

Experiencias en la investigación de acuaponía con chiles nativos de Guatemala y tilapias

Carlos Valdez Sandoval
Dennis Guerra Centeno



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



**Dirección General
de Investigación**
Universidad de San Carlos de Guatemala

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
EN CIENCIA ANIMAL Y ECOSALUD





Valdez-Sandoval, Carlos; Guerra-Centeno, Dennis

Experiencias en la investigación de acuaponía con chiles nativos de Guatemala y ti-lapias. Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación; Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud. Guatemala, 2016. 27p.

ISBN:

Referencia APA:

Valdez-Sandoval, C. & Guerra-Centeno, D. (2016). *Experiencias en la investigación de acuaponía con chiles nativos de Guatemala y ti-lapias*. Guatemala: Editorial Serviprensa.

ISBN:

2016, Universidad de San Carlos de Guatemala
Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud (IICAE)
Edificio de Postgrado, Granja Experimental, Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia, Ciudad Universitaria, zona 12, 01012.
Teléfono: (502) 24188311



Directorio

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

Rector

Dr. Carlos Enrique Camey Rodas

Secretario General

MSc. Gerardo Arroyo Catalán

Director General de Investigación

MSc. Carlos Saavedra Vélez

Decano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Ph.D. Dennis Guerra Centeno

Director, Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud



Índice

Presentación	5
Introducción	7
¿Qué es la acuaponía?	9
<i>Sistema acuapónico</i>	9
<i>Sistema acuapónico NFT</i>	10
<i>Ventajas de la acuaponía</i>	12
<i>Cultivo de los peces</i>	12
<i>Cultivo de las plantas</i>	12
La producción acuapónica tradicional	13
Investigación sobre acuaponía con especies de plantas nativas de Guatemala	13
Los chiles de Guatemala y su importancia cultural y económica	14
La acuaponía con plantas nativas de Guatemala y su posible papel en la seguridad alimentaria	15
Experiencias en la investigación de acuaponía con chiles nativos de Guatemala y tilapias en el IICAE	15
<i>El proceso de cultivo acuapónico</i>	15
Conclusiones generadas en el proyecto de investigación sobre el cultivo acuapónico de chiles nativos de Guatemala en IICAE	24
Actividades de extensión del IICAE en temas de acuaponía	25
¿Hacia dónde debe ir la investigación en acuaponía en Guatemala?	26
Referencias	27



Presentación

En el presente manual, se presentan algunas de las experiencias generadas durante el desarrollo del proyecto de investigación "Adaptación y rendimiento de variedades de chile nativas de Guatemala en un sistema acuapónico con tilapia nilótica", cofinanciado por la Dirección General de Investigación (DIGI) y ejecutado por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), a través del Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud (IICAE).

Este proyecto tenía como objetivo investigar la capacidad de adaptación y el rendimiento de ocho variedades de chile nativas de Guatemala (morrón, guaque, chocolate, cobanero, chile serrano, chile chiltepe, chile caballo y diente de perro), así como la producción de tilapia en un sistema de producción acuapónica. Lo novedoso de la acuaponía, es el hecho de que las plantas no están en tierra sino en agua y que esta última proviene de un tanque donde se cultivan peces u otro organismo acuático. El sistema se compone de tres elementos: un tanque con peces, un circuito de tubos PVC (a través de los cuales recircula el agua) y un biofiltro que transforma los desechos de los peces permitiendo que el agua retorne sin amoníaco al tanque de peces y que en su paso nutra las plantas en el circuito de tubos.

La investigación se realizó en las instalaciones del Módulo de Investigación en Acuaponía en la Granja Experimental de la FMVZ y se extendió de febrero a septiembre de 2016. Se utilizaron 70 plantas de cada variedad de chile y alrededor de 170 tilapias. Se midió el porcentaje de sobrevivencia de las plantas y de los peces, así como la cantidad de alimentos producida (biomasa de chiles y tilapias).

