manejo de moluscos bivalvos en América Latina*: 277-287
- Bautista, J. y Ruiz-Velazco, J. (2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente*. (8): 10-14.
- Biocnología. (2004). El Cuaderno de Porque Biocnología. Consultado el 01 de diciembre del 2021: https://www.porquebiocnologia.com.ar/Cuadernos/El_Cuaderno_86.pdf
- Björnsson, B., Hemre, G., Bjornevik, M. y Hansen, T. (2000). Photoperiod regulation of plasma growth hormone levels during induced smoltification of underyearling Atlantic Salmon. *General and Comparative Endocrinology*. 119: 17-25.
- Black, D., Gasparino, E., Ribeiro, R. y Marques, D. (2009). Polymorphism in the GH1-PstI gene associated to corporal characteristics in Nile tilapia strains. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. (44): 599-604.
- Boutneuf, E., Otz, P., Pausch H., Jagannathan, V., Michot, P. y Grosh, C. (2017). Rapid discovery of De Novo deleterious mutations in Cattle Enhances the value of livestock as model species. *Scientific Reports*. 7(11466): 1-19. doi:10.1038/s41598-017-11523-3.
- Caratachea, M. (2007). Plimorfismos genéticos: importancia y aplicaciones. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*. 20(3): 213-221.
- Chiou, C., Chen, H., y Chang, W. (1990). The complete nucleotide sequence of the growth-hormone gene from the common carp (*Cyprinus carpio*). *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Structure and Expression*. 1087(1): 91-94.
- Cotrino, L. (2016). Efectos de la hormona de crecimiento (GH), insulina, cortisol y estradiol sobre la expresión de los receptores de hormona de crecimiento (GHRs) y de los factores de crecimiento similares a insulina (IGFs) en hepatocitos de Pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en cultivo. Trabajo de grado. Bogotá, Colombia. Recopilado el 01 de junio del 2022: <http://hdl.handle.net/10654/14110>.
- Cuevas-Rodríguez, B. (2016). Análisis del polimorfismo en genes candidatos y su asociación a la calidad de huevo y juveniles en poblaciones de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis. Instituto Politécnico Nacional. Guasave, Sinaloa.
- Cuevas-Rodríguez, B., García-Ulloa, M., Hernández-Llamas, A., Recotta, I., Valdez-González, F., Polaco-Torres, A. y Rodríguez-González, H. (2017). Evaluating quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) eggs and juveniles from different commercial hatcheries. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 45(1): 213-217.
- Delgadín, T. (2016). Respuesta del eje hormona de crecimiento (GH)/factor de crecimiento tipo insulina-I (IGF-I) a alteraciones en la ingesta en el pez cíclido *Cichlasoma dimerus*. Tesis. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- De-Santis, C. y Jerry, D. (2007). Candidate growth genes in finfish - where should we be looking? *Aquaculture*. 272: 22-38.
- Diopere, E., Hellemans-Volckaert, B. y Maes, G. (2013). Identification and validation of single nucleotide polymorphisms in growth-and maturation-related candidate genes in sole (*Solea solea* L.). *Marine Genomics*. 9: 33-38.
- Du, S., Devlin, R., y Hew, C. (1993): Genomic structure of growth hormone genes in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*): presence of two functional genes, GH-I and GH-II, and a male-specific pseudogene. *DNA an Cell Biology*. 12(8): 739-751.

- Dunpont-Nievet, M., Vandeputte, M., Haf-ray, P. y Chevassus, B. (2006). Effect of different mating designs on inbreeding, genetic variance and response to selection when applying individual selection in fish breeding programs. *Aquaculture*. 252(2-4): 161-170.
- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad 57 alimentaria y la nutrición para todos. Roma: 224.
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. Consultado el 01 de junio del 2022: <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
- FAO. (2022). Visión general del sector acuícola nacional en México, Texto de Montero Rodríguez, M. Consultado el 01 de junio del 2022: <https://www.fao.org/fishery/es/countrysector/mx/es>.
- Figueras, A. y Novoa, B. (2014). Biotecnología marina y acuicultura. Consultado el 01 de diciembre del 2021: <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/1955/2281>
- Flores, E. (2006). Aplicaciones de la biología molecular en la acuicultura. *Encuentro*. (75): 20-32.
- Gjerder, B. (1986). Growth and reproduction in fish and shellfish. *Aquaculture*. 57(1-4): 37-35.
- Gou, C., McDowell, I., Nodeznski, M., Scholtens, D., Allen, A., Lowe, W. y Reddy, T. (2017). Transversions have larger regulatory effects than transitions. *BMC Genomics*. 18(1): 1-9.
- Gross, R., y Nilsson, J. (1999). Restriction fragment length polymorphism at the growth hormone 1 gene in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and its association with weight among the offspring of a hatchery stock. *Aquaculture*. 173(1-4): 73-80.
- Gui, J., y Zhu, Z. (2012). Molecular basis and genetic improvement of economically important traits in aquaculture animals. *Chinese Science Bulletin*. 57: 1751-1760.
- Hemmer-Hansen, J., Nielsen, E. Meldrup y Mittelholzer, C. (2011). Identification of single nucleotide polymorphisms in candidate genes for growth and reproduction in a nonmodel organism; the Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Molecular Ecology Resources*. 11:71-80.
- Hershnerger, W. (2006). What can history tell us about the future of aquaculture genetics. *The Israeli Journal of Aquaculture*. 58(4): 223-229.
- Hong, Y., y Scharl, M. (1993). Sequence of the growth hormone (GH) gene from the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and evolution of GH genes in vertebrates. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1174: 285-288.
- Huerta, J. (2007). Articulación productiva para el desarrollo de las pequeñas empresas de Biotecnología Marina y Acuicultura región occidente.
- Idler, D., Fletcher, G., Belkhome, S. King, M. y Hwang, S. (1989). Regulation of antifreeze protein production in winter flounder: a unique role for growth hormone. *General and Comparative Endocrinology*. 74:327-334.
- Jaser, S, Dias, M., Lago, A., Reis-Nieto, R. y Hilsdorf, A. (2017). Single nucleotide polymorphisms in the growth hormone gene of *Oreochromis niloticus* and their association with growth performance. *Aquaculture Research*. 48(12): 5835-5845.
- Johansen, B., Johnsen, O., y Valla, S. (1989). The complete nucleotide sequence of the growth-hormone gene from Atlantic salmon (*Salmon salar*). *Gene*. 77(2): 317-324.
- Kang, J., Lee, S., Park, S., y RYU, H. (2002). DNA polymorphism in the growth hormone gene and its association with weight in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries Science*. 68(3): 494-498.
- Kocour, M., y Kohlmann, K. (2011). Growth hormone gene polymorphisms in tench, *Tinca tinca* L. *Aquaculture*. 310: 298-304.
- Li, H., Fan, J., Liu, S., Yang, Q., Mu, G., y He, C. (2012). Characterization of a myostatin gene (MSTN1) from spotted halibut (*Verasper variegatus*) and association between its promoter polymorphism and individual growth performance. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 161(4): 315-322.
- Liu, F., Sun, F., Xia, J. H., Li, J., Fu, G. H., Lin, G. & Yue, G. H. (2014). A genome scan revealed significant associations of growth traits with a major QTL and GHR2 in tilapia. *Scientific reports*, 4 (1), 7256.
- Ma, Q., Liu, S., Zhuang, Z., Lin, L., Sun, Z., Liu, C., y Tang, Q. (2012). Genomic structure, polymorphism and expression analysis of the growth hormone (GH) gene in female and male Half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*). *Gene*. 493: 92-104.

- Magallon-Barajas, F.J., Villarreal-Colmenares, H., Arcos-Ortega, F., Civera-Ceracedo, R., Cruz-Hernández, P. (2007). Desarrollo Sustentable de la Acuicultura en México. Publicaciones especiales del Centro de investigaciones Biológicas de Noroeste S.C, Cámara de diputados, LX Legislatura. México: 264.
- Mancera, J. y McCormick, S. (1998). Osmoregulatory actions of the GH/IGF axis in non-salmonid teleosts. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 121(1): 43-48.
- Martínez, P. (2016). Genómica y Acuicultura: aplicaciones para la mejora de la producción de rodaballo. *Revista AquaTIC*. (37).
- Meyer, D. (2004). Introducción a la Acuicultura. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2014. Recopilado el 27 de noviembre del 2022: <https://bdigital.zamorano.edu/items/b0337c95-0eac-4c71-ae9c-79aa5d994da3>
- Nickerson, D., Vicent, O. y Scott, L. (1997). PolyPhred: automating the detection and genotyping of single nucleotide substitutions using fluorescence-based resequencing. *Nucleic Acids Research*. 25(14): 2745-2751.
- Paniagua-Chávez, C., Ortiz-Gallarza, S., y Aguilar-Juárez, M. (2011). Subsistema Nacional de Recursos Genéticos Acuáticos: uso de la cría preservación para la conservación de los recursos genéticos acuáticos en México. *Hidrobiológica*. 21(3): 415-429.
- Ponce-Palafox, J.T., Soto, E., Meza, E. y Robles, F.J. (2018). La etapa de crecimiento lento de la acuicultura en Nayarit: aspectos económicos y sostenibilidad. *Revista mexicana sobre desarrollo social*: 1-12
- Ramensky, V., Bork, P., y Sunyaev, S. (2002). Human non-synonymous SNPs: server and survey. *Nucleic Acids Research*. 30(17): 3894-3900.
- Rocha, A., Ruiz, S., Estepa, A., y Coll, J. M. (2016). Biología molecular de los peces: Interés y aplicaciones. *Revista AquaTIC*. (15).
- Ruiz-Campos, G. (2012). Catálogo de peces dulceacuícolas de Baja California Sur, Instituto Nacional de Ecología Semarnat, (2012): 159
- Ruiz-Velazco, J., Tapia, V., García, R., Rosendo, J. y González, H. (2006). Evaluación de un cultivo semi-Intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 7(11): 1-12.
- SAGARPA, (2015) Situación actual de la acuicultura en Tabasco, problemática y perspectivas de desarrollo a través de la innovación tecnológica: 128.
- SAGARPA, (2017). Avanza México como una potencia de producción acuícola. Comunicado de prensa: 2 (col 1). México.
- Sousa, M., Althayde, F., Maldonado, M., Lima, A., Fortes, M. y Lopes, F. (2021). Single nucleotide polymorphisms affect miRNA target prediction in bovine. *Plos one*. 16(4).
- Streelman, J. y Kocher, T. (2002). Microsatellite variation associated with prolactin expression and growth of salt-challenged tilapia. *Physiological Genomics*. 9(1): 1-4.
- Tang, Y., Lin, C., Chen, T., Kawauchi, H., Dunham, R., y Powers, D. (1993). Structure of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) growth hormone gene and its evolutionary implications. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*. 2(4): 198-206.
- Tanka, M., Tanangonan, J., Tagawa, M., De Jesus, E. Nishida, H., Isaka, M., y Hirano, T. (1995). Development of the pituitary, thyroid and interrenal glands and applications of endocrinology to the improved rearing of marine fish larvae. *Aquaculture*. 135(1-3): 111-126.
- Tao, W. y Boulding, E. (2003). Associations between single nucleotide polymorphisms in candidate genes and growth rate in Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Heredity*. 91: 60-69.
- Toscano, C., y Campaña, M. (2009). Recursos genéticos de peces marinos de interés en acuicultura. In *Genética y genómica en acuicultura*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura: 23-64.
- Vendeputte, M., Chevassus, B., Quillet, E., Krieg F., Hollebecq, M., Mambrini, M., y Fauré, A. (2004). Enhanced individual selection for selecting fast growing fish: the "PROSPER" method, with application on brown trout (*Salmon trutta fairo*). *Genetics Selection Evolution*. 36(6): 643
- Vignal, A. (2002). Review on SNP and other types of molecular markers and their use in animal genetics. *Genetics Selection Evolution*. 34: 275-305. doi:10.1186/1297-9686-34-3-275.

Wang, S., Sha, Z., Sonstegard, T. S., Liu, H., Xu, P., Somridhivej, B., y Liu, Z. (2008). Quality assessment parameters for EST-derived SNPs from catfish. *BMC Genomics*. 9: 1-11.

Watahiki, M., Yamamoto, M., Yamakawa, M., Tanaka, M., y Nakashima, K. (1989). Conserved and unique amino acid residues in the domains of the growth hormones: Flounder growth hormone deduced from the cDNA sequence has the minimal size in the growth hormone prolactin gene family. *Journal of Biological Chemistry*. 264(1): 312-316.

Yáñez, J., Houston, R. y Newman, S. (2014). Genetics and genomics of disease resistance in salmonid species. *Frontiers Genetics*. 5:1-13.

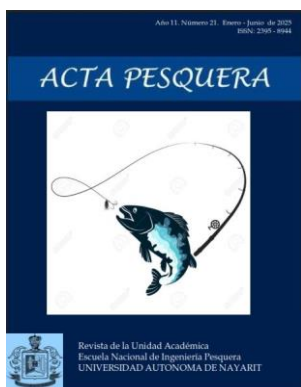
Yáñez, J., Newman, S. y Houston, R. (2015). Genomics in aquaculture to better understand species biology and accelerate genetic progress. *Frontiers in Genetics*. 6:1-3.

Yue, G. y Orban, L. (2001). Rapid isolation of DNA from fresh and preserved fish scales for polymerase chain reaction. *Marine Biotechnology*. 3(3): 199-204.

Zou, G., Zhu, Y., Liang, H. y Li, Z. (2015). Association of pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide and myogenic factor 6 genes with growth traits in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture International*. 23(5): 1217-1225.

Zou, L. y Liu, B. (2015). Identification of a Serum amyloid A gene and the association of SNPs with *Vibrio-resistance* and growth traits in the clam *Meretrix meretrix*. *Fish & Shellfish Immunology*. 43 (2): 301-309.





Revista ACTA PESQUERA.

Volumen 11 No. 21.

ISSN: 2395-8944

Periodo: Enero - Junio de 2025

San Blas, Nayarit. México

Pp. 24 - 35

Recibido: 24 marzo de 2025

Aprobado: 29 de junio de 2025

DOI: 10.60113/ap.v11i21.147

Modelación del crecimiento del dorado: validación con Shapiro-Wilk

Modeling the growth of dorado: validation with Shapiro-Wilk

José Trinidad Ulloa-Ibarra
Universidad Autónoma de Nayarit
jtulloo@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6382-7588>

María Inés Ortega Arcega
UACBI - UAN
maria.arcega@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-1058-8106>

Bárbara Nayar Olvera Carballo
Universidad Autónoma de Nayarit
barbara.olvera@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0001-3773-7570>

Nidia D. Uribe Olivares
CBETIS 100
nidy98@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2525-4157>

Juan Felipe Flores Robles
Universidad Autónoma de Nayarit
juan.f10res@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-4183-7501>

Modelación del crecimiento del dorado: validación con Shapiro-Wilk

Modeling the growth of dorado: validation with Shapiro-Wilk

Resumen

Este trabajo es una nueva contribución a los trabajos de modelación que realiza el equipo de matemática - modelación en la Universidad Autónoma de Nayarit y es una propuesta para determinar con base en un análisis numérico para determinar y validar el modelo logístico para representar datos del dorado. En su desarrollo se analizaron no solamente las cuestiones matemáticas implícitas sino también las actividades de la comunidad biológica - pesquera, por lo que se consideró como sustento teórico para el trabajo es la Socioepistemología. La importancia biológica, social y económica de los peces y de la pesca ha incentivado el desarrollo de modelos matemáticos que permiten, por un lado, sintetizar el ciclo de vida de los peces incluyendo la influencia del ecosistema y el efecto de la pesca, y por otro, estimar cuantos peces hay en el presente y predecir cuantos habrá en el futuro. Estos modelos permiten convertir ecuaciones en un beneficio tangible para la sociedad y el ecosistema. Se utilizó para la validación la técnica de Shapiro - Wilk para lograr hacer una ecuación congruente con los datos de la especie. El análisis de los residuos es una etapa crucial en la evaluación de la calidad y la adecuación de un modelo estadístico, ya sea de regresión lineal, no lineal o cualquier otro tipo, el objetivo es determinar no solamente si el modelo propuesto es congruente o no sino determinar que este haya capturado en forma adecuada la relación subyacente en los datos y si se cumplen los supuestos del modelo.

Palabras clave: modelación, dorado, ajuste, shapiro - wilk.

Abstract

This work is a new contribution to the modeling work being carried out by the mathematics and modeling team at the Autonomous University of Nayarit and is a proposal to determine and validate a logistic model based on numerical analysis to represent dorado data. In its development, not only the implicit mathematical issues were analyzed but also the activities of the biological and fishing community, so socioepistemology was considered as the theoretical basis for the work. The biological, social, and economic importance of fish and fishing has encouraged the development of mathematical models that allow, on the one hand, to synthesize the life cycle of fish, including the influence of the ecosystem and the effect of fishing, and on the other, to estimate the number of fish present and predict how many there will be in the future. These models allow equations to be converted into tangible benefits for society and the ecosystem. The Shapiro-Wilk technique was used for validation to achieve an equation consistent with the species data. Residual analysis is a crucial step in assessing the quality and adequacy of a statistical model, whether linear, nonlinear regression, or any other type. The goal is not only to determine whether the proposed model is consistent or not, but also to determine whether it has adequately captured the underlying relationship in the data and whether the model's assumptions are met.

Keywords: modeling, Golden brown, fit, Shapiro-Wilk

Introducción

La pesca y la acuicultura constituyen una fuente vital de alimentos, empleo, recreación, comercio y bienestar económico para las poblaciones de todo el mundo. Asimismo, debieran serlo para las generaciones futuras y, por tanto, la explotación pesquera tendría que llevarse a cabo de forma responsable. Antes los recursos acuáticos se

se percibían como un don ilimitado de la naturaleza, mito que los hechos han desvanecido al constatar que, aun siendo renovables, en realidad se encuentran limitados y tienen que someterse a una ordenación adecuada si se quiere que su contribución al bienestar nutricional, económico y social de la creciente población mundial sea sostenible, (Semanart – Conafor, 2002).

Es un hecho que la excesiva demanda de alimentos provoca la sobreexplotación de los recursos pesqueros. Este efecto negativo afecta a aquellas especies que son buscadas por los pescadores (especies objetivo) y muy a menudo ocurre la captura incidental de especies acompañantes, muchas de las cuales son simplemente descartadas en alta mar puesto que carecen de valor comercial. De manera indirecta, la pesca puede redundar en deterioro ambiental y contaminación, especialmente en las áreas costeras, provocando la destrucción del hábitat (Sagarpa, 2001). El deterioro ambiental antropogénico y natural que se experimenta en buena parte de la zona costera, de donde se extrae el 80% de la pesca, es cada vez más evidente. En una buena proporción de los embalses continentales la situación es similar, debido al deterioro de las cuencas hidrológicas y la sobrepesca.

Si bien el dorado es una especie restringida a la pesca deportiva se ha considerado la extracción como captura o pesca incidental, a través de un acuerdo legal (DOF, 2015), en el cual se estipula

que en las pesquerías de peces marinos de escama se permite un máximo de 10% de dorado (*Coryphaena hippurus*). Se ha reportado que en México las flotas palangreras y atuneras son las que principalmente realizan la pesca incidental de este recurso y de manera intensa (González-Huerta et al, 2023).

Descripción general del dorado (*Coryphaena hippurus* L.)

El dorado es una de las especies de peces de grandes pelágicos oceánicos, perteneciente a la familia Coryphaenidae (Figura 1-1). En el Pacífico se han registrado dos especies, *Coryphaena equiselis* (Linnaeus, 1758) y *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758), también conocidos como pompano y dorado, dolphinfish, perico, mahi-mahi o lampuga, respectivamente. *C. hippurus* es más común en las pesquerías, alcanza una talla máxima de 2 m, tiene cuerpo más alargado y comprimido, la altura máxima del cuerpo es menor del 25% de la longitud estándar en los adultos; área dentada de la lengua es pequeña y ovalada; una sola aleta dorsal que se extiende desde una línea vertical a través del ojo hasta casi la aleta caudal, con 55 a 65 radios; aletas pectorales más de la mitad de la longitud de la cabeza; aleta caudal es profundamente ahorquillada. Es una especie dioica, donde los adultos presentan dimorfismo sexual; en los machos mayores a 30 cm se desarrollan una cresta frontal ósea, que le da el aspecto vertical a la cabeza (Fischer et al., 1995) (Figura 1-2).

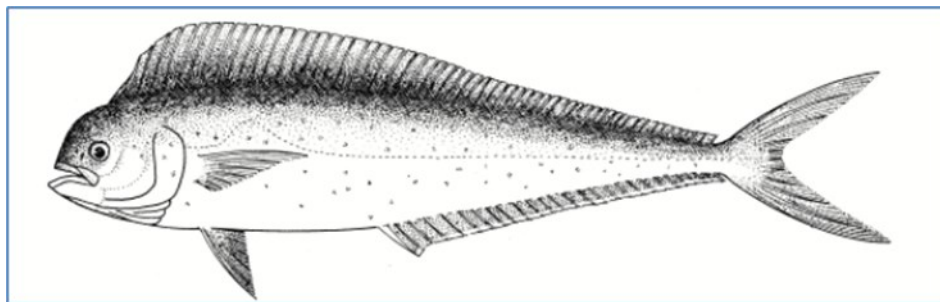


Figura 1. Dorado (*Coryphaena hippurus* L.), uno de los principales representantes de la familia Coryphaenidae (FAO, 2011).



Figura 2. Dimorfismo sexual en macho (A) y hembra (B) de dorado (Rosales-Morales, 2007).

El dorado es una especie migratoria, o sea, los individuos de su población realizan un desplazamiento sistemático durante las distintas fases de su vida, lo cual puede ser tanto vertical como horizontal. El conocimiento acerca de esa característica contribuye para que se pueda predecir cuándo y dónde se encontrarán en altas concentraciones, favoreciendo la formación de los llamados “bancos de pesca” y, por lo tanto, zonas de gran captura. Además de esa ventaja, hay otras razones para estudiar la migración de la especie. Una de ellas se debe a que sus poblaciones son compartidas por dos o más países, llevando a problemas en la identificación de estas, en razón de hacerse una correcta división y manutención de ese recurso y al empleo de la legislación específica (Hauser y Carvalho, 2008).

De forma general, de acuerdo con (Parra et al, 2019), “un modelo matemático es un conjunto de ecuaciones que describe las relaciones entre un conjunto de objetos que conforman un sistema”. Resolviendo estas ecuaciones podemos imitar o simular el comportamiento del sistema. En (San Cristóbal, 2004) se indica que “un modelo matemático es una ecuación o un conjunto de ecuaciones que describen un fenómeno de cualquier índole”. Sus soluciones se aproximarán a la realidad del fenómeno en estudio con cierto margen de error, dependiendo de los parámetros de cada modelo. Además, en (Ladino Martínez, 2012) se afirma que “la posibilidad de modelar matemáticamente un

sistema tiene su importancia en poder predecir con determinado acierto el comportamiento futuro de éste, en circunstancias que no pueden o son difíciles de ser reproducidas en un laboratorio”. Finalmente, en (Ulloa Ibarra y otros, 2013) se concluye que:

En la actualidad los modelos matemáticos han ganado mayor importancia, debido a su relación con todas las ciencias. Por esta razón los modelos matemáticos nos son útiles para predecir fenómenos o para la toma de decisiones cuando son aplicados a varios fenómenos de las diferentes ciencias de estudio; cuando su aplicación e interpretación son correctas, estos son de gran ayuda y nos pueden evitar grandes costos.

Modelar el crecimiento y ajustar adecuadamente los modelos propuestos en peces, como el dorado, es de gran importancia para la gestión sostenible de este recurso pesquero y la conservación de las poblaciones. Un modelo de crecimiento preciso permite entender cómo los peces ganan peso y longitud a lo largo de su vida, lo cual es fundamental para determinar la edad a la que alcanzan la madurez sexual, la talla óptima de captura para maximizar el rendimiento pesquero sin comprometer la reproducción, y la biomasa total de una población. Sin esta información, las decisiones de manejo podrían llevar a la sobreexplotación, reduciendo drásticamente las poblaciones y afectando la viabilidad económica de las pesquerías.

