

Adaptación, crecimiento y rendimiento de variedades de chile nativas de Guatemala en un sistema acuapónico con tilapia nilótica -Adaptation, growth and yield of Guatemalan pepper varieties in an aquaponic system with tilapia nilotica

Valdez-Sandoval, Carlos¹ | Guerra-Centeno, Dennis¹ | Díaz, Mercedes¹ | Ríos, Ligia²

¹ Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

² Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Contacto: zoovaldez@gmail.com

Resumen

Se determinó la adaptación, el crecimiento y el rendimiento de ocho variedades de chiles nativos de Guatemala en un sistema acuapónico. Se utilizaron seis módulos acuapónicos con capacidad de 80 plantas y 28 organismos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) cada uno. Se incluyeron en el estudio, plantas de chile de caballo (*Capsicum pubescens*), chiltepe (*Capsicum annuum*), chocolate (*C. annuum*), cobanero (*C. annuum*), diente de perro (*C. frutescens*), guaque (*C. annuum*), morrón (*C. annuum*) y serrano (*C. annuum*). El periodo de evaluación fue de 120 días. Se registró la supervivencia, la longitud de la planta, el peso, el rendimiento de los frutos de chile y la biomasa de los peces al inicio y al final del periodo experimental. Las ocho variedades de chile se adaptaron a los módulos acuapónicos experimentales. Las longitudes promedios de las plantas no fueron diferentes entre variedades ($p = 0.1242$). Los rendimientos de frutos por variedad fueron diferentes ($p = 0.00001$). La variedad de planta con mayor rendimiento fue el chile morrón, seguida del chile guaque y el chile chocolate. La biomasa promedio de los peces por tanque fue de 1690.5 ± 128.6 g. No se registraron diferencias en el peso ($p = 0.268$), ni en la talla ($p = 0.2701$) de los peces dentro de cada tratamiento. Los resultados sugieren que se pueden producir diversas variedades de chiles nativos de Guatemala en un sistema acuapónico combinado con tilapia nilótica.

Palabras clave: Agricultura sostenible | acuicultura | sistemas de recirculación de agua | técnica de película de nutrientes (NFT) | *Oreochromis niloticus*.

Abstract

The adaptation, growth and yield of eight Guatemalan pepper varieties in an aquaponic system with tilapia were investigated. Aquaponic modules with capacity to grow 80 plants

and 28 tilapia organisms (*Oreochromis niloticus*) were used. Eight pepper varieties (caballo [*Capsicum pubescens*], chiltepe [*Capsicum annuum*], chocolate [*C. annuum*], cobanero [*C. annuum*], diente de perro [*C. frutescens*], guaque [*C. annuum*], morron [*C. annuum*], and serrano [*C. annuum*]) were randomly located in the modules and evaluated through a period of 120 days. Survival rate and growth was recorded for peppers and tilapia. All varieties of plants showed adaptation to the experimental conditions but survival rates varied. Serrano pepper showed the highest growth, followed by chiltepe and cobanero. No differences in size of plant varieties were observed ($p = 0.1242$). Fruit yields by variety were different ($p = 0.00001$). The variety with the highest performance was morron, followed by guaque and chocolate. Tilapia biomass per tank was 1690.5 ± 128.6 g. No difference were observed in final weight (0.268) and size ($p = 0.2701$) of tilapia within each treatment. The results suggest that growing Guatemalan peppers in aquaponic systems with Nile tilapia might be convenient.

Keywords: Sustainable agriculture | aquaculture | water recirculation systems | nutrient film technique | *Oreochromis niloticus*.

Introducción

La acuaponía es un sistema de producción de alimentos donde se integra el cultivo de peces y el de plantas (Somerville, Cohen, Pantanella, Stankus & Lovatelli, 2014). Este sistema se basa en el principio de recirculación de agua, donde los desechos generados por los peces son constantemente filtrados y convertidos de amoníaco a nitratos (Rakocy, Masser & Losordo, 2006). Estos compuestos generados en el agua sirven de nutrientes a las plantas que son cultivadas hidropónicamente en el mismo sistema. Por ello, es una opción interesante para que se puedan producir alimentos de origen vegetal y animal de forma sostenible.

