

LA ACUAPONÍA, DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA SUSTENTABLE

AQUAPONICS: SUSTAINABLE PRODUCTIVE DIVERSIFICATION

Campos-Pulido, R.¹; Alonso-López, A.¹; Asiain-Hoyos, A.¹; Reta-Mendiola, J.L.¹; Avalos-De la Cruz, D.A.^{2*}

¹Colegio de Postgraduados, *Campus* Veracruz, Postgrado en Agroecosistemas Tropicales, Predio Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, vía Paso de Ovejas entre los poblados de Puente Jula y Paso San Juan, Veracruz, México, C.P. 91690. ²Colegio de Postgraduados, *Campus* Córdoba, Carretera Federal Córdoba-Veracruz Km 348, Congregación Manuel León, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, C.P. 94946.

Autor de correspondencia: davalos@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó un sistema acuapónico como modelo de diversificación productiva de alimentos en un diseño experimental completamente al azar mediante las variables temperatura del agua (20-31.5 °C), pH (5.7-7.6) y oxígeno (4.0-5.3 mg L⁻¹), aplicados a perejil (*Petroselinum crispum*), chile serrano (*Capsicum annuum*) y chile de ornato (*Capsicum* sp.) con testigos en siembra tradicional con sustrato tierra-tezontle 2:1, en un periodo de 4 meses, además de tilapia blanca var. Rocky mountain (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). Los resultados indicaron que el efluente derivado fue muy salino (C4). La tilapia tuvo una ganancia de peso de 206 g en 120 días y sobrevivencia de 91%. El chile serrano cultivado en acuaponía (11 cm) no mostró diferencias estadísticamente significativas en crecimiento de la planta (P>0.05), en comparación con la siembra tradicional (70 cm). El perejil no se desarrolló en acuaponía atribuido a la salinidad. El chile de ornato tuvo un desarrollo limitado con altura menor al testigo bajo siembra tradicional, concluyendo que el efluente delimita la selección de las especies a cultivar, apreciando potencial para especies tolerantes a salinidad.

Palabras clave: Efluente salino, *Capsicum annuum* L., eco tecnología, hidroponía.

ABSTRACT

An aquaponics system was evaluated as a model for diversification of food production with a completely randomized experimental design through the variables of water temperature (20-31.5 °C), pH (5.7-7.6) and oxygen (4.0-5.3 mg L⁻¹), applied to parsley (*Petroselinum crispum*), serrano pepper (*Capsicum annuum*) and ornamental pepper (*Capsicum* sp.) with controls grown in traditional cultivation with a 2:1 soil-tezontle substrate, during a 4-month period, along with white tilapia, var. Rocky Mountain (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). Results indicated that the effluent derived was too salty (C4). The tilapia had a weight gain of 206 g in 120 days and a survival of 91%. Serrano pepper grown in aquaponics (11 cm) did not show statistically significant differences in terms of plant growth (P>0.05), compared to traditional cultivation (70 cm). Parsley did not develop in aquaponics due to the salinity. The ornamental pepper had a limited development with a height lower than the control grown in traditional cultivation, so the conclusion is that the effluent limits the selection of species to be cultivated, although the potential for species that tolerate salinity can be seen.

Keywords: salty effluent, *Capsicum annuum* L., ecotechnology, hydroponics.



INTRODUCCIÓN

A través del tiempo se han presentado propuestas para el desarrollo social y una de ellas ha sido la acuicultura en la cual se implementan diversas técnicas considerando hacia dónde va su producción. Esta actividad inició con la finalidad de disminuir la pobreza extrema (Álvarez *et al.*, 1999). Posteriormente, esta actividad se fue implementando con otros fines. Sin embargo, uno de los problemas mayores de la producción acuícola es el aumento de materia orgánica en los efluentes resultado de las excreciones de los peces y residuos de alimento (Pardo *et al.*, 2006), por lo que en la actualidad se ha visto el potencial que representa su aprovechamiento y así disminuir el impacto que causa al retornarlo a los ríos. Por lo anterior, se propone la acuaponía (sistema de circulación de agua) que integra la actividad acuícola y la agricultura hidropónica, con la finalidad de reutilizar el efluente y reducir de esta forma los componentes orgánicos. Además, su aprovechamiento sustentable permite obtener diversos productos de importancia cultural, socio-económica, medicinal, ambiental, ecológica y biológica. Por ejemplo algunos cultivos vegetales como lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacia oleracea*), cebolla china (*Allium fistulosum*), forraje verde hidropónico, berro (*Nasturtium officinale*), brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), cilantro (*Coriandrum sativum* L.), col (*Brassica oleracea* var. *Viridis*), zanahoria (*Daucus carota*), eneldo (*Anethum graveolens*) acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*) y perejil (*Petroselinum crispum*) (Hughey, 2005b; Diver, 2010; BOFISH, S/F); además de plantas aromáti-

