

## Adaptación y rendimiento de plantas autóctonas de Guatemala en un sistema acuapónico

Dennis Guerra-Centeno<sup>1</sup>, Carlos Valdez-Sandoval<sup>1</sup>, Edvin Aquino-Sagastume<sup>1</sup>, Mercedes Díaz<sup>1</sup>, Ligia Ríos<sup>2</sup>.

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

<sup>2</sup> Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala

Contacto: [msc.dennisguerra@gmail.com](mailto:msc.dennisguerra@gmail.com)

---

### Resumen

Con el objeto de evaluar la capacidad de producción de alimentos de un sistema acuapónico con plantas autóctonas de Guatemala y tilapias se estableció un experimento en diseño de bloques completos al azar. Se utilizaron siete módulos acuapónicos, con capacidad de 80 plantas y 25 organismos de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*. Se incluyeron en el estudio, plantas de apazote *Dysphania ambrosioides*, macuy *Solanum nigrescens*, amaranto *Amaranthus sp*, bledo *A. cruentus*, chipilín *Crotalaria longirostrata*, chipilín montés *C. vitellina*, ayote *Cucurbita argyrosperma* y güicoy *C. pepo*. El periodo de evaluación fue de 60 días. Se registró la supervivencia (S), el tamaño (T), el peso (P), el rendimiento de las plantas (R) y la biomasa de los peces (Bp) al inicio y al final del periodo experimental. Siete de las ocho especies de plantas autóctonas se adaptaron a los módulos acuapónicos experimentales. La variedad de planta con mayor crecimiento fue el ayote, seguida del macuy y el güicoy. Se observaron diferencias en la altura ( $p=0.00001$ ) y el rendimiento ( $p=0.00001$ ) de las variedades de las plantas. La Bp por tanque fue  $\bar{x} = 725.7g \pm 80.3$ . En tal sentido, se considera posible el cultivo de las plantas autóctonas evaluadas, en sistemas acuapónicos con tilapias.

**Palabras clave:** Plantas nativas de Guatemala, seguridad alimentaria, sistemas de recirculación de agua, técnica de película de nutrientes (NFT), acuicultura.

---

## Abstract

Aquaponic modules with capacity to grow 80 plants and 25 tilapia organisms (*Oreochromis niloticus*) were used. Plants of Apazote (*Dysphania ambrosioides*), Macuy (*Solanum nigrescens*), Amaranto (*Amaranthus sp.*) Bledo (*A. cruentus*), Chipilin (*Crotalaria longirostrata*), Chipilin de Monte (*C. vitellina*), Ayote (*Cucurbita argyrosperma*) and Guicoy (*C. pepo*) were located randomly in the modules and evaluated. The evaluation period was 60 days. Survival (S), size (T), weight (P) and biomass (B) of plants and fish at the start and end of the experimental period were recorded. Seven of the eight varieties of plants adapted to the experimental modules showing survival rates between 83% and 100%. *Cucurbita argyrosperma* showed the highest growth, followed by *S. nigrescens* and *C. pepo*. Differences in size ( $p < 0.00001$ ) and weight ( $p < 0.00001$ ) of plant varieties were observed. Tilapia biomass per tank was  $\bar{x} = 725.7g \pm 80.3$ . In this sense, it is possible to produce native plants to Guatemala (Ayote, Macuy and Guicoy) in aquaponic systems.

**Keywords:** Native plants to Guatemala, water recirculation systems, nutrient film technique (NFT), aquaculture.

---

## Introducción

La acuaponía es un sistema de producción de alimentos donde se combina el cultivo de peces con el de plantas (Ramírez, Sabogal, Gómez, Rodríguez, & Hurtado, 2009). La ventaja de los sistemas acuapónicos es la recirculación del agua dentro sistema cerrado donde el agua es constantemente filtrada logrando un mayor aprovechamiento del recurso hídrico y una mínima contaminación del mismo (Ebeling, et al., 1995). En este sistema, los nutrientes que excretan peces son absorbidos y utilizados como nutrientes por las plantas cultivadas hidropónicamente. Por lo tanto, es una tecnología prometedora para Guatemala, debido a que se puede producir alimento de una forma sostenible.