Los estudios en acuaponía se han enfocado tradicionalmente en el cultivo de plantas comerciales. Dentro de estas encontramos la albahaca *Ocimum basilicum* (Rakocy, Shultz, Bailey & Thoman, 2003; Ronzón-Ortega, Hernández-Vergara & Pérez-Rostro, 2012; Roosta & Arabpour, 2013), la espinaca *Spinacia oleracea* (Petrea et al., 2014; Shete, Verma, Kohli, Dash & Tandel, 2013; Vandam, 2016), la lechuga *Lactuca sativa* (Al-Hafedh, Alam, & Beltagi, 2008; Effendi, Utomo, Darmawangsa & Hanafiah, 2015; Rafiee & Saad, 2010; Pantanella, Cardarelli, Colla, Rea & Marcucci, 2010; Pantanella, Cardarelli, Di Mattia & Colla, 2010; Sikawa & Yakupitiyage, 2010), y el tomate *Solanum lycopersicum* (Roosta & Hamidpour, 2011; Saufie, Estim, Tamin, Harun, Obong & Mustafa, 2015; Villalobos-Reyes & González-Pérez, 2016). Por lo tanto, sería conveniente orientar los esfuerzos al estudio de cultivos como los chiles nativos de Guatemala, que tienen relevancia cultural y que son demandados por la población.

El chile es un recurso de importancia cultural, económica y alimenticia en Guatemala y otros países de Mesoamérica (Ayala, 2002; Azurdia, 2014). Por lo regular los chiles son considerados como condimentos o saborizantes, sin embargo desde la época precolombina hasta nuestros días, los campesinos han utilizado el chile como el único complemento de la tortilla en momentos de escasez de alimentos (Ayala, 2002). En los pueblos mayas además de ser utilizado como un alimento, también se utilizaban para mostrar agradecimiento a otras personas o como un regalo en ceremonias matrimoniales. El chile fue incorporándose en comidas tradicionales como el *kaq'ik'*, el

tamal, el pache, el pepián y otros (Ayala, 2002). En tal sentido, el consumo de chile es tradición en la dieta del guatemalteco por lo que sería conveniente fomentar su producción sostenible.

El propósito de la presente investigación fue evaluar la capacidad de adaptación, el crecimiento y el rendimiento de ocho variedades de chile nativas de Guatemala en un sistema acuapónico, así como la supervivencia y el rendimiento de las tilapias.

Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó en el Módulo de Investigación en Acuaponía del Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, en las instalaciones de la Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Este módulo se encuentra situado en las coordenadas 14°34'54.05"N. 90°33'27.53"O. La zona de vida según de la Cruz (1982) corresponde a bosque húmedo subtropical templado. La temperatura media es de 18.5 °C, la humedad relativa media de 78 %. La precipitación pluvial anual de 1200 mm y la elevación de 1473 msnm.

Módulos acuapónicos

La evaluación de la adaptación y el rendimiento de las plantas y de los peces se realizó en módulos acuapónicos de polivinil cloruro (PVC) que funcionan con la técnica de película de nutrientes (NFT por sus siglas en inglés). Cada módulo acuapónico se compone de las siguientes partes: un tanque plástico de cultivo con capacidad de 750 litros (200 galones); una bomba sumergible que hace circular el agua a través de los tubos; un filtro biológico para capturar los sedimentos presentes en el agua. En cada módulo experimental NFT, se utilizaron 8 tubos de PVC rígido de 3 metros de largo y 4 pulgadas de diámetro. En cada circuito de tubos se perforaron 80 orificios de 6 cm de diámetro a una distancia de 30 cm entre orificios. En la Figura 1, se muestra la estructura de un módulo acuapónico.

Diseño del estudio

Se utilizó un diseño de bloques al azar con seis bloques y diez repeticiones por bloque. Cada módulo acuapónico contenía ocho bloques y en cada bloque se colocaron 10 individuos de cada especie de planta. En total, se establecieron 60 repeticiones de cada especie de planta.