En el caso específico del dorado (*Coryphaena hippurus*), una especie pelágica altamente migratoria y de gran valor comercial a nivel global, la modelación de su crecimiento es aún más crítica. Su rápido crecimiento y corta esperanza de vida significan que los cambios en las tasas de explotación o en las condiciones ambientales pueden tener un impacto rápido y significativo en la población. Un modelo de crecimiento bien ajustado proporciona los parámetros necesarios para estimar la productividad de la población, predecir el impacto de diferentes escenarios de pesca y establecer cuotas de captura o tallas mínimas legales que aseguren la renovación del stock y la sostenibilidad de la pesquería para las futuras generaciones de pescadores y consumidores.

Además, la verificación del ajuste del modelo, es decir tratar de saber si es realmente válido supone el siguiente paso ineludible. El uso de estadísticas como la prueba de Shapiro-Wilk en el establecimiento del ajuste del modelo, implica un paso fundamental para ello. Realizar un análisis estadístico del ajuste es importante debido a que, de no hacerlo, podríamos confiar en unos resultados que en realidad no se ajustan a la pura realidad, bien a veces no se cumplen los supuestos de normalidad y homoscedasticidad de los errores que pueda tener un modelo de predicción de poblaciones, y por tanto podríamos estar equivocando en la forma en la que vamos a gestionar los recursos, lo cual puede suponer la extinción de una especie. Por lo tanto, poder realizar un diagnóstico del ajuste del modelo y de la normalidad de los errores, no solo son todas ventajas para el firmamento científico del trabajo, sino que además se podrá contar con el respaldo de la como inicial recomendación de gestión y con ello poder ser de ayuda en la toma de decisiones que nos brinda la rica diversidad que nos acompaña como la del dorado (Rodríguez-Zaragoza et al, 2011)

El principal objetivo del trabajo es elaborar y validar el modelo logístico que mejor ajuste los datos obtenidos y poder contar con la seguridad de que la propuesta es adecuada.

La función o curva logísticas es una función matemática que aparece en diversos modelos de

crecimiento de poblaciones, propagación de enfermedades epidémicas y difusión en redes sociales. Con la función logística se pueden modelar entre otros:

- Crecimiento poblacional en un ambiente con recursos limitados.
- Ventas de un producto donde el total de venta tiene límite.
- Tiempo de respuesta a medicamentos en pacientes.
- La población de animales en una isla.
- El número de bacterias en una caja de Petri

Desarrollo.

De observaciones realizadas con el dorado se desea proponer un modelo logístico que sea adecuado y preciso.

En el procesamiento y análisis de los datos es necesario considerar:

- o Graficación de puntos para analizar tendencia de datos
- o Selección del tipo de modelo a ajustar (Logístico)
- o Ajuste del modelo, con el análisis numérico

Descripción del proceso a partir del modelo obtenido.

Gráficamente, todo crecimiento poblacional se describe, en primera instancia, bajo una función exponencial hasta llegar a un punto donde factores internos y externos afectan el crecimiento provocando en el gráfico un punto llamado de inflexión y posteriormente haciendo el crecimiento más lento hasta llegar a una estabilidad. Es decir, el crecimiento poblacional queda representado por una combinación de un gráfico de una curva exponencial (modelo exponencial) y una curva sigmoidea o en forma de S (Ulloa y Rodríguez, 2013).

Modelo logístico:

El modelo logístico, también conocido como modelo de crecimiento en dos fases, es una herramienta matemática ampliamente utilizada para representar el crecimiento de peces en función del tiempo. Este modelo no lineal se basa en la ecuación sigmoidea, la cual describe una curva en forma de "S" que refleja el comportamiento típico del crecimiento poblacional: un crecimiento inicial lento, seguido de un aumento rápido y finalmente una saturación a medida que se alcanza un límite asintótico.

Tabla 1. Datos de Crecimiento del Dorado

Trimestre	Machos (cm)
1	30
2	37
3	44
4	51
5	58
6	66
7	74
8	83
9	92
10	100
11	108
12	114
13	120
14	126
15	132
16	136
17	140
18	144
19	147
20	149
21	152
22	153
23	154
24	155

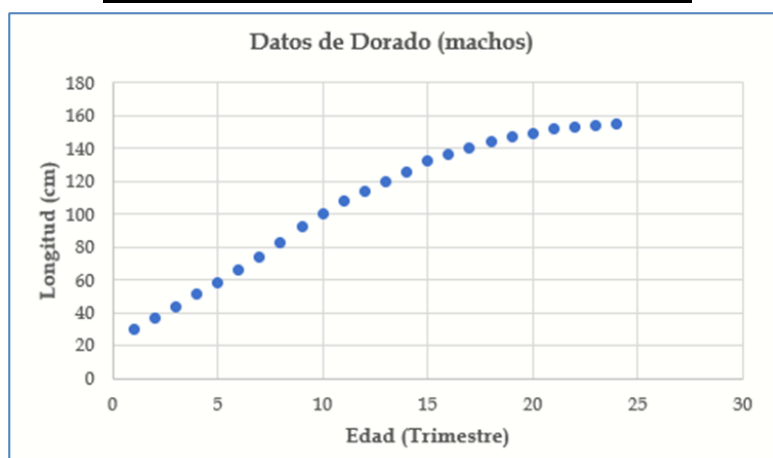


Figura 3. Comportamiento sigmoidal de los datos

La ecuación matemática del modelo logístico para el crecimiento de peces se expresa como:

$$L(t) = \frac{L_{\infty}}{1 + e^{-k(t-t_0)}}$$

Donde:

$L(t)$: Longitud promedio de los peces en el tiempo " t ".

L_{∞} : Longitud asintótica, que representa la longitud máxima promedio que pueden alcanzar los peces.

k : Tasa de crecimiento relativa, que indica la velocidad a la que la población se acerca a su longitud asintótica.

t : Tiempo, generalmente medido en días, meses o años.

t_0 : Edad a la talla media ($L_0/2$), que representa el tiempo en el que la población alcanza la mitad de su longitud asintótica.

Interpretación de los parámetros:

L_{∞} : La longitud asintótica. (L_{∞}) es un parámetro fundamental del modelo, ya que representa el potencial máximo de crecimiento de la población. Esta longitud está determinada por factores genéticos y ambientales, como la disponibilidad de alimento, la temperatura del agua y la competencia.

k : La tasa de crecimiento relativa (k) indica la rapidez con la que la población se acerca a su longitud asintótica. Un valor alto de k implica un crecimiento rápido en las primeras etapas, mientras que un valor bajo de k indica un crecimiento más lento y gradual.

t_0 : La edad a la talla media (t_0) proporciona información sobre el patrón de crecimiento inicial de la población. Un valor bajo de t_0 indica un crecimiento rápido desde las primeras etapas, mientras que un valor alto de t_0 sugiere un crecimiento más lento al inicio y una aceleración posterior.

Aplicaciones del modelo logístico:

El modelo logístico tiene una amplia gama de aplicaciones en la pesca y la acuicultura, incluyendo:

Estimación del potencial de crecimiento: El modelo logístico se utiliza para estimar la longitud máxima (L_{∞}) que puede alcanzar una población de peces en un entorno determinado. Esta información es crucial para establecer cuotas de pesca sostenibles y gestionar las poblaciones de peces de manera efectiva.

tiva.

Diseño de sistemas de producción: En la acuicultura, el modelo logístico se emplea para diseñar sistemas de producción óptimos que maximicen el crecimiento de los peces y optimicen el uso de recursos.

Evaluación del impacto ambiental: El modelo logístico puede ser utilizado para evaluar el impacto de factores ambientales, como la temperatura, la salinidad o la contaminación, en el crecimiento de las poblaciones de peces.

Análisis del crecimiento individual: El modelo logístico también se puede aplicar para analizar el crecimiento individual de los peces, lo que permite identificar patrones de crecimiento y evaluar la salud de las poblaciones.

Metodología

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación es exploratoria, descriptiva y correlacional. El tipo de diseño de la investigación es no experimental, ya que se usarán datos históricos de desembarque de tallas y por otro lado las variables no serán modificadas, sino analizadas mediante métodos y técnicas para la estimación de parámetros poblacionales. La población de estudio fue la especie "Dorado (*Coryphaena hippurus*)"

Se realizó un análisis numérico puesto que solo se requieren conocimientos básicos de la aritmética y del álgebra, y además:

El análisis numérico permite encontrar soluciones numéricas a ecuaciones diferenciales no lineales.

Esto permite estimar los parámetros de los modelos de crecimiento logístico y de Johnson a partir de datos experimentales.

Los datos experimentales pueden ser obtenidos de una variedad de fuentes.

Una vez que se han estimado los parámetros de los modelos, se pueden utilizar para predecir el crecimiento futuro de la población.

Es decir, el análisis numérico es una herramienta valiosa para determinar modelos de crecimiento logístico y de Johnson. El análisis numérico permite estimar los parámetros de los modelos a partir de datos experimentales, lo que permite predecir el crecimiento futuro de la población.

En la primera etapa se toma cada uno de los modelos, se linealiza y se hacen los comparativos del original y del linealizado a fin de establecer analogías y con ello poder calcular el coeficiente de correlación.

La linealización de modelos sigmoidales es un enfoque utilizado para simplificar el análisis y la resolución de ecuaciones no lineales que describen el

comportamiento de sistemas biológicos, químicos o físicos. Este método consiste en transformar la ecuación sigmoideal original en una expresión lineal aproximada mediante la aplicación de ciertas suposiciones y manipulaciones matemáticas, como se muestra en la figura 4, en la que una curva sigmoideal se transforma en una recta mediante la utilización de logaritmos

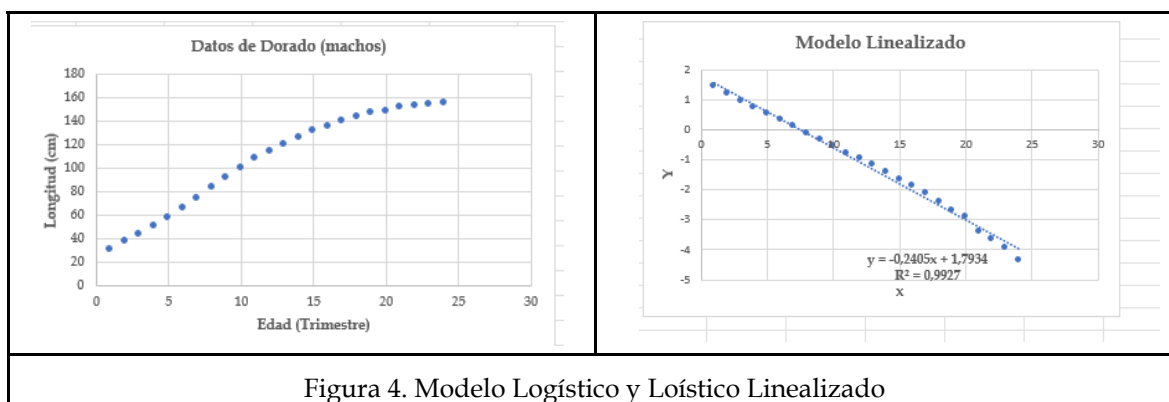


Figura 4. Modelo Logístico y Loístico Linealizado

Como ventajas de la linealización de curvas, podemos decir que las ecuaciones lineales son más fáciles de analizar tanto desde el aspecto analítico como del gráfico por ser expresiones más sencillas y manejables sobre todo en el caso de usuarios sin un adecuado manejo de las matemáticas (Ulloa, et al, 2024).

Las desventajas son: la linealización implica una aproximación, lo que puede interpretarse principalmente como una representación no muy exacta del sistema original, lo que puede llevar a errores y a resultados imprecisos. En muchos casos el rango de validez de la ecuación lineal es válida son en un rango específico de las variables.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la linealización mediante logaritmos tiene sus limitaciones. Sólo es válida en un rango específico de valores y puede introducir errores si se extra-pola más allá de ese rango. Además, la transformación logarítmica puede no ser apropiada para ciertas formas funcionales o cuando se involucran valores negativos, como el caso de presentarse en

la linealización del cálculo de logaritmos de cantidades negativas, (Ulloa, et al 2024).

Ajuste de los datos al modelo Logístico

Para el análisis numérico tomaremos el modelo de la forma

$$y = \frac{K}{1 + a_0 * e^{a_1 * x}}$$

Aplicando logaritmos y sus propiedades, se tiene que

$$\ln \left(\frac{K - y}{y} \right) = \ln a_0 + a_1 x$$

$$Y = \ln a_0 + a_1 x$$

Por comparación con la ecuación lineal $y = mx + b$, se pueden calcular a_1 y a_0 de la manera siguiente

$$a_1 = \frac{n \sum x_i Y_i - \sum x_i * \sum Y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad Lna_0 = \bar{Y} - a_1 \bar{x}$$

Tomando K = 160

	x	y	(K-y)/y	LN((K-y)/y)	x^2	x*Y
	1	30	4,3333333	1,4663371	1	1,4663371
	2	37	3,3243243	1,2012664	4	2,4025329
	3	44	2,6363636	0,9694006	9	2,9082017
						
						
						
						
	22	153	0,0457516	-3,084528	484	-67,85961
	23	154	0,038961	-3,245193	529	-74,63944
	24	155	0,0322581	-3,433987	576	-82,41569
S =	300	2565	21,505731	-24,63816	4900	-552,765
Promedio =	12,5			-1,02659		

Utilizando las expresiones para a_1 y a_0 :

$$\begin{aligned} a_1 &= -0,212859 \\ LN a_0 &= 1,6341499 \\ a_0 &= 5,1250992 \end{aligned}$$

Lo que implica en una primera instancia que el modelo logístico para estos datos es:

$$y = \frac{160}{1 + 5.125e^{-0.212x}}$$

Para determinar el coeficiente de correlación se debe calcular S_R y S_T :

$$S_R = (LnY_i - Lna_0 - a_1 x_i)^2 \quad S_T = (LnY_i - \overline{LnY})^2$$

	SR	ST
	0,0020292	6,2146846
	5,134E-05	4,9633436
	0,000685	3,9839777
	...	...
	...	...
	...	...
	0,0012799	4,2351085
	0,0002696	4,9222006
	0,0016389	5,7955621
Sumatorias	0,0257234	52,131108

$$r = \sqrt{\frac{S_T - S_R}{S_T}} = \sqrt{\frac{52.131108 - 0.0257234}{52.131108}} = 0.9997533$$

Dado el valor muy aproximado a 1.0 se concluye que los datos son cabalmente representados por el modelo:

$$y = \frac{160}{1 + 5.125e^{-0.212x}}$$

Resultados y Conclusiones

El estudio del crecimiento del dorado (*Coryphaena hippurus*) mediante un modelo logístico ha demostrado ser una herramienta excepcionalmente robusta y precisa para comprender su desarrollo. Los resultados obtenidos, con un coeficiente de correlación de 0.999, indican un ajuste casi perfecto entre las longitudes predichas por el modelo y las observadas en la especie. Este elevado nivel de correlación subraya la capacidad del modelo logístico para capturar fielmente la dinámica de crecimiento en forma de "S", caracterizada por una fase inicial de lento aumento, una aceleración significativa y una posterior desaceleración a medida que el pez se acerca a su tamaño asintótico máximo.

El proceso de análisis del ajuste de datos utilizando análisis numérico permite obtener una representación matemática precisa del crecimiento, lo que es fundamental para la comprensión de los procesos biológicos subyacentes y para la toma de decisiones en la gestión de recursos. No obstante, en este trabajo se realizó un análisis de residuos utilizando un análisis de Shapiro-Wilk.

Además, el análisis de residuos, una etapa crítica para validar la idoneidad de cualquier modelo estadístico, arrojó resultados muy favorables. La prueba de Shapiro-Wilk, aplicada a los residuos del modelo, confirmó que la hipótesis nula es correcta, lo que significa que los residuos se distribuyen de manera aproximadamente normal. Este hallazgo es fundamental, ya que la normalidad de los residuos es un indicador clave de que el modelo ha capturado la mayor parte de la información subyacente en los datos y que los errores no son sistemáticos. En la práctica, esto refuerza la confianza en las estimacio-

nes de los parámetros del modelo (como la longitud asintótica y la tasa de crecimiento) y en la validez de cualquier inferencia estadística realizada a partir de ellos.

La prueba de Shapiro-Wilk es una prueba de hipótesis que se aplica a una muestra con la hipótesis nula de que se ha generado a partir de una distribución normal. Si el valor p es bajo, podemos rechazar dicha hipótesis nula y afirmar que la muestra no se ha generado a partir de una distribución normal, (Malato, 2025)

Es una herramienta estadística fácil de usar que puede ayudarnos a encontrar una respuesta a la comprobación de normalidad que necesitamos, pero tiene un inconveniente: no funciona bien con conjuntos de datos grandes. El tamaño máximo permitido para un conjunto de datos depende de la implementación, pero en Python vemos que un tamaño de muestra superior a 5000 proporciona un cálculo aproximado del valor p.

Para realizar un análisis de Shapiro-Wilk, necesitamos el estadístico W y el valor p.

Hipótesis:

- **Hipótesis nula (H0):** La muestra procede de una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H1): La muestra no procede de una distribución normal.

Procedimiento:

Normalmente, el análisis de Shapiro-Wilk se realiza con software estadístico (como Python con SciPy, R, SPSS, etc.). Dado que no puedo ejecutar código directamente, proporcionaré el resultado del análisis utilizando estos datos.

Usando una herramienta (Shapiro-Wilk Test Calculator) para calcular el test de Shapiro-Wilk con los datos proporcionados, obtenemos:

- Estadístico W: aproximadamente 0.940
Valor p: aproximadamente 0.176

Interpretación: El valor p (0.176) es mayor que el nivel de significancia común ($\alpha=0.05$).

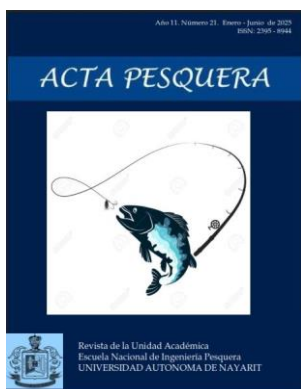
Dado que el valor p es mayor que 0.05, no se tiene evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que podemos asumir que la muestra procede de una distribución normal.

Con lo anterior se dan evidencias de la validez del modelo propuesto, lo que aunado al coeficiente de correlación cierran cualquier duda del procedimiento utilizado.

Referencias

- González-Huerta, C.; Hernández-Rivera, A; Botello-Navarrete, A.; Bolaños-Rangel, Ángel, K; Benítez-Tadeo; E. Zavala-Leal, O. (2023) . ¿Podría realizarse la pesca comercial del dorado?. Acta Pesquera vol. 9, No. 17.
- Hauser, L.; Carvalho, G. R. (2008). Paradigm shifts in marine fisheries genetics: ugly hypothesislain by beautiful facts. Fish and Fisheries, 2008, 9, 333-362
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014) . Metodología de la Investigación. 6ª. ed. México, McGraw-Hill
- Ladino Martínez, L. (2012). Modelos de dinámica de poblaciones migratorias con factores de reclutamiento, depredación y captura. Universidad de Castilla - La Mancha, pág. 159
- Malato, G. (2025). An Introduction to the Shapiro-Wilk Test for Normality. https://builtin-com.translate.google/data-science/shapiro-wilk-test?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Rodríguez-Zaragoza, F. A., Cupul-Magaña, A. L., Galván-Villa, C. M., Ríos-Jara, E., Ortiz, M., Robles-Jarero, E. G., & Arias-González, J. E. (2011). Additive partitioning of reef fish diversity variation: a promising marine biodiversity management tool. *Biodiversity and Conservation*, 20(8), 1655-1675. DOI: 10.1007/s10531-011-0053-9
- Rosales-Morales, A. (2007). Estructura Genética del dorado (*Coryphaena hippurus* Linnaeus 1978) en el Pacífico mexicano, inferida mediante marcadores moleculares de ADN nuclear. Tesis. 69 p. Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oaxaca. México.
- Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo*. México. 2001
- San Cristóbal, M. (2004). Metodologías para el análisis económico del sector pesquero: Una aplicación a Cantabria. Universidad de Cantabria - Departamento de Ciencias y Técnicas de la Navegación y de la Construcción Naval, pág. 350.
- Semarnat-Conafor. *Avances y perspectivas del sector forestal*. México. 2002.
- Ulloa Ibarra, J., Arrieta Vera, J., & Espino Flores, G. (2013). El Modelo Logístico y su deconstrucción. Universidad Autónoma de Nayarit - Universidad Autónoma de Guerrero, págs. 717-724.
- Ulloa, J. y Rodríguez, J. (2013). La modelación matemática como puente entre el conocimiento científico y el matemático. Revista Electrónica de Veterinaria, Vol. 14, Núm. 02.
- Ulloa, J.; Arrieta, J.; Uribe, N.; Flore, J.; Ortega, M. (2024). Criterio de análisis del ajuste de datos utilizando análisis numérico para representar el Crecimiento de Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*). Acta Pesquera, V. 10, No. 19.





Revista ACTA PESQUERA.

Volumen 11 No. 21.

ISSN: 2395-8944

Periodo: Enero - Junio de 2025

San Blas, Nayarit. México

Pp. 36 - 39

Recibido: 12 de mayo de 2025

Aprobado: 25 de junio de 2025

DOI: 10.60113/ap.v11i21.148

Impacto agroecológico de la pasta de microalgas marinas *Dunaliella salina* como biofertilizante y bioestimulante en cultivos agrícolas

Agroecological impact of *Dunaliella salina* marine microalgae paste as biofertilizer and biostimulant in agricultural crops

Raymundo René Rivas Cáceres

U. A. de Ciudad Juárez, Departamento de Ciencias Químico-biológicas

rrivas@uacj.mx

<https://0000-0002-4147-7871>

María Elena González Ruelas

CUC, Campus Vallarta, Universidad de Guadalajara

elenuzhka0369@gmail.com

ORCID: <https://0000-0002-5014-4518>

Nelly Hostein

CUC, Campus Vallarta, Universidad de Guadalajara

mariaespagne@gmail.com

ORCID: <https://0000-0001-7836-0514>

Guillermo Alberto Barraza Garza

Correo: Guillermo.barraza@uacj.mx

Universidad Autónoma de ciudad Juárez, Departamento de Ciencias

veterinarias

ORCID: <https://0000-0002-4149-9587>

Carmen Alejandra Méndez Hurtado

Correo: carmen.mendez@uacj.mx

Universidad Autónoma de ciudad Juárez, Departamento de Químico

Biológicas

ORCID: <https://0000-0002-6127-6142>

Impacto agroecológico de la pasta de microalgas marinas *Dunaliella salina* como biofertilizante y bioestimulante en cultivos agrícolas

Agroecological impact of *Dunaliella salina* marine microalgae paste as biofertilizer and biostimulant in agricultural crops

Resumen

Las microalgas marinas, especialmente *Dunaliella salina*, se han posicionado como una alternativa sostenible para mejorar el rendimiento de cultivos agrícolas. Este estudio presenta evidencias sobre el uso de la pasta de microalgas como biofertilizante y bioestimulante, destacando sus propiedades nutricionales, su bajo impacto ambiental y su capacidad de aumentar la productividad agrícola sin depender de fertilizantes químicos. Se utilizaron datos experimentales y proyecciones de productividad para evaluar el efecto en cultivos como maíz y fresa bajo condiciones normales y de estrés salino. Los resultados muestran incrementos de hasta 68% en productividad y mejora en calidad de los frutos, validando su potencial en contextos de crisis hídrica y cambio climático.

Palabras clave: microalgas, *Dunaliella salina*, biofertilizante, agricultura sostenible, estrés salino.

Abstract

Marine microalgae, particularly *Dunaliella salina*, have emerged as a sustainable alternative to improve agricultural crop yields. This study presents evidence on the use of microalgae paste as a biofertilizer and biostimulant, highlighting its nutritional properties, low environmental impact, and ability to boost agricultural productivity without relying on chemical fertilizers. Experimental data and productivity projections were used to assess its effect on crops such as maize and strawberries under normal and saline stress conditions. Results show up to 68% increases in productivity and improved fruit quality, validating its potential in water crisis and climate change contexts.