Las plantas nativas de Guatemala son importantes recursos alimenticios de uso tradicional y cultural que pueden ser mejor aprovechados si encontramos los modelos idóneos para hacerlo. La acuaponía, que es la combinación de la hidroponía y la acuicultura, se presenta como una opción para producir plantas nativas y peces a nivel doméstico. Villar (1997) ha descrito la importancia de las plantas nativas de Guatemala como fuentes de alimento, condimentos o recursos de la etnomedicina. Por otro lado, se ha considerado contradictorio que las plantas nativas como la chaya, el bledo, el chipilín, la hierbamora y la calabaza, sean producidas y comercializadas a menor escala que las introducidas (Molina-Cruz, Curley & Bressani, 1997). Las plantas autóctonas forman parte de la cultura del guatemalteco y por lo tanto, tiene

mucho sentido utilizarlas en proyectos de acuaponía dirigidos a solventar el problema del hambre y la soberanía alimentaria.

En otros países, a nivel experimental, han cultivado alrededor de 30 tipos de vegetales. Dentro de los más comunes se encuentra la lechuga (*Lactuca sativa*), la espinaca (*Spinacia oleracea*), las cebolletas (*Allium fistulosum*) y la albahaca (*Ocimum basilicum*). Los requerimientos nutricionales de estas especies van de niveles bajos a medios por lo que se han podido adaptar de buena forma en los sistemas acuapónicos. Por otro lado, las plantas que producen frutos como los pimientos (*Capsicum annum*), los tomates (*Solanum lycopersicum*) y los pepinos (*Cucumis sativus*), tienen una mayor demanda nutricional por lo que requieren de sistemas acuapónicos más complejos (Gutiérrez, 2012). No existen estudios publicados en medios indexados acerca del uso de sistemas acuapónicos para la producción de plantas autóctonas (nativas) de Guatemala de importancia cultural.

El propósito de la presente investigación fue evaluar ocho materiales vegetales autóctonos de Guatemala y determinar, la supervivencia de estos materiales en un sistema acuapónico con tilapias, así como el rendimiento de las plantas y los peces.

## **Métodos**

### **Área de estudio**

El estudio se realizó en el Módulo de Investigación en Acuaponía del Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud 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. Una humedad relativa media de 78 %. Una precipitación pluvial anual de 1200 mm y una elevación de 1473 msnm.

### **Módulos acuapónicos**

El sistema acuapónico constó de un tanque plástico de cultivo con capacidad de 750 litros (200 galones). Una bomba sumergible hizo circular el agua en un sistema cerrado. Un filtro biológico filtró algunos de los sedimentos presentes en el agua efluente. 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.

El efluente del estanque de cultivo de tilapias fue conducido hacia un filtro biológico y de este hasta el circuito de tubos por medio de una manguera plástica de 0.5" de diámetro. El filtro se situó en una posición superior, para verter el agua por gravedad. Para asegurar el paso del agua dentro del

circuito de tubos y hacia el estanque de peces, se dispuso de un arreglo de tándem en zig-zag con pendiente de 1 a 3% del tubo uno al tubo cuatro. A través del circuito de tubos, circuló el agua en una película fina de 1 a 4 mm de altura que contuvo los nutrientes para que pudieran ser absorbidos por las raíces de las plantas. En la Figura 1, se muestra la estructura de un módulo acuapónico.



**Figura 1.** Aspecto de los módulos acuapónicos utilizados en el estudio.

## Diseño del estudio

Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete 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 70 repeticiones de cada especie de planta.

## Selección y trasplante de plantas nativas

Las ocho variedades de plantas nativas seleccionadas para el estudio fueron: apazote (*Dysphania ambrosioides*), macuy (*Solanum nigrescens*), amaranto (*Amaranthus* sp.) bledo (*A. cruentus*), chipilín (*Crotalaria longirostrata*), chipilín de monte (*C. vitellina*), ayote (*Cucurbita argyrosperma*) y guicoy (*C. pepo*). Se seleccionaron 80 plantas de cada variedad, que se encontraran en buena condición y un tamaño homogéneo. Posteriormente se trasplantaron a



recipientes plásticos y se introdujeron en las cavidades presentes en los tubos plásticos del sistema acuapónico, para evaluar su adaptación y crecimiento. Siembra y cultivo de peces

Se obtuvieron 200 peces de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), de la Acuícola María Linda, ubicada en el municipio de Escuintla. Se dio una semana de adaptación, para luego colocar aleatoriamente 25 organismos en el estanque de cada uno de los siete módulos acuapónicos. Las tilapias se alimentaron con Purina Tilapina® L2 con un nivel de proteína de 45%. Se muestrearon cada 15 días para ajustar la ración de alimento (10% de la biomasa total por día).

