

CRECIMIENTO DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus* L.) Y TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO ABIERTO

TILAPIA (*Oreochromis niloticus* L.) AND TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) GROWTH IN AN OPEN AQUAPONICS SYSTEM

Ortega-López, N.E.¹; Trejo-Téllez, L.I.^{2*}; Gómez-Merino, F.C.¹; Alonso-López, A.³; Salazar-Ortiz, J.²

¹Colegio de Postgraduados. *Campus* Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. México. (nadiia@live.com.mx; fernandg@colpos.mx; salazar@colpos.mx). ²Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36. 5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. México. (tlibia@colpos.mx). ³Colegio de Postgraduados, *Campus* Veracruz, Predio Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Carretera Federal Xalapa-Veracruz km 88.5, vía Paso de Ovejas entre Puente Jula y Paso San Juan, Veracruz. C. P. 91690. México. (alealonso@colpos.mx).

*Autora para correspondencia: Libia I. Trejo-Téllez (tlibia@colpos.mx)



RESUMEN

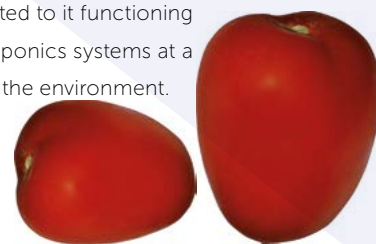
La acuaponía representa una alternativa sustentable para la alimentación humana, ya que hace uso más eficiente de recursos como el agua y los fertilizantes, y reduce la contaminación ambiental. En el mundo hay importantes avances en esta materia y en México se ha iniciado su estudio y aplicación. En esta investigación se caracterizó un sistema acuapónico abierto para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. *Saladette* y de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) var. *Spring* en el que se midieron variables agronómicas y acuícolas. Se evaluaron nueve tratamientos consistentes en la combinación de tres sustratos [1] composta; 2) composta y tezontle en proporción 1:1 (v:v), respectivamente; y 3) tezontle] y tres tipos de agua de riego [1] agua potable; 2) agua potable y agua acuícola en relación 1:1 (v:v), respectivamente; y 3) agua acuícola]. Los resultados mostraron que el crecimiento de las tilapias fue lento, pero la supervivencia fue elevada (96%). El mayor crecimiento de plantas de tomate se tuvo en composta, regadas con el agua proveniente del cultivo de peces; atribuido a que funciona como complemento a la nutrición vegetal. Este trabajo confirma la viabilidad de establecer sistemas acuapónicos en pequeña escala y a bajo costo que permitan hacer más eficiente el uso de insumos y reducir los impactos negativos de la acuicultura en el medio ambiente.

Palabras clave: Acuaponía, tilapia, tomate, micronutrientes, macronutrientes.

ABSTRACT

Aquaponics represents a sustainable alternative for the human diet, since it makes a more efficient use of resources like water, fertilizers, and also reduces environmental pollution. In the world there are important advances in this area and its study and application has begun in Mexico. In this study, an open aquaponics system was characterized, for the production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cv. *Saladette* and tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) var. *Spring*, where agronomic and aquatic variables were measured. Nine treatments were assessed, which consisted of the combination of three substrates [1] compost; 2) compost and tezontle in a 1:1 proportion (v:v), respectively; and 3) tezontle], and three types of irrigation water [1] tap water; 2) tap water and aquaponics water in 1:1 (v:v) relation, respectively; and 3) aquaponics water]. The results show that the growth of tilapia was slow, although the survival was high (96%). The highest growth of tomato plants occurred in compost, irrigated with water from fish culture; which is attributed to it functioning as a complement to plant nutrition. This study confirms the viability of establishing small-scale aquaponics systems at a low cost that allow making a more efficient use of aquaculture inputs, reducing negative impacts on the environment.

Keywords: Aquaponics, tilapia, tomato, micronutrients, macronutrients.



INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción acuícola de pequeña escala contribuyen a proveer de alimento a comunidades y mercados locales y representan hasta un 90% de los empleos generados en el sector. Además de contribuir a la seguridad alimentaria y a disminuir la pobreza, son muy importantes en la vida y cultura de muchas comunidades alrededor del mundo (FAO, 2012). Sin embargo, este tipo de actividad enfrentan varios desafíos, como la sobreexplotación de los recursos hídricos, la contaminación del agua, exclusión del desarrollo y el cambio climático, entre otros, por lo que es necesario aprovechar sus fortalezas y oportunidades, y buscar solución a sus amenazas y limitantes.

Dado que la acuaponía incluye la producción tanto de animales acuáticos como de cultivos en hidroponía, es posible que en una misma unidad de producción se pueda generar mayor cantidad de alimentos, mayores ingresos y se eleve el uso eficiente de los recursos agua y fertilizantes, además de que se reduce la contaminación que genera la acuacultura.

En los sistemas acuapónicos, con la adición de nutrientes disueltos en el agua que excretan los peces o bien de la descomposición microbiana de sus desechos, las plantas crecen y producen rápidamente (Rakocy *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2009). Las raíces de las plantas y las rizobacterias ayudan a remover los nutrientes del agua. Al ser recirculados sirven como fertilizante líquido para cultivos hidropónicos. De otra manera si se acumulan en el agua, alcanzan niveles tóxicos para los peces (Diver, 2006; Ramírez *et al.*, 2008).

En un sistema acuapónico cerrado clásico, los principales elementos son: el estanque de peces, componente de eliminación de sólidos (clarificador), biofiltro, componente hidropónico, área de cultivo para plantas, sistemas de aireación, y sistemas de bombeo de agua (Rakocy *et al.*, 2006; Selock, 2003; Nelson, 2007). El biofiltro y componentes hidropónicos pueden combinarse mediante el uso de medios de soporte de plantas tales como grava, arena, perlita o agrolita. Un diseño alternativo combina la remoción de sólidos, bio-

filtración y la hidroponía en una unidad (Rakocy *et al.*, 2006). Alternativamente se puede optar por sistemas acuapónicos abiertos, en los que los elementos descritos se encuentran separados físicamente. El objetivo de esta investigación fue evaluar un sistema acuapónico abierto rústico de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) var. *Spring* y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. *Saladette*, a partir del seguimiento de variables agronómicas y acuícolas, para definir el crecimiento de los productos plantas y peces.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un predio experimental ubicado en el municipio de Cuitláhuac, Veracruz, México, entre las coordenadas 18.09° LN y 96.70° LO. El clima de es cálido-húmedo-regular con una temperatura promedio de 25 °C; y su precipitación pluvial media anual de 2612.2 mm (INAFED, 2010). Este sitio forma parte de una de las Microrregiones de Atención Prioritaria (MAP) del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados.

Cultivo de tilapia

Se estableció en un estanque circular de cemento de 2.5 m de diámetro por 1 m de alto (Figura 1), 150 tilapias (*Oreochromis niloticus* L.) var. *Spring* de 30 días de edad (Figura 4A). El estanque contó con una bomba de aireación (DHC80-12S Covron® N°610959 de 12 V Aquatic Eco-Systems, Inc. Since 1978 Diaphragm blower), para la oxigenación de las tilapias diariamente en periodos de entre 3 y 5 horas. La energía para el funcionamiento de esta bomba fue generada a través de un panel solar casero. También se dispuso de una toma de agua potable para realizar los recambios de agua en el estanque; el volumen de



Figura 1. Estanque utilizado en el cultivo de tilapia var. *Spring*.



recambio diario correspondió aproximadamente al 5% de la capacidad total (Figura 1).