Keywords: microalgae, *Dunaliella salina*, biofertilizer, sustainable agriculture, saline stress.

Introducción

La agricultura enfrenta múltiples desafíos derivados del cambio climático, la crisis hídrica y la degradación del suelo. En este contexto, las microalgas marinas como *Dunaliella salina* ofrecen una solución prometedora. Estas microalgas crecen en agua salobre o marina, sin competir por agua dulce ni tierras fértiles, y producen biomasa rica en nutrientes y compuestos bioactivos (Chisti, 2007; Stephano Hornedo, 2024; Cáceres et al 2023). Su uso como pasta aplicada al riego o foliarmente ha demostrado ser eficaz para aumentar la productividad de cultivos y mejorar la tolerancia a estrés abiótico y biótico. Además, estudios recientes han confirmado que los polisacáridos extracelulares de *D. salina* actúan como bioprotectores frente a estrés salino en cultivos como tomate (El Arroussi et al., 2018) y pimiento (Guzmán-Murillo & Ascencio, 2010). Por otro lado, la revisión de Ronga et al. (2019) y el análisis de Renuka et al. (2018) destacan el uso potencial de microalgas como biofertilizantes multifuncionales que contribuyen a prácticas agrícolas más sostenibles al mejorar la eficiencia de nutrientes, el crecimiento vegetal y la salud del suelo.

Revisión bibliográfica

Diversos estudios respaldan el uso de microalgas como biofertilizantes. Chisti (2008) y Han Hu et al. (2006) demostraron que *Chlorella* y *Dunaliella* poseen alto contenido lipídico y capacidad de captación de CO₂, mejorando las condiciones del suelo y del cultivo. La aplicación de microalgas también ha mostrado propiedades antibacterianas y antivirales en tomates y calabacitas (Pathogens, 2020; Egypt) Biol Pest Control, 2022). Asimismo, Katel et al. (2022) sugieren efectos similares a los de fitohormonas comerciales en la fresa.

Metodología

Se recopilaron y analizaron datos de ensayos en campo con cultivos de maíz y fresa, aplicando pasta de microalgas *Dunaliella salina* en concentraciones entre 0.1 g/L y 10 g/L. La metodología incluyó aplicaciones foliares semanales y por goteo, evaluación de biomasa, número y peso de frutos, así como variables de calidad como grados Brix. Se contrastaron parcelas tratadas con microalgas y parcelas control.

Resultados y Conclusiones



Figura 1. Efecto de la pasta de microalgas en la productividad agrícola.

Cultivo	Concentración aplicada (g/L)	Aumento en productividad (%)	Modo de aplicación	Otros efectos
Maíz	1-2	56	Goteo y foliar	Mayor biomasa
Fresa	8.33	68	Foliar	Mayor tonelaje

En esta gráfica los resultados mostraron aumentos de productividad significativos:

- Maíz: +56% en biomasa (1-2 g/L)
- Fresa: hasta +68% en tonelaje (8.33 g/L foliar).

Además, se registraron beneficios económicos notables: la producción proyectada es de hasta 111 toneladas/hectárea/año con un valor de mercado de \$20 millones de pesos por hectárea. El impacto ecológico positivo incluye la reducción de CO₂, la reutilización de aguas salobres y la sustitución parcial o total de fertilizantes químicos. En conjunto, la pasta de *Dunaliella salina* representa una tecnología sustentable con alto potencial para transformar la agricultura contemporánea.

AGRADECIMIENTOS

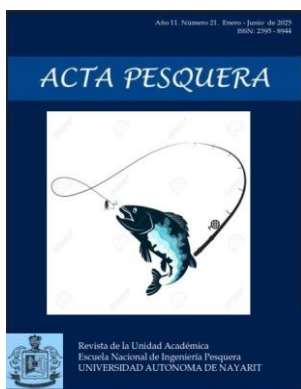
Agradecemos de corazón al Dr. José Luis Stephano Hornedo por todas las investigaciones realizadas sobre la pasta de microalgas y su pasión por la innovación en esta área. Gracias a los conocimientos que nos compartió en colaboraciones conjuntas, nos sirvieron de base para la realización de este artículo.

También agradecemos al Departamento de Ciencias Químico-biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por las facilidades para realizar las investigaciones.

Referencias

- Cáceres, R. R. R., Ruelas, M. E. G., Hostein, N., Garza, G. A. B., & Hurtado, C. A. M. (2023). Producción de microalgas de *Chorella protothecoides* como alternativa para disminuir el calentamiento global. *Acta Pesquera*, 9(17), 62-66.
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25(3), 294-306.
- Chisti, Y. (2008). Biodiesel from microalgae beats bioethanol. *Trends in Biotechnology*, 26(3), 126-131.
- Egypt J Biol Pest Control. (2022). 32, 37.
<https://doi.org/10.1186/s41938-02200537w>
- El Arroussi, H., Benhima, R., El-Baouchi, A., Sijilmassi, B., El Mernissi, N., Aafsar, A., Meftah-Kadmiri, I., Bendaou, N., & Smouni, A. (2018). *Dunaliella salina* exopolysaccharides: A promising biostimulant for salt stress tolerance in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Applied Phycology*, 30(5), 2929-2941.
<https://doi.org/10.1007/s10811-018-1462-2>
- Guzmán-Murillo, M. A., & Ascencio, F. (2010). Effect of *Dunaliella salina* on the growth and health of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) under salt stress. *Journal of Applied Phycology*, 22(5), 595-602. <https://doi.org/10.1007/s10811-009-9499-1>
- Han Xu; Xiaoling Miao; Qingyu Wu. 2006. High quality biodiesel production from a microalga *Chlorella protothecoides* by heterotrophic growth in fermenters. *Journal of Biotechnology* (126): 499-507.
- Katel, S., et al. (2022). Commercial application of phytohormones in strawberry. *Heliyon*, 8(12), e11959.
- Pathogens. (2020). 9(8):613. <https://doi.org/10.3390/pathogens9080613>
- Renuka, N., Guldhe, A., Prasanna, R., Singh, P., & Bux, F. (2018). Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. *Biotechnology Advances*, 36(4), 1255-1273. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.04.004>
- Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, P., Carminati, E., & Tava, A. (2019). Microalgae as biofertilizers for sustainable agriculture: A review of recent advances. *Agronomy*, 9(12), 873. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120873>
- Stephano Hornedo, J.L. (2024). Presentación Allele Pasta de Microalgas Marinas. UACJ.





Revista ACTA PESQUERA.

Volumen 11 No. 21.

ISSN: 2395-8944

Periodo: Enero - Junio de 2025

San Blas, Nayarit. México

Pp. 40 - 54

Recibido: 20 de mayo de 2025

Aprobado: 29 de junio de 2025

DOI: 10.60113/ap.v11i21.149

Evaluación con modelos matemáticos de un sistema acuapónico con juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*), albahaca (*Ocimum basilicum*) y tomate cherry (*Lycopersicum sculentum*) bajo recirculación continua y parcial de agua.

Evaluation using mathematical models of an aquaponic system with juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*), basil (*Ocimum basilicum*) and cherry tomatoes (*Lycopersicum sculentum*) under continuous and partial water recirculation.

Pacheco de la Torre, Yitzhak
ENIP-UAN.

YKPT@outlook.es,
<https://orcid.org/0009-0007-6985-6383>

Ruiz-Velazco, Javier M.J.
ENIP-UAN.

marcialj@uan.edu.mx,
<https://orcid.org/0000-0003-1193-2164>

Estrada-Perez, Nallely
ENIP-UAN.

nallely.estrada@uan.edu.mx,
<https://orcid.org/0000-0003-3343-3147>

Isiordia-Perez, Elifonso
ENIP-UAN

elifonso@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6821-123X>

María Daniela Arvizu
ENIP-UAN

daniela.arvizu@uan.edu.mx,
<https://orcid.org/0009-0008-8404-2238>

Evaluación con modelos matemáticos de un sistema acuapónico con juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*), albahaca (*Ocimum basilicum*) y tomate cherry (*Lycopersicum sculentum*) bajo recirculación continua y parcial de agua.

Evaluation using mathematical models of an aquaponic system with juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*), basil (*Ocimum basilicum*) and cherry tomatoes (*Lycopersicum sculentum*) under continuous and partial water recirculation.

RESUMEN

La acuaponía es un modelo de cultivo sustentable para producción de peces y plantas. En este trabajo, se evaluó el rendimiento productivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*)-albahaca (*Ocimum basilicum*) y tomate Cherry (*Lycopersicum sculentum*) utilizando dos tiempos de recirculación de agua: recirculación continúa (RC) y recirculación parcial (RP) de una hora por día, por seis semanas. Se utilizaron seis tanques con 70 peces cada uno, cuyos efluentes fueron derivados a canaletas con 15 plantas de tomate Cherry y 15 de Albahaca. Diariamente se midió el oxígeno disuelto (OD), temperatura (T) y pH; y semanalmente la longitud (cm) y el peso (g) del pez, así como la supervivencia (%) y el factor de conversión alimenticia (FCA). En las plantas, se evaluó la altura, largo, ancho (cm) y número de hojas. Adicionalmente, el crecimiento de los peces y de las plantas fue ajustado a modelos de crecimiento determinándose el peso final (W_f) y constante de crecimiento (k) para los peces y longitud final (L_f) y constante de crecimiento (k) para las plantas. Los mejores resultados se presentaron en el sistema con RP en tomate Cherry para el número de hojas (9.4 hojas ind⁻¹), largo y ancho de hoja (8.0 y 4.7 cm, respectivamente), pero para longitudes finales (L_f) de la planta la RC (23.6 cm). El mejor tratamiento para la Albahaca fue el de RP tanto para el número de hojas (17.4 hojas ind⁻¹), largo y ancho de la hoja (4.4 y 2.6 cm, respectivamente), así como para la longitud final (L_f) de la planta (16.54 cm). Los resultados pro-

ductivos en tilapia fueron: 45.37 g y FCA de 1.3 en RP; y en RC: 43.39 g y FCA de 1.2. Se concluye que, se obtuvo un mejor crecimiento de la planta en el sistema RC para el cultivo tilapia-tomate, mientras que, el tratamiento RP para el cultivo tilapia-albahaca.

PALABRAS CLAVE: Acuaponia, Recirculación continua, Recirculación parcial, Modelos de crecimiento

ABSTRACT

Aquaponics is a sustainable farming model for fish and plant production. In this study, the productive yield of tilapia (*Oreochromis niloticus*), basil (*Ocimum basilicum*) and cherry tomatoes (*Lycopersicum sculentum*) was evaluated using two water recirculation times: continuous recirculation (CR) and partial recirculation (PR) for one hour per day for six weeks. Six tanks were used, each containing 70 fish, whose effluents were diverted to channels with 15 cherry tomato plants and 15 basil plants. Dissolved oxygen (DO), temperature (T) and pH were measured daily, and the length (cm) and weight (g) of the fish, as well as survival (%) and feed conversion ratio (FCR) were measured weekly. The height, length, width (cm) and number of leaves of the plants were evaluated. In addition, the growth of the fish and plants was adjusted to growth models, determining the final weight (W_f) and growth constant (k) for the fish and final length (L_f) and growth constant (k) for the plants. The best results were obtained in the RP system in cherry tomatoes for the number of leaves (9.4 leaves ind⁻¹), leaf length and width (8.0 and 4.7 cm, respectively), but for final plant lengths (L_f), the RC (23.6 cm) was best. The best treatment for basil was RP for the number of leaves (17.4 leaves ind⁻¹), leaf length and width (4.4 and 2.6 cm, respectively), as well as for the final length (L_f) of the plant (16.54 cm). The production results for tilapia were: 45.37 g and FCA of 1.3 in RP; and in RC: 43.39 g and FCA of 1.2. It is concluded that better plant growth was obtained in

the RC system for the tilapia-tomato crop, while the RP treatment was better for the tilapia-basil crop.

KEYWORDS: Aquaponics, Continuous recirculation, Partial recirculation, Growth models

INTRODUCCIÓN

En 2022, la producción mundial de la pesca y la acuicultura alcanzó un máximo histórico de 223.2 millones de toneladas, por lo que, la acuicultura ha superado a la pesca de captura por primera vez, representando el 51% de la producción mundial de animales acuáticos (FAO, 2024). La tilapia es la segunda especie más importante en términos de la acuicultura (Baltazar, 2007; CONAPESCA, 2020), y México es considerado un productor muy importante.

Por otro lado, se ha observado que la demanda de tilapia ha ido en aumento, registrándose del período de 1994 a 2020 una tasa de crecimiento media anual de 1.75% (Urías-Sotomayor y Maeda-Martínez, 2023), a raíz de este crecimiento, se ha desencadenado una fuerte competencia por los recursos naturales (tierra y agua) y un incremento en el impacto ambiental (Nailor *et al.*, 2000; Dediu *et al.*, 2011). Existen diferentes técnicas de cultivo para disminuir el daño que se causa al ambiente producto de la acuicultura, como es el sistema biofloc y la acuaponia, ya que en este tipo sistema de producción, se obtiene un subproducto y mayores ganancias (Ornelas-Luna, 2017).

La acuaponia puede definirse como un sistema de recirculación acuícola (SRA) en combinación con la hidroponía, siendo un cultivo de animales acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas (Ramírez *et al.*, 2008). Los desechos metabólicos disueltos en el agua son absorbidos por las plantas, lo que reduce la tasa de recambio de agua diario y su descarte hacia el ambiente; mientras que en el sistema de recirculación tradicional se trabaja con un recambio de agua del 5 al 10 % diario para evitar la acumulación de desechos metabólicos (Caló, 2011).

Diversos modelos de producción han sido aplica-

dos a la acuicultura, particularmente a los cultivos de peces, moluscos y crustáceos para describir el crecimiento y la supervivencia, y determinar la biomasa. Para propósito de la presente investigación, el único trabajo que modela la producción de un sistema acuapónico es el de Estrada-Pérez *et al.* (2018) en el que se desarrolla un modelo de producción de tilapia, lechugas y pepinos en un sistema acuapónico con técnica de flujo de nutrientes (NFT).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la unidad de cultivos acuapónicos ubicado en la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera (ENIP) de la Universidad Autónoma de Nayarit, el cual consistió en dos tratamientos hidropónicos: el tratamiento uno con recirculación continua (RC) como se muestra en la Figura 1a, y el tratamiento dos con recirculación parcial de una hora cada 24 horas (RP) como se muestra en la Figura 1b. Cada tratamiento estuvo integrado por tres repeticiones.

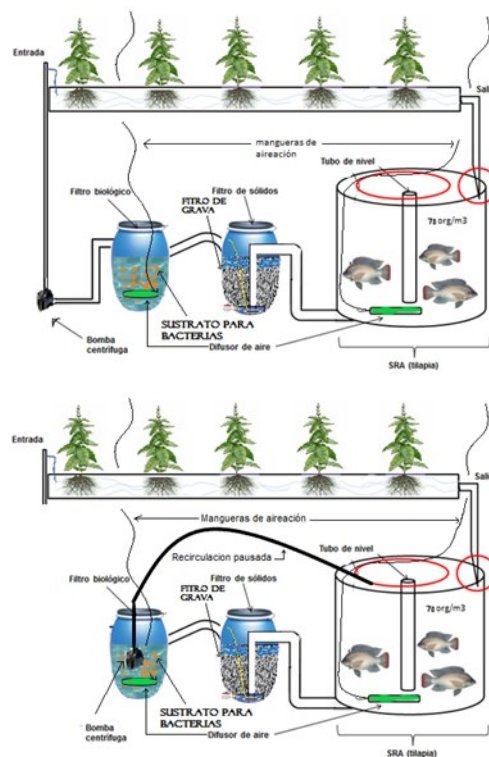


Figura 1. Diagrama del sistema acuapónico con recirculación continua (RC) (a) y recirculación parcial (RP) (b) empleado en el bioensayo (Castillo-Castellanos, 2016).

2.1. Tanque para peces

Se utilizaron tanques de material de polietileno color negro y fondo plano, mismos que fueron habilitados con un tubo de descarga de agua conectado a un sistema de filtración mecánica con capacidad de 250 L, éstos se habilitaron con un sustrato de grava para la remoción de sólidos, una manguera de aireación con un difusor de aire para favorecer la oxidación de los materiales orgánicos y la degasificación. En cada tanque se sembraron 70 tilapias (*Oreochromis niloticus*) de 7.2 gramos de peso y con una talla de aproximadamente 7 cm, en un volumen de 1000 L. Para los peces el tiempo de recirculación fue durante las 24 horas del día. El flujo de agua se realizó con una bomba centrífuga para cada sistema experimental.

2.2. Sistema hidropónico

El sistema hidropónico constó de seis canaletas de tubo de PVC hidráulico de 3.00 m de longitud y un diámetro de 10.16 cm (4"). A cada tubo se le hicieron cinco orificios con una separación de 54 cm entre ellos y con una distancia de 15 cm entre tubos para el cultivo de las plantas. Para la circular el agua a través de las canaletas se utilizó una bomba marca QUIET ONE, modelo 3000 con una carga dinámica de 1.8 m y caudal de 758 gal h⁻¹.

2.3. Filtro mecánico

El filtro mecánico se conectó al tanque de los peces por un tubo de PVC de 5.08 cm (2") de diámetro, éste se construyó con tubo de polietileno a una altura de 80 cm y una capacidad de 120 L. El filtro en su interior contenía grava gruesa y fina para la remoción de los sólidos y acoplado a una manguera de aireación con un difusor de aire para favorecer la oxidación de los materiales orgánicos y la degasificación.

2.4. Filtro biológico

El filtro biológico se construyó con un tanque de polietileno con fondo plano de 80 cm de altura y con una capacidad de 120 L. En su interior se rellenó con 2 kg de manguera naranja corrugada de 12.2

mm, cortada en trozos de un centímetro para la fijación de bacterias. El sistema de biofiltración permaneció con aireación durante todo el experimento y no se inocularon bacterias en el sistema.

2.5. Sistema de aireación

El sistema de aireación fue habilitado con un soplador de aire (Blower) con potencia de 1 Hp, el cual fue conectado a los estanques de peces, filtro mecánico y filtro biológico. La aireación fue conducida a través de una manguera transparente de un centímetro de diámetro con una terminal de manguera difusora de 15 cm tipo aerotubo. La aireación fue continua en el sistema durante el experimento

2.6. Maduración del sistema

Los tanques de cultivo se llenaron con agua de pozo previamente filtrada a un micrómetro. Una vez llenos los 6 tanques, se les agregó a cada uno 666.6 ml de hipoclorito de sodio (6 %). Transcurridas 6 horas se neutralizó el hipoclorito residual con 33.3 g de tiosulfato de sodio, utilizando aireación continua para facilitar la neutralización.

Después de cinco días, se agregarán 20 ml de potasio y 20 de magnesio a cada tanque para mejorar la composición de iones en el sistema de cultivo. Durante este periodo el sistema fue operado para favorecer su maduración del mismo, y transcurridas dos semanas, se inició la siembra de peces y plantas.

2.7. Cultivo de peces

El cultivo de peces se inició con la pre-engorda de un lote de alevines previamente masculinizado. La alimentación de los peces se llevó a cabo con alimento comercial marca NUTRIPEC migaja con 40 % de proteína con cuatro raciones diarias durante la primera semana. Después de este periodo, los peces fueron alimentados tres veces al día con migaja de 1.5 mm y con una ración que equivale al 5 % del peso de los organismos.

Una vez que los peces alcanzaron una talla promedio de 7.2 gramos, se trasladaron a los sistemas acuapónicos a una densidad de siembra de 70 peces por tanque de 1000 L de capacidad c/u y se cambió el alimento por pellet de desarrollo de 2 mm, con 35 % de proteína.

Se determinó el crecimiento de los peces mediante muestreos semanales, al recolectar datos biométricos de 20 organismos de cada uno de los seis tanques con una red, la cual fue sanitizada en una cubeta conteniendo agua clorada al 0.1 %, y en otra con tiosulfato de sodio (2 g por 20 L de agua) para su neutralización y evitar la contaminación cruzada. Posteriormente, se registró el peso (g) con una báscula marca OHAUS (5200g/1g) y se determinó la ración de alimento a suministrar.

Para evaluar la eficiencia alimenticia, se determinó el Factor de Conversión Alimenticia (FCA). Este se determinó al final del experimento, de acuerdo a Costa, *et al.* (2017) (Ecuación 1):

$$FCA = \frac{\text{cantidad de alimento suministrado}}{\text{biomasa total}} \quad (1)$$

La supervivencia semanal se estimó por diferencia entre la población al inicio de cada semana y el número de organismos muertos a la conclusión de la misma.

2.8. Cultivo de plantas

El cultivo de plantas se inició con la siembra de las semillas en charolas de germinación con sustrato peat para germinar las plantas de tomate Cherry (*Lycopersicon esculentum*) y albahaca (*Ocimum basilicum*) las cuales fueron adquiridas en una casa comercial local. Las charolas de germinación contaron con riego en dos horarios: por la mañana y por la tarde, una vez germinadas las plantas y evidentes las primeras cuatro hojas verdaderas, las plántulas fueron trasplantadas con una espátula, para colocarlas en vasos de crecimiento, utilizando guata como sustrato.

Cada sistema fue instalado con 15 plantas de tomate Cherry y 15 de Albahaca para iniciar al experimen-

to. Durante el experimento se realizó una biometría semanal de plantas en ambas especies seleccionadas (6) al azar por cada sistema. Se midió la altura de la planta (cm), el largo y ancho de la hoja y se contabilizó el número de hojas.

2.9. Modelos matemáticos de crecimiento

2.9.1. Modelo de crecimiento de tilapia

El peso de los organismos (w_t) en la semana t , se calculó con el modelo desarrollado por Ruiz-Velazco *et al.* (2010a, b):

$$w_t = w_i + (w_f - w_i) [(1 - k^t)/(1 - k^c)]^3 \quad (2)$$

donde w_i es el peso inicial (g), w_f es el peso final, t es el número de semanas a la cual se calcula w_f , k (coeficiente de crecimiento) es la tasa a la cual el peso cambia de su valor inicial a su valor final y c es número total de semanas que dura el cultivo. Para estimar los parámetros de crecimiento para cada tanque se utilizó regresión no lineal mediante Statistica v.7.0.

2.9.2. Modelo de crecimiento de lechuga y pepino

Para el cálculo del crecimiento en longitud de las plantas, se utilizó el modelo propuesto por Serna-Gallo *et al.* (2014):

$$L_t = L_i + (L_f - L_i) \left(\frac{1 - k^t}{1 - k^c} \right) \quad (3)$$

donde L_i y L_f son las tallas (longitudes) inicial y final, k es la tasa a la cual cambia L_t desde su valor inicial hasta su valor final, t es el número de unidades de tiempo para las que se predice L_t (vgr. 5, si L_t se predice para la quinta semana) y c es t para la semana en que se realiza la cosecha. Para estimar los parámetros de crecimiento se utilizó regresión no lineal mediante Statistica v.7.0.

2.10. Variables ambientales de los sistemas

Los parámetros físico-químicos: oxígeno disuelto, temperatura y pH, se midieron cada doce horas en

horarios de 6:00 a.m. y 6:00 p.m., mediante el uso de un equipo portátil multiparámetro marca HANNA modelo 2030, y con un medidor de pH portátil marca HANNA modelo HI98128.

2.11. Análisis estadístico

Después de la recolecta de datos, se realizó la verificación de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianza (prueba de Levin). Para definir el tipo de prueba a utilizar, se realizaron las comparaciones de medias para dos muestras, de los atributos de crecimiento y variables abióticas también consideradas como de manejo o de calidad del agua. Se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de una vía, donde se encontraron diferencias significativas a un nivel de significancia del 5 y 10 %, se aplicó la prueba *Post Hoc* Scheffe. Estos análisis se realizaron con el programa computacional STATISTICA 7.0.