### **Medición de parámetros del agua**

Se realizaron mediciones de pH, temperatura, conductividad eléctrica y total de sólidos disueltos. Para el efecto, se utilizó un medidor multiparamétrico Hanna®.

### **Variables**

Las variables analizadas en las plantas fueron: Supervivencia  $S$  (%) =  $100$  (número final / número inicial), altura de la planta (cm) = medición desde la base del tallo al meristemo apical o al punto más distal, peso (g) = peso del organismo vegetal al final del estudio y biomasa (g) = sumatoria de pesos finales de los individuos por especie de planta.

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

### **Toma de datos**

La medición de la altura de las plantas se realizó en cinco fases en pulsos de 15 días. La primera fase se realizó el día 1 y la quinta fase el día 60. El peso de las plantas se realizó en dos fases, la primera el día 1 y la segunda el día 60.

La medición de talla y peso de los peces se realizó en dos fases. La primera fase se realizó el día 1 y la segunda fase al día 60.

Para la medición de altura o talla de las plantas y peces se utilizó una regla milimetrada. Para determinar el peso se utilizó una balanza iBalance 700®.

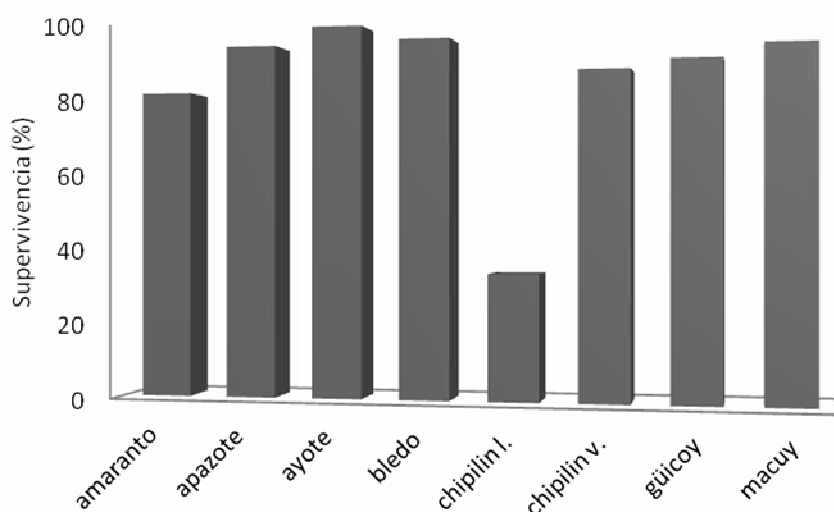
### **Análisis estadístico**

Para describir el comportamiento del sistema (supervivencia, crecimiento y rendimiento) se utilizó estadística descriptiva. Para comparar el crecimiento entre especies de planta se utilizó un análisis de varianza de una vía. Para

determinar si la supervivencia de la plantas en el sistema acuapónico dependía de la especie, se utilizó una tabla de contingencia de Chi cuadrada. La estadística descriptiva y los análisis correlacionales fueron ejecutados mediante el programa Past 3.04 (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