Selección y trasplante del material vegetal

Las ocho variedades de chile seleccionadas para el estudio fueron: chile de caballo (*Capsicum pubescens*), chiltepe (*Capsicum annuum*), chocolate (*C. annuum*), cobanero (*C. annuum*), diente de perro (*C. frutescens*), guaque (*C. annuum*), morrón (*C. annuum*) y serrano (*C. annuum*). Se estableció un almácigo de aproximadamente 1000 individuos por variedad. Se seleccionaron 60 individuos con buena condición y tamaño homogéneo.

Posteriormente se trasplantaron a recipientes plásticos y se introdujeron en las cavidades de los tubos del sistema acuapónico NFT.



Figura 1. Sistema acuapónico NFT: 1. Tanque plástico, 2. Biofiltro y 3. Circuito de tubos PVC.

Siembra y cultivo de peces

Se obtuvieron 200 organismos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de la Acuícola Cazali, ubicada en el municipio de Escuintla. Después de una semana de adaptación, se colocaron aleatoriamente 28 organismos en cada uno de los seis módulos acuapónicos. Las tilapias se alimentaron con Purina Tilapina® con un nivel de proteína de 45% durante los primeros 60 días y 32% hasta el final del periodo experimental. Cada 30 días, se ajustó el volumen de dieta ofrecida según la biomasa estimada de los peces (10% de la biomasa total).

Medición de parámetros del agua

Se realizaron mediciones de pH, temperatura, conductividad eléctrica y total de sólidos disueltos con una frecuencia de 30 días, para un total de 5 mediciones. Para el efecto, se utilizó un medidor multiparamétrico Hanna®.

Variables

Las variables analizadas en las plantas fueron: Supervivencia (S) (%) = $100 \times (\text{número final} / \text{número inicial})$, longitud de la planta (L) (cm) = medición desde la base del tallo al meristemo apical o al punto más distal, y rendimiento de los frutos (R) (g) = sumatoria de los pesos de los frutos por cada variedad de chile.

En los peces se registraron las variables: S (%), talla (cm) = Longitud corporal (boca-cola), peso (P) (g) = peso de los peces al final del estudio y biomasa (Bp) (g) = peso total de los peces por módulo.

Toma de datos

La longitud de las plantas se midió el día 1, el día 30 y el día 90. Debido a aspectos fenológicos, la medición del peso de los frutos se realizó entre los días 60 y 120, dependiendo la variedad de chile. Las mediciones de talla y peso de los peces se realizaron los días 1 y 120.

Para la medición de la longitud de las plantas y de los peces se utilizó una regla milimetrada. Para determinar el peso se utilizó una balanza digital iBalance 700®.

Análisis estadístico

Para describir el comportamiento de los organismos en el sistema (supervivencia, crecimiento y rendimiento) se utilizó estadística descriptiva. Para determinar si la supervivencia de la plantas en el sistema acuapónico dependía de la especie, se utilizó una prueba de Chi cuadrada. Para comparar el crecimiento y rendimiento entre variedades de chile se utilizó un análisis de varianza de una vía. La estadística descriptiva y los análisis correlacionales fueron ejecutados mediante el programa Past 3.04 (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

Resultados

Las ocho variedades de plantas evaluadas se adaptaron a los módulos acuapónicos (Figura 2). El porcentaje de supervivencia de las plantas osciló entre 75 y 100%. No se observó asociación entre la supervivencia y la variedad de planta ($\chi^2 = 4.36$, $gl = 7$, $p = 0.7369$).