La variedad más prometedora en términos de tiempo y productividad fue el chile morrón (pimiento morrón), seguido por el guaque, el chocolate, el cobanero y el serrano. El chiltepe y el chile de caballo mostraron una escasa adaptación al sistema y una baja productividad. Las tilapias mostraron niveles de adaptación y producción aceptables. A partir de estos hallazgos, se hace necesario continuar con las investigaciones que permitan evaluar otros aspectos como floración, polinización, fructificación, plagas y enfermedades, diversos organismos acuáticos, materiales más baratos, entre otros.





Introducción

La acuaponía es un novedoso sistema de producción que combina las técnicas de producción de la acuacultura y la hidroponía. Por lo tanto, sus componentes son un tanque con agua donde se cultiva el organismo acuático, un sistema de tubos donde circula el agua y donde se cultivan las plantas y un biofiltro que procesa los desechos contenidos en la materia fecal de los organismos acuáticos. La importancia de la acuaponía radica en el hecho de que ahorra recursos, pues la misma agua está recirculando en el sistema y aprovecha el espacio vertical, pues hay sistemas que tienen una configuración piramidal. Este recurso tecnológico se presenta como una alternativa idónea para producir alimento vegetal y animal en regiones áridas o donde el acceso al agua es limitado.

La mayoría de la producción acuapónica actual a nivel mundial, se concentra en plantas como la lechuga, la espinaca, la albahaca y el tomate. Hace falta mucha investigación para descubrir las posibilidades de cultivo acuapónico de las plantas nativas de Guatemala. El Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, ha generado datos interesantes sobre el cultivo de chipilín, macuy, amaranto, bleado, apazote, güicoy y ayote.

La segunda investigación en la línea de la acuaponía con plantas nativas de Guatemala correspondió a la evaluación de la producción de alimentos en un sistema acuapónico con variedades de chile nativas de Guatemala y tilapia nilótica. En este manual se presentan experiencias derivadas de esa investigación y se muestran imágenes de los sistemas y del proceso de producción.





¿Qué es la acuaponía?

La acuaponía es un sistema de producción de alimentos donde hay interacción entre el cultivo de peces y el cultivo de plantas (Ramírez *et al.* 2009). La acuaponía se basa en el principio de recirculación del agua. Es decir, que se usa la misma agua que debe ser filtrada para poder ser reciclada. Con ello se logra un mayor aprovechamiento del recurso hídrico y una mínima contaminación del mismo (Martínez-Moreno, 2013). En este sistema, los nutrientes que excretan los organismos cultivados en la producción acuícola (peces u otros organismos) o que son generados por la descomposición microbiana de los desechos orgánicos, son absorbidos y utilizados como nutrientes por las plantas cultivadas hidropónicamente. Esta fusión entre la acuacultura y la hidroponía, permite entonces producir alimentos animales y vegetales usando la misma agua y aprovechando el mejor espacio, por lo tanto, es una tecnología prometedora para Guatemala, sobre todo en sitios donde el agua es escasa.

Sistema acuapónico

El sistema acuapónico consta de los siguientes elementos: un tanque para producción de peces (generalmente se usa un tinaco o depósito para agua potable) u otros organismos acuáticos, una bomba que impulsa el agua a través del sistema, un biofiltro (que filtra las partículas sólidas y remueve sustancias tóxicas del agua que está circulando), mangueras para conducir el agua desde el tanque hasta el biofiltro y un circuito de tubos para sostener el crecimiento de plantas y para conducir el agua de regreso al tanque (Figura 1).

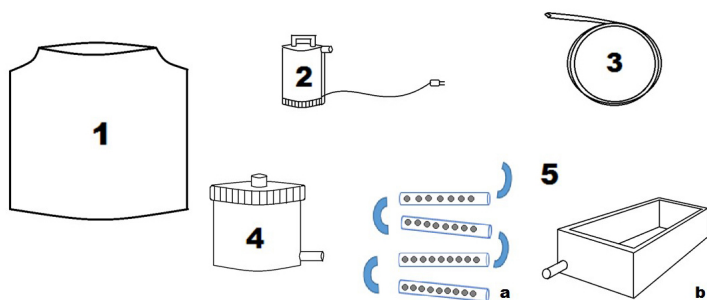


Figura 1. Elementos de un sistema acuapónico. 1) Tanque para cultivo de organismos acuáticos; 2) Bomba para mover el agua a través de los componentes del sistema; 3) Manguera para conducir el agua del tanque al biofiltro y del biofiltro al medio de sostenimiento de las plantas; 4) Biofiltro para filtrar los sólidos y tratar los desechos de los peces; 5) Medio para sostener las plantas, que puede ser un circuito de tubos PVC (5a) o un tanque para la modalidad de cama flotante (5b).