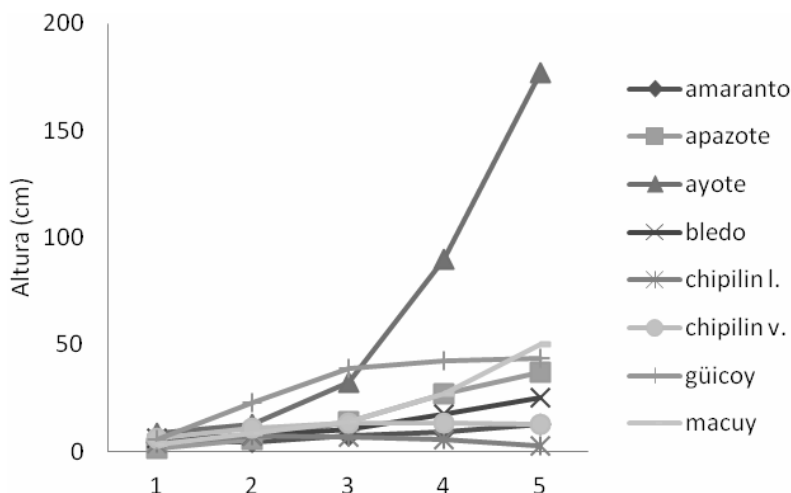
## Resultados

Se lograron adaptar siete variedades de plantas autóctonas de Guatemala en los módulos acuapónicos (Figura 2). El porcentaje de supervivencia de las plantas osciló entre el 80 a 100%, a excepción del caso del chipilín *Crotalaria longirostrata* fue menor al 35%. Se observó asociación entre la supervivencia y la variedad de planta ( $\chi^2 = 22,47$ ,  $gl = 7$ ,  $p = 0.00210$ ).



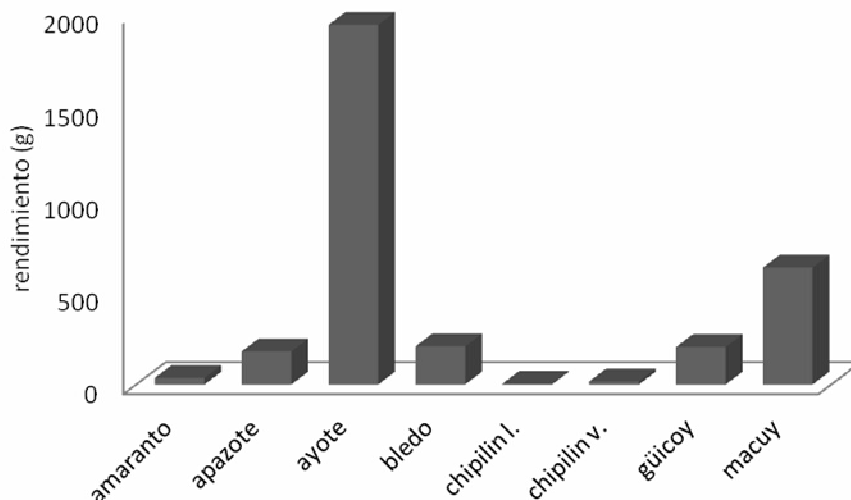
**Figura 2.** Supervivencia de las ocho variedades de plantas en los módulos acuapónicos, durante el periodo de estudio.

Se logró el crecimiento de siete (87%) variedades de plantas autóctonas cultivadas en los módulos acuapónicos. La variedad de planta con mayor crecimiento fue el ayote  $\bar{x} = 177.1 \pm 73.6$  cm. Seguida de la planta de macuy  $\bar{x} = 49.84 \pm 13.6$  cm y la planta de güicoy  $\bar{x} = 43.37 \pm 10.35$  cm. Se observó diferencias en la altura de las variedades de plantas ( $F = 29.36$ ,  $gl = 7$ ,  $55$ ,  $p = 0.00001$ ). En la figura 3 se muestra la curva de crecimiento de las ocho variedades de plantas cultivadas en módulos acuapónico.



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

Las plantas con mayor rendimiento de follaje y tallo fue el ayote  $\bar{x} = 2119.2 \pm 1044.1$  g. seguida de la planta de macuy  $\bar{x} = 64 \pm 234.9$ g y la planta de bledo  $\bar{x} = 185.5 \pm 194.0$  g (Figura 4). Se observó diferencias en el rendimiento entre las variedades de plantas autóctonas ( $F = 21.62$ ,  $gl = 7, 55$ ,  $p = 0.00001$ ).