Se emplearon tres fuentes de alimento comercial para tilapia dependiendo de la fase de su crecimiento. Todos los alimentos empleados fueron aptos para etapa de desarrollo de pre-engorda de la marca NUTRIPEC PURINA®, con una presentación de extruidos flotantes con diferentes diámetros descritos a continuación:

La primer etapa contuvo 44% de proteína y 15% de grasa, con una presentación de 1.5 mm; recomendado para peces con un promedio de peso de 5 a 30 g. En la segunda fase, se suministró un alimento de 2.4 mm, con el mismo porcentaje de proteína y grasa que el primero recomendado para peces con peso promedio de 31 a 60 g; y finalmente el tercer alimento empleado de 3.5 mm recomendado para peces con un peso promedio de 61 a 150 g con 44% de proteína y 13% de grasa. Después de 85 días a partir del trasplante de las plántulas, se evaluó la biometría de las tilapias (120 días de edad), considerando las variables siguientes: peso, largo (desde la boca hasta la aleta caudal), alto y ancho.

Cultivo de tomate

Se evaluaron nueve tratamientos (Cuadro 1) que resultaron de la combinación de dos variables de estudio: sustratos y agua de riego. Los tres sustratos evaluados fueron: 1) composta; 2) tezontle y composta (relación 1:1, v:v); y 3) tezontle. La composta fue proporcionada por los productores de la zona, preparada con residuos vegetales resultantes del chapeo del predio, hojas de roble (*Tabebuia rosea*) y residuos de cosechas. El tezontle utilizado tuvo partículas de diámetro entre 3 y 7 mm, que fue posterior al tamizado, lavado con agua potable.

Tanto el tezontle como la composta empleados como sustratos, fueron esterilizados en autoclave (1 atm de presión, 121 °C, 15 min). Los tres tipos de agua para riego fueron: 1) agua potable; 2) agua potable y agua acuícola (relación 1:1, v:v); y 3) agua acuícola. Cada tratamiento se realizó con cinco repeticiones, lo que generó 45 unidades experimentales.

Se emplearon plántulas de tomate cv. *Saladette* de 14 días de emergidas en bolsas de vivero conteniendo perlita (Figura 2), mismas que se regaron hasta antes del trasplante con agua proveniente del cultivo de peces (agua acuícola).

Se trasplantaron dos plántulas por unidad experimental (repetición) (Figura 3). La unidad experimental consistió en una bolsa de 3 kg de capacidad conteniendo alguno de los tres sustratos descritos en el Cuadro 1.



Figura 2. Plántulas de tomate cv. *Saladette* de 14 días de emergidas, previo al trasplante.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento acuapónico abierto para evaluar el efecto de los sustratos y agua de riego en la producción de tilapias var. *Spring* y tomate cv. *Saladette*.

Tratamientos	Sustrato	Agua de riego
T1	Composta	Agua potable
T2		Agua potable y agua acuícola (1:1, v:v)
T3		Agua acuícola
T4	Composta y tezontle (1:1, v:v)	Agua potable
T5		Agua potable y agua acuícola (1:1, v:v)
T6		Agua acuícola
T7	Tezontle	Agua potable
T8		Agua potable y agua acuícola (1:1, v:v)
T9		Agua acuícola





Figura 3. A: Sustratos utilizados. B: Preparación de bolsas con los sustratos para la realización del trasplante.

Cada unidad experimental se regó con 250 mL diarios del agua de riego correspondiente, según se indica en el Cuadro 1. Después de 85 días a partir del trasplante, se evaluaron en las plantas las variables de crecimiento siguientes: altura de planta, diámetro de tallo y peso de la materia seca de plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del trabajo fue posible producir 146 tilapias que alcanzaron un promedio de peso de 141.27 g. Se pudo observar que el crecimiento de las tilapias fue ade-

cuado con una buena apariencia (Figura 4B). Las medidas promedio de las tilapias al final del estudio fueron de largo 18.97 cm, de alto 7.03 cm y 3.30 cm de ancho. La sobrevivencia de tilapias fue de 96%.