Sistema acuapónico NFT

El sistema de recirculación de solución nutritiva (NFT – Nutrient Film Technique) consiste en la circulación constante de una lámina fina de solución nutritiva que pasa a través de las raíces del cultivo. Esto se logra haciendo circular el agua cargada con los nutrientes provenientes del cultivo de peces, a través de un circuito de tubos PVC (Figura 2). Dado que es un sistema cerrado, no existe pérdida o salida de la solución nutritiva. Las plantas se encuentran por lo regular suspendidas en los canales de cultivo provistos por los tubos PVC. Así mismo, es necesario proporcionar una pendiente o desnivel de la superficie de cultivo, ya que por medio de esta, es posible la recirculación de la solución nutritiva (Carrasco & Izquierdo, 1996).

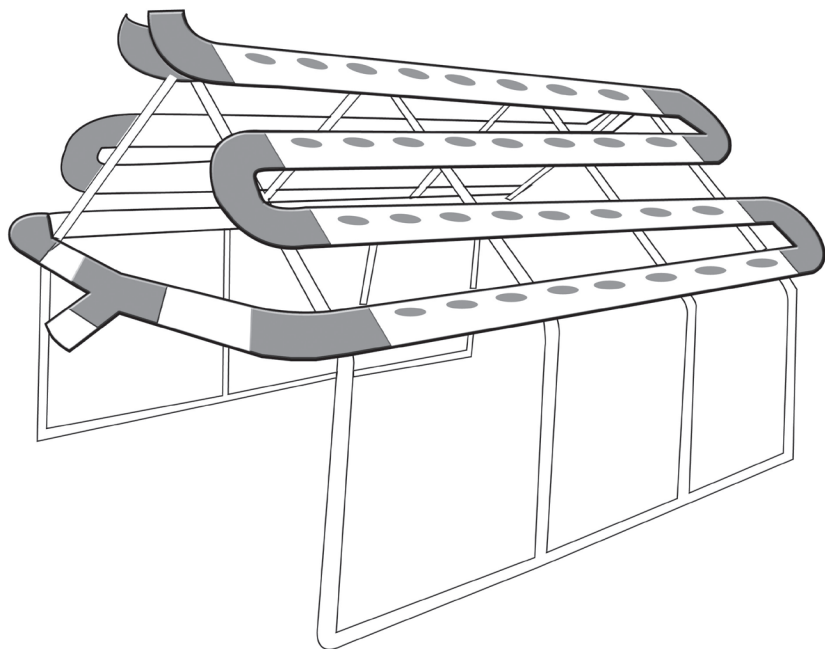


Figura 2. Circuitos de tubo PVC de un módulo acuapónico NFT. La estructura base, está construida con tubos PVC de 1 pulgada, dispuestos en forma pentagonal. Para la circulación del agua y la colocación de las plantas, se construyen dos estructuras convergentes en la parte superior, y divergentes en la inferior. Estas estructuras están dispuestas en zigzag y están formadas por tubos PVC de 4 pulgadas, unidos a través de codos. En la parte inferior, el sistema se une a través de una "T" por la que, finalmente, el agua sale hacia el tanque.



En el Módulo de Investigación en Acuaponía del IICAE, los sistemas NFT funcionan de la siguiente forma: En un tanque tipo tinaco, de 750 litros de capacidad, se siembran 28 tilapias. Desde este tanque, una bomba sumergible de 1.5 caballos de fuerza impulsa el agua hacia un biofiltro, donde una esponja filtra los sólidos y bacterias que se han establecido en las *biobolas* transformando el amoníaco en nitritos y en nitratos. Desde el biofiltro, el agua sale por gravedad hacia una estructura formada por tubos PVC de 4 pulgadas arreglados en zigzag y en forma piramidal. En estos tubos, se han hecho perforaciones circulares donde se insertan las plantas en botellas plásticas recicladas. El agua circula por gravedad en el zigzag de tubos y regresa al tanque reiniciándose el proceso de circulación de agua (Figura 3). Como es un sistema cerrado, el aprovechamiento del agua es máximo y la pérdida es mínima.