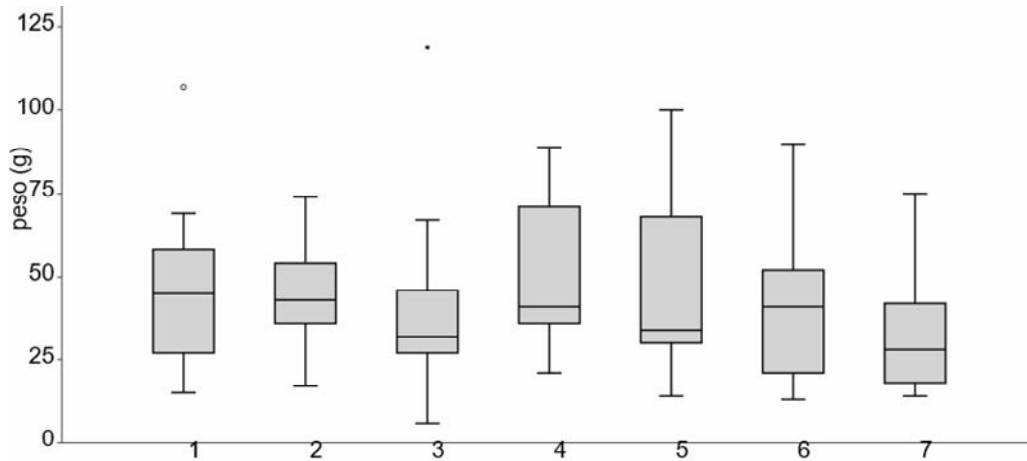
**Figura 4.** Rendimiento de las ocho variedades de plantas en los módulos acuapónicos, al final del estudio.

En el cuadro 1, se muestra la respuesta obtenida por los peces, al final del estudio.

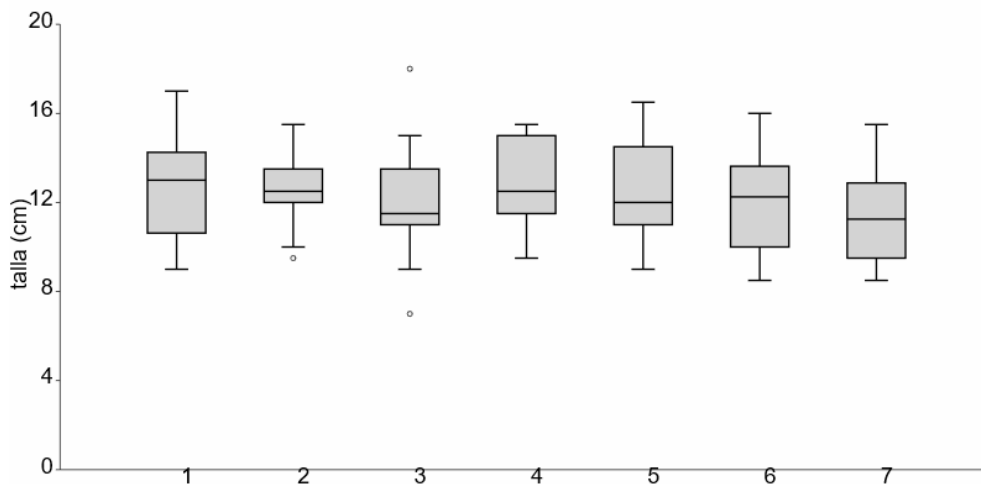
**Cuadro 1.** Variables respuesta de los peces al final del estudio.

Variable	Tanque							$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	6	7	
N	14	18	21	15	15	18	22	17.8 ±03.1
Supervivencia (%)	56	72	84	60	60	72	88	70.3 ±12.4
Peso final medio (g)	44.1	43.8	39.4	51.9	44.2	38.4	33.8	42.2 ±2.16
Talla final media (cm)	12.6	12.6	12.0	12.9	12.2	12.0	11.3	12.2 ±0.53
Biomasa final (g)	618	788	827	779	663	691	744	725.7 ±80.3

No se observó asociación entre la supervivencia y el tratamiento ( $\chi^2 = 7.62$ ,  $gl = 6$ ,  $p = 0.2672$ ). No se observó diferencias en el peso final de los peces ( $F = 1.26$ ,  $gl = 6$ ,  $122$ ,  $p = 0.2815$ ) (figura 5). Tampoco se observó diferencias en la talla final de los peces ( $F = 1.163$ ,  $gl = 6$ ,  $122$ ,  $p = 0.3309$ ) (figura 6).