3. RESULTADOS

3.1. Variables ambientales (calidad de agua)

Los valores de las variables de calidad del agua que se registraron en el tanque de peces y el módu-

lo hidropónico se muestran en la Tabla 1. Las diferentes variables evaluadas en este bioensayo correspondiente al tanque de peces y las plantas de tomate Cherry y Albahaca, no presentaron diferencias entre ambos sistemas de cultivo (Tabla 1).

Tabla 1. Concentración promedio $\pm$ desviación estándar de las variables de calidad de agua registradas en los componentes del sistema.

	Recirculación continua (RC)	Recirculación parcial (RP)
Variables	Tanque de peces	
OD (mg L^{-1})	4.85 ± 0.09^a	4.72 ± 0.07^a
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	29.83 ± 0.20^a	30.46 ± 0.12^a
pH	8.07 ± 0.03^a	8.07 ± 0.03^a
	Tratamiento hidropónico	
OD (mg L^{-1})	5.10 ± 0.02^a	4.56 ± 0.02^a
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	30.55 ± 0.23^a	30.42 ± 0.03^a
pH	8.16 ± 0.02^a	8.07 ± 0.00^a

3.2. Cultivo de peces

Crecimiento

Los datos obtenidos en el bioensayo mostraron un crecimiento de los organismos constante, manteniéndose así hasta el final del experimento. Podemos observar en los resultados que no hay una diferencia significativa ($P > 0.05$) en supervivencia, FCA y peso de las tilapias cultivadas con sistemas hidropónicos con RC y RP (Tabla 2).

Tabla 2. Valores biométricos de los peces <i>O. niloticus</i> en cada tratamiento del sistema hidropónico (promedio $\pm$ error estándar).		
Variable	Tratamiento hidropónico	
	Recirculación Continua (RC)	Recirculación Parcial (RP)
Días de cultivo	42	42
Supervivencia (%)	99.50 $\pm$ 0.57 ^a	100 $\pm$ 0.0 ^a
Peso inicial (g)	7.26 $\pm$ 0.15 ^a	7.26 $\pm$ 0.15 ^a
Peso final (g)	43.39 $\pm$ 5.63 ^a	45.37 $\pm$ 9.14 ^a
Longitud inicial (cm)	7.08 $\pm$ 0.08 ^a	7.08 $\pm$ 0.08 ^a
Longitud final (cm)	13.36 $\pm$ 0.78 ^a	13.25 $\pm$ 1.11 ^a
FCA	1.2 $\pm$ 0.4 ^a	1.3 $\pm$ 0.1 ^a

3.3. Cultivo de plantas

3.3.1. Tomate Cherry

Los datos biométricos obtenidos de las hojas de las plantas mostraron mayor crecimiento en el sistema con recirculación continua (RC) comparado con el sistema de recirculación parcial (RP), ya que mostró mayor crecimiento promedio en el largo y el ancho de las hojas (Tabla 3). Sin embargo, el sistema de recirculación parcial mostró mayor número de hojas al final del cultivo comparado con el sistema de recirculación continua. De acuerdo a los resultados anteriores, al final del cultivo, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los dos tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza de datos biométricos de las plantas de tomate *cherry* en cada tratamiento del sistema hidropónico.

Tratamien tos	No. hojas	Largo hoja (cm)	Ancho hoja (cm)
	7.5 $\pm$		
RC	1.8 ^a	10.3 $\pm$ 2.1 ^a	5.8 $\pm$ 1.2 ^a
	9.4 $\pm$		
RP	3.8 ^a	8.0 $\pm$ 2.4 ^a	4.7 $\pm$ 0.9 ^a

Nota: Media $\pm$ EE que comparten al menos un superíndice no son significativamente diferentes.

3.3.2. Albahaca

En el cultivo de albahaca, se muestra que el sistema con recirculación parcial (RP) fue el que obtuvo mejor desarrollo en cuanto a número y largo de la hoja con respecto al tratamiento con RC; coincidiendo los dos tratamientos (RC y RP) con el tamaño del ancho de la hoja (Tabla 4). El análisis de varianza al final del cultivo, no mostró diferencia significativa entre tratamientos en el número de hojas, largo y ancho de la hoja ($P > 0.05$), en los dos tratamientos.

Tabla 4. Resultados del análisis de varianza de datos biométricos de las plantas de albahaca en cada tratamiento del sistema hidropónico.

Tratamien tos	No. hojas	Largo hoja (cm)	Ancho hoja (cm)
	12.6 $\pm$		
RC	6.3 ^a	3.5 $\pm$ 0.9 ^a	2.6 $\pm$ 0.5 ^a
	17.4 $\pm$		
RP	6.1 ^a	4.4 $\pm$ 0.2 ^a	2.6 $\pm$ 0.1 ^a

Nota: Media $\pm$ EE que comparten al menos un superíndice no son significativamente diferentes.

3.4. Modelos de crecimiento

3.4.1. Tilapia

El modelo utilizado para describir el crecimiento de la tilapia tuvo un ajuste significativo en todos los casos ($P < 0.05$), en términos del análisis de varianza de la regresión (Figura 3).

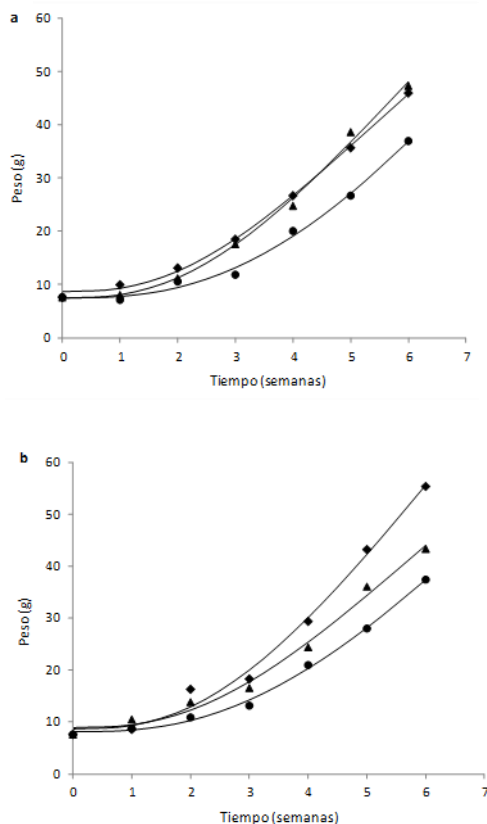


Figura 3. Curvas de crecimiento de tilapias ajustadas a los dos tratamientos de recirculación continua (a) y parcial (b) del efluente hidropónico.

Se observó que los peces alcanzaron mayor peso final promedio (45.37 g) cuando la recirculación del agua del efluente fue parcial (RP) en el sistema hidropónico (Figura 3). De igual manera en este sistema se obtuvo el mayor peso final a la semana seis (55.35 g).

Los parámetros del modelo de crecimiento (W_f , peso final; k , constante de crecimiento) no mostraron diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los dos tratamientos del sistema hidropónico (RC y RP) con respecto al crecimiento en peso de las tilapias.

3.4.2. Plantas

El modelo de crecimiento en función de la longitud de la planta de tomate y albahaca describió adecuadamente las curvas observadas en la base de datos, y se obtuvieron ajustes significativos en

términos del análisis de variancia de la regresión en todos los casos de RC (Figura 4a) y RP (Figura 4b) ($P < 0.05$).

3.4.2.1. Tomate cherry

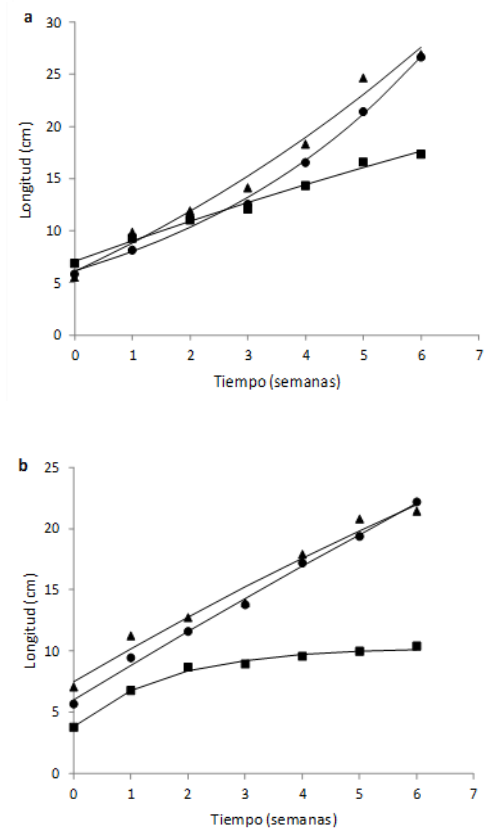


Figura 4. Curvas ajustadas de crecimiento de plantas de tomate cherry correspondientes a recirculación continua (a) y parcial (b).

Los resultados mostraron que las plantas de tomate Cherry alcanzan mayores longitudes (23.6 cm) cuando la recirculación del agua del efluente fue continua en el módulo hidropónico, en comparación con la recirculación parcial, cuyas longitudes alcanzaron en promedio 18 cm (Figura 5).

Se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en la longitud final (L_f) y el coeficiente de crecimiento (k) ($P < 0.1$) que es la tasa a la cual el peso cambia de su valor inicial a su valor final, entre los dos tratamientos del sistema hidropónico (RC y RP) (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de los parámetros de crecimiento de las plantas de tomate cherry en cada tratamiento del sistema hidropónico.

Tratamiento	L_f	k	P
os			
RC	27.12 ± 0.62^a	1.17 ± 0.1^a	0.0073
RP	21.97 ± 0.09^b	0.97 ± 0.02^b	0.0957

Nota: Media $\pm$ EE que comparten al menos un superíndice no son significativamente diferentes.

cuando la recirculación del agua del efluente es parcial en el módulo hidropónico, en comparación con la recirculación continua, cuyas longitudes alcanzaron en promedio 9.6 cm (Figura 5). Se encontró una diferencia significativa ($P < 0.05$) en la longitud final (L_f) entre los dos tratamientos del sistema hidropónico (RC y RP) (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de los parámetros de crecimiento de las plantas de albahaca en cada tratamiento del sistema hidropónico.

Tratamiento	L_f	k	P
os			
RC	7.36 ± 0.8^a	1.14 ± 0.31^a	0.0396
RP	16.54 ± 2.5^b	1.15 ± 0.23^a	0.9563

Nota: Media $\pm$ EE que comparten al menos un superíndice no son significativamente diferentes.

3.4.2.2. Albahaca

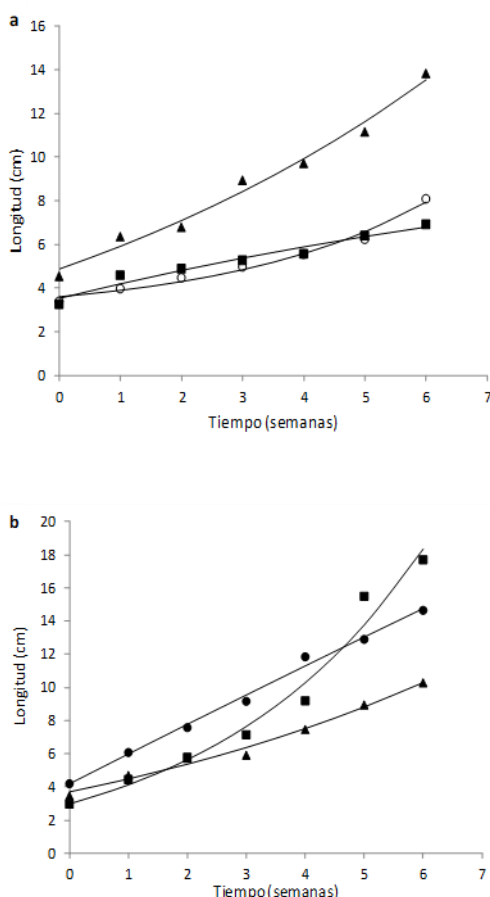


Figura 5. Curvas ajustadas de crecimiento de plantas de albahaca correspondientes a recirculación continua (a) y parcial (b).

Los resultados mostraron que las plantas de Albahaca alcanzan mayores longitudes (14.2 cm)

4. DISCUSIÓN

Wallace-springer y colaboradores (2022), argumentan que los tiempos de circulación no afectan de manera significativa la concentración o el aumento del pH, la conductividad eléctrica y la temperatura. En su experimento, evaluó el efecto de los tiempos de retención de 4, 8, 12 y 16 días. En este trabajo, las diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos se presentaron a lo largo del tiempo, habiendo cambios en el pH.

En esta investigación, en ninguno de los aspectos del cultivo (calidad de agua), los tiempos de retención hidráulica tuvieron un efecto significativo, dicho resultado concuerda con lo reportado por Espinosa-Moya *et al.* (2016), quien establece que independientemente del flujo que se aplica, sus tratamientos obtuvieron resultados muy parecidos. En la acuaponía, las plantas juegan un papel preponderante en el mantenimiento de la calidad del agua, así como en la remoción de los nutrientes del sistema y disminuir los efectos negativos en el medio ambiente (Espinosa-Moya *et al.*, 2016).

El oxígeno es esencial para los tres organismos que participan en acuaponía; plantas, peces y bacterias nitrificantes, además para cubrir la demanda bioquímica en los procesos (Lezama-Cervantes *et al.*, 2010). El oxígeno disuelto (OD) es esencial para las bacterias nitrificantes que necesitan un nivel adecuado para crecer de forma saludable y mantener altos niveles de productividad, siendo los óptimos de 4-8 mg L⁻¹. Por otra parte, sin una suficiente concentración de OD (por debajo de 2 mg L⁻¹), la nitrificación no se produce y otro tipo de bacterias puede crecer, las cuales convertirían los nitratos a nitrógeno molecular en un proceso anaeróbico conocido como nitrificación muy perjudicial para el medio (Delgado-Gavilano, 2020).

Las fluctuaciones de oxígeno se mantuvieron constantes y no se presentó un aumento en la demanda de oxígeno por parte de los organismos en ambos sistemas. El valor promedio de oxígeno fue de 4.8 unidades, el cuál es muy cercano al óptimo tanto para peces, bacterias y plantas. Según Somerville *et al.* (2022), para un sistema acuícola en peces la concentración óptima de oxígeno es de 5 mg L⁻¹, por lo que creemos que esta variable no afectó ninguno de los resultados aquí mostrados.

La temperatura óptima para el cultivo de tilapia según Ornelas-Luna *et al.* (2017) es de 20 °C a 30 °C. Sin embargo, Lopez-Farfan y Martínez-Yáñez (2017) mencionan que el intervalo de temperatura para el desarrollo normal, reproducción y crecimiento de la tilapia está entre 20 y 35 °C. Los valores promedios obtenidos en este bioensayo (30 °C), están dentro del intervalo de los datos ya mencionados, la temperatura se mantuvo constante y no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ambos tratamientos. Por los antecedentes antes descritos, la temperatura no afectó el crecimiento de la tilapia.

Por otro lado, se establece que la temperatura es un factor limitante en el cultivo de Tomate Cherry, mencionando que la temperatura ideal es de 25 °C, sin embargo, el tomate tiene un intervalo óptimo

de 21-27 °C (Abdul-Baki y Stommel, 1995; Mazuela *et al.*, 2010; Sato *et al.*, 2000). Aunque en este trabajo no se evaluó la temperatura como variable de respuesta, se tuvieron temperaturas superiores a lo recomendado para tomate Cherry (30 °C), lo que sugiere que existe una alta probabilidad que el crecimiento hubiera sido afectado. Adicionalmente, Requejo-López (2008) menciona que, se debe mantener una humedad relativa del 60 % en el ambiente de esta especie de tomate, desafortunadamente en este bioensayo no fue evaluada esta variable. Sin embargo, se recomienda su medición para posteriores trabajos de investigación.

En el caso de la albahaca, la temperatura promedio registrada en este trabajo fue de 29.55 °C, no teniendo efecto en el crecimiento de la planta, ya que de acuerdo con Castro (2005), el desarrollo óptimo de la albahaca en un sistema hidropónico en invernadero, se requieren temperaturas de 24 a 30 °C durante el día y por la noche de 16 a 20 °C. Mientras que Jaramillo *et al.* (2017) establecen que la temperatura óptima está entre 21° y 27 °C, aún teniendo un promedio en el máximo intervalo (30 °C) no hay un efecto negativo en el crecimiento de la albahaca.

En el caso del pH, Rakocy *et al.* (2006) mencionan que el intervalo óptimo se encuentra entre 7 y 9 para sistemas acuapónicos. En el caso de este bioensayo, se mantuvo con valores máximos y mínimos de 7.9 a 8.4, dichos valores se consideran óptimos para un sistema acuapónico según lo mencionado anteriormente. El sistema que presentó valores de pH bajos fue el de recirculación continua, esto debido a la mayor absorción de los compuestos nitrogenados por parte de las plantas y las bacterias, la nitrificación produce ácido y el pH disminuye (Rakocy, 1994). Por su parte, el tratamiento con recirculación parcial, presentó el valor promedio más alto de pH (8.4), lo que sugiere una menor actividad microbiana respecto al sistema con recirculación continua (RC),

cuya variable está involucrada en los proceso de nitrificación y la generación de protones (H^+), acidificando el agua en los cultivos (Tyson *et al.*, 2008)

De acuerdo a los resultados del bioensayo, utilizando los parámetros del modelos de crecimiento de Ruiz-Velazco *et al.* (2010a,b) se puede observar que no hay una diferencia significativa ($P > 0.05$) en el peso final en los peces mantenidos en ambos tratamientos a lo largo del cultivo. Los resultados de este trabajo fueron similares a lo reportado por Endut *et al.* (2010), quienes evaluaron la tasa de carga hidráulica óptima en un sistema acuapónico con bagre africano (*Clarias gariepinus*) y la espinaca de agua (*Ipomoea aquatica*), no obteniendo diferencias significativas en el crecimiento del bagre africano por los tiempos de circulación (Endut *et al.*, 2010). Las buenas condiciones que prevalecieron en ambos sistemas durante el biosayo, permitió un crecimiento de los peces de manera similar.

Estos resultados muestran una alta supervivencia en las tilapias mantenidas en estos cultivos. De acuerdo a Sutthi *et al.* (2018), en cultivos con *O. niloticus* lograron supervivencias superiores al 90 % en el doble del tiempo aquí evaluado. Adicionalmente, Colorado-Gómez y Ospina-Correa (2019), lograron una supervivencia de 99 % en esta especie, lo que demuestra la resistencia o adaptabilidad de esta especie. El flujo de nutrientes generado en los tanques de cultivo de tilapia, aporta los requerimientos nutrimentales que son removidos por las raíces de las plantas, evitando la acumulación de estos compuestos en las unidades de cultivo (Rahmatullah *et al.*, 2010), estos aspectos sumados a la composición de oxígeno y temperatura, favorecen los parámetros productivos en las tilapias (Acevedo y Villamizar, 2020).

De acuerdo con Orozco y Velázquez (1988), establecen que el factor de conversión alimenticia (FCA) oscila entre 1.4 y 2.7 para el cultivo de tilapia. En el caso de este bioensayo, en ambos tratamientos, se obtuvieron valores que están por debajo de lo reportado por estos autores para un sistema de producción acuícola, pero que son muy similares a los

reportados por Aguilar (2020) en su bioensayo, quien evaluó la capacidad de absorción de nutrientes usando lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema acuapónico de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) obteniendo un FCA de 1.2.

De acuerdo a la FAO (2005), en la nutrición y alimentación de los peces, algunos de los factores determinantes para obtener un buen FCA son las condiciones ambientales del estanque como la temperatura, el oxígeno, el pH, la salinidad y otros parámetros del agua que influyen en el metabolismo. Por lo anterior, un ambiente óptimo favorece un mayor consumo y aprovechamiento del alimento, repercutiendo en un menor FCA. Otros antecedentes muestran que para el caso de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), es una de las de mayor resistencia a variaciones ambientales, con pH 6 a 9 (Amal y Zamri-Saad, 2011), salinidad de 0 a 20 UPS, con problemas renales en salinidades superiores (Ali *et al.*, 2022) y temperaturas de 30-36 °C (El-Sherif y El-Feky, 2009). No obstante, los datos ambientales obtenidos en este trabajo fueron favorables para la tilapia.

La aplicación foliar de algunos macro y micronutrientes en plantas de tomate en sistemas acuapónicos tienen un efecto positivo. Roosta y Hamidpour (2011), establecen que el manejo de un cultivo de tomate en los sistemas acuapónicos es más difícil que los cultivos de hoja, porque las demandas de nutrientes de la planta cambian durante las diferentes etapas del crecimiento. Desde la germinación hasta el desarrollo de las primeras flores (aproximadamente 6 semanas), las necesidades de la planta son constantes. Una vez que la planta comienza a dar frutos, requiere más Ca, Mg y K (Nelson, 2008). En este trabajo, utilizando los parámetros del modelo de Serna-Gallo *et al.* (2014) en el caso del tomate Cherry, el sistema que presentó un mayor crecimiento fue el de recirculación continua, dado que obtuvo un mejor crecimiento final en

altura y largo de la hoja, en general, las plantas tuvieron un suministro constante de nutrientes por la continuidad de recirculación de agua. Shete *et al.* (2013), en su bioensayo sobre la optimización del período de circulación de agua para el cultivo de Goldfish con espinaca, señalan que las plantas con tiempos de retención hidráulica corta (de 4 a 8 días) están expuestas a un mayor suministro de nutrientes esenciales, comparados con tiempos de retención hidráulica más larga (Shete *et al.*, 2013).

En este estudio, utilizando los parámetros del modelo de crecimiento en longitud de Serna-Gallo *et al.* 2014, el sistema con recirculación parcial presentó mayor crecimiento de la planta de Albahaca, esto debido a una buena nitrificación que se generó por la presencia de nutrientes en el sistema. De acuerdo a Merlín y Martínez (2015), dos grupos bacterianos son relevantes para este tipo de cultivos y para estas especies (*Nitrosomonas* spp. y *Nitrobacter* spp.), las cuales se pudieron fijar a las raíces de la albahaca y ayudar en la mineralización de los nutrientes. De acuerdo a los resultados de amonio, sumado a las condiciones aeróbicas del sistema, se realizaron los procesos de nitrificación adecuadamente (Ortiz, 2011). La concentración de nutrientes en sus diferentes formas generadas a partir de la etapa de cultivo de peces, sugiere que fueron suficientes para cubrir los requerimientos de la albahaca. Para mayores densidades de plantas, se tendría que evaluar los requerimientos específicos de la planta de acuerdo a su etapa de desarrollo. Se concluye que los modelos utilizados para describir el crecimiento de la tilapia, del tomate Cherry y de la Albahaca, fueron satisfactorios para ambos tratamientos y que la Albahaca tuvo un mejor desarrollo en el sistema con recirculación parcial (RP) contrario al crecimiento del tomate Cherry que se

vio favorecido de mejor manera por un protocolo de recirculación continua (RC).