Figura 3. Sistema Acuapónico NFT. El primer componente es un contenedor de agua (1) que sirve de medio para criar tilapias u otros organismos acuáticos. Desde el fondo de este contenedor, el agua conteniendo los desechos de los peces es impulsada, por medio de una bomba sumergible, hacia el biofiltro (2). El biofiltro, es un dispositivo que filtra las partículas sólidas contenidas en el agua, y alberga colonias de bacterias que procesan el tóxico amoníaco y lo convierten en nitritos y luego en nitratos. El agua conteniendo nitratos, sale del biofiltro hacia dos circuitos de tubos PVC (3) a través de los cuales, el agua corre, regresando por gravedad al contenedor y fertilizando las plantas a su paso. Como se aprecia en la Figura 1, las plantas son colocadas en perforaciones hechas en los tubos, de manera que las raíces puedan absorber los nutrientes contenidos en la delgada película de agua que recircula entre el biofiltro y el contenedor de agua.



Ventajas de la acuaponía

Mateus (2009), manifiesta que dentro de las ventajas que proporciona un sistema acuapónico están: 1) El rendimiento es similar o superior al del cultivo hidropónico. 2) No se necesita preparar soluciones nutritivas. 3) Los peces suelen mantenerse más sanos que en la acuicultura tradicional. 4) No se contamina el ambiente con los residuos de los peces, ya que estos sirven de nutrientes para las plantas; y 5) Se obtienen ingresos tanto por las plantas como por los peces.

Cultivo de los peces

En los sistemas acuapónicos se han utilizado diversas especies de peces. Sin embargo, la mayor parte de pescado acuapónico del mercado es la tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Mateus, 2009). Esto, debido a que esta especie crece muy bien en tanques de recirculación y además tolera las condiciones fluctuantes del agua, tales como el pH, la temperatura, el oxígeno y los sólidos disueltos (Haro, R. & Elizabeth, C., 2011). La tilapia es, por lo tanto, una especie idónea para iniciar un sistema acuapónico debido a sus características y condiciones para su cultivo, además de su aceptación y demanda en el mercado guatemalteco.

Cultivo de las plantas

En el sistema acuapónico, las plantas son cultivadas en un medio acuático circulante. Es decir, que el sustrato no es la tierra como en la agricultura tradicional. Es importante, por lo tanto, que el agua lleve los nutrientes necesarios a las raíces de las plantas. Por otro lado, el agua debe circular para que las raíces tengan oxigenación. El cultivo acuapónico de plantas, ofrece las ventajas del uso eficiente del agua, la producción más limpia (dado que no se usa tierra, la posibilidad de que las plantas se contaminen con parásitos es reducida) y un valor agregado de mercados selectos que demandan estos productos.

No todas las plantas se logran adaptar a las condiciones acuapónicas. La lechuga, por ejemplo, es la especie más cultivada en este sistema y eso se debe a su adaptación a estas condiciones y a la demanda de este vegetal. En un estudio realizado por IICAE en 2016, se determinó que la especie de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) no se adaptó al sistema acuapónico.

Algunas de las plantas nativas de Guatemala evaluadas en el IICAE, fueron promisorias en este sistema, por ejemplo, el güicoy (*Cucurbita pepo*) y el ayote (*Cucurbita argyrosperma*) que no solamente se adaptaron al sistema sino que mostraron un rápido crecimiento y un mejor rendimiento de follaje.



En cuanto a los chiles nativos de Guatemala, el pimiento morrón, el guaque, el chocolate y el cobanero produjeron los mejores resultados en la investigación del 2016 en el IICAE.