**Figura 5.** Peso final medio de los peces.



**Figura 6.** Talla final media de los peces.



Los valores medios obtenidos en el agua de los tanques con tilapia fue de pH  $6.7 \pm 0.15$ , temperatura  $23.7 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ , conductividad eléctrica  $995.8 \pm 12.8\mu\text{S/cm}$  y total de sólidos disueltos  $507.7 \pm 34.13\text{ppm}$

## Discusión

El hallazgo de lograr la adaptación y crecimiento de siete variedades de plantas autóctonas en modelos acuapónicos es relevante. Esto, porque son plantas con alto valor cultural, nutricional y comercial (Paredes et al., 2015; Villar, 1997). Además nos da la pauta de usar este modelo de producción como una alternativa para la conservación y producción de la diversidad de plantas presentes en nuestro medio. Actualmente, los sistemas tradicionales son cada vez menos productivos, debido a su exposición a los cambios climáticos, plagas y enfermedades que pueden propiciar la muerte de las plantas. En contraposición, los modelos acuapónicos permiten limitar ciertos factores que pueden ser adversos para las plantas y los peces. En tal sentido, se presenta esta opción a los productores con la finalidad de que pueden combinar en modelos acuapónico el cultivo de plantas autóctonas y tilapias.

En general, la adaptación de los materiales evaluados a las condiciones de supervivencia en ausencia de un sustrato de tierra fue buena. Siete de las ocho variedades evaluadas mostraron tasas de supervivencia por superior al 85%. Estudios similares han reportado 95% de adaptación de la planta arúgula (*Eruca vesicaria*) y tomate (*Solanum lycopersicum*) (Ronzón-Ortega, Hernández-Vergara, & Pérez-Rostro, 2015). Sin embargo, no todos los materiales vegetales son capaces de adaptarse a las condiciones de acuaponía, tal fue el caso del chipilín en el presente estudio y del cilantro (*Coriandrum sativum*) en otra investigación (Ronzón-Ortega et al., 2015).

La planta con mejores características en cuanto a supervivencia, crecimiento y rendimiento fue el ayote *C. argyrosperma*. Esta planta logró no solamente el 100% de supervivencia sino que su crecimiento y rendimiento fue tres veces superior a las de las otras variedades de plantas estudiadas. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que no todas las plantas incluidas en este estudio, tienen los mismos hábitos de crecimiento y esto puede afectar su adaptación al sistema NFT. Las plantas de crecimiento erguido pueden ser sostenidas por los tubos del sistema NFT hasta cierto punto, después del cual el tallo se quiebra o la planta entera cae por gravedad. El ayote es una planta cuyo hábito rastrero posibilita el crecimiento hacia el suelo donde está colocado el sistema acuapónico. En cuanto a su potencial genético, el ayote puede alcanzar longitudes de hasta tres metros (Rodríguez-Amaya, Montes-Hernández, Rangel-Lucio, Mendoza-Elos & Latournerie-Moreno, 2009).

Los hábitos rastreros no es un factor suficiente, sin embargo, para garantizar la productividad de los materiales vegetales en el sistema NFT. El güicoy –otra cucurbitácea– por ejemplo, no alcanzó los niveles de crecimiento que alcanzó el ayote en la presente investigación. Entonces, se trata de una combinación de vitalidad, adaptación radicular a las condiciones acuáticas, capacidad de

crecimiento y resistencia a la presión sobre el tallo -cuando la planta es atraída hacia el suelo por la gravedad-, lo que favorece la productividad de una cucurbitácea rastrera en este tipo de sistema acuapónico.

Hasta donde entendemos, no existen referencias sobre plantas autóctonas de Guatemala cultivadas en sistemas acuapónicos. Sin embargo, al comparar la planta de ayote acuapónica respecto a la planta de Pepino injertado sobre calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* K. Koch var. *stenosperma*) y pepino injertado sobre chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché) cultivadas en tierra, se aprecia que hubo un crecimiento similar de 220 cm a los 82 días en comparación del ayote acuapónico con alrededor de 180 cm en 60 días (Hernández-González, Sahagún-Castellanos, Espinosa-Robles, Colinas-León, & Rodríguez-Pérez, 2014).