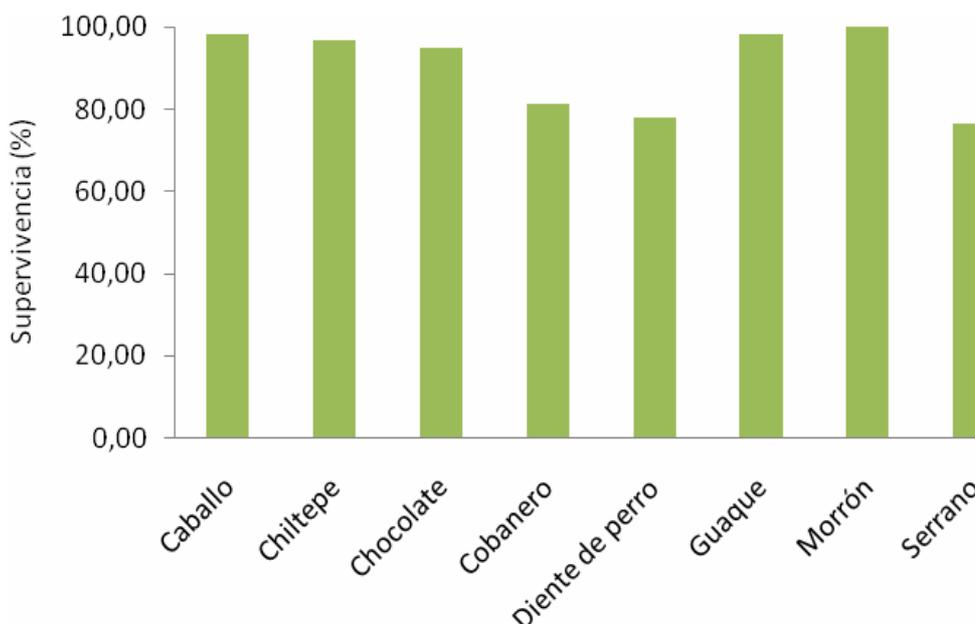


Figura 2. Supervivencia de ocho variedades de plantas de chile en los módulos acuapónicos, durante el periodo de estudio.

Se registró crecimiento de las ocho variedades de plantas de chile cultivadas en los módulos acuapónicos. La variedad de planta con mayor crecimiento fue el chile serrano $\bar{x} = 74.34 \pm 32.35$ cm, seguida de la planta de chiltepe $\bar{x} = 67.94 \pm 28.66$ cm y la planta de chile cobanero $\bar{x} = 66.38 \pm 23.89$ cm. La variedad de chile con menor crecimiento fue el guaque $\bar{x} = 50.51 \pm 19.31$ cm. No se observó diferencias en la altura de las variedades de chile ($F = 1.76$, $gl = 7$, 44 , $p = 0.1242$). En la Figura 3 se muestra la curva de crecimiento de las ocho variedades de plantas cultivadas en módulos acuapónicos.

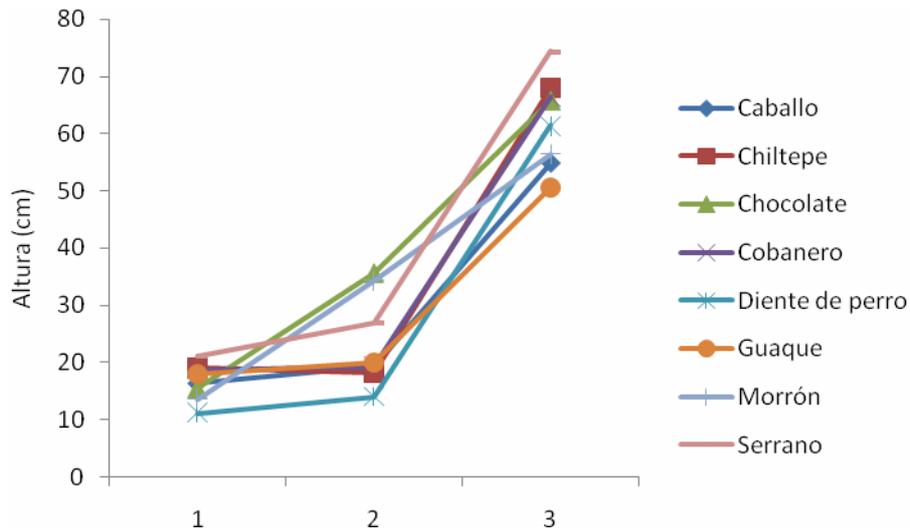


Figura 3. Curva de crecimiento de las ocho variedades de chile en los módulos acuapónicos, desde el inicio hasta el final del estudio.

En la Tabla 1, se muestra la respuesta de floración, fructificación y rendimiento de las variedades de chile al final del estudio.