La producción acuapónica tradicional

En otros países, a nivel experimental, se han cultivado alrededor de 30 tipos de vegetales. Dentro de los más comunes se encuentra la lechuga, la espinaca, las cebolletas y la albahaca. 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. Las plantas que producen frutos como los pimientos, los tomates y los pepinos, tienen una mayor demanda nutricional por lo que requieren de sistemas acuapónicos más complejos (Gutiérrez, 2012).

Investigación sobre acuaponía con especies de plantas nativas de Guatemala

Existe muy poca información publicada sobre la producción de especies vegetales de Guatemala en sistemas acuapónicos. En el IICAE se ha desarrollado investigación sobre las posibilidades y potencialidades de cultivo de macuy (*Solanum nigrescens*), bledo (*Amaranthus cruentus*), amaranto (*Amaranthus sp.*), apazote (*Dysphania ambrosioides*), chipilín (*Crotalaria longirostrata*), chipilín montés (*Crotalaria vitelina*), ayote (*Cucurbita argyrosperma*), güicoy (*Cucurbita pepo*), chile morrón (*Capsicum annum*), chile guaque (*Capsicum annum*), chile chocolate (*Capsicum annum*), chile cobanero (*Capsicum annum*), chile serrano (*Capsicum annum*), chile diente de perro (*Capsicum frutescens*), chile chiltepe (*Capsicum annum*) y chile de caballo (*Capsicum pubescens*).

Las investigaciones se han centrado en las plantas autóctonas de Guatemala que tienen importancia cultural y económica. En la investigación de 2015 se evaluaron especies que producen hojas comestibles y en el 2016 se han evaluado variedades de chile. Para el 2017 se tiene proyectada una investigación sobre la adaptación y rendimiento de ocho variedades de frijol.

En el IICAE, las investigaciones sobre acuaponía se desarrollan en el Módulo de Investigación en Acuaponía, situado en la Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Figura 4).



Figura 4. Módulo de Investigación en Acuaponía del IICAE, en la Granja Experimental de la FMVZ, USAC, Guatemala.

Los chiles de Guatemala y su importancia cultural y económica

En la investigación del presente año, se han escogido los chiles dada la importancia que reviste este grupo taxonómico en nuestro país. Y es que Guatemala es considerada como uno de los centros de origen de *Capsicum annum*, que es la especie más cultivada y consumida en la América tropical (Azurdia, 2014). La relevancia cultural de los chiles es innegable.

En gastronomía, los chiles son ingredientes de varias comidas tradicionales y son utilizados como especias y como condimentos (Villar, 1998). El chile cobanero es ingrediente del *kak'ik*; el chiltepe se utiliza en chirmoles, salsas y para condimentar los caldos; el chile pimiento se usa en ensaladas, chiles rellenos y tamales; los chiles guaque y pasa son ingredientes del recado de tamal; y el chile chocolate se usa para los paches. Otras variedades de chile son ampliamente consumidas en Guatemala como picante para acompañar las tortillas, los frijoles y otros platillos.

Además de su valor para autoconsumo los chiles pueden ser una fuente de ingresos económicos para los campesinos agricultores. Las variedades más comercializadas en Guatemala son el pimiento, el jalapeño, el cobanero, el chiltepe, el guaque, el pasa, el chocolate, el serrano y el chamborote.

Desde el punto de vista nutricional, los chiles son fuente importante de vitamina C y de otras vitaminas y minerales (Menchú & Méndez, 2012). Los chiles secos como el guaque, el pasa y el cobanero, aportan además niveles significativos de proteína (Menchú & Méndez, 2012).



La acuaponía con plantas nativas de Guatemala y su posible papel en la seguridad alimentaria

La acuaponía es una alternativa para solucionar el problema de los acuicultores para deshacerse del agua cargada de nitrógeno y, asimismo, contribuir a la solución del problema de los agricultores de cómo conseguir el nitrógeno para sus plantas (Mateus, 2009). Este sistema es prometedor porque las plantas parecen adaptarse al medio acuático circulante. Además de reducir al mínimo el consumo de agua, algunos modelos acuapónicos aprovechan el espacio vertical, generando rendimientos mayores comparados con el cultivo tradicional en tierra. Los pequeños productores podrían beneficiarse por el hecho de producir plantas y proteína animal para autoconsumo y para la venta, utilizando eficientemente el recurso agua y el espacio.