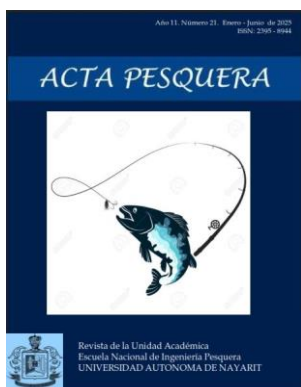
5. LITERATURA CITADA

- Abdul-Baki, A.A. y Stommel, J.R. (1995). Pollen viability and fruit set of tomato genotypes under optimum and high temperature regimes. *Hort Science*. 30:115-117. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.1.115>
- Acevedo, J. y Villamizar, C. (2020). Plan De Negocio Para Producción De Tilapia Roja En Estanques De Geomembrana Bajo Parámetros De Ambiente Controlado En El Municipio De La Mesa De Los Santos. Universidad Cooperativa de Colombia, Bucaramanga. 62 pp.
- Aguilar, A. (2020). Evaluación de la capacidad de absorción de nutrientes usando lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema acuapónico de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Monografía Ing. Acuicultor. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Nicaragua. 58 pp.
- Ali, A., Azom, M.G., Sarker, B.S., Rani, H., Alam, M.S. y Islam, M.S. (2022). Repercussion of salinity on hematological parameters and tissue morphology of gill and kidney at early life of tilapia. *Aquaculture and Fisheries*. 9(2): 256-264. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.04.006>
- Amal, M.N.A. y Zamri-Saad, M. (2011). Streptococcosis in tilapia (*Oreochromis niloticus*): a review. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 34(2): 195-206.
- Baltazar, Paúl M. (2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. *Revista Peruana de Biología*. 13(3): 267-273.
- Caló, P. (2011). Introducción a la acuaponía. Centro Nacional de Desarrollo acuícola (CENADAC). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina. Consultado el 15 de septiembre 2023. <https://chilorg.chil.me/download-doc/86262>
- Castillo-Castellanos, D., Zavala-Leal, I., Ruiz-Velazco, J.M.J., Radilla-García, A., Nieto-Navarro, J.T., Romero-Bañuelos, C.A. y González-Hernández, J. (2016). Implementation of an experimental nutrient film technique-type aquaponic system. *Aquaculture International*. 24(2): 637-646.
- Castro, R. (2005). Algunas notas sobre el cultivo de albahaca en un sistema hidropónico bajo invernadero, California USA. En: Hierbas Aromáticas culinarias para exportación en fresco. Curso de extensión. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Proyecto Hierbas Aromáticas. 15 pp.
- Colorado-Gómez, M.A. y Ospina-Correa, M. (2019). La acuaponía como herramienta de formación en tiempos de paz. Centro de Biotecnología Agropecuaria. Colombia. 63 pp. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5555/acuaponia_como_herramienta_de_formaci%F3n.pdf?sequence=3
- CONAPESCA (2020). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2020. Consultado el 20 de enero 2024. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca>.
- Costa, A.P., Roubach, R., Dallago, B.S., Bueno, G.W., McManus, C. y Bernal, F.E. 2017. Influence of stocking density on growth performance and welfare of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in cages. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 69 (1): 243-251.
- Dediu, L., Cristea, V., Docan, A., y Vasilean, I. (2011). Evaluation of condition and technological performance of hybrid bester reared in standard and aquaponic system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 4(4): 495.
- Delgado-Gavilano, N. (2020). Aprovechamiento de efluentes provenientes de los sistemas de recirculación acuícola del cultivo de Tilapia (*Oreochromis* sp.) en Acuaponía. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 144 p.
- El-Sherif, M.S. y El-Feky, A.M.I. (2009). Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. II. Influence of different water temperatures. *Int. J. Agric. Biol.* 11(3): 1814-9596.
- Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Nik, W.W. y Hassan, A. (2010). A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresource technology*. 101(5): 1511-1517. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.040>
- Espinosa-Moya, E.A., Angel Sahagún, C.A., Mendoza Carrillo, J.M., Albertos Alpuche, P.J., Álvarez-González, C.A. y Martínez-Yáñez, R. (2016). Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. *Aquacult. Res.* 47(6): 1716-1726.

- Estrada-Perez, N., Hernandez-Llamas, A., MJ Ruiz-Velazco, J., Zavala-Leal, I., Romero-Bañuelos, C. A., Cruz-Crespo, E.,... & Campos-Mendoza, A. (2018). Stochastic modelling of aquaponic production of tilapia (*Oreochromis niloticus*) with lettuce (*Lactuca sativa*) and cucumber (*Cucumis sativus*). *Aquaculture research*. 49(12): 3723-3734.
- FAO. (2005). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Estadísticas mundiales de los manglares-Preguntas frecuentes sobre la reciente evaluación de los manglares. Consultado el 22 de agosto 2023. <http://www.fao.org/forestry/mangrove/statistics/13547/es/>
- FAO. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción. Roma. 278 pp.
- García-Trujillo, Z.M. (2012). Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis Ing. Sanitario, Universidad Nacional De Ingeniería, Perú. 282 p.
- Gutierrez-Wing, M.T. y Malone, R.F. (2006). Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquacultural Engineering*. 34(3): 163-171.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Gil, L., García, M., Clímaco, J., Quevedo, D., Sánchez, G., Aguilar, P., Pinzón, L., Zapata, M., Restrepo, J. y Guzmán, M. (2017). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria: Corpoica. 482 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13320>
- Lennard, W.A. y Leonard, B.V. (2004). A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. *Aquaculture International*. 12: 539-553.
- Lewis, W.M., Yopp, J.H., Schramm, H.L. y Brandenburg, A.M. (1978). Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. *Trans Am Fish Soc*. 107(1): 92-99.
- Lezama-Cervantes, C., Paniagua-Michel, J.D.J. y Zamora-Castro, J. (2010). Biorremediación de los efluentes de cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) utilizando tapetes microbianos en un sistema de recirculación. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 38(1): 129-142. <https://doi.org/10.3856/vol38-issue1-fulltext-12>
- López-Farfán, D.E. y Martínez-Yáñez, R. (2017). Determinación del TRH para el crecimiento de lechugas en sistemas acuapónicos, resultados preliminares. *Jóvenes en la ciencia*. 2(1): 1439-1443
- Makri, O. y Kintzios, S. (2008). *Ocimum* sp. (Basil): Botany, Cultivation, Pharmaceutical Properties, and Biotechnology. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*. 13(3): 123-150.
- Mazuela, P., Acuña, L., Álvarez, M. y Fuentes, Á. (2010). Producción y calidad de un tomate cherry en dos tipos de invernadero en cultivo sin suelo. *Idesia (Arica)*. 28(2): 97-100. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292010000200012>
- Merlín, C. y Martínez, Y. (2015). Capacidad de absorción de nitratos de plantas acuáticas cultivadas en acuaponía. *Revista de Divulgación Científica*. 1(2): 1-5.
- Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., and Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*. 405:1017-1024
- Nelson, R.L. (2008). *Aquaponic Food Production*. Nelson and Pade Inc. Press, Montello, WI, USA, 218 p.
- Ornelas-Luna, R., Aguilar Palomino, B., Hernández Díaz, A., Hinojosa Larios, J.Á. y Godínez Siordia, D.E. (2017). A sustainable approach to tilapia aquaculture. *Acta Universitaria*. 27(5): 19-25.
- Orozco, C. y Velázquez, M. L. (1988). Perfiles de la alimentación de peces y crustáceos en los centros y unidades de producción acuícola en México. *Secretaría de Pesca*. 522p. <https://www.fao.org/3/AB460S/AB460S00.htm#TOC>
- Ortiz, I.S. (2011). Sistemas de Recirculación Intensivos y con bajo Recambio: Factores Limitantes y Opciones de Solución. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 5(5).
- Pérez, J.E. (1996). Mejoramiento genético en acuicultura. Editorial Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 178 p.
- Rahmatullah, R., Das, M. y Rahmatullah, S.M. (2010). Suitable stocking density of tilapia in an aquaponic system. *Bangladesh. Fisheries Research*. 14(1-2): 29-35.
- Rakocy, J.E. (1994). Aquaponics: the integration of fish and vegetable culture in recirculating systems. 30 Thirtieth Annual Meeting 1994. Vol XXX. DOI: 10.22004/ag.econ.258746

- Rakocy, J.E., Masser, M.P. y Losordo, T.M. (2006). Recirculación de sistemas de producción de tanques de acuicultura: cultivo de peces y plantas integradores de acuaponia. Publicación de SRAC. 454: 1-16.
- Ramírez, D., Sabogal, D., Jiménez, P. y Giraldo, H. (2008). La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Revista Facultad de Ciencias Básicas. 4(1-2): 32-51.
- Requejo-López, R. (2008). Acondicionamiento nutricional de plántulas y optimización de sustratos en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. 164 p.
- Roosta, H. R. y Hamidpour, M. (2011). Effects of foliar application of some macro-and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. Scientia Horticulturae. 129(3): 396-402.
- Ruiz-Velazco, J. M., Hernández-Llamas, A., & Gomez-Muñoz, V. M. (2010). Management of stocking density, pond size, starting time of aeration, and duration of cultivation for intensive commercial production of shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquacultural Engineering. 43(3): 114-119.
- Ruiz-Velazco, J. M., Hernández-Llamas, A., Gomez-Muñoz, V. M., & Magallon, F. J. (2010). Dynamics of intensive production of shrimp *Litopenaeus vannamei* affected by white spot disease. Aquaculture. 300(1-4): 113-119.
- Sato, S., Peet, M. y Thomas, J.F. (2000). Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. Plant Cell Environ. 23: 719-726. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00589.x>
- Serna-Gallo, I., Ruíz-Velazco, J. M., Acosta-Salmón, H., Peña-Messina, E., Torres-Zepeda, G., & Saucedo, P. E. (2014). Growth and reproduction patterns of the winged pearl oyster, *Pteria sterna* cultivated in tropical environments of Mexico: implications for pearl farming. Ciencias Marinas. 40(2): 75-88.
- Shete, A.P., Verma, A.K., Tandel, R.S., Prakash, C., Tiwari, V.K. y Hussain, T. (2013). Optimization of water circulation period for the culture of goldfish with spinach in aquaponic system. Journal of Agricultural Science. 5(4): 26.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. y Lovatelli, A. (2022). Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura No. 589. FAO, Roma. <https://doi.org/10.4060/i4021es>
- Sutthi, N., Thaimuangphol, W., Rodmongkoldee, M., Leelapatra, W. y Panase, P. (2018). Growth performances, survival rate, and biochemical parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in water treated with probiotic. Comparative Clinical Pathology. 27: 597-603.
- Tyson, R.V., Simonne, E.H., Treadwell, D.D., White, J.M. y Simonne, A. (2008). Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite bio-filters. HortScience. 43(3): 719-724. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.3.719>
- Urias-Sotomayor, R., & Maeda-Martínez, A.N. (2023). La producción de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en México como una alternativa para fortalecer la seguridad alimentaria nacional. Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional. 33(62).
- Wallace-Springer, N., Wells, D.E., Pickens, J.M., Ayipio, E. y Kemble, J. (2022). Effects of Hydraulic Retention Time of Aquaculture Effluent on Nutrient Film Technique Lettuce Productivity. Agronomy. 6-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102570>
- Yang, H., Fang, Y. y Chen, Z. (2003). Sistemas integrados de cultivo de peces en pastizales en China (p. 159). FAO/ICLARM/IIRR (Ed.). Agroacuicultura integrada: Manual básico. Roma: FAO. 407 p.





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 11 No. 21.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero - Junio de 2025
San Blas, Nayarit. México
Pp. 55 - 70
Recibido: 22 de mayo de 2025
Aprobado: 29 de junio de 2025
DOI: 10.60113/ap.v11i21.152

**RESPUESTA DE POSTLARVAS DE CAMARÓN BLANCO DEL PACÍFICO
(*Litopenaeus vannamei*) A DIFERENTES CONDICIONES DE ESTRÉS**

**RESPONSE OF POSTLARVAL PACIFIC WHITE SHRIMP (*Litopenaeus
vannamei*) TO DIFFERENT STRESS CONDITIONS**

Juan Carlos Bautista-Covarrubias^{1*}

Juanb@uan.edu.mx

<http://orcid.org/0000-0003-4790-9898>

Edgar Gabriel Hernández Mendoza¹

21000106@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9368-7662> 

José Armando López Sánchez¹,

armando.lopez@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1414-2427>

Martín Gabriel Frías Espericueta²

friasm@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3729-1986>

Marisela Aguilar-Juárez².

maguilar@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0862-5542>

**Respuesta de postlarvas de camarón blanco del
pacífico (*Litopenaeus vannamei*) A diferentes
condiciones de estrés**

**Response of postlarval pacific white shrimp
(*Litopenaeus vannamei*) to different stress condi-
tions**

RESUMEN

La respuesta de postlarvas (PL13) a pruebas de estrés con salinidad, temperatura, fertilizantes, plaguicida sintético y un compuesto químico fue determinada durante cortos periodos de exposición. Además, fue determinada la ganancia en peso y tasa de crecimiento en un lapso de 30 días en diferente salinidad. En el tratamiento de 10 g/L de salinidad, fue determinado el mayor porcentaje promedio (87%) de supervivencia. Los porcentajes de supervivencia de postlarvas no presentaron variabilidad ($P = 0.232$) entre los diferentes tratamientos de temperatura (16, 28 y 32°C). La concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ horas) fue menor para el potasio Ultrasol® que para el magnesio Sulmag® y también que la obtenida para la mezcla de fertilizantes, las cuales fueron determinadas mediante la NOM-074-ECOL-1994 y con el uso del software IBM SPSS Probit®. La toxicidad de malatión y de sulfato de cobre (CL₅₀₋₉₆ horas) ocasionaron mayor mortalidad de postlarvas, cuando fueron evaluadas en las fases lunares de luna nueva y de cuarto creciente. La ganancia en peso y tasa de crecimiento (peso inicial y peso final) fueron diferentes, con mayores valores en el tratamiento de 20 g/L de salinidad. Las postlarvas donadas por el laboratorio y utilizadas en las pruebas de estrés respondieron favorablemente por ser resistentes y de buena calidad.

Palabras clave: Postlarvas, estrés, toxicidad, fertilizante, salinidad, bioensayo.

ABSTRACT

The response of postlarvae (PL13) to stress tests with salinity, temperature, fertilizers, synthetic pesticide and chemical compound was determined during short-time exposure. In addition, weight gain and growth rate were determined over 30 days at different salinities. In the 10 g/L salinity treatment, the highest average survival percentage (87%) of survival was determined. Postlarvae survival percentages did not show variability ($P = 0.232$) among the different temperature treatments (16, 28 and 32°C). The mean lethal concentration (LC₅₀₋₉₆ hours) was lower for potassium Ultrasol® than for magnesium Sulmag® and also than that obtained for the fertilizer mixture, which were determined according to NOM-074-ECOL-1994 and with the use of IBM SPSS Probit® software. Malathion and copper sulfate toxicity (LC₅₀₋₉₆ hours) caused higher mortality of postlarvae when they were evaluated during the new moon and first quarter lunar phases. Weight gain and growth rate (initial weight and final weight) were different, with higher values at the 20 g/L salinity treatment. The postlarvae donated by the laboratory and used in the stress tests responded favorably because they were resistant and of good quality.

Key words: Postlarvae, stress, toxicity, fertilizer, salinity, bioassay.

INTRODUCCIÓN

El camarón blanco es una especie de crustáceo considerada eurihalina por tolerar un amplio intervalo de salinidades (5 - 45 g/L), es nativo de la costa Oriental del océano Pacífico, en agua cuya temperatura es normalmente 20°C durante todo el año, se encuentra en hábitats marinos tropicales, con intervalo de 25 a 30 g/L de salinidad: La producción de camarón en el año 2023 para México fue de 249,364 toneladas de peso vivo, de las cuales cerca del 77% correspondió al cultivo, 12% derivado de la pesca en esteros, lagunas y bahías y, 10% proveniente de la pesca en mar abierto (CONAPESCA 2023).

El cultivo de camarón con agua de baja salinidad es actualmente una realidad, tuvo sus orígenes en Tailandia con la especie de camarón tigre (*Penaeus monodon*) (Flaherty *et al.*, 2000), y representa una opción importante para evitar enfermedades del camarón ocasionadas por microorganismos patógenos (Jaime-Ceballos, *et al.*, 2012).

En la cría de crustáceos en agua de baja salinidad, la aclimatación es un procedimiento fundamental para la adaptación adecuada de los organismos a las nuevas condiciones de cultivo, estas nuevas condiciones originan estrés en el organismo durante una gran parte de su cultivo, aunado que los requerimientos en la concentración de iones (bicarbonato, carbonato, sulfato, cloruro, calcio, magnesio, potasio y sodio) del agua disminuyen y como efecto se ve reflejado en la alteración del proceso de muda y en el crecimiento (Boyd *et al.*, 2002).

Para conocer la condición de las postlarvas antes de sembrarlas en los estanques de engorde, se realizan las pruebas de estrés, ya que son consideradas como un criterio de calidad en los laboratorios de postlarvas que se dedican a la producción de semilla y para la investigación (Arzola *et al.*, 2013). La prueba consiste en someter las postlarvas a un estrés ocasionado por una variable (salinidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto) por un tiempo de 30 minutos, permitiendo la posterior recuperación de los animales en agua de la variable inicial, y finalmente se registra la supervivencia por el estrés ocasionado.

Los fertilizantes, plaguicidas y el sulfato de cobre (CuSO_4), son sustancias que provocan estrés y alteración de variables fisiológicas, bioquímicas e inmunológicas en organismos acuáticos. Lyle-Fritch *et al.* (2006) identificaron 134 sustancias químicas de uso en granjas acuícolas de Sinaloa México, señalan que los fertilizantes son los más frecuentes, además mencionan que los productores de camarón, desconocen del riesgo de toxicidad que puede presentar las sustancias químicas en los camarones de cultivo.

Por otro lado, para conocer la toxicidad de las sustancias químicas, se realizan pruebas de toxicidad con la finalidad de lograr determinar la concentración letal media (CL_{50}), la cual refiere la concentra-

ción del compuesto tóxico que provoca mortalidad al 50% de la población expuesta en un tiempo determinado (Paredes y Avella, 2007).

Por lo anterior, el presente estudio consistió en conocer la supervivencia de postlarvas (PL13) mediante pruebas de estrés con cambios salinidad y temperatura, identificar la toxicidad del potasio Ultrasol® y magnesio Sulmag®, así como también el de la mezcla, para conocer la CL_{50-96} horas de los fertilizantes comerciales, así mismo evaluar la supervivencia de postlarvas expuestas a CL_{50-96} h, de malatión y del sulfato de cobre en diferentes fases lunares. También fue calculada la ganancia en peso y la tasa de crecimiento de postlarvas (*Litopenaeus vannamei*) expuestas a diferente salinidad en un periodo de 30 días experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las postlarvas de camarón blanco utilizadas (PL13), fueron donadas por el Laboratorio de larvas de camarón Acuicultura Integral S.A. de C.V., localizado en el municipio de San Blas, Nayarit. Las postlarvas fueron transportadas a las condiciones de salinidad (35 g/L) y de temperatura (27°C) al laboratorio de Bioindicadores de Estrés Ambiental de la Unidad Académica de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit, a la llegada fueron mantenidas durante tres horas en periodo de aclimatación. Posteriormente, fueron utilizadas en cada uno de los experimentos realizados.

Condiciones de estrés

Salinidad

Para la prueba de estrés, la salinidad fue disminuida dos partes de sal cada dos horas, con la ayuda de agua dulce previamente aireada. Fueron utilizados tres recipientes por triplicado, y fueron llenados con tres litros de agua diluida hasta alcanzar las salinidades de 2, 5 y 10 g/L. Fueron utilizadas 20 postlarvas por tratamiento, las cuales fueron tomadas al azar del recipiente utilizado para el traslado, y una vez depositadas se contabilizaron 30 minutos, transcurrido el tiempo, las postlarvas fueron regresadas al recipiente inicial (35 g/L), finalmente fueron contabilizadas las postlarvas que sobrevivieron en cada uno de los tratamientos de salinidad.

Temperatura

Para el experimento con diferente temperatura, se sometieron 20 postlarvas por tratamiento y por triplicado, las cuales fueron sometidas a tres diferentes temperaturas (16, 28 y 32 °C) en agua con salinidad de 35 g/L. Para las temperaturas de 28°C y de 32°C fueron utilizados termostatos, mientras que, para la temperatura de 16 °C, se utilizó hielo para disminuir la temperatura y obtener la temperatura experimental. Finalizado el tiempo de 30 minutos, fueron nuevamente transferidos al recipiente de traslado con la temperatura de 27°C. En cada uno de los tratamientos, fueron cuantificadas las postlarvas que sobrevivieron y fueron calculados los porcentajes de supervivencia en cada tratamiento.

Toxicidad de fertilizantes

Para la realización de los experimentos preliminares, fueron utilizados los fertilizantes en mezcla; potasio Ultrasol® (K⁺) y magnesio Sulmag® (Mg²⁺). De la mezcla fueron tomados; 10, 100 y 200 mL, los cuales fueron aplicados en recipientes con tres litros de agua con 10 g/L de salinidad. Posteriormente, fueron colocadas 10 postlarvas por cada tratamiento, además fue utilizado un tratamiento control. La finalidad del experimento preliminar fue obtener la menor concentración que no ocasionara mortalidad en un tiempo de 24 h, y una concentración mayor que ocasionara 80% o más de mortalidad al tiempo de 96 h, de exposición. La salinidad utilizada fue de 10 g/L, ya que fue la que presentó un mayor porcentaje de supervivencia de postlarvas en el cambio hiperosmótico de la prueba de estrés realizada.

Determinación de la concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ horas) de fertilizantes

Después del experimento preliminar, fueron definidas cuatro concentraciones de una solución madre (50 g de fertilizante granulado/450 ml agua destilada), de la cual fueron tomados; 10, 15, 25 y 35 mL del producto comercial de cada fertilizante, además fue utilizado un grupo control. Solo 10 postlarvas fueron tomadas al azar y colocadas por triplicado en recipientes con tres litros de agua con 10 g/L de salinidad. El experimento fue estático, el tiempo de duración fue de 96 horas de exposición, las postlarvas no fueron alimentadas, no se realizó recambio de agua y al término de 96 h de exposición fueron

registradas las mortalidades de postlarvas en cada tratamiento. Otro experimento fue realizado para conocer la CL₅₀₋₉₆ h de la mezcla de fertilizantes (K⁺ y Mg²⁺). Finalmente, los resultados fueron procesados para la determinación de la concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ horas) a través del procedimiento sugerido dentro de la Norma Oficial Mexicana (NOM-074-ECOL-1994) y por el método PROBIT® (Finney, 1971) mediante el uso del software IBM SPSS.

Estrés por la exposición de la CL₅₀₋₉₆ horas durante diferente fase lunar

Para el experimento fueron evaluadas dos concentraciones letales medias (CL₅₀₋₉₆ h), establecidas anteriormente para el plaguicida sintético (malatión; 0.078 mg/L) y para el compuesto químico (sulfato de cobre; 35.12 mg/L), reportadas por Bautista (1995) y por Frías-Espericueta *et al.* (2008) para juveniles de camarón *L. vannamei*, respectivamente. Fueron utilizados dos tratamientos (con las CL₅₀ de malatión y de sulfato de cobre) por triplicado, 10 postlarvas fueron colocadas en recipientes de tres litros de capacidad con agua a 10 g/L de salinidad. Los experimentos fueron realizados al inicio de cada fase lunar; luna llena, cuarto menguante, luna nueva y cuarto creciente. En cada experimento las postlarvas no fueron alimentadas, la duración del experimento fue de tres días, al término del tiempo experimental, fue registrada la mortalidad presente en cada tratamiento y en cada fase lunar.

Experimento de ganancia en peso

Para la realización del experimento, fueron utilizadas tres diferentes salinidades (5, 10 y 20 g/L) por triplicado, en cada tratamiento fueron colocadas 16 postlarvas, las cuales al inicio del experimento fueron pesadas en una balanza analítica (Ohaus Explorer™ USA) y también fueron medidas con la ayuda de una cinta métrica. Posteriormente, ya colocadas en los recipientes con 3 litros de agua a diferente salinidad, fueron alimentadas diariamente al 8% de la biomasa total, al final de 30 días, fueron nuevamente pesadas y medida la longitud de cada una de las postlarvas. Para calcular el porcentaje de ganancia de peso total (GP) y la tasa de crecimiento (TC) de las postlarvas en los diferentes tratamientos, se aplicaron las fórmulas propuestas por Peña-Navarro *et al.* (2013);

$$GP (\%) = \frac{Pf - Pi}{Pi} (100)$$

$$TC = \frac{\log_{10} de pf - \log_{10} pi}{\text{número de días}} (100)$$

Dónde:

Pf: Peso final

Pi: Peso inicial

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante pruebas de normalidad y homocedasticidad, si cumplieron con ambos supuestos, el análisis de varianza de una vía (ANOVA) fue apli-

cado. Cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicaron las pruebas de comparación de promedios (*Holm-Sidak*, *Tukey* y *t de Student*) a un nivel de significancia de $P < 0.05$ para todas las pruebas.