Floración, fructificación y rendimiento (promedio) de las variedades de chile en un sistema acuapónico.

	morrón	guaque	chocolate	cobanero	serrano	chiltepe	caballo	diente de perro
Floración (%)	98.3	87.7	78.6	87.5	66.7	64.3	49.1	47.8
Fructificación (%)	93.1	98.0	93.2	100.0	70.0	44.4	46.4	22.7
Frutos por planta	7.5	8.9	12.2	26.5	15.9	11.1	5.1	3.0
Alto del fruto (cm)	5.0	9.9	7.0	1.6	3.1	0.9	3.1	2.0
Ancho del fruto (cm)	4.9	2.1	1.2	0.9	1.2	0.8	3.2	0.5
Peso del fruto (g)	52.2	13.2	5.0	0.9	3.3	1.2	16.0	0.5
Biomasa por planta (g)	177.0	76.9	49.3	39.8	52.5	18.5	8.6	7.9

Las variedades de chile con mayores rendimientos de fruto, a partir de las plantas sobrevivientes, fueron: el morrón con 9560 g (59 plantas), el guaque 3769 g (57 plantas), el chocolate 2020 g (56 plantas) y el cobanero 1670 g (48 plantas) (Figura 4). Se observó diferencias en el rendimiento de los frutos entre las variedades de plantas de chile ($F = 15.49$, $gl = 7$, 40 , $p = 0.00001$).

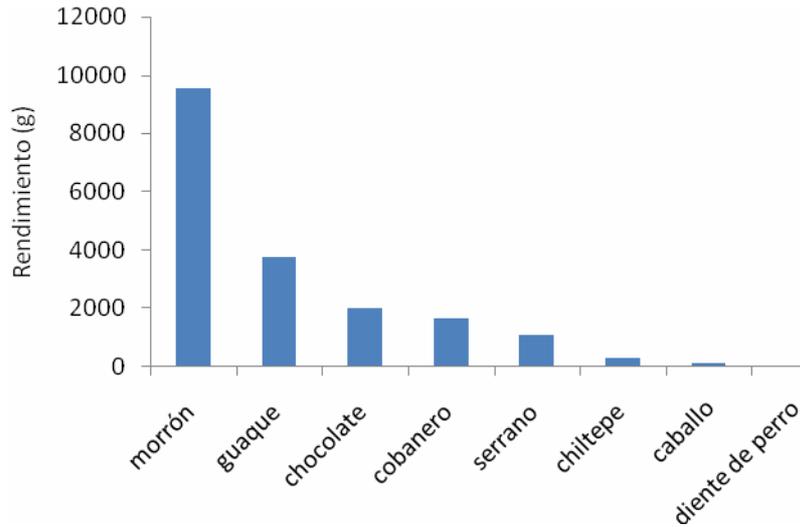


Figura 4. Rendimiento de fruto de las variedades de chile en los módulos acuapónicos, al final del estudio.

En la Tabla 2, se muestran las variables respuesta de los peces al final del estudio. No se observó asociación entre la supervivencia y el tratamiento ($\chi^2 = 0.11$, gl = 5, $p = 0.999$). Tampoco se observaron diferencias en el peso final ($F = 1.29$, gl = 5, 158, $p = 0.268$) ni en la talla final ($F = 1.29$, gl = 5, 158, $p = 0.2701$).

Variables respuesta de los peces al final del estudio.

	Tanque						Media \pm sd
	1	2	3	4	5	6	
n	28	27	27	27	27	28	26.8 \pm 2.0
Supervivencia (%)	100	96.4	96.4	96.4	96.4	100	97.6 \pm 1.8
Largo (cm)	21.1	22.7	22.0	22.5	22.7	21.8	22.1 \pm 0.6
Ancho (cm)	6.7	7.3	6.8	7.1	7.3	6.8	7.0 \pm 0.3
Peso (g)	195.6	239.3	208.0	220.5	231.7	215.1	218.4 \pm 15.9
Biomasa inicial (g)	206	193	196	190	203	208	199.3 \pm 7.4
Biomasa final (g)	5476	6462	5615	5954	6256	6023	5964.3 \pm 373.3

Los valores medios del agua de los tanques con tilapia durante el período experimental fueron: pH = 6.0 ± 0.5 , temperatura = 23.8 ± 1.0 °C, conductividad eléctrica = 1003.4 ± 287.8 μ S/cm y total de sólidos disueltos = 511.9 ± 147.2 ppm. El ambiente dentro del invernadero se mantuvo con una temperatura = 25.3 ± 2.8 °C y una humedad relativa = 57.1 ± 9.9 %.