Experiencias en la investigación de acuaponía con chiles nativos de Guatemala y tilapias en el IICA

El proceso de cultivo acuapónico

El cultivo acuapónico inicia con el almácigo donde se ponen a germinar las semillas para la obtención de plántulas para colocar en los sistemas acuapónicos (Figura 5).



Figura 5. Almácigo de 12 variedades de chile nativos de Guatemala, de donde se seleccionaron ocho para la investigación sobre el cultivo acuapónico.



Para la investigación sobre el cultivo acuapónico de chiles nativos de Guatemala, en IICA se seleccionaron las ocho variedades de chile mencionadas anteriormente.

Antes de ser trasplantadas al sistema acuapónico, las plantas y los peces son medidos y pesados (Figura 6). Las plantas fueron colocadas en los agujeros de los tubos de los módulos y las tilapias en los tanques tipo tinaco (Figuras 7 y 8).



Figura 6. Medición y pesaje de las plántulas y los peces antes del trasplante y la siembra en los módulos acuapónicos.



Figura 7. Plántulas trasplantadas a módulo acuapónico.



Figura 8. Tilapias sembradas en el tanque de agua tipo tinaco. La desidad de siembra fue de 28 individuos por tanque (tinaco de 750 litros). Para la alimentación, se utilizó alimento comercial para tilapia, inicialmente con un nivel de proteína de 45% y posteriormente de 38%, a razón de 10% de la biomasa total por día.

Después del trasplante de las plántulas y de la siembra de las tilapias a los módulos acuapónicos, las actividades de rutina que se realizan durante el cultivo son la alimentación de las tilapias, la verificación del funcionamiento de las bombas y las tuberías, el control de fugas en los sistemas y la observación del crecimiento de las plantas y de las tilapias, así como la observación de la floración y la fructificación (Figuras 9 a 17).



Figura 9. Plantas de chile de un mes post-trasplante al módulo acuapónico.



Figura 10. Desarrollo radicular de una planta de aproximadamente dos meses post-trasplante al sistema acuapónico.



Figura 11. Plantas de chile morrón, con aproximadamente dos meses de desarrollo post-trasplante al sistema acuapónico.



Figura 12. Plantas de chile morrón, con aproximadamente tres meses de desarrollo post-trasplante al sistema acuapónico.



Figura 13. Módulo acuapónico con plantas de chile de aproximadamente dos meses de desarrollo post-trasplante.



Figura 14. Planta de chile chiltepe a los cuatro meses post-trasplante al módulo acuapónico.



Figura 15. Planta de chile serrano a los cuatro meses post-trasplante al módulo acuapónico.



Figura 16. Chiles morrón, guaque, chocolate y serrano, cultivados en el sistema acuapónico.



Figura 17. Tilapias producidas en un módulo acuapónico en conjunto con chiles nativos de Guatemala, en IICA.



Conclusiones generadas en el proyecto de investigación sobre el cultivo acuapónico de chiles nativos de Guatemala en IICAE

- La mayoría de las variedades evaluadas se adaptó a las condiciones de cultivo acuapónico.
- El porcentaje de supervivencia, en general, osciló entre 75-100%.
- Las variedades que mostraron las más altas tasas de sobrevivencia fueron el morrón, el guaque, el chocolate, el chiltepe y el caballo.
- No todas las variedades sobrevivientes produjeron niveles aceptables de fructificación.
- Los porcentajes de floración de las variedades sobrevivientes fueron: morrón = 98%, guaque = 88%, cobanero = 87%, chocolate = 78%, serrano = 67%, chiltepe = 64%, caballo = 49% y diente de perro = 48%.
- Los porcentajes de fructificación (a partir de las plantas que florecieron) fueron: cobanero = 100%, guaque = 98%, morrón = 93%, chocolate = 93%, serrano = 70%, caballo = 46%, chiltepe = 44% y diente de perro = 23%.
- El número promedio de frutos por planta (partiendo de las plantas que fructificaron) fue: cobanero = 26, serrano = 16, chocolate = 12, chiltepe = 11, guaque = 9, morrón = 7, caballo = 5 y diente de perro = 3.
- Los porcentajes de floración fueron, en general, altos.
- Los porcentajes de fructificación fueron, en general, bajos.
- Los rendimientos de frutos, en biomasa, por variedad de chile fueron: morrón (59 plantas) = 9,560 g; guaque (57 plantas) = 3,769 g; chocolate (56 plantas) = 2,020 g; cobanero (48 plantas) = 1,670 g; serrano (45 plantas) = 1,102 g; chiltepe (56 plantas) = 296 g; caballo (57 plantas) = 112 g; diente de perro (46 plantas) = 40 g.
- Es necesario realizar investigaciones sobre polinización de chiles en cultivos acuapónicos en invernadero.