cas como albahaca (*Ocimum basilicum*), menta (*Mentha arvensis*, *M. citrata*, *M. x piperita*, *M. spicata*) y orégano (*Origanum vulgare* L.) (Ramírez *et al.*, 2008). Igualmente, se puede cultivar plantas con fruto como berenjena (*Solanum melongena*), pimiento (*Capsicum annum* var. *Annum*), pepino (*Cucumis sativus* L.), papaya (*Carica papaya* L.) (Hughey, 2005a, b), fresa (*Fragaria ananassa* var. *camarosa*) y tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) (Blancard, 1996; Diver, 2010) han tenido éxito en esta forma de cultivación y se logra contar con diferentes alimentos en el transcurso del año utilizando la misma agua, por lo que puede ser implementado en el medio rural. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar un sistema acuapónico como un modelo de diversificación productiva sustentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la granja "Productos acuícolas SIN-VER S.A. de C.V." San José Novillero, Boca del Río, Veracruz. A 19° 95' 38.83" latitud norte y 96° 08' 21.31" longitud oeste a 9 m sobre el nivel del mar. El sistema estuvo compuesto por: un estanque de cemento, de fondo plano, con una capacidad máxima de 40 m³; un biofiltro con una capacidad máxima de 750 L con 1000 cuentas confeccionadas con poliducto coflex® color naranja de ½"; un filtro de cartucho y un sistema de hidroponía (Figura 1).

Como referencia se utilizó la siembra tradicional donde las plántulas se trasplantaron en sustrato tierra/tezontle con una relación 2:1 en bolsas de plástico color negro con un peso de 1.5 kg las cuales se regaron con agua dulce. Además, cada tercer día se aplicó 2 g L⁻¹ de fertilizante Hakaphos® 13-40-13. Las especies vegetales evaluadas fueron: perejil (*Petroselinum crispum*

(Mill.) Fuss), chile serrano (*Capsicum annum* L.) y chile de ornato (*Capsicum* sp.). Se midió la altura y el grosor del tallo de las plantas semanalmente durante cuatro meses, con cinta métrica y vernier digital respectivamente (Figura 2).

Simultáneamente se evaluaron 700 crías de tilapia blanca var. Rocky mountain (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*), con peso inicial promedio de 0.57 g, revertidas sexualmente 99%; alimentadas en la

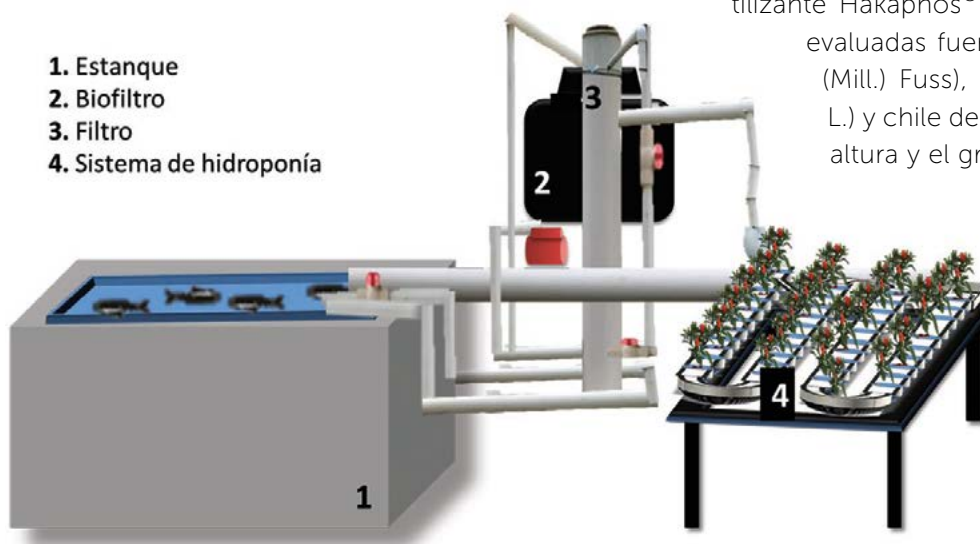


Figura 1. Sistema de acuaponía. Foto y edición por la primera autora.