La planta de macuy *Solanum nigrescens* se presenta como otra buena alternativa para su producción. En Guatemala, esta planta tiene alto valor cultural, nutricional, medicinal y comercial (Edmonds & Chweya, 1997; Villar, 1997). Esta planta tuvo buena adaptación, crecimiento y rendimiento en los sistemas acuapónicos. Gentry & Standley (1974) señalan que esta planta tiene crecimiento erecto que puede alcanzar una altura de hasta de 1.5 metros de largo. Sin embargo, Vásquez Vásquez, (1983) encontró que la altura del macuy en lugares cercanos a la ciudad de Guatemala en rangos entre 0.2 y 0.7 metros de largo, tal como se presentó en nuestro estudio. La planta de macuy en sistemas acuapónicos es, por lo tanto, una opción interesante para ser cultivada.

Otro hallazgo interesante es que a pesar que las condiciones ambientales podrían no ser las más ortodoxas para el cultivo de tilapia nilótica, se logró supervivencia y crecimiento de los organismos. La supervivencia se mantuvo alrededor del 70% y probablemente esto se deba a que a lo largo del estudio, la temperatura del agua se mantuvo a 24°C, lo cual está por debajo de lo recomendado para esta especie (Somerville, Cohen, Pantanella, Stankus & Lovatelli, 2014). El uso de invernaderos podría contribuir a elevar las temperaturas del agua dentro de los sistemas acuapónicos NFT y así lograr un mejor rendimiento en el crecimiento de las tilapias.

La densidad de siembra utilizada fue menor a 35 tilapias por metro cubico de agua y el rendimiento generado fue menor a un kilogramo en un periodo de 8 semanas. Somerville, Cohen, Pantanella, Stankus & Lovatelli, (2014) señalan que en condiciones ideales las tilapias de 50 g deben alcanzar un peso de 500 g entre 6 y 8 semanas. García-Ulloa, León, Hernández, & Chávez (2005) obtuvieron un peso promedio de 25 g después de 10 semanas. Essa et al., (2008) utilizaron en un sistema acuapónico 48 tilapias/m<sup>3</sup> logrando un rendimiento de 35.6 kg en 16 semanas. Rakocy, Bailey, Shultz, & Thoman (2004), utilizaron una densidad de 77 tilapias/m<sup>3</sup> obteniendo un rendimiento de 61.5 kg en 24 semanas. En tal sentido, es necesario seguir investigando el efecto de mayores densidades de peces por metro cubico y extender los

periodos de cosecha, hasta alcanzar pesos de 150 a 250 g, que son los requeridos en las áreas rurales (Essa et al., 2008).

Los parámetros de calidad de agua son esenciales para el crecimiento de bacterias, plantas y peces. En el caso del pH mantenido en los estanques fue en rangos entre 6.5 y 7. Somerville, Cohen, Pantanella, Stankus & Lovatelli (2014), señalan que el pH apropiado para las plantas y los peces debe oscilar entre 6 y 7 ya que es necesario para favorecer la actividad biológica de las bacterias nitrificantes y su capacidad de convertir el amoníaco y el nitrito. La temperatura mantenida en el agua de los sistemas acuapónico osciló en los 24 °C. Somerville et al (2014) el rango de temperatura óptima tanto para las bacterias como para las plantas y peces debe oscilar entre 17 a 34 °C. La conductividad eléctrica fue alrededor de 1000 µS/cm y el total de sólidos disueltos alrededor de 500 ppm. Somerville et al (2014) consideran que los valores de conductividad eléctrica mayores a 1500 µS/cm y de sólidos disueltos superiores a 800 ppm son altos y pueden limitar el crecimiento de las plantas y los peces. En tal sentido, se aprecia que los parámetros de calidad de agua obtenidos en nuestro estudio estuvieron dentro de los rangos aceptables para el establecimiento de bacterias y crecimiento de las plantas y peces.