RESULTADOS

Respuesta a la prueba de estrés con diferente salinidad

Una vez realizada la prueba de estrés con diferente concentración de salinidad, los menores porcentajes de supervivencia se presentaron en el tratamiento de 2 g/L de salinidad (Tabla 1), mientras que los mayores porcentajes se presentaron en el tratamiento de 10 g/L. El análisis estadístico realizado demostró que los promedios de supervivencia en cada uno de los tratamientos de salinidad fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Tabla 1. Porcentaje de supervivencia (triplicado) de postlarvas de *L. vannamei* expuestas al estrés de salinidad.

Salinidad (g/L)	R ₁	R ₂	R ₃	Promedio
2	60%	65%	65%	63 ± 2.8 a
5	80%	80%	75%	78 ± 2.8 b
10	85%	85%	90%	87 ± 2.8 c

Letras diferentes indican diferencias significativas (ANOVA de una vía y comparación de promedios prueba *Tukey*).

Respuesta a prueba de estrés con temperatura

Respecto a la variable temperatura, los porcentajes de supervivencia fueron registrados entre 90%, 95% y 100% (Tabla 2). A pesar de que se presentó una variación en los promedios de supervivencia de 5%, en la prueba de análisis de varianza (ANOVA de una vía), no fue posible determinar

diferencias significativas ($P = 0.232$) entre la variabilidad de los valores de supervivencia de postlarvas en los tres tratamientos, por lo que la variable temperatura no influyó en la respuesta al estrés ocasionado en las postlarvas PL13 de camarón *L. vannamei*.

Tabla 2. Porcentaje de supervivencia (promedio $\pm$ desviación estándar) de postlarvas de *L. vannamei* expuestas a estrés por temperatura (por triplicado).

Temperatura (°C)	R ₁	R ₂	R ₃	Promedio
16	90 %	95 %	95 %	93 $\pm$ 2.88 a
28	95 %	100 %	100 %	98 $\pm$ 2.88 a
32	100 %	100 %	95 %	98 $\pm$ 2.88 a

a= letras iguales no representan diferencias significativas ANOVA una vía ($P = 0.232$).

Respuesta de mortalidad preliminar a toxicidad de fertilizantes

Los resultados obtenidos en el experimento preliminar se muestran en la Tabla 3, la concentración de la mezcla de fertilizantes que ocasionó una menor mortalidad al tiempo de 24 horas de exposición, fue la de 10 mL, mientras que, en la mezcla de fertilizantes a 100 y 200 mL, se presentó morta-

lidad total de las postlarvas (PL13) expuestas a 96 horas. Debido a la mortalidad, en los experimentos individuales definitivos de potasio y magnesio las concentraciones utilizadas estuvieron por debajo de 50 mL, mientras que, en el experimento definitivo para la mezcla de fertilizantes, fueron utilizadas concentraciones por debajo de 100 mL de ambas sustancias químicas.

Tabla 3. Tendencia de la supervivencia de organismos en función del tiempo en el experimento preliminar en la mezcla de potasio Ultrasol® y magnesio Sulmag® durante 96 horas de exposición.

Tiempo (horas)	Control	10 ml	100 ml	200 ml
0.5	10	10	10	10
1	10	10	8	10
2	10	10	8	7
4	10	10	5	2
6	10	10	5	1
8	10	10	5	
12	10	10	3	
24	10	10	2	
48	10	9	2	
72	10	9	1	
96	10	9	1	
Supervivencia final	100%	90%	0 %	0%

Determinación de la concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ horas) de fertilizantes

Una vez aplicado el procedimiento establecido en la NOM-074-ECOL-1994, la concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ h) para las postlarvas (PL13), fue determinada para cada fertilizante, así como también fue determinada para la mezcla de ambas sustancias químicas (Tabla 4). La CL₅₀₋₉₆ h, fue menor para potasio (K⁺), lo que demuestra que es de mayor toxicidad que la determinada para el magnesio (Mg²⁺) y para la mezcla de las sustancias químicas.

Respecto al intervalo de confianza, fue determinado mediante el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana, así como también fue determinado mediante estimación de intervalo de confianza al 95% ($z = 1.96$), los resultados en los intervalos demuestran que son poco variables en ambos procedimientos. Por otro lado, las unidades de toxicidad aguda (UT) fue mayor para el fertilizante de K⁺ Ultrasol®, lo que demuestra que mientras menor sea el valor de la CL₅₀₋₉₆ h, mayor será el valor de UT aguda.

Tabla 4. Concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ h), e intervalos de confianza de fertilizantes sobre postlarvas, calculados mediante la NOM-074-ECOL-1994 y por estimación de intervalo. Además, se presentan las UT aguda

Fertilizante	CL ₅₀₋₉₆ h en mL	Intervalo de confianza NOM-074-ECOL-1994	Estimación Intervalo de confianza 95% de confiabilidad	Unidades de toxicidad aguda UT
Potasio (K ⁺)	15.381	13.049 < CL ₅₀₋₉₆ h > 17.713	13.559 < CL ₅₀₋₉₆ h > 17.203	6.501
Magnesio (Mg ²⁺)	21.727	20.938 < CL ₅₀₋₉₆ h > 22.516	21.073 < CL ₅₀₋₉₆ h > 22.381	4.602
Mezcla (K ⁺ y Mg ²⁺)	41.162	30.380 < CL ₅₀₋₉₆ h > 42.944	39.212 < CL ₅₀₋₉₆ h > 43.112	2.429

La determinación de la CL₅₀₋₉₆ h, también fue determinada mediante método PROBIT (modelo estadístico) con el uso del software estadístico SPSS (por sus siglas en inglés; Startical Product and Service Solutions). El menor valor de CL₅₀₋₉₆ h, mediante el uso del software, fue para el fertilizante a base de K⁺, mientras que en la mez-

cla fue donde se presentó el mayor valor de CL₅₀₋₉₆ h, lo cual pudiera representar un efecto antagónico por la combinación de ambos fertilizantes (Tabla 5). Los intervalos calculados con el uso del software, fueron mayores en su límite superior que los obtenidos por la NOM-074-ECOL-1994 y por estimación de intervalo.

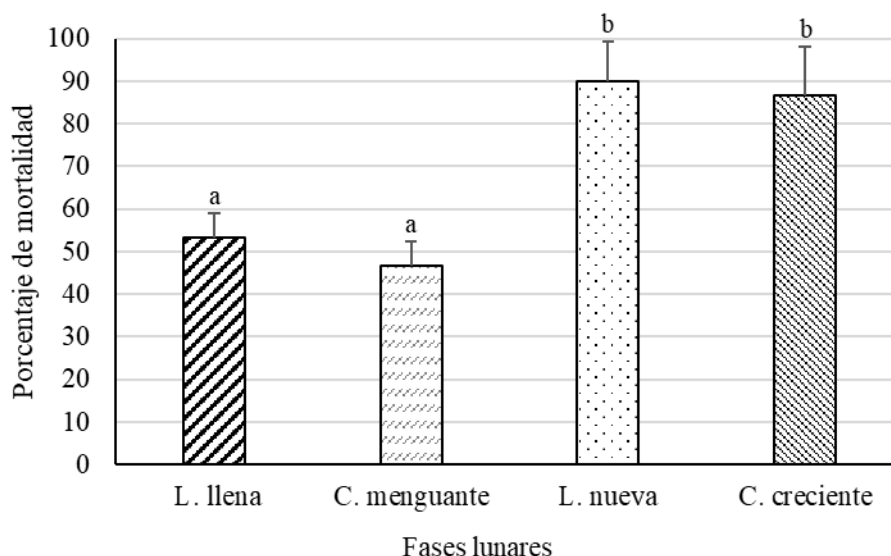
Tabla 5. Concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ h) de fertilizantes e intervalos de confianza sobre postlarvas de camarón blanco, calculados mediante el software estadístico SPSS.

Fertilizante	CL ₅₀₋₉₆ h en mL	Intervalo de confianza
Potasio (K ⁺)	15.764	14.566 < CL ₅₀ > 16.962
Magnesio (Mg ²⁺)	28.137	17.141 < CL ₅₀ > 34.241
Mezcla (K ⁺ y Mg ²⁺)	35.759	31.757 < CL ₅₀ > 45.019

Respuesta al estrés de las CL₅₀₋₉₆ horas durante diferente fase lunar

Con relación al experimento de evaluación de las CL₅₀₋₉₆ horas del malatión para *L. vannamei* en diferente fase lunar, la Gráfica 1, relaciona el porcentaje de mortalidad en las diferentes fases lunares. Es importante señalar que la CL₅₀₋₉₆ horas (0.078 mg/l) fue reportada en la misma especie, pero para juveniles de camarón (Bautista, 1995), se esperaría que representara mayor toxicidad para las postlarvas PL13 que son de menor tamaño. El resultado fue que, en luna llena y cuarto menguante, los porcentajes de mortalidad de postlarvas se mantuvo

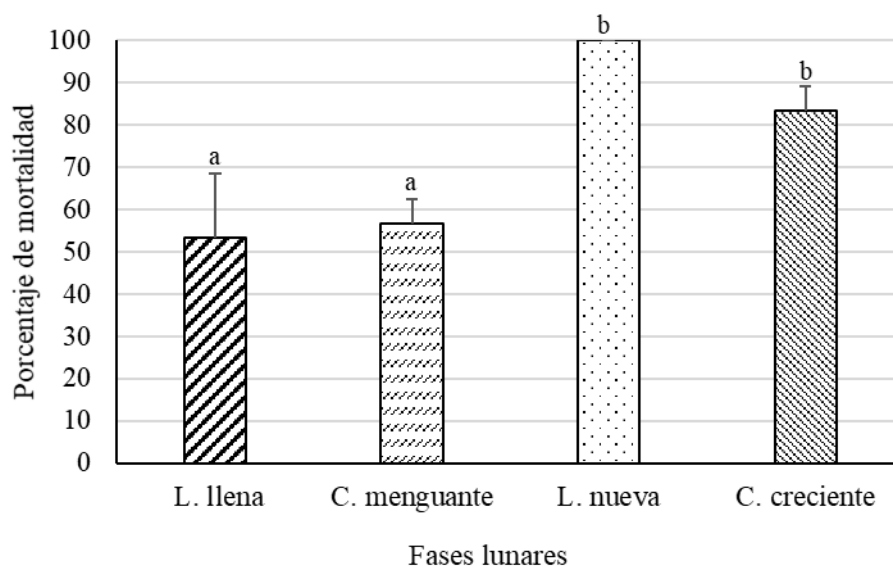
ligeramente arriba y ligeramente abajo del 50% de mortalidad, mientras que, en la luna nueva y cuarto creciente, las mortalidades registradas fueron del 90% y 87%, respectivamente. De acuerdo con el experimento realizado, se esperaría que la mortalidad fuera cerca del 50% de las postlarvas expuestas al plaguicida en diferente fase lunar, pero no fue así, ya que los mayores porcentajes promedio de mortalidad, coincide con los estadios de premuda y postmuda, en las que los crustáceos se preparan para la liberación del exoesqueleto (exuvia) y la regeneración de un nuevo exoesqueleto.



Gráfica 1. Porcentaje de mortalidad (promedio $\pm$ desviación estándar) de postlarvas expuestas a la CL₅₀₋₉₆ h, de malatión. ANOVA una vía ($P = 0.003$) y comparación de promedios *Holm-Sidak* ($P < 0.05$).

Referente a la evaluación de la CL₅₀₋₉₆ horas de sulfato de cobre (35.12 mg/L) reportada por Frías-Espéricueta *et al.* (2008) para juveniles de *L. vannamei*, los resultados se muestran en la Gráfica 2. La tendencia de mortalidad en cada fase lunar, fue similar a la determinada en la evaluación de la CL₅₀₋₉₆ h, del malatión. Porcentajes promedios de mortalidad inversos fueron encontrados en luna llena y cuarto menguante, mientras que el 100% de mortalidad fue registrado en la fase de luna nueva y un 83% de mortalidad en luna de cuarto creciente. En ambas evaluaciones de las sustancias químicas, los mayores porcentajes de mortalidad fueron registra-

dos en las fases de luna nueva y cuarto creciente, por lo que se sugiere que los experimentos de toxicidad que se realicen con *L. vannamei* sean realizados en las fases de luna llena y de cuarto menguante.



Gráfica 2. Porcentaje de mortalidad (promedio $\pm$ desviación estándar) de postlarvas expuestas a la CL₅₀-96 h, de sulfato de cobre. ANOVA de una vía ($P = < 0.001$) y comparación de promedios *Holm-Sidak* ($P < 0.05$).

Respuesta a la ganancia de peso (g) en diferente salinidad

Una vez concluidos los 30 días de alimentación (al 8% de la biomasa), las postlarvas de cada tratamiento, fueron pesadas y medidas, los registros obtenidos se muestran en la Tabla 6. El mayor peso promedio (g), se registró en postlarvas del tratamiento de 20 g/L de salinidad, después de aplicar la prueba estadística de *t de Student* a los valores de peso iniciales y de peso final, fueron encontradas diferencias estadísticas en los valores promedios del peso de las postlarvas en los tres tratamientos. La mayor ganancia en gramos neta fue de 0.3131 g, de postlarvas en el tratamiento de 20 g/L de salinidad, 0.1975 g, en las postlarvas a 10 g/L de salinidad, y el menor valor promedio (0.1827 g) de ganancia en peso, fue para las postlarvas del tratamiento de 5 g/L de salinidad.

Con respecto a la longitud, el mayor crecimiento después de 30 días, fue de 1.2937 cm, en las postlarvas del tratamiento de 20 g/L de salinidad,

1.0063 cm, en postlarvas colocadas en 10 g/L de salinidad y el menor crecimiento promedio (0.8125 cm) en las postlarvas del tratamiento de 5 g/L de salinidad.

Tabla 6. Peso y longitud (promedio $\pm$ desviación estándar) de postlarvas (PL13) de camarón blanco, alimentadas por 30 días en diferente salinidad.

Peso	Salinidades		
	5 g/L	10 g/L	20 g/L
Peso promedio inicial (g)	0.2838 $\pm$ 0.1390a	0.2103 $\pm$ 0.1651 ^a	0.2124 $\pm$ 0.1359 ^a
Peso promedio final (g)	0.4665 $\pm$ 0.2197b	0.4078 $\pm$ 0.2429b	0.5255 $\pm$ 0.2935b
Prueba t de Student	(P = 0.014)	(P = 0.006)	(P = <0.001)
Talla	5 g/L	10 g/L	20 g/L
Longitud promedio inicial (cm)	3.7187 $\pm$ 0.6574a	3.2062 $\pm$ 0.8201 ^a	3.2375 $\pm$ 0.7116 ^a
Longitud promedio final (cm)	4.5312 $\pm$ 0.7604b	4.2125 $\pm$ 0.9436b	4.5312 $\pm$ 0.8252b
Prueba t de Student	(P = 0.003)	(P = 0.003)	(P = <0.001)

Se realizó la prueba *t de Student*, para dos muestras del antes y después para cada tratamiento, letras diferentes representan diferencias significativas.

Una vez que se obtuvo el peso inicial y peso final, se calculó la ganancia en peso (GP %) y la tasa de crecimiento (TC) de las postlarvas de cada uno de los tratamientos (Tabla 7). La ganancia en peso fue mayor en porcentaje en las postlarvas de los trata-

mientos de 10 y 20 g/L, mientras que el porcentaje menor de GP, fue 64.3% en postlarvas del tratamiento de 5 g/L de salinidad. La TC fue mayor en las postlarvas de los dos mayores tratamientos de salinidad, los cuales oscilaron entre 0.96 y 1.31, mientras que en el tratamiento de 5 g/L de salinidad, fue registrado el menor valor de tasa de crecimiento.

Tabla 7. Ganancia en peso y tasa de crecimiento de postlarvas de camarón blanco, alimentadas por un periodo de 30 días en diferente salinidad.

	Salinidades		
	5 g/L	10 g/L	20 g/L
GP (%)	64.3	98.1	147.4
T.C.	0.72	0.96	1.31

DISCUSIÓN

En el cultivo de camarón con agua de baja salinidad, la aclimatación de las postlarvas representa el punto principal para lograr la adaptación de los organismos a nuevas condiciones del agua del estanque. La calidad de las postlarvas de camarón es otro punto relevante para garantizar el engorde de este organismo, por lo que, el equilibrio ener-

gético es de suma importancia durante el proceso de adaptación al estrés y tolerancia (Sokolova *et al.*, 2012), debido a que, los organismos requieren energía adicional para modular y estimular los mecanismos de transporte de iones durante la aclimatación a la salinidad (Tseng y Hwang, 2008).

En el presente estudio, el tratamiento de 10 g/L de salinidad, fue en el que se presentó el mayor porcentaje de supervivencia (87%). Se han reportado porcentajes mayores (98.44%), para *L. vannamei* (PL17), cuando realizaron pruebas de estrés osmótico, resultados señalan que la tolerancia al estrés osmótico se incrementa a medida que aumenta la edad de las postlarvas, pero con una tendencia mucho mayor cuando se encuentran en fase de intermuda ("C") (Burbano-Gallardo *et al.*, 2015). Otro estudio realizado por Arzola *et al.* (2013), con postlarvas (PL 12) expuestas a estrés por diferentes combinaciones de salinidad y temperatura, observaron que los porcentajes de supervivencia, también fueron mayores a lo reportado en el presente estudio, los autores señalan que pudiera ser debido a que el desarrollo de los arcos de las branquias en postlarvas PL12, están directamente ligados al proceso de osmorregulación. Otro trabajo realizado por Silva *et al.* (2010), con la especie *Farfantepenaeus subtilis* (PL50) coincide con nuestro estudio realizado con postlarvas (PL13), cuando realizaron la prueba de estrés osmótico a 10 g/L, posterior a 96 h, el porcentaje de supervivencia fue 86.6%. Sin embargo, señalan los autores que en los tratamientos >15 g/L y <35 g/L, la supervivencia fue 100%. Brito *et al.* (2000) señalan que la especie de *Farfantepenaeus brasiliensis* reporta supervivencia de 0% y 48% en la prueba de estrés realizada a 5 g/L y 10 g/L. En salinidades menores a 2 g/L se ha demostrado que la supervivencia de postlarvas de la especie de *L. vannamei* se ve afectada llegando a 0%, mientras que a 2 g/L el porcentaje de supervivencia reportado es de 20% y, mientras que a 30 g/L de salinidad, reportan el 80% de supervivencia (Laramore *et al.*, 2001). Por lo anterior descrito, se demuestra que la capacidad osmorregulatoria es mayor para la especie *L. vannamei* que para *F. subtilis* y *F. brasiliensis*, por lo tanto, representa una mayor capacidad de resistencia al estrés ocasionado por el cambio de la salinidad.

Referente a la prueba de estrés por temperatura, en el presente estudio las postlarvas de *L. vannamei* a tres diferentes temperaturas, presentaron el menor porcentaje de supervivencia en la temperatura de 16°C. Bermudes-Lizarraga *et al.* (2017), encontraron 32% de supervivencia, cuando evaluaron el efecto combinado de temperatura y salinidad (25°C y 30°

C en 40 g/L de salinidad). Otro estudio reporta, que en larvas de *P. merguensis* la mejor combinación de temperatura y salinidad para la supervivencia larval y la metamorfosis fue de 33°C y 35 g/L (52 % de supervivencia), mientras que 37% y 48% de supervivencia fue a 33°C en 30 y 35 g/L de salinidad y durante el desarrollo larval (Zacharia y Kakati, 2004). La variable temperatura es de gran importancia en los crustáceos, la temperatura óptima depende del rango térmico de la especie, distribución geográfica, respuesta de aclimatación y adaptaciones fisiológicas y conductuales (Espina *et al.*, 1993; Gutiérrez-Yurrita, 2000). Un estudio relaciona la temperatura con el crecimiento de *Macrobrachium rosenbergii*, los resultados revelaron que el crecimiento del langostino aumentó a medida que la temperatura aumentó de 24°C a 29°C, mientras que en la temperatura mayor (34°C), fue observado un crecimiento menor (Habashy y Hassan, 2011). En el presente estudio con la especie *L. vannamei*, a pesar del cambio de temperatura para generar estrés en los organismos experimentales, los valores de los porcentajes de supervivencia no presentaron variabilidad en la prueba de análisis de varianza ($P = 0.232$).

Por otro lado, la aplicación de fertilizantes al agua de los estanques de cultivo de camarón, tienen la finalidad de incrementar las densidades de algas, la productividad natural y de forma indirecta para mejorar los niveles de oxígeno del agua de los estanques (Rojas *et al.*, 2005). La incorporación al agua de iones K^+ y de Mg^{2+} , son necesarios cuando los crustáceos son cultivados en agua de baja salinidad, ya que la composición iónica puede ser deficiente (Atwood *et al.*, 2003; Roy *et al.*, 2010; Aruna y Felix, 2017), además es recomendable la suplementación de K^+ y Mg^{2+} en el alimento (Jahan *et al.*, 2018).

Existen reportes de modelos predictivos para conocer la toxicidad de los principales iones (K^+ , Mg^{2+}), ya que a pesar de que son necesarios en los crustáceos para funciones importantes como crecimiento, supervivencia y osmorregulación, pueden llegar a ser tóxicos a elevada concentración, ya que el potasio en exceso puede afectar la activación de la bomba $Na^+ K^+$ -ATPasa (Mantel y Farmer, 1983; Pequeux, 1995; Pillard *et al.*, 2002).

El Mg^{2+} también tiene función importante en el metabolismo de lípidos, proteínas y carbohidratos, como cofactor para un amplio número de reacciones metabólicas y enzimáticas (Davis y Lawrence, 1997). Los resultados de este estudio demuestran que la CL₅₀₋₉₆ horas del potasio resultó ser de mayor toxicidad que la del magnesio y que la de la mezcla, lo cual coinciden con lo reportado para la especie *Americamysis bahia* ya que se menciona que el K^+ causo mayor mortalidad que Mg^{2+} (Pillard *et al.*, 2002).

Se ha demostrado que el crecimiento y el proceso del ciclo de muda de los camarones, tienen una relación con las fases lunares (Dall *et al.*, 1990; Bardera, 2019) esta relación es remarcada por Robertson *et al.* (1987) y por Lemos y Weissman (2020), quienes indicaron la necesidad de determinar esta posible relación y su importancia en el manejo de sistemas de cultivo de camarón.

Los componentes (Potasio, magnesio, glucosa, calcio, sodio, cloruro, fosforo inorgánico y proteínas) cambian cuando el camarón se encuentra en proceso de muda (postmuda "A" y "B", intermuda "C" y premuda "D") o cuando liberan el exoesqueleto ecdysis ("E"). El músculo es el principal almacén de proteínas en crustáceos, la síntesis y degradación de las proteínas musculares determina la tasa de crecimiento del camarón, la cual se modula con cada ciclo de muda (Sánchez *et al.*, 2001; Cesar y Yang, 2007; Zacarias *et al.*, 2018). Debido a los cambios en los estadios de muda, fue evaluada la concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ h) de malatión y de sulfato de cobre en diferente fase lunar. Se ha demostrado en estudios de toxicidad sobre camarones (*L. vannamei*), que los efectos de plaguicidas organofosforados fueron la inducción de los niveles de catalasa, glutatión peroxidasa y glutatión S- transferasa en hepatopáncreas y daño al ADN (Pawar *et al.*, 2019; Duarte-Restrepo *et al.*, 2020). Por otro lado, el sulfato de cobre es tóxico y afecta adversamente funciones biológicas a nivel molecular, celular y tisular (Yang *et al.*, 2007), incrementa la susceptibilidad a microorganismos patógenos (Bourgeois y Felder, 2001), y reduce moléculas biológicas (lípidos totales, proteína total y carbohidratos totales) debido a la demanda de energía bajo condiciones de estrés (Prasath *et al.*, 2019). En este estudio la evaluación

de la CL₅₀₋₉₆ horas del malatión y sulfato de cobre ocasionaron mayor mortalidad en las fases lunares de luna nueva y cuarto creciente, por lo que para las pruebas de toxicidad es determinante realizarlas en las fases de luna llena o de cuarto menguante. Además, porque también se ha demostrado que, en la fase de luna nueva, un mayor porcentaje (80%) de camarones mudan (Molina *et al.*, 2000).