Figura 2. Crecimiento de A: Perejil, B: Chile serrano y C: Chile de ornato en hidroponía.

etapa inicial y de engorda con una dieta comercial con 45% y 35% de proteína cruda, respectivamente. Cada 10 días se evaluó la ganancia de peso en una muestra de 60 peces para estimar el número total de organismos, peso promedio (g), densidad (kg m^{-3}), sobre-

vivencia (%) y factor de conversión alimenticia total. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y una prueba de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), mediante STATISTICA versión 7 (StatSoft, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura mínima del agua fue 20 °C mientras que la máxima 31.5 °C. El pH osciló entre 5.9 a 7.5. El oxígeno en promedio fue de 4.49 mg L^{-1} , resultado de la respiración de las tilapias, plantas, bacterias y algas que degradan la materia orgánica, dato cercano al intervalo óptimo (4 mg L^{-1}) (Zweing, 1999). Las plantas requieren valores mínimos de 8 a 9 mg L^{-1} de oxígeno para el desarrollo y crecimiento de las raíces. El efluente se clasificó en C4 de salinidad muy alta, sin embargo, es posible la adaptación de algunos cultivos y mantener una producción constante. El crecimiento del perejil en el sistema de acuaponía y método tradicional tuvo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). En siembra tradicional se obtuvieron alturas mayores con respecto a las plantas de acuaponía, las cuales su tallo principal se necrosó (pudrió) al día 14; asimismo, sucedió en los siguientes tallos (Figura 3 A). Mientras que el crecimiento del chile serrano en el sistema de acuaponía mantuvo la misma altura por lo cual no hubo diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en comparación con la siembra tradicional el cual tuvo mayores alturas (Figura 3 B). A diferencia del chile de ornato en el sistema de acuaponía tuvo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), con una altura máxima de 21 cm. Sin embargo, no todas se desarrollaron en condiciones de salinidad. Mientras que en siembra tradicional hubo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), las cuales crecieron constantemente con un mínimo de 10.5 cm y un máximo de 26 cm con un promedio de 16.16 ± 3.69 (Figura 4).

Es importante que la selección del cultivo sea de acuerdo al objetivo que se busca, tales como, para consumo humano, animal, ornato o medicinales, además de considerar si son de porte bajo o mediano, tolerantes a la salinidad y exceso de elementos tóxicos

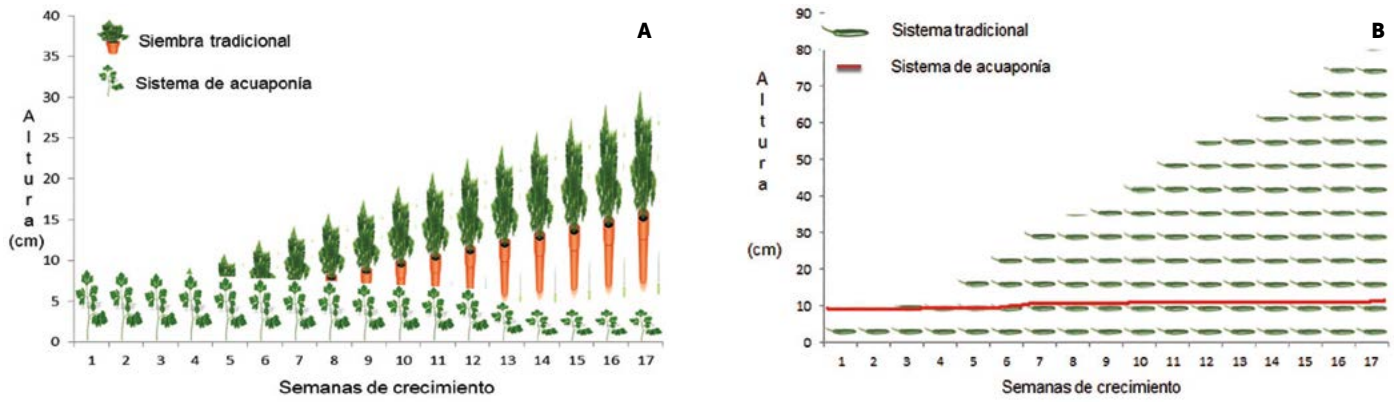


Figura 3. A: Crecimiento del perejil en acuaponía y siembra tradicional. B: Crecimiento del chile serrano en acuaponía y siembra tradicional