Discusión

Los datos sobre la adaptación de variedades de chile nativas de Guatemala en condiciones de acuaponía generados en el presente estudio son alentadores. De los resultados se sigue que estas plantas son capaces de mantener las raíces dentro de agua circulante con desechos orgánicos generados por tilapias, y de crecer y producir frutos sin

utilizar tierra como sustrato. El hecho de que se haya logrado producción de las variedades estudiadas, aun partiendo de material poco domesticado, sugiere que podrían obtener resultados mejores y más homogéneos si se parte de material mejorado.

Los valores de supervivencia superiores al 75%, obtenido en el presente estudio para el caso de los chiles nativos de Guatemala son hasta ahora inéditos y se presentan como información relevante encaminada a la agricultura sostenible. Estudios similares con plantas nativas como el apazote *Dysphania ambrosioides*, el macuy *Solanum nigrescens*, el amaranto *Amaranthus sp*, el bledo *A. cruentus*, chipilín montés *C. vitellina*, ayote *Cucurbita argyrosperma* y güicoy *C. pepo* que han obtenido supervivencias superiores al 85% (Guerra-Centeno, Valdez-Sandoval, Aquino-Sagastume, Díaz & Ríos, 2016) refuerzan esta interpretación. Sin embargo, no todas las plantas se han adaptado satisfactoriamente a este sistema. Especies como el chipilín (*Crotalaria longirostrata*) (Guerra-Centeno et al., 2016) y el cilantro (*Coriandrum sativum*) (Ronzón-Ortega, Hernández-Vergara, & Pérez-Rostro, 2015) han mostrado resultados pobres en este sistema.

Al hablar de crecimiento, la altura de la planta no es, necesariamente, un buen indicador de la capacidad de producción de la planta. Según lo observado en presente estudio, las plantas de mayor porte, como el chile serrano no fueron las que más rindieron. La altura de la planta si sería un dato relevante cuando hablamos de las implicaciones de mantener una planta alta en un sistema acuapónico NFT. Lo ideal, en este caso, sería lograr una combinación de una planta de longitud de unos 30 centímetros y con frutos que estén dispuestos en una simetría radiada.

La floración de cuatro de las variedades de chile utilizadas en este estudio se considera aceptable. Estas variedades (morrón, guaque, chocolate y cobanero) no solo presentaron mayor porcentaje de floración (> 75 %) sino que algunas iniciaron esta fase a partir de los 40 días pos trasplante. En estudios realizados en hidroponía con variedades híbridas de chile morrón se ha observado floración entre los 30 y 45 días (Moreno, Mora, Sánchez & García-Pérez, 2011). En cuanto al chile chocolate y chile cobanero cultivados en tierra, la floración se ha presentado a los 60 y 65 días respectivamente (Ayala, 2002). Estos últimos datos, son muy similares a los obtenidos en este estudio para los chiles serrano, chiltepe, caballo y diente de perro (75 días pos trasplante). En tal sentido, si se desea producir chiles en el menor tiempo posible, hay que considerar la floración de las variedades, ya que de esto dependerá la obtención de los primeros frutos de chile.

El rendimiento de los frutos de las variedades de chile evaluadas estuvo por debajo de lo reportado. Moreno et al. (2011), reportan para el caso de morrones híbridos cultivados en hidroponía, rendimientos de 5.7 a 11.5 kg/m². Fortis-Hernández et al., (2012) reportaron rendimientos de 4.0 a 5.2 kg/m² para cultivos en sustratos orgánicos 4.0 a 5.2. En el presente estudio, esta variedad –que fue la planta con mayor rendimiento– generó 2.12 kg/m². Así mismo, el rendimiento obtenido para los chiles guaque y chocolate (0.8 y 0.5 kg/m²), fue menor al de los cultivados en tierra (1.1 y 1.7 kg/m² respectivamente) (Otzoy, Chan & Esteban, 2003).