En cuanto al crecimiento del tomate, al final del estudio fue posible observar que la combinación de la composta con el agua del sistema acuícola tiene el mejor efecto sobre las plantas; en este caso, las plantas lograron mayor tamaño y producción de biomasa (Figura 5). Es de destacar que las plantas desarrolladas en tezontle (los tratamientos 7, 8 y 9) mostraron la mayor tasa de senescencia en etapas tempranas de desarrollo, y por tanto no se presentan resultados de crecimiento de éstas.

En la Figura 6 se presentan los resultados de variables de crecimiento en plantas, independientemente del tipo de agua empleada para el riego. Las plantas establecidas en tezontle (tratamientos 7, 8 y 9) fueron excluidas de este análisis, dada la senescencia observada y que ya fue previamente referida.

Cuando se usó como sustrato composta, la altura de planta fue superior en 36.27% con el riego con agua acuícola en comparación con el riego con agua potable. Con el uso del sustrato composta y tezontle, el riego con agua acuícola incrementó la altura de planta en más de dos veces, en comparación del uso de agua potable en el riego (Figura 6).

En lo que respecta a diámetro de tallo, el efecto positivo del riego con agua acuícola se observó en mayor magnitud con el uso de composta y tezontle, que con la composta sola, atribuido a menor oferta de nutrimentos (Figura 6). La misma tendencia fue registrada en el peso de biomasa seca; donde con ambos sustratos se



Figura 4. A: Aspecto de las tilapias var. *Spring* de 30 días, y B: de 85 días de edad.



Figura 5. Planta de tomate cv. *Saladette* establecida en composta y regada con agua acuícola por 85 días.

obtuvo el mayor peso cuando se regó con agua acuícola, seguido del riego con la combinación de agua potable con agua acuícola en el riego (Figura 6).

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que el mayor crecimiento de las plantas de tomate se tuvo en composta, regadas con el agua proveniente del cultivo de peces; por lo que esta agua funciona como complemento a la nutrición de las plantas. Además se confirmó la viabilidad de establecer sistemas acuapónicos en pequeña escala que hacen posible un uso más eficiente de los insumos y una reducción de los impactos negativos de la acuicultura en el ambiente. Se recomienda evaluar este tipo de sistema con especies vegetales menos demandantes en nutrimentos que el tomate, considerando aspectos de inocuidad en los productos a obtener.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento 1 Eficiencia y sustentabilidad en la producción primaria en sistemas agroalimentarios del programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable (IAS) del *Campus* Córdoba, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Subdirección de Vinculación del *Campus* Córdoba, al Sr. Raúl Orozco, al Mtro. Ricardo Sánchez Páez y al Ing. Edgardo Zalazar Marcial, por los apoyos brindados para la realización de este trabajo.