En general, el cultivo de las plantas autóctonas de Guatemala –cuya importancia va más allá de lo nutricional y que trasciende hasta lo cultural y lo tradicional– es posible en sistemas acuapónicos. Hay otras especies vegetales cuya adaptabilidad y productividad en condiciones de acuaponía deben ser evaluadas. La búsqueda de materiales más accesibles para que los campesinos pobres puedan adoptar esta tecnología, constituye una fértil línea de investigación en el tema de la acuaponía. La inserción de prácticas culturales novedosas en el imaginario social de los campesinos guatemaltecos podría favorecerse si nos enfocamos en los recursos valiosos que la gente ha utilizado desde épocas precolombinas y si las intervenciones se diseñan partiendo del establecimiento de módulos demostrativos en las comunidades.

## Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala por el aporte económico para la ejecución de la presente investigación y al personal de Wildlife Conservation Society por la coordinación y divulgación en los talleres realizados en comunidades de Petén, Guatemala.

## Referencias

- De la Cruz, J. R. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación. Guatemala.
- Ebeling, J., Jensen, G., Losordo, T., Masser, M., McMullen, J., Pfeiffer, L., ... & Sette, M. (1995). *Model aquaculture recirculation system (MARS)*.

- Ames: Department of Agricultural Education and Studies Iowa State Aquacultural Engineering University
- Edmonds, J. M., & Chweya, J. A. (1997). *Black night shades—Solanum nigrum L. and related species: Promoting the conservation and use underutilized and neglected crops*. Roma: International Plant Genetic Resources Institute.
- Essa, M. A., Goda, A. M. A. S., Hanafy, M. A., El-Shebly, A. A., Mohamed, R. A., & El-Ebiary, E. H. (2008). Small-scale fish culture: guiding models of aquaponics and net-enclosures fish farming in Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 34(3), 320-337.
- García-Ulloa, M., León, C., Hernández, F., & Chávez, R. (2005). Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. *Avances en Investigación Agropecuaria. Universidad de Colima*, 9(1), 5.
- Gentry, J. L., & Standley, P. C. (1974). *Flora of Guatemala* (Vol. 24). Field Museum of Natural History.
- Gutiérrez, M. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. *Revista Informador Técnico*, 76, 123-129.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Hernández-González, Zamny, Sahagún-Castellanos, Jaime, Espinosa-Robles, Policarpo, Colinas-León, M. Teresa, & Rodríguez-Pérez, J. Enrique. (2014). Efecto del patrón en el rendimiento y tamaño de fruto en pepino injertado. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(1), 41-47.
- Molina-Cruz, A., Curley, L. M., & Bressani, R. (1997). Redescubriendo el valor nutritivo de las hojas de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*; Euphorbiaceae). *Ciencia en Acción, Universidad del Valle de Guatemala*, 3, 1-4.
- Paredes, M., Escobar, N., Marroquín, N., Mata, C., Osorio, C., & Paz, M. (2015) Identity Characteristics of Three Guatemalan Edible and Medicinal Species. *International Journal of Phytocosmetics and Natural Ingredients*, 2015, 2-4.
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Shultz, R. C., & Thoman, E. S. (2004, September). Update on tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system. In *New Dimensions on Farmed Tilapia: Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Held September* (pp. 12-16).
- Ramírez, D., Sabogal, D., Gómez, E., Rodríguez, D., & Hurtado, H. (2009). Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónico Goldfish-Lechuga. *Revista facultad deficiencias básicas*, 5(1), 154-170.
- Rodríguez-Amaya, R., Montes-Hernández, S., Rangel-Lucio, J. A., Mendoza-Elos, M., & Latournerie-Moreno, L. (2009). Caracterización morfológica de la calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber). *Agricultura técnica en México*, 35(4), 379-389.
- 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).

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. 2014. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Roma: FAO. 262 pp

Vásquez Vásquez, F. J. (1983). Recolección y caracterización del germoplasma de hierba mora (*Solanum* sp) de la vertiente del Pacífico de la República de Guatemala [reservas genéticas]..[Collection and characterization of germplasm of black nightshade (*Solanum* sp) from the Pacific slope of the Republic of Guatemala [genetic reserves]].

Villar Anleu, L. (1998). *La flora silvestre de Guatemala*. Colección Manuales, (6). Guatemala: Editorial Universitaria.

## REDVET: 2016, Vol. 17 N° 11

Este artículo Ref. 1116091 está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n1111116.html>  
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n1111116/111609.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)® <http://www.veterinaria.org> y con  
REDVET®- <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>