Las condiciones ambientales dentro del invernadero podrían no haber sido las idóneas para el desarrollo y producción de ciertas variedades de chile. Los valores de temperatura oscilaron entre 22 y 28 °C y la humedad relativa entre 47 y 67 por ciento. Aunque estos datos de temperatura son similares a los recomendados para el pimiento

(Baudoin et al., 2002), los niveles de humedad estuvieron debajo de lo recomendado (70 a 75%), pudiendo esto, haber provocado aborto floral (Baudoin et al., 2002).

Por otro lado, la supervivencia, crecimiento y biomasa de las tilapias cultivadas en estanques semicerrados fue interesante. Los peces no sólo tuvieron una adaptación mayor del 95% en los tanques plásticos, sino que desarrollaron un peso superior a los 200 g en cuatro meses de cultivo. Al criar tilapias en estanques circulares de cemento, se ha obtenido un 96% de supervivencia y un peso promedio de 141 g en un período de tres a cuatro meses (Ortega-López, Trejo-Téllez, Gómez-Merino, Alonso-López & Salazar-Ortiz, 2015). En otro estudio realizado en las similares condiciones, con tanques plásticos, las tilapias tuvieron una supervivencia entre el 56 al 88% y pesos de 42 gramos en dos meses (Guerra-Centeno et al., 2016).

Aunque los datos de rendimiento de las variedades de chile evaluadas en la presente investigación, están por debajo de lo reportado en estudios que evaluaron variedades mejoradas; consideramos que nuestros datos tienen aplicación para los campesinos pobres que no tienen acceso a materiales mejorados cuyo precio en el mercado de Guatemala puede alcanzar niveles de US \$ 125.00 a 375.00 las 1000 semillas. Por otro lado el uso de material autóctono no domesticado, podría favorecer la resistencia a las plagas.

El uso de tutores, el uso de variedades mejoradas, la incorporación de polinizadores o de prácticas de polinización manual, el control de plagas, el uso de materiales orgánicos como el bambú (*Bambusa spp.*) en la construcción de los módulos y el uso de fuentes de energía alternas como la solar y la eólica, más la combinación de organismos acuáticos, son aspectos que deben investigarse.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala por el cofinanciamiento proporcionado para la ejecución de la presente investigación (partida presupuestal 4.8.63.2.64) y al personal de Wildlife Conservation Society por la coordinación y divulgación en los talleres realizados en comunidades de Petén, Guatemala.

Referencias

- Al-Hafedh, Y. S., Alam, A., & Beltagi, M. S. (2008). Food production and water conservation in a recirculating aquaponic system in Saudi Arabia at different ratios of fish feed to plants. *Journal of the world aquaculture society*, 39(4), 510-520.
- Ayala, H.D. (2002). *Le Ik, los chiles de Guatemala*. Editorial Universitaria, USAC. 117 p.
- Azurdía, C. (2014). Cultivos Nativos de Guatemala y Bioseguridad del Uso de Organismos Vivos Modificados. Chile (*Capsicum spp.*). Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Documento Técnico No. 7-2014. 54 p.
- Baudoin, W., Nisen, A., Grafiadellis, M., Verlodt, H., Jiménez, R., De Villele, O., ... & Monteiro, A. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. *Medios y Técnicas de Producción. Suelo y Sustratos*. FAO. Roma, 143-182.
- De la Cruz, J. R. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación. Guatemala.