Respecto al crecimiento de las postlarvas, la mayor ganancia en talla, la presentaron la postlarvas en el tratamiento de 20 g/L de salinidad. González *et al.* (2008), evaluaron el crecimiento del camarón blanco (*L. vannamei*) a baja salinidad (2 g/L) en una granja del Noroeste de México, Al final del ciclo calcularon un incremento promedio de 7 mm y 0.9 gramos por semana. Mientras que, en este estudio el incremento de la talla para las postlarvas fue de 3.2342 mm con una ganancia en peso mayor al 100% y una tasa de crecimiento adecuada en 10 y 20 g/L de salinidad. Con la especie de *Macrobrachium rosenbergii*, relacionaron que la temperatura es determinante y que el crecimiento aumentó a medida que la temperatura aumentó de 24°C a 29°C, pero cuando la temperatura se incrementó a 34°C, el crecimiento disminuyó (Habashy y Hassan, 2011). Por su parte, Li *et al.* (2015), señalan que a una salinidad < 5 g/L es demasiado estresante para el camarón *L. vannamei*, por lo que es conveniente suministrar energía adicional para lograr un crecimiento y una mejor supervivencia del crustáceo a baja salinidad.

CONCLUSIÓN

La especie de camarón *L. vannamei* (PL13) presentó más sensibilidad al estrés ocasionado por la variación de la salinidad que por el cambio de temperatura. Además, las postlarvas fueron menos resistentes a la toxicidad del K^+ , que a la del Mg^{2+} . Referente a la mezcla, fue evidente un efecto antagónico por alguno de los fertilizantes utilizados. El malatión y el sulfato de cobre ocasionaron mortalidad en las postlarvas, pero en mayor cantidad en las fases de luna nueva y cuarto creciente, lo que evidencia que las CL₅₀₋₉₆ h, reportadas para juveniles, coincidieron con el 50% de mortalidad presentada en las postlarvas de los experimentos de luna llena y cuarto menguante.

Los fertilizantes a base de K^+ y de Mg^{2+} , si fueran aplicarse al agua de los estanques, se sugiere que el valor de la CL_{50-96} h, deba ser dividido 100 veces, para evitar mortalidad en los organismos de cultivo y la aplicación preferentemente realizarla en la fase de luna llena o en cuarto menguante. Los porcentajes de supervivencia, ganancia en peso y la tasa de crecimiento fueron mayores en el tratamiento de 20 g/L de salinidad, por lo que, con los resultados obtenidos, se sugiere el cultivo de *L. vannamei* en agua con 10 g/L y 20 g/L de salinidad. Es necesario realizar más estudios con la especie *L. vannamei* para cuantificar otras variables, y profundizar más en los resultados obtenidos en el presente estudio.

AGRADECIMIENTOS

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-MÉXICO), por otorgar la beca durante el periodo 2021-2023 al M. en C. Edgar Gabriel Hernández-Mendoza (cvu: 1106141).

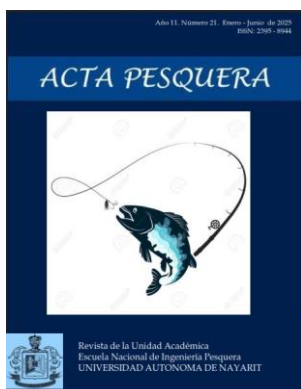
REFERENCIAS

- Aruna, S., y Felix, S. (2017). The effect of ionic concentration of low saline waters on growth characteristics of *Penaeus vannamei*. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 5 (3): 73-76.
- Arzola, J., Piña, P., Nieves, M., y Medina, M. (2013). Supervivencia de postlarvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* a diferentes salinidades y temperaturas. Revista MVZ Córdoba. 18: 3618-3625. <https://doi.org/10.21897/rmvz.127>
- Atwood, H. L., Young, S. P., Tomaso, J. R., y Browdy, C. L. (2003). Survival and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae in low salinity and mixed-salt environments. Journal of the World Aquaculture Society. 34 (4): 518-523. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00091.x>
- Bautista-Covarrubias, J. C. (1995). Estudio preliminar de la toxicidad aguda del malatión sobre camarón blanco *Penaeus vannamei*. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit, México. 51 pp.
- Bardera, G., Owen, M. A., Pountney, D., Mhairi, E. A. y Sloman, A. K. (2019). The effect of short-term feed-deprivation and moult status on feeding behaviour of the pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture. (511): 734222. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734222>
- Bermudes-Lizárraga, J., Nieves-Soto, M., Medina-Jasso, A. y Piña-Valdez, P. (2017). Effect of temperature and salinity on larval survival and development of *Litopenaeus vannamei*. Revista MVZ Córdoba. 22 (2): 5844-5853. <http://dx.doi.org/10.21897/rmvz.1022>
- Boyd, C. E., Thunjai, T., y Boonyaratpalin, M. (2002). Sales disueltas en agua de cultivo de camarón en tierras continentales y baja salinidad. Boletín Nicovita. 7 (1): 1-14.
- Bourgeois, R. P., y Felder, D. L. (2001). Postexposure metabolic effects of sulfide and evidence of sulfide-based ATP production in callinassid ghost shrimp (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 263 (1): 105-121. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00302-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00302-1)
- Burbano-Gallardo, E., Imués-Figueroa, M. A., Gonzalez-Legarda, E. A., Brito, L. O., Olivera Galvez, A., y Vinatea Arana, L. A. (2015). Supervivencia de postlarvas de *Litopenaeus vannamei* sometidas a la prueba de estrés osmótico y su relación con el estado de muda. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 50 (2): 323-330. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47941332010>
- Brito, R., Chimal, M. E. y Rosas, C. (2000). Effect of salinity in survival, growth, and osmotic capacity of early juveniles of *Farfantepenaeus brasiliensis* (decapoda: penaeidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 244: 253-263. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(99\)00142-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(99)00142-2)
- Cesar, J. R. O. y Yang, J. (2007). Expression patterns of ubiquitin, heat shock protein 70, α -Actin and β -Actin over the molt cycle in the abdominal muscle of marine shrimp *Litopenaeus vannamei*. Molecular Reproduction and Development. 74: 554-559. <https://doi.org/10.1002/mrd.20605>
- CONAPESCA (2023). Anuario estadístico de acuacultura y pesca 2023. De la Comisión de Acuacultura y Pesca. CONAPESCA MÉXICO. 278 p.
- Dall, W., Hill, B. J., Rothlisberg, P. C. y Staples, D. J. (1990). The Biology of the Penaeidae. In: Advances in Marine Biology. Vol. 27. Academic Press, London, 1-489 p.
- Davis, D. A. y Lawrence, A. L. (1997). Minerals. En: D'Abramo, L. R., Conklin, D. E., Akiyama, D. M. (Eds) Crustacean Nutrition. World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana. 6:150-163.
- Duarte-Restrepo, E., Jaramillo-Colorado, B. E., y Duarte-Jaramillo, L. (2020). Effects of chlorpyrifos on the crustacean *Litopenaeus vannamei*. PLoS ONE. 15(4): e0231310. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231310>
- Espina, S., Diaz-Herrera, F. y Bucle, L. F. (1993). Preferred and avoided temperature in the crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae). Journal of Thermal Biology. 18 (1): 35-39. [https://doi.org/10.1016/0306-4565\(93\)90039-V](https://doi.org/10.1016/0306-4565(93)90039-V)
- Finney, D. J. (1971). Probit analysis. 3rd ed. Cambridge University. Press, New York, 668 p.
- Flaherty, M., Szuster, B. y Miller, P. (2000). Low salinity inland aquaculture in shrimp farming in Thailand. Journal of the Human Environment. 29(3): 174-179. <http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447-29.3.174>

- Frías-Espericueta, M. G., Castro-Longoria, R., Barrón-Gallardo, G. J., Abad-Rosales, S., Páez-Osuna, F. y Voltolina, D. (2008). Histological changes and survival of *Litopenaeus vannamei* juveniles with different copper concentrations. *Aquaculture*. 278 (1-4): 97-100. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.008>
- González, J. F. A., Campaña, L. M. F., Ceja, A. I. y Rubio, Y. G. (2008). Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *Revista AquaTIC*. (28): 8-15.
- Gutierrez-Yurrita, P. J. (2000). Papel ecológico del cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*), En los ecosistemas acuáticos del Parque Nacional de Doñana. Una Perspectiva Ecofisiológica y bioenergética. Servicio de Publicaciones. Universidad Autónoma De Madrid, España. ISBN: 84-7477-685-6, 280p.
- Habashy, M. M. y Hassan, M. M. S. (2011). Effects of temperature and salinity on growth and reproduction of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea- Decapoda) in Egypt. *International Journal of Environmental Science and Engineering*. 1: 83-90.
- Jahan, I., Reddy, A. K., Sudhagar, S. A., Harikrishna, V., Singh, S., Varghese, T., y Srivastava, P. P. (2018). The effect of fortification of potassium and magnesium in the diet and culture water on growth, survival and osmoregulation of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in inland ground saline water. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 18: 1235-1243. DOI: 10.4194/1303-2712-v18_10_10
- Jaime-Ceballos, B., Cabrera-Machado, J. E., y Vega-Villasante, F. (2012). Cultivo tierra adentro de camarón marino *Litopenaeus vannamei*: evaluación del agua de dos granjas acuícolas en Cuba (Evaluation of two sources of water supply for inland low salinity culture of *Litopenaeus vannamei* in Cuba). *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 13(6): 1-17.
- Laramore, S., Laramore, C. R. y Scarpa, J. (2001). Effect of low salinity on growth and survival of postlarvae and juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 32 (4): 385-392. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2001.tb00464.x>
- Lemos, D. y Weissman, D. (2020). Moulting in the grow-out of farmed shrimp: a review. *Reviews in Aquaculture*. 13(1): 5-17. <https://doi.org/10.1111/raq.12461>
- Li, E., Wang, X., Chen, K., Chang, X., Qin, J. G. y Chen, L. (2015). Physiological change and nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. *Reviews in Aquaculture*. 7: 1-19. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>
- Lyle-Fritch, L. P., Romero-Beltrán, E., y Páez-Osuna, F. (2006). A survey on use of the chemical and biological products for shrimp farming in Sinaloa (NW Mexico). *Aquacultural Engineering*. 35 (2): 135-146. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.006>
- Mantel, L. H., y Farmer, L. L. (1983). Osmotic and ionic regulation. En: (Ed. by L.H. Mantel) the *Biology of Crustacea*, vol. 5, Internal Anatomy and Physiological Regulation 1983; pp. 54-162. Academic Press, New York, NY.
- Molina, C., Cadena, E., y Orellana, F. (2000). Alimentación de camarones en relación a la actividad enzimática como una respuesta natural al ritmo circadiano y ciclo de muda. En: *Avances en Nutrición Acuícola. Memorias V Simposio internacional de Nutrición Acuícola*, Mérida Yucatán, México. 358-380 pp.
- NOM-074-ECOL-1994 (1994). Proyecto de norma oficial mexicana, que establece el método de prueba de toxicidad aguda con *Daphnia magna* Straus (Crustacea-cladocera). Comité consultivo Nacional de Normalización para la Protección al Ambiente. 21 pp.
- Paredes, A. J. B., y Avella, A. P. R. (2007). Determinación de la concentración letal media (CL₅₀-48h) del mercurio por medio de bioensayos de toxicidad acuática sobre *Daphnia pulex*. Tesis de grado. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Bogotá Colombia. 157 p.
- Pawar, A. P., Sanaye, S. V., Shyama, S., Sreepada, R. A., Bhagat, J., Kumar, P., y Khandeparker, R. D. S. (2019). In vivo DNA damage in gill, haemolymph and muscle cells of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* on exposure to organophosphorus pesticide. *Aquaculture Environment Interactions*. 11: 75-86. <https://www.jstor.org/stable/26920827>
- Peña-Navarro, N., Vargas-Cordero, R. y Varela-Mejías, A. (2013). Productos naturales como estimuladores del sistema inmunológico de *Litopenaeus vannamei*, infectado con *Vibrio parahaemolyticus*. *Agronomía Mesoamericana*. 24(1):133-147. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43726204007>

- Péqueux, A. (1995). Osmotic regulation in crustaceans. *Journal of Crustacean Biology*. 15: 1-60. Oxford University Press. <https://doi.org/10.2307/1549010>
- Pillard, D. A., *† Dufresne, D. L., y † Mickley, M. C. (2002). Development and validation of models predicting the toxicity of major seawater ions to the mysid shrimp, *Americamysis bahia*. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 21(10): 2131-2137. PMID: 12371489
- Prasath, S. A., Valarmathi, V., y Muthukumaravel, K. (2019). Study on the toxicity of copper on biochemical composition of *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931). *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*. 5 (3): 260-273. <https://doi.org/10.26479/2019.0503.21>
- Robertson, L., Bray, W., Leung-Trujillo, J. y Lawrence, A. (1987). Practical molt staging of *Penaeus setiferus* and *Penaeus stylirostris*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 18: 180-185. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1987.tb00437.x>
- Rojas, A. A., Haws, M. C. y Cabanillas, J. A. Ed. (2005). Buenas Prácticas de Manejo para el Cultivo de Camarón. The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development (Cooperative Agreement No. PCE-A-00-95-0030-05). 50 p.
- Roy, L. A., Davis, D. A., Soud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. I. y Boyd C. E. (2010). Shrimp culture in inland low salinity waters. *Reviews in Aquaculture*. 2(4): 191-208. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x>
- Sánchez, A., Pascual, C., Sánchez, A., Vargas, A. F., Le Moulac, G. y Rosas, C. (2001). Hemolymph metabolic variables and immune response in *Litopenaeus setiferus* adult males; the effect of acclimation. *Aquaculture*. 198(1-2): 13-28. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00576-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00576-7)
- Silva, E., Calazans, N., Soares, M., Soares, R. y Peixoto, S. (2010). Effect of salinity on survival, growth, food consumption and haemolymph osmolality of the pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967). *Aquaculture*. 306: 352-356. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.04.025>
- Sokolova, I. M., Frederich, M., Bagwe, R., Lannig, G. y Sukhotin, A. A. (2012). Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Marine Environmental Research*. 79:1-15. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.04.003>
- Tseng, Y. C. y Hwang, P. P. (2008). Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part C: Toxicology & Pharmacology*. 148: 419-429. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2008.04.009>
- Yang, L. S., Yin, Z. X., Liao, J. X., Huang, X. D., Guo, C. J., Weng, S. P., Chan, S. M., Yu, X. Q., y He, J. G. (2007). A toll receptor in shrimp. *Molecular Immunology*. 44: 1999-2008. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2006.09.021>
- Zacarias, S., Schweitzer, R., Arantes, R., Galasso, H., Pinheiro, I., Espirito Santo, C. y Vinatea, L. (2018). Effect of different concentrations of potassium and magnesium on performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in low-salinity water and a biofloc system. *Journal of Applied Aquaculture*. 31(1): 85-96. <https://doi.org/10.1080/10454438.2018.1536009>
- Zacharia, S. y Kakati, V. S. (2004). Optimal salinity and temperature for early developmental stages of *Penaeus merguensis* De man. *Aquaculture*. 232: 373-382. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00538-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00538-6)





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 11 No. 21.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero - Junio de 2025
San Blas, Nayarit. México
Pp. 71 - 76
Recibido: 25 de mayo de 2025
Aprobado: 30 de junio de 2025
DOI: 10.60113/ap.v11i21.151

Talla y proporción sexual de la cucaracha de mar (*Chiton articulatus*) en las costas de San Blas, Nayarit.

Size and sex ratio of the sea cockroach (*Chiton articulatus*) on the coast of San Blas, Nayarit.

Bolaños-Rangel Karla Lizbeth
Universidad Autónoma de Nayarit
karla.rangel.25@outlook.com
ORCID: 0009-0008-7167-9483

González-Huerta Claudia Azucena
Universidad Autónoma de Nayarit
claudia.gonzalez@uan.edu.mx
ORCID: 0000-0003-3489-202X

Zavala-Leal Oscar Iram*
Universidad Autónoma de Nayarit
iram.zavala@uan.edu.mx
ORCID: 0000-0001-8581-5724

Talla y proporción sexual de la cucaracha de mar (*Chiton articulatus*) en las costas de San Blas, Nayarit.

Size and sex ratio of the sea cockroach (*Chiton articulatus*) on the coast of San Blas, Nayarit

Resumen

La clase poliplacófora perteneciente a los moluscos cuenta con los representantes más antiguos, en la cual se encuentra el *Chiton articulatus*. La cucaracha de mar habita la costa rocosa del litoral del Pacífico, desde Sinaloa hasta Oaxaca. Esta especie es utilizada como recurso pesquero en algunas zonas, en las cuales se ha reportado una disminución en las capturas, así como una disminución en las tallas de los organismos capturados. Para un mejor aprovechamiento de los recursos pesqueros es necesario conocer aspectos biológicos de estos. El objetivo de este trabajo es determinar las tallas y proporción sexual del quitón *C. articulatus* en la costa de San Blas, Nayarit. Se realizaron muestreos mensuales durante un año, los organismos recolectados fueron medidos, pesados y sexados. La longitud promedio fue de 38.9 mm, la altura de 10.4, el peso

total de 6.71 g y peso sin concha de 2.39 g. La proporción sexual fue de 1:1.27 hembras por cada macho.

Palabras clave: Quitón, molusco, Nayarit.

Abstract

The polyplacophoran class of mollusks has the oldest representatives, including *Chiton articulatus*. The sea cockroach inhabits the rocky coast of the Pacific Ocean from Sinaloa to Oaxaca. This species is used as a fishing resource in some areas, where a decline in catches and a decrease in the size of the captured organisms have been reported. To better utilize fishery resources, it is necessary to understand their biological aspects. The objective of this study is to determine the sizes and sex ratio of

the chiton *C. articulatus* off the coast of San Blas, Nayarit. Monthly sampling was conducted for one year; the collected organisms were measured, weighed, and sexed. The average length was 38.9 mm, height 10.4 mm, total weight 6.71 g, and shelled weight 2.39 g. The sex ratio was 1:1.27 females to each male.

Keywords: Chiton, mollusk, Nayarit

Introducción

Los moluscos son uno de los filos más grandes, en el cual se encuentra la clase Poliplacófora a la cual pertenece la especie *Chiton articulatus* (Martinell, 2009; Sirenko, 1998; Álvarez-Cerrillo, 2017). Esta especie se conoce como cucaracha de mar o lengua de perro, el *C. articulatus* habita las costas rocosas del Pacífico mexicano desde Sinaloa hasta Oaxaca; como en las Islas Revillagigedo (Olea-de la Cruz *et al.*, 2013; Ferreira, 1983). La cucaracha de mar tiene una importancia económica, ya que se utiliza como alimento para el consumo humano, la carne puede llegar a precios entre los \$600 y \$800 pesos (Valencia-Cayetano *et al.*, 2024). Esta especie actualmente no se encuentra regulado en su captura, ya que en Diario Oficial de la Federación (DOF, 2023) se muestra con actividad pesquera pero no cuenta con tallas mínimas de captura u otra información sobre su manejo pesquero. Por lo antes mencionado, el objetivo del presente trabajo es determinar la talla y proporción sexual del *Chiton articulatus* en la costa de San Blas, Nayarit.

Revisión bibliográfica (marco teórico)

En el estado de Guerrero se han reportado distintas tallas, en playa Los Pilares, Jaramillo, Majahua y Palomitas encontraron tallas que iban de 18 a 74.9 mm con un promedio de 42 mm (García-Ibañez *et al.*, 2013), Olea-de la Cruz *et al.* (2013) reportaron tallas de 21.2 a 65.6 mm con un promedio de 40.6 mm en la Costa Grande y Costa Chica, en Acapulco Castro-Mondragón *et al.* (2016) encontraron organismos con tallas de 27.5 a 72 mm de longitud, con un promedio de 48 mm. En otros estados como Sinaloa, específicamente en la Isla Pájaros se encontraron tallas que iban desde los 11.33 a 63.2 mm, con un promedio de 39.4

y en la Isla Venados las tallas iban de 17.2 a 78.9 mm con un promedio de 42,6 mm (Flores-Campaña *et al.*, 2007). Se espera encontrar tallas similares en las costas de San Blas Nayarit. En cuanto a la proporción sexual, se ha observado que puede variar de acuerdo con la zona geográfica y la temporada, aunque una proporción mayor de machos es más común (Rojas-Herrera, 1988; Ishiyama *et al.*, 1994; Sotil-Caycho, 2004; Barbosa *et al.*, 2009; Ramírez-Álvarez, 2013; Abadia-Chanona, 2015).

Metodología

La investigación se realizó en las costas de San Blas, Nayarit, en tres Playas diferentes: Las isletas, Santa Cruz y Limoncitos, se realizaron muestreos durante doce meses, un muestreo por mes, en cada muestreo se recolectaban alrededor de 35-40 organismos, para posteriormente ser procesados. Este procesamiento consistió en realizar biometrías: longitud total, altura, su peso total y su peso sin concha. Además, se determinó el sexo de cada organismo de manera macroscópica y se estableció la proporción sexual mensual y del total del muestreo.

Resultados

Se muestrearon un total de 561 organismos, de los cuales 247 fueron hembras y 314 machos. Se encontró que el promedio de longitud total fue de 38.9 mm, aunque el intervalo de longitud fue de 10 a 62 mm. La altura promedio de los organismos fue de 10.4 mm, el peso total promedio del quitón fue de 6.71 g, mientras que el peso sin concha fue de 2.93 g (Tabla 1).

Tabla 1.- Medidas morfológicas de *Chiton articulatus* de la costa de San Blas, Nayarit

	Promedio	Max	Min	Ds
Longitud total (mm)	38.9	62	10	8.3
Altura (mm)	10.4	22	2	3.1
Peso total (g)	6.71	20.6	0.4	3.93
Peso sin concha (g)	2.39	7.6	0.2	1.41

La proporción sexual para la mayoría de los meses muestreados fue mayor para los machos, excepto en julio y septiembre. De acuerdo con el análisis de chi-cuadrada, la proporción sexual para el total de los organismos muestreados fue significativamente mayor para los machos ($p \leq 0.05$), lo mismo que para el mes de octubre (Tabla 2).

Tabla 2.- Proporción sexual mensual y total del quitón. H- hembras, M- machos, H:M-proporción sexual, X^2 - Chi cuadrada, *- denota diferencia significativa estadísticamente.

Mes	H	M	H:M	X^2	P
Oct*	12	27	1:2.25	5.77	0.0163*
Nov	21	20	1:0.95	0.02	0.8875
Dic	21	32	1:1.52	2.28	0.131
Ene	21	31	1:1.47	1.92	0.1658
Feb	21	28	1:1.33	1.00	0.3173
Mar	24	24	1:1	0.00	1.000
Abr	17	29	1:1.70	3.13	0.0768
May	16	24	1:1.5	1.6	0.2059
Jun	19	24	1:1.26	0.58	0.4463
Jul	30	25	1:0.83	0.45	0.5023
Ago	18	25	1:1.38	1.14	0.2856
Sep	27	25	1:0.92	0.08	0.7772
Total*	247	314	1:1.27	8.00	0.0046*

Discusiones

La talla promedio encontrada en esta investigación fue de 38.9 mm, con un intervalo entre los 10.0 a los 62.0 mm de longitud. Para el estado de Guerrero, García-Ibáñez *et al.* (2013) reportaron que en las playas Los Pilares, Jaramillo, Majahua y Palomitas, los organismos presentan una talla promedio de 42 mm de longitud, una mínima de 18 mm y una máxima de 74.9 mm, así mismo, Olea-de la Cruz *et al.* (2013) registraron la presencia de quitones con talla promedio de 40.6 mm, mínima de 21.2 mm y máxima de 65.6 mm por la Costa Grande y Costa Chica. Mientras que Castro-Mondragón *et al.* (2016) reportaron organismos con una talla promedio de 48 mm, mínima de 27.5 mm y máxima de 72 mm en la zona de Acapulco.

