

La acuaponía y su implementación como un escenario de aprendizaje^φ

Gabriel de la Luz Morales, Ricardo Serna-Lagunes*, Miguel Cebada-Merino

Introducción

Es común cultivar hortalizas, ya sea para comercialización o para autoconsumo. Esto puede ser viable si se dispone de un espacio o de un terreno propio y materiales básicos. En caso contrario, la única manera de obtener estos alimentos es comprarlos en mercados o supermercados. Sin embargo, no todo el público tiene el acceso a alimentos, ya sea por problemas económicos o bien por un problema sanitario. En este último caso, la pandemia COVID-19 que se propagó por todo el mundo en 2020 paralizó a la humanidad durante casi dos años, lo que limitó el acceso a varios alimentos (Rojas *et al.* 2020). La limitación de alimentos de origen vegetal y animal ocasiona problemas socioeconómicos, como devaluaciones, inflación, pérdidas de empleos y, por ende, en los sectores alimentarios, se paralizan las actividades de producción, y los pocos alimentos que se producen suben de precio (Rojas *et al.* 2020).

La pandemia dejó muchas lecciones de vida con relación a comer más saludable con alimentos de una fuente orgánica y, si es posible, producir nuestros propios alimentos. Actualmente, se siguen innovando y analizando nuevos sistemas de producción de alimentos que sean alternativas para obtener alimentos nutritivos e inocuos (König *et al.* 2018). Existe un sistema que ha evolucionado y combina tanto la producción hortícola como la acuícola para que en un solo modelo se puedan obtener alimentos de dos fuentes distintas. Este sistema es la acuaponía, que es un sistema

^φ Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Córdoba-Orizaba. Calle Josefina Ortiz de Domínguez s/n Col. Centro, Peñuela, Amatlán de Los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94945 Autor de correspondencia: rserna@uv.mx
DOI: <http://dx.doi.org/10.56369/BAC.4814>



productivo que aún sigue bajo investigación para buscar más opciones de optimizar su operación y así, ser una alternativa en producir alimentos para la población humana.

Cuando escuchamos sobre sistemas de producción de alimentos imaginamos industrias o empresas, o cultivos en gran cantidad de terreno. Sin embargo, existen otras alternativas que incluso podemos tener en casa para producir nuestros propios alimentos mediante un sistema acuapónico, donde se interactúan y se unen plantas, peces y crustáceos, que en conjunto desarrollan la técnica denominada acuaponía. El objetivo de este trabajo describir la acuaponía y el desarrollo de un sistema acuapónico (con plantas y crustáceos nativos) como escenario de aprendizaje implementado en el programa de posgrado en Horticultura Tropical de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana.

¿Qué es la acuaponía?

Es una alternativa para la producción de alimentos que proporciona respuestas a problemas relacionados con la agricultura y el manejo de los recursos naturales. Esta alternativa se ha ido optimizando a través de la implementación de funciones innovadoras, ya que la manera de utilizar los desechos de peces para fertilizar a los cultivos existe desde hace millones de años. Un claro ejemplo de esta práctica son las chinampas usadas por los aztecas en América Central (1150-1350 A.C.). Esta alternativa se cataloga por la FAO dentro de los Sistemas de Patrimonio Agrícola (Junge *et al.* 2020).

En 1970 se comprobó que en los sistemas de hidroponía los desechos de peces servían como fertilizantes orgánicos para las plantas. Pero esta tecnología se sofisticó en la década de los 1990s cuando James E. Rakocy, uno de los investigadores más sobresalientes en acuaponía, desarrolló un sistema de camas flotantes y experimentó con tilapia y jitomate. Sin duda, fue un diseño que catapultó el interés científico y económico en la acuaponía e inspiró reproducir su modelo en otras especies (Sawkar *et al.* 2020).

Un sistema acuapónico en el hogar

La acuaponía ha evolucionado a grado de permitir la elaboración de modelos de sistemas a diferentes escalas, desde comercial y en el hogar. Este último se emplea como una alternativa para la producción de alimentos, y es económico y confiable al integrarse en un núcleo familiar para el autoconsumo de hortalizas, peces y crustáceos.