- Effendi, H., Utomo, B. A., Darmawangsa, G. M., & Hanafiah, D. A. (2015). Wastewater treatment of freshwater crayfish (*Cherax quadricarinatus*) culture with lettuce (*Lactuca sativa*). *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 10(1), 409-420.
- Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., García-Hernández, J. L., Navarro Bravo, A., Antonio-González, J., & Omaña Silvestre, J. M. (2012). Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1203-1216.
- Guerra-Centeno, D., Valdez-Sandoval, C., Aquino-Sagastume, E., Díaz, M., & Ríos, L. (2016). Adaptación y rendimiento de plantas autóctonas de Guatemala en un sistema acuapónico. *REDVET*, 17(11).
- Moreno Pérez, E. D. C., Mora Aguilar, R., Sánchez del Castillo, F., & García-Pérez, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(2), 5-18.
- Ortega-López, N. E., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Alonso-López, A., & Salazar-Ortiz, J. (2015). Crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en un sistema acuapónico abierto. *Agroproductividad*, 8(3).
- Oztzy, M., Chan, M., & Esteban, C. (2003). Búsqueda, colecta, manejo agronómico, caracterización y obtención de cultivares y materiales promisorios de chile tradicional (*Capsicum annum*.), en la zona suroccidental de Guatemala. Recuperado de <http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/prunian/INF-2003-008.pdf>
- Pantanella, E., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E., & Marcucci, A. (2010). Aquaponics vs. hydroponics: production and quality of lettuce crop. In *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 927* (pp. 887-893).
- Pantanella, E., Cardarelli, M., Di Mattia, E., & Colla, G. (2010, March). Aquaponics and food safety: Effects of UV sterilization on total coliforms and lettuce production. In *International Conference and Exhibition on Soilless Culture 1062* (pp. 71-76).
- Petrea, S. M., Cristea, V., Dediu, L., Contoman, M., Dicu, M., Antache, A., ... & Placinta, S. (2014). Vegetable Production in an Integrated Aquaponic System with Stellate Sturgeon and Spinach—Matador variety. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 47(1), 235-245.
- Rafiee, G., & Saad, C. R. (2010). The effect of natural zeolite (clinoptiolite) on aquaponic production of red tilapia (*Oreochromis* sp.) and lettuce (*Lactuca sativa* var. longifolia), and improvement of water quality. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 8, 313-322.
- Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics—integrating fish and plant culture. *SRAC publication*, 454, 1-16.
- Rakocy, J., Shultz, R. C., Bailey, D. S., & Thoman, E. S. (2003). Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. In *South Pacific Soilless Culture Conference-SPSCC 648*(pp. 63-69).
- Ronzón-Ortega, M., Hernández-Vergara, M. P., & Pérez-Rostro, C. I. (2012). Producción hidropónica y acuapónico de albahaca (*Ocimum basilicum*) y langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(SUP 2), S63-S71.
- Ronzón-Ortega, M., Hernández-Vergara, M. P., & Pérez-Rostro, C. I. (2015). Producción acuapónica de tres hortalizas en sistemas asociados al cultivo semi-intensivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*). *Agroproductividad*, 8(3).

- Roosta, H., & Arabpour, S. (2013). Comparison of the growth, mineral nutrient concentrations and essential oil of two iranian local basil (*ocimum basilicum*) in hydroponic and aquaponic systems.
- Roosta, H., & 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.
- Saufie, S., Estim, A., Tamin, M., Harun, A., Obong, S., & Mustafa, S. (2015). Growth Performance of Tomato Plant and Genetically Improved Farmed Tilapia in Combined Aquaponic Systems. *Asian Journal of Agricultural Research*, 9(3), 95-103.
- Shete, A. P., Verma, A. K., Kohli, M. P. S., Dash, A., & Tandel, R. (2013). Optimum Stocking Density for Growth of Goldfish, *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758), in an Aquaponic System. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 65, 1-6.
- Sikawa, D. C., & Yakupitiyage, A. (2010). The hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa* L) by using hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) pond water: Potentials and constraints. *Agricultural water management*, 97(9), 1317-1325.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Vandam, D. (2016). *Growth and Tissue Elemental Composition Response of Spinach (*Spinacia oleracea*) to Hydroponic and Aquaponic Water Quality Conditions*.
- Villalobos-Reyes, S., & González-Pérez, E. (2016). Determinación de la relación pez planta en la producción de tomate (*Lycopersicon sculentum* L.) en sistema de acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 983-992.

REDVET: 2017, Vol. 18 N° 5

Este artículo Ref. 041703_REDVET está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050517.html>
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050517/051703.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.

Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con REDVET®- <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>