De acuerdo con esto, se podría considerar que en las costas de Nayarit se han encontrado organismos con tallas más pequeñas que las reportadas en zonas de Guerrero. Para la zona de Mazatlán, Sinaloa se reportó que en Isla Pájaros la talla promedio de los quitones es de 39.4 mm, con una mínima de 11.3 y máxima de 63.2 mm, mientras que en la Isla Venado la talla media es de 42.6 mm, con una mínima y máxima de 17.2 y 78.9 mm, respectivamente (Flores-Campaña *et al.*, 2007). En ese sentido, se observa que en algunas zonas las tallas pueden ser similar o ligeramente diferentes, sin embargo, se considera que las tallas reportadas son comunes para los quitones (Barnes, 1977).

La proporción de machos encontrada para todo el muestreo en el presente estudio es mayor que de hembras (1.27:1), como se ha observado para esta misma especie en Acapulco, Guerrero (Rojas-Herrera, 1988). Sin embargo, Ramírez-Álvarez (2013) y Abadia-Chanona (2015) reportaron una proporción sexual de 1:1 en Playa Jaramillo, Guerrero y Puerto Ángel, Oaxaca, respectivamente. A pesar de esto, se sugiere que puede ser común una mayor proporción de machos que de hembras en especies intermareales que liberan sus gametos al medio (Ishiyama *et al.*, 1994; Sotil-Caycho, 2004; Barbosa *et al.*, 2009; Abadia-Chanona, 2015). Lo que puede ser un mecanismo para contrarrestar la dilución de esperma que puede presentarse debido a la existencia de turbulencia en la zona intermareal.

Conclusiones

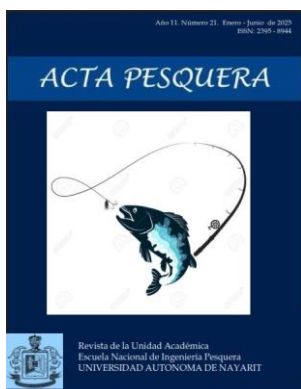
La talla promedio de *Chiton articulatus* en las costas de San Blas, Nayarit fueron de 38.9 mm, así como un peso promedio de 6.71 g. La proporción sexual estimada fue de 1:1.27, es decir que por una hembra se encuentran 1.27 machos.

Referencias

- Abadia-Chanona Q.Y. (2015). Maduración gonádica, ciclo reproductivo y talla de madurez sexual del quitón *Chiton (Chiton) articulatus* (Mollusca: Polyplacophora) de la costa rocosa de Puerto Ángel, Oaxaca, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur.
- Álvarez-Cerrillo, L. R. (2017). Biodiversidad de invertebrados epibióticos de las poblaciones adultas de *Chiton articulatus* (Mollusca: Polyplacophora) en el Pacífico tropical mexicano. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sin. Recuperado de: https://www.academia.edu/37455700/Biodiversidad_de_invertebrados_epibi%C3%B3ticos_de_las_poblaciones_adultas_de_Chiton_articulatus_Mollusca_Polyplacophora_en_el_Pac%C3%ADfico_tropical_Mexicano
- Barbosa, S.S., Byrne, M. y Kelaher, B.P. (2009). Reproductive periodicity of the tropical intertidal chiton *Acanthopleura gemmata* at one tree island, Great Barrier Reef, near its southern latitudinal limit. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, volume (89), 405-411.
- Barnes, R.D. (1977). Zoología de invertebrados, tercera edición. Nueva Interamericana, México, D.F. 509 p
- Castro-Mondragón, H., Flores-Garza, R., Valdez-González, A., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S. y Rosas-Acevedo, J. L. (2016). Diversidad, especies de mayor importancia y composición de tallas de los moluscos en la pesca ribereña en Acapulco, Guerrero, México. Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal, volumen (26:6), 24-34.
- DOF. (2023). Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación 21 de julio de 2023.
- Ferreira, A. J. (1983). The chiton fauna of the Revillagigedo Archipelago, Mexico. The Veliger, volumen (25), 307-322.
- Flores-Campaña, L. M., González-Montoya, M. A. y Arzola-González, J. F. (2007). Estructura poblacional de *Chiton articulatus* en las islas Pájaros y Venados de la bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, volumen (78), 23S-31S.
- García-Ibáñez, S., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P., Violante-González, J., Valdés-González, A. y Olea-de la Cruz, F. G. (2013). Diagnostico pesquero de *Chiton articulatus* (Mollusca: polyplacophora) en Acapulco, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía, volumen (48:2), 293-302.
- Ishiyama, V.C., Shiga, B. y Huamán, P. (1994). Reproducción *Enoplochiton niger* (Mollusca, Polyplacophora) de la playa de San Bartolo, Lima, Perú. Boletín de Lima, XVI (91-96): 69-745.
- Martinell, J. (2009). Moluscos. I. Generalidades. En Martínez-Chacón, M. L. y Rivas, P. (Ed.) Paleontología de invertebrados, (p. 228-235). Universidad de Oviedo, Universidad de Granada. Sociedad Española de Paleontología, Instituto Geológico y Minero de España, Granada.
- Olea-de la Cruz, F. G., García-Ibáñez, S., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P. y Rojas-Herrera, A. A. (2013). Pesca, oferta y demanda de la cucaracha de mar *Chiton articulatus* (Mollusca: Polyplacophora) en aguas de la zona costera del estado de Guerrero, México. Ciencia Pesquera, volumen (21), 69-81.
- Ramírez-Álvarez, C. (2013). Ciclo reproductivo de *Chiton articulatus* Sowerby en Broderip y Sowerby, 1832 (Mollusca; Polyplacophora) en Acapulco, Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad Académica de Ecología Marina. Acapulco de Juárez, Guerrero.
- Rojas-Herrera, A.A. (1988). Análisis biológico-pesquero de la cucaracha de mar (*Chiton articulatus* Sowerby, 1832) de Acapulco, Guerrero. México, pp. 151-156. Memorias del IX Congreso Nacional de Zoología, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y Sociedad Mexicana de Zoología, Villahermosa, Tabasco.

- Sirenko, B. I. (1998). One more Deep-water chiton living and feeding on suke wood: *Leptonchiton vietnamensis* sp. nov. From the south China Sea (Mollusca, Polyplacophora). *Ruthenica*, volumen (8:1), 1-6.
- Sotil-Caycho, G.E. (2004). Variación estacional de la madurez gonadal y oogénesis de *Chiton cumingsii* Fremby, 1827 de Bahía Ancón, Lima-Perú. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 63 p.
- Valencia-Cayetano, C., López-Martínez, J., Padilla-Serrato, J. G., Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S. y Méndez-Bahena, A. (2024). Del mar a la mesa: La captura comercial de la cucaracha de mar *Chiton articulatus* en la Bahía de Acapulco, Guerrero. *Recursos Naturales y Sociedad*, volumen (10), 107-122.





Revista ACTA PESQUERA.

Volumen 11 No. 21.

ISSN: 2395-8944

Periodo: Enero - Junio de 2025

San Blas, Nayarit. México

Pp. 77 - 81

Recibido: mayo 12 de 2025

Aprobado: junio 30 de 2025

DOI: 10.60113/ap.v11i21.153

"Proyectos acuícolas: ¿Por qué algunos fracasan y otros prosperan?"

Aquaculture Projects: ¿Why Do Some Fail and Others Thrive?

Josué Ernesto López Camarena

ENIP - UAN

acua.lopez.camarena@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-8384-4682>

"Proyectos acuícolas: ¿Por qué algunos fracasan y otros prosperan?"

Aquaculture Projects: ¿Why Do Some Fail and Others Thrive?

Resumen

Este artículo tiene como propósito explorar las razones principales por las que algunos proyectos de acuicultura tienen éxito mientras que otros no logran prosperar. Para ello, se examinaron aspectos clave en el desarrollo de estos proyectos, incluyendo factores técnicos, ambientales, económicos y sociales que influyen en su éxito o fracaso. Con este análisis, se pretende ofrecer información valiosa para diseñar proyectos acuícolas más sostenibles y eficientes.

Palabras clave: acuicultura, gestión de proyectos, factores de éxito, sostenibilidad acuícola, evaluación de riesgos

Abstract

This article aims to explore the main reasons why some aquaculture projects succeed while others fail. Key aspects of these projects' development were examined, including technical, environmental, economic, and social factors that influence their success or failure. This analysis aims to provide valuable information for designing more sustainable and efficient aquaculture projects.

Keywords: aquaculture, project management, success factors, aquaculture sustainability, risk assessment

Introducción

La acuicultura se ha convertido en una de las principales fuentes de alimentos a nivel mundial. Con la creciente demanda de productos pesqueros y la sobreexplotación de los recursos, la acuicultura ha surgido como una alternativa alimentaria que contribuye cada vez más a la seguridad alimentaria y al desarrollo en diversas regiones. Desde peces y mariscos hasta algas y otros organismos acuáticos, la acuicultura abastece mercados globales y genera miles de empleos en todo el mundo.

A pesar de sus beneficios, un porcentaje significativo de proyectos acuícolas no logra consolidarse. Factores como la mala planificación, el desconocimiento de las condiciones ambientales, problemas financieros y la falta de experiencia técnica son algunas de las causas comunes de estos fracasos. Este fenómeno representa una preocupación importante para los inversores, los emprendedores del sector y las comunidades que dependen de esta actividad para su sustento.

Desarrollo y Requisitos de un Proyecto Acuícola

El éxito de un proyecto acuícola depende de una adecuada integración de factores técnicos, biológicos, económicos y legales. En primer lugar, debe definirse el tipo de acuicultura (marina o de agua dulce) y su modalidad (intensiva o extensiva), ya que estas determinan el diseño y operación del sistema. El desarrollo del proyecto comprende cuatro fases clave: planificación, diseño, implementación y monitoreo, cada una con decisiones técnicas estratégicas, así como de la infraestructura necesaria. Además, se deben considerar aspectos económicos como la inversión inicial y la rentabilidad, así como cumplir con las regulaciones y permisos legales. La consideración integral de estos elementos es esencial para la viabilidad y sostenibilidad del proyecto (FAO,2023).

Consideraciones Claves Antes de Iniciar un Proyecto

Para comprender el funcionamiento y los desafíos que enfrentan los proyectos acuícolas, es fundamental conocer que son, las fases que conforman su desarrollo, así como los factores que influyen en su desarrollo.

Un proyecto es una organización planificada de recursos para alcanzar objetivos concretos en un tiempo definido. Implica un esfuerzo multidisciplinario orientado a generar valor social, económico o financiero. Aunque existen diversos tipos de proyectos, todos comparten fases comunes que conforman el ciclo del proyecto, desde su concepción hasta su cierre. Los proyectos pueden originarse de estudios sectoriales, planes de desarrollo, agencias gubernamentales o de cooperación, o iniciativas comerciales (FAO, 1986).

Toda decisión de un proyecto debe fundamentarse en un análisis riguroso de ventajas y desventajas, cuya profundidad dependerá de la naturaleza del proyecto. Previo a su ejecución, es necesario realizar estudios de prefactibilidad, como los de viabilidad comercial, de mercado, de impacto ambiental, entre otros, ya que resultados negativos en cualquiera de ellos pueden ser motivo suficiente para descartar su implementación. La evaluación debe abordarse desde una perspectiva multidisciplinaria, evitando enfoques unilaterales. Si bien no existe una metodología única, es esencial aplicar un enfoque lógico, sistemático e integral que contemple todos los factores que inciden en el desarrollo del proyecto. (Marcillo Morla, 2010).

La evaluación del impacto ambiental es un requisito esencial en todo proyecto de inversión, lo que implica una responsabilidad directa en la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. En la acuicultura, como actividad productiva, es prioritario implementar prácticas que minimicen los efectos negativos sobre el medio ambiente. Este compromiso debe extenderse a las autoridades y a la sociedad en su conjunto, promoviendo una conciencia ambiental colectiva que contribuya a mitigar el deterioro ecológico actual (Obregón, 2006).

Tener el conocimiento de los aspectos anteriormente mencionados no asegura el éxito de los proyectos, aun así, la comprensión de estos sí aumenta las posibilidades de que estos se ejecuten de forma efectiva y cumplan con los objetivos planeados.

Causas Comunes del Fracaso de los Proyectos Acuícolas

El fracaso de los proyectos acuícolas suele deberse a una combinación de diversos factores, entre ellos aspectos técnicos, económicos y ambientales, siendo estos algunos de los motivos más probables que explican su falta de éxito.

Falta de planificación adecuada

Se deben contar con guías y criterios que permitan adaptar los procesos y procedimientos a los requerimientos específicos de cada proyecto sin limitarse a una sola forma de realizar las cosas, estas incluyen las normas internas (seguridad, calidad, medio ambiente, etc.) así como los ciclos de vida

del producto y del proyecto. A su vez se debe contar con planes de dirección tanto a mediano-largo plazo, documentos correspondientes (registros, informes, contratos) y herramientas para la gestión de riesgos e interesados. Además, de proveedores previamente aprobados y diferentes modalidades de contratos, como los de precio fijo, costos reembolsables o contratos por tiempo y materiales (Brito y García, 2019).

Uno de los aspectos claves del fracaso de un proyecto por parte de la comunidad se debe a que, la empresa u organización no ha considerado la opinión de los habitantes de la comunidad en el diseño del proyecto. Por lo que se evidencia un sentimiento de desconfianza hacia el proyecto ya que ésta no se ha acercado a informar a la comunidad por lo que se debe comunicar ya sea reuniones con organizaciones vecinales u algún otro medio de comunicación (Espinoza, et al, 2018).

Problemas de sanidad

La sanidad acuícola es un aspecto clave, debe ser compartida entre los productores y el gobierno, constando del cumplimiento e implementación de buenas prácticas de bioseguridad a los organismos que planean cultivarse, así como de la gestión adecuada del ciclo de vida y reproductivo con el objetivo de prevenir enfermedades e infecciones que puedan propagarse.

Por su parte las autoridades deben encargarse de planificar y supervisar acciones para el control y erradicación de las enfermedades garantizando una sanidad acuícola para el proyecto (González Díaz, 2020).

Manejo técnico ineficiente

La calidad del agua es crítica para el éxito de un proyecto acuícola por lo que debe controlarse los parámetros físicos, químicos y biológicos dentro de rangos óptimos dependiendo de lo que quiera cultivarse. Un mal manejo o un desequilibrio de estos puede provocar un bajo crecimiento, enfermedades o modalidades que pudieran afectar el producto final.

Por ello, es esencial monitorear no solo los estanques, sino también canales, reservorios y fuentes de agua.

Para mantener una buena calidad, se aplican prácticas, uso de probióticos, manejo adecuado del alimento, aireación y recambio de agua. Una correcta preparación del estanque entre ciclos es clave para evitar condiciones desfavorables que comprometan la salud del cultivo y los resultados productivos (Quintanilla y Castro, 2021).

Factores ambientales y climáticos

Los proyectos acuícolas corren el riesgo de ser afectados por alteraciones climáticas, al estar tan relacionadas con el agua y generalmente localizadas en zonas costeras corren el riesgo de inundación o huracanes por mencionar algunos. Para mitigar riesgos se puede recomendar prestar especial atención al terreno donde se realizará el proyecto (construir las granjas en las partes más altas de sus terrenos, lejos de cuerpos de agua con corrientes fuertes y sin árboles que puedan dañar la infraestructura) buscando reducir de esta manera los riesgos del proyecto. A nivel gubernamental, podría sugerir fomentar la cultura de la prevención mediante seguros o esquemas de prevención para proteger cosechas e infraestructura acuícola (Platas-Rosado, et al., 2016).

Limitaciones económicas y financieras

Las limitaciones económicas continúan limitando el desarrollo de proyectos acuícolas, la falta de control de costos (costos de alimento, supervivencia, densidad del cultivo, etc.) pueden ocasionar una que el proyecto no sea rentable. Por lo que es necesario contar con herramientas como indicadores o metodologías bioeconomías que ayuden a tomar decisiones oportunas para optimizar recursos. El uso de herramientas que midan el rendimiento económico y productivo es clave para asegurar que los recursos se usen bien y que el proyecto tenga futuro (García-Benítez et al., 2024).

En múltiples ocasiones, el financiamiento gubernamental destinado a proyectos acuícolas se otorga con buenas intenciones; no obstante, la falta de una visión estratégica de largo plazo en su formulación conduce a que muchos de estos proyectos queden inconclusos o se estanquen en etapas intermedias. Para incrementar su viabilidad y sostenibilidad, es fundamental que los proyectos sean diseñados con una visión clara, realista y orientada al futuro, lo

cual también aumenta sus posibilidades de acceder a subsidios u otros mecanismos de apoyo institucional.

Conclusión

Los proyectos acuícolas suelen fracasar por una serie de errores que van desde la planificación y el manejo técnico hasta problemas de sanidad, factores ambientales y limitaciones económicas. Comúnmente, la falta de estudios de mercado, problemas sanitarios no controlados, una alimentación deficiente, la mala calidad del agua, eventos climáticos adversos y el acceso limitado a financiamiento son las causas detrás de estos fracasos. Para reducir estos riesgos, es esencial llevar a cabo una planificación estratégica, aplicar buenas prácticas de manejo y adoptar un enfoque integral que considere los aspectos técnicos, ambientales y económicos desde el principio del proyecto. Solo así se puede lograr una acuicultura que sea tanto sostenible como rentable.

Literatura citada

- Brito, S., y García, G. (2019) Formulación de un plan para el diseño de un sistema de producción acuícola de tilapia roja para campesinos de la zona rural de Almapoque, municipio de Fonseca, La Guajira.51-52
- Espinoza, A., Belén, P., Muñoz, C., y Eliecer, Á. (2018). Percepción de la comunidad local frente a la instalación de megaproyectos: el caso de la industria acuícola en la comuna de Cobquecura, Chile, 50-56.
- FAO. (1986). Aquaculture project formulation. FAO Fisheries Technical Paper No. 264. Food and Agriculture Organization of the United Nations12-15. <https://www.fao.org/4/T0403E/T0403E00.htm>
- FAO. (2023). Guía metodológica para la formulación e implementación de planes locales para el desarrollo de la acuicultura (PLANDAC) en áreas lagunares costeras de México. Recuperado de <https://www.fao.org/4/ac594s/AC594S05.htm>
- García-Benítez D., Hernández-Cortés, E., & Escobedo-Bonilla, C. M. (2024). Eficiencia de costos del sector acuícola: Medición y evaluación mediante indicadores clave de rendimiento. CIENCIA-MATRIA, 10(1), 45-59. <https://doi.org/10.35381/cm.v10i1.1303>
- González Díaz, A. A. (2020) Asistencia técnica para la prevención de enfermedades acuícolas, Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, 12-13
- Marcillo Morla, F. (2010). Evaluación de proyectos acuícolas: Aspectos económicos y financieros [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio ESPOL. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8855>
- Obregón, D. A. A. (2006). Consideraciones ambientales en la evaluación de proyectos acuícolas. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 7 (9), 1-3.
- Platas-Rosado, D. E., Hernández-Arzaba, J. C., Preza-Lagunes, L., y González-Reynoso, L. (2016). El cambio climático global: impacto y adaptación de la acuicultura mexicana. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (Publicación Especial Núm. 14), 2875-2882.
- Quintanilla Corena, A., y Castro Miranda, J. de la P. (2021). Diseño de protocolo de buenas prácticas para el manejo de la calidad físico-química y biológica del agua utilizada para cultivos acuícolas de camarón marino [Informe técnico]. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, (5)10-13 ISBN 978-99961-39-64-2.



A los autores:

La revista **Acta Pesquera** de la Unidad Académica, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit publica artículos originales sobre investigación en ciencia pesquera y ciencias del mar para presentar a la comunidad científica, a la industria, a las autoridades y al público en general los avances y resultados en estas ciencias.

La revista publica dos números por volumen anual, conteniendo trabajos arbitrados de autores que trabajen en centros nacionales y extranjeros.

Los artículos deben ser concisos y claros para agilizar su arbitraje y difusión. La extensión del artículo deberá tener un mínimo de 10 cuartillas y no exceder 25 páginas (tamaño carta mecanografiadas a espacio sencillo, incluyendo texto, figuras y tablas). Solo en casos especiales se publicaran artículos mayores; se aceptan comunicaciones breves de especial interés científico siempre y cuando contenga datos suficientes para demostrar resultados confiables y significativos.

Orden de presentación y características:

1. Título.
2. Nombre(s) del (los) autor(es), **máximo cinco**.
3. Institución(es) donde labora o estudia cada autor y direcciones de la(s) misma(s).
4. ORCID de cada autor(es)
4. Resumen: síntesis de los resultados en menos de 300 palabras.
5. Palabras clave: cinco como máximo.
6. **Abstracts** and **key words**: el autor proporcionará resumen y palabras clave traducidas, aunque solicite la traducción del artículo a la revista.
7. Texto: los encabezados de las secciones

principales se escriben sólo con mayúsculas, los de las subsecciones con mayúsculas y minúsculas; la primera vez que se menciona una especie se incluye el nombre científico completo en cursivas, con autoridad taxonómica y año; se usará el Sistema Internacional de Unidades, abreviando las unidades sin punto final.

8. Agradecimientos.

9. Referencias. Se listan alfabética y cronológicamente todas las mencionadas en el texto. Los nombres de las revistas, libros, simposio o universidades (en el caso de tesis o informes internos) se imprimirán en negritas y los de espacios en cursivas.

Ejemplos de citas bibliográficas:

- Caddy John F. (1989). Marine invertebrate fisheries: Their assessment and management. FAO, Rome, Italy. 13, 281-300
- Murillo, Janette M., Osborne, Robert H., Gorsline, Down S. (1994). Fuentes de abastecimiento de arena de playa en isla Creciente, Baja California Sur, México; Análisis de Fourier para forma de grano. Ciencias Marinas 20(2) 243-262.
- Ken Horwas (1991). Financial Planning Commercial Fishermen Lance Publications the United States of America.
- Kesteven G. L. (1996). A fisheries science approach to problems of world fisheries or; three phases of an industrial revolution. Fisheries Research 25, 5-17 Australia.
10. Apéndices (si los tiene).
 11. Tablas: presentadas en hojas separadas, con un título breve y sin líneas verticales.
 12. Pies de figura: escritos en hoja aparte, no en la ilustración.

13. Figuras: las originales en tinta negra sobre papel no poroso. Los detalles e inscripciones deben tener un tamaño adecuado para conservar su precisión al reducirse a un cuarto de página. La anotación del número de cada una y el apellido del autor se hace con lápiz en las mismas. Las fotografías se utilizan sólo si aportan un dato o conclusión que no pueda presentarse de otra forma. Deben ser positivas y con buen contraste; pueden publicarse en color cuando sea necesario.
14. **Título para encabezado de páginas:** con 30 caracteres como máximo y lo más parecido al título completo.
15. **Título corto o abreviado del escrito (Running_head).** Con no más de 8 palabras para que constituya en encabezado de página del escrito.

El trabajo original debe cargarse a la página de la revista o en casos especiales dirigirse al coordinador editorial de **Acta Pesquera**, Dr. José Trinidad Ulloa Ibarra, jtulloa@uan.edu.mx, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit, Apartado Postal 10 San Blas Nayarit, CP. 63740, Fax 01 (323) 2 31-21-20 y 01 (311) 2 18 20 14.

Cada colaboración se acompañará de una declaración escrita en la que se especifique que no ha sido publicada y que no se someterá simultáneamente a otras publicaciones.

El proceso de aceptación de un artículo, cuando el autor demore más de seis meses en responder a las sugerencias del editor y/o revisores dicho artículo será dado de baja. En caso de que se desee que sea considerado para publicación posterior, se iniciará el proceso de

revisión desde el principio y el trabajo será sujeto a nuevo arbitraje.

Una vez aceptado el artículo, se debe proporcionar un archivo con la grabación del mismo, capturado en cualquier procesador de texto compatible con Word para Windows de preferencia

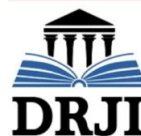
Los autores reciben una prueba final tipografiado antes de su publicación y son responsables de esta revisión final.

Los artículos aceptados por **Acta Pesquera** pasan a ser propiedad de esta y no se regresan los originales.

Se proporcionaran 5 reimpresos gratuitos del artículo a el (los) autor(es).



Scientific Indexing Services



Directory of
Research Journal
Indexing



2395-8944