Actividades de extensión del IICAE en temas de acuaponía

Tal como sucede con todas las dependencias de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el IICAE tiene una política de puertas abiertas. En tal sentido, se reciben visitantes y se imparten charlas sobre los datos generados en el Instituto sobre el cultivo acuapónico (Figura 18).



Figura 18. Charla divulgativa del proyecto de acuaponía con chiles nativos de Guatemala, dirigida a estudiantes del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, USAC.

También se han impartido charlas divulgativas sobre los resultados de las investigaciones del IICAE en temas de acuaponía, a comunitarios de las comunidades El Porvenir, El Caoba y El Capulinar, en la Reserva de la Biosfera Maya, en Petén (Figura 19).



Figura 19. Charlas informativas sobre el cultivo acuapónico de plantas nativas de Guatemala, dirigida a comunitarios de las comunidades El Porvenir, El Caoba y El Capulinar, Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala.

¿Hacia dónde debe ir la investigación en acuaponía en Guatemala?

Consideramos que las líneas de investigación en acuaponía deben dirigirse hacia la búsqueda de materiales más baratos y accesibles, para que todos los campesinos puedan implementar estos sistemas en sus parcelas. Las fuentes de energía para hacer circular el agua, son una preocupación que aún debe resolverse pues aunque en la mayoría de comunidades de Guatemala hay acceso a la energía eléctrica existen lugares donde este recurso no está disponible. El uso de energía solar y eólica, se presentan como opciones prometedoras en esta línea. El uso de otros materiales como el bambú, en sustitución de las tuberías PVC es un aspecto que debe investigarse y que podría mejorar las posibilidades de adopción de la tecnología acuapónica en condiciones rurales.

Aún quedan muchas plantas nativas de Guatemala, cuyo potencial para cultivo acuapónico debe ser investigado. Las posibilidades de uso de los productos de los sistemas acuapónicos son amplias. Incluso, se puede hablar de generar un sistema cerrado en el que las plantas producidas puedan ser utilizadas para alimentar a los organismos acuáticos en el mismo sistema. De esta forma, se realizaría un aporte importante a la soberanía y a la seguridad alimentaria del país.



Referencias

- Azurdia, C. (2014). *Cultivos Nativos de Guatemala y Bioseguridad del Uso de Organismos Vivos Modificados: Chile (Capsicum spp.)*. Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Carrasco, G., & Izquierdo, J. (1996). *La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante ("NFT")*. Universidad de Talca/FAO-Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Gutiérrez, M. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. *Revista Informador Técnico*, (76), 123-129.
- Haro, R., & Elizabeth, C. (2011). Desarrollo e Implementación de un Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola en Tilapias del Proyecto Piscícola Jacalurco, en la Provincia de Pastaza.
- Martínez-Moreno, O. (2013). Determinación del efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de goldfish (*Carassius auratus*) en sistemas cerrados de recirculación de agua.
- Mateus, J. (2009). Acuaponía: hidroponía y acuacultura, sistema integrado de producción de alimentos. En: Red hidroponía. Boletín No. 44 (2009); p 7-10.
- Menchú, M. T. & Méndez, H. (2012). Tabla de composición de alimentos de Centro América y Panamá. Guatemala: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).
- 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.
- Villar, A. (1998). *La flora silvestre de Guatemala*. Guatemala: Editorial Universitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala.