Figura 4. Crecimiento del chile de ornato en acuaponía (A) y siembra tradicional (ST)

tales como, sodio y cloruro. Asimismo es recomendable planificar los eventos que permitan contar con producción constante. En la acuaponía no es necesario la rotación de cultivos, y se puede diversificar tanto en vegetales como en animales, por ejemplo tilapia y camarón. La producción de tilapia en acuaponía permitió una ganancia de peso promedio de 206.01 kg del día 1 al 120, con una tasa de creci-

miento de 0.72 g mínimo y 1.9 g como máximo. El peso inicial total de las crías fue un promedio de 0.71 g y final de 206.72 g. La densidad inicial fue de 0.012 kg m⁻³ y 3.307 kg m⁻³ final. El factor de conversión alimenticia total de 1.27% y una sobrevivencia de 91.1%. Rakocy *et al.* (2004), reportaron una tasa de crecimiento de 1.7 g y una densidad total de 61.5 kg m⁻³ después de 164 días de cultivo. Asimismo, Shnel *et al.* (2002), registraron una tasa de conversión alimenticia de 2.03%, una tasa de crecimiento de 1.42 g, una densidad inicial de 10.4 kg m⁻³ y un total de 81.1 kg m⁻³, después de 331 días de cultivo.

CONCLUSIONES

En acuaponía, las especies *Petroselinum crispum* y *Capsicum annum* no se desarrollaron por la alta salinidad; mientras que, *Capsicum sp.*, tuvo un desarrollo limitado con una altura menor al testigo bajo siembra tradicional. Este estudio aportó a las empresas acuícolas alternativas para el reciclaje del efluente, lo que disminuye el impacto ambiental. También es posible contar con una explotación de tilapia en condiciones óptimas con reciclaje de agua previo uso en plantas en hidroponía, permitiendo contar con recursos adicionales al integrar la producción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al C. Francisco Yee Rubio por prestar las instalaciones de su empresa Productos Acuícolas SINVER S. A. de C. V., al Colegio de Postgraduados y a la Línea Prioritaria de Investigación 4 Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje del Colegio de Postgraduados, por el financiamiento económico para esta investigación y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para estudios de postgrado del primer autor.

LITERATURA CITADA

- Asiain-Hoyos A., Fernández-Díaz B., Reta-Mendiola J.L., Suárez-Santacruz C.A. 2011. Manual de acuacultura para la producción de mojarra tilapia (*Oreochromis spp*). Colegio de Postgraduados. México. 36 p.
- BOFISH. S/F. Desarrollo de acuaponía en México. Disponible en: http://acuaponia.com/informacion_tecnica_pdfs/ACUAPONIA_EN_MEXICO.pdf. Consultado el 3 de abril del 2012.
- Ramírez D., Sabogal D., Jiménez P., Hurtado H.G. 2008. La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Revista Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. Vol. 4, Núm. 1. Pags 32-51.
- Hughey T. W. 2005b. Barrel-ponics. Disponible en: <http://www.aces.edu/dept/fisheries/education/documents/barrel-ponics.pdf>. Consultado el 19 de septiembre del 2010.
- Zweig R.D., Morton J.D., Stewart M.M. 1999. Source water quality for aquaculture, a guide for assessment. Environmental and social sustainable development, rural development. 74 p.
- Rakocy J.E., Shultz R.C., Bailey D.S., Thoman E.S. 2004. Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system. Acta Horticulturae (ISHS) 648: 63-69.
- Blancard D. 1996. Enfermedades del Tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Francia. 212 p.
- Shnel, N., Y. Barak., T. Ezer., Z. Dafni., and J. V. Rijn. 2002. Desing and performance of a zero-discharge tilapia recirculating system. Aquacultural Engineering 26: 191-203.
- Hughey T. 2005a. Aquaponics for developing countries. Aquaponics Journal. 3er trimestre. Núm. 38.
- Gilsanz C.J. 2007. Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. 31 p.
- Diver S. 2010. Aquaponics-Integration of Hydroponic with Aquaculture. Horticulture Systems Guide. National Center for Appropriate Technology. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. USA. 38 pp.

