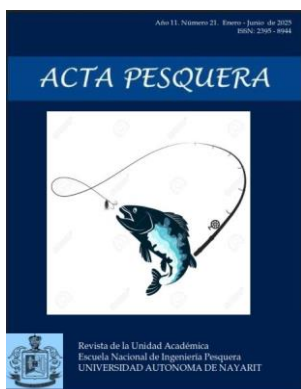




Revista ACTA PESQUERA.

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)

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

*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)

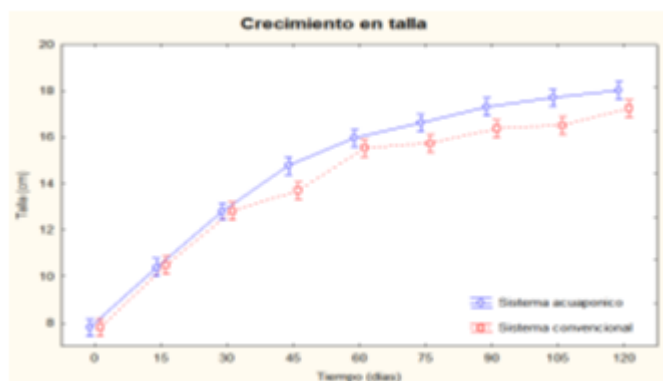


Figura 1- Comparación del crecimiento en talla obtenido por los organismos de los sistemas evaluados

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).

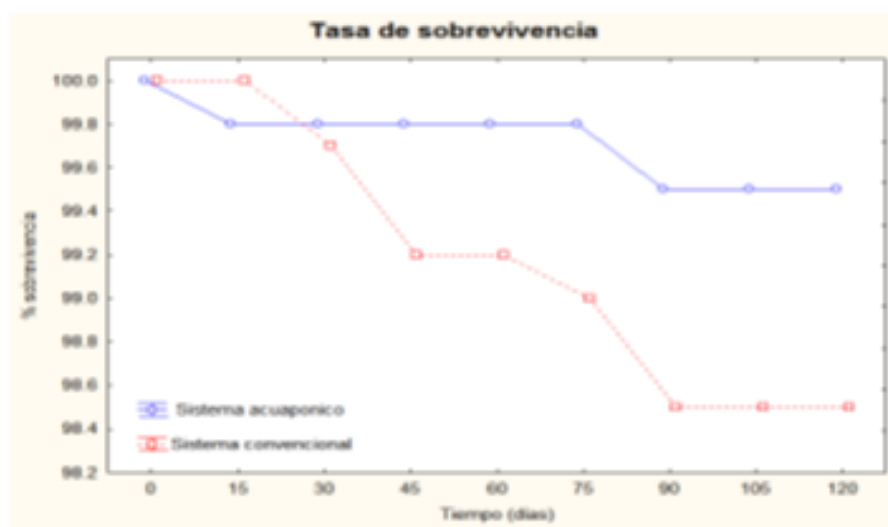


Figura 2.- Tasa de sobrevivencia obtenida por los organismos acuáticos al implementar el sistema acuapónico en comparación con el sistema convencional durante 120 días.

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).

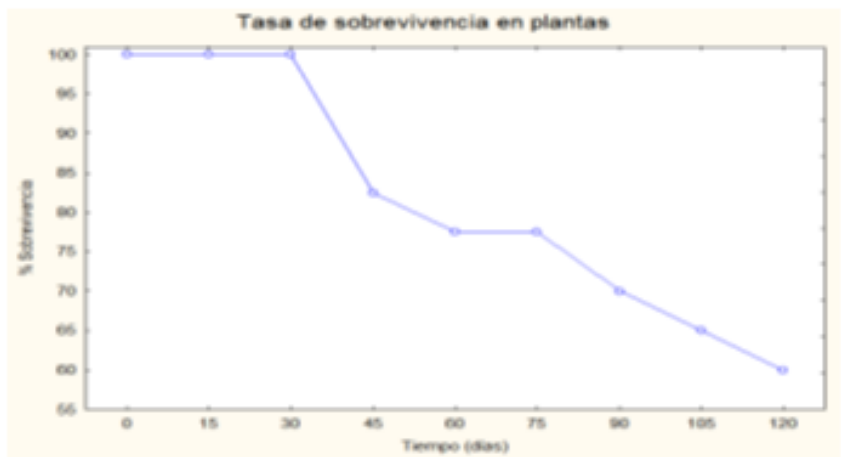


Figura 3.- Tasa de sobrevivencia de las plantas obtenida durante la implementación del sistema acuapónico La tasa de sobrevivencia de los vegetales sembrados en el sistema acuapónico se mantuvo en 100%, en los primeros 30 días. Pero a par-

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 acuicultura, 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