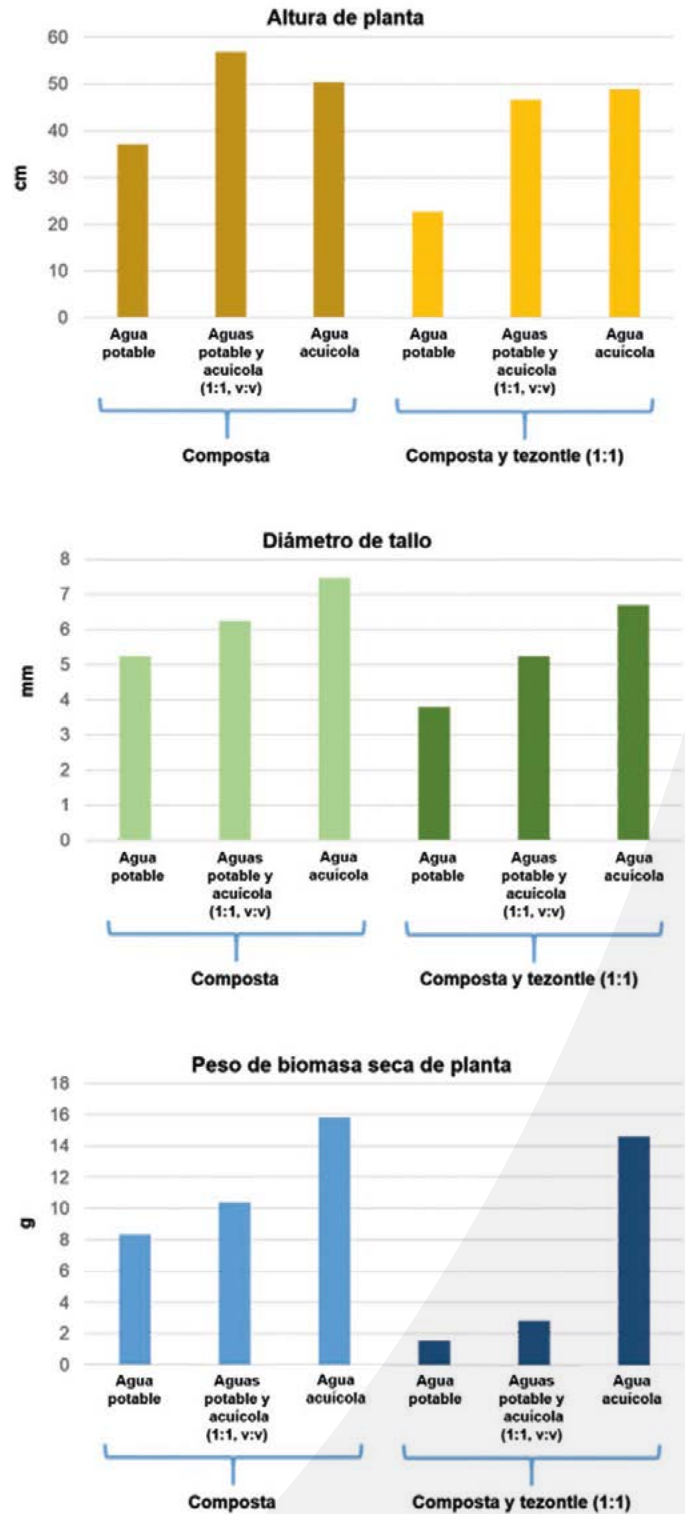


Figura 6. Variables de crecimiento de plantas de Tomate var. *Saladette* 85 días después de trasplante.



LITERATURA CITADA

- Diver S. 2006. Aquaponics-integration of hydroponics with aquaculture, ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service (National Center for Appropriate Technology) Disponible en: <http://www.backyardaquaponics.com/Travis/aquaponic.pdf> (Consultado en Diciembre 2014).
- FAO. 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. Roma. 231 p. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s04.pdf> (Consultado en Diciembre 2014).
- INAFED. 2010. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/index.html>
- Nelson R.L. 2007. Acuaponía. Nelson/Pade Multimedia. Montillo, WI. USA
- Rakocy J.E., Masser M.P., Losordo T.M. 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics-integrating fish and plant culture, Southern Region Aquaculture Center. SRAC Publication No. 454. Disponible en: <http://www.aces.edu/dept/fisheries/aquaculture/documents/309884-SRAC454.pdf> (Consultado en Diciembre 2014).
- Ramírez D., Sabogal D., Gómez E., Rodríguez D., Hurtado H. 2009. Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónico goldfish-lechuga. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas 5:154-170.
- Ramírez D., Sabogal D., Jiménez P., Hurtado H. 2008. La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Revista Facultad de Ciencias Básicas Universidad Militar Nueva Granada. 4: 32-51.
- Selock D. 2003. An introduction to aquaponics: The symbiotic culture of fish and plants. Rural Enterprise and Alternative Agricultural Development Initiative Report. Southern Illinois University Carbondale.