En este sentido, para evaluar el comportamiento agronómico de hortalizas y el desarrollo biológico de crustáceos, como parte del posgrado en Horticultura Tropical de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana, se implementó un sistema acuapónico (Fig. 1). Este sistema tiene un contenedor de 200 L con una cama de sustrato de roca volcánica, conocida como tezontle, donde se

desarrollan las plantas, como quelite silvestre y chayote. En la columna de agua de 800 L se incorporan tilapias y acociles (camarón burrito), y con una bomba se circula el agua hacia la cama de sustrato y se retorna a partir de un sifón al contenedor de los peces y acociles (Fig. 1).



Figura 1. A) Esquema del sistema acuapónico, B) Sistema acuapónico desarrollado en el posgrado en Horticultura Tropical de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana.

Como prueba experimental del sistema acuapónico se usaron dos hortalizas nativas que son el chayote verde liso (*Sechium edule* (Jacq, Sw.) var. *virens levis*) y el quelite (*Amaranthus hybridus*) y también el “camarón burrito” (*Procambarus acanthophorus*) y la mojarra tilapia gris (*Oreochromis niloticus*). Estas especies hortícolas y acuícolas son de importancia alimentaria y socioeconómica en la región centro de Veracruz, México, pero no se ha evaluado su factibilidad en sistemas acuapónicos (Fig. 2). El chayote verde liso (*S. edule*) es una hortaliza con gran importancia alimentaria en la zona centro de Veracruz (Cadena-Iñiguez 2010), mientras que el quelite (*A. hybridus*), tienen un alto potencial alimenticio, nutricional y cultural (Prajitha y Thoppil 2018), pero se han ido excluyendo en la agricultura y la alimentación de las familias mexicanas (Sánchez-Gómez *et al.* 2021). La mojarra (*O. niloticus*) es muy demandada por su calidad y sabor (Sommerville 2014) y es el segundo pez más importante en producción y consumo a nivel nacional (Sotomayor *et al.* 2022). El acocil (*P. acanthophorus*) tiene potencial de producción y consumo en la región, pero debido al bajo conocimiento de su

biología y de su producción, su incorporación a sistemas acuapónicos son la base para evaluar su comportamiento productivo (Hernández-Vergara *et al.*, 2018).



Figura 2. Módulo de sistema acuapónico implementado en el posgrado en Horticultura Tropical de la Universidad Veracruzana donde se integran chayote, quelite, tilapia y acociles.

¿Cómo funciona el sistema acuapónico?

Es un sistema integrador de recirculación donde las plantas necesitan de nutrientes para su crecimiento y desarrollo. Estos nutrientes son obtenidos de la combinación de desechos fecales de peces y crustáceos, y de la descomposición y desintegración del alimento sobrante y residuos. Por tanto, la acuaponía es un proceso químico-biológico realizado por bacterias, las cuales son el “motor de la acuaponía”. Las bacterias se alojan en la cama de sustrato donde las piedras proveen una composición porosa. Estos microorganismos metabolizan los desechos y generan moléculas (nitratos) nutritivas aptas para que las plantas puedan absorberlas (Pérez *et al.* 2015).

“La acuaponía ha evolucionado a grado permitir la elaboración de modelos de sistemas a diferentes escalas, desde comercial y en el hogar.”

La acuaponía funciona por bombeo de agua cargada con nutrientes que viaja a la cama de cultivo de las plantas donde éstas aprovechan los nutrientes. De este punto, el agua regresa ya depurada al estanque de los peces, lo cual ayuda hasta un 70-80% en mantener el agua limpia para el beneficio de los organismos acuícolas. En términos generales, la acuaponía es un microecosistema donde la simbiosis es el factor principal para que funcione.

La acuaponía y su relación con la sustentabilidad

La acuaponía es un sistema sustentable ya que proporciona soluciones ambientales, biológicas, alimentarias y económicas con base en la producción de alimentos hortícolas y acuícolas. La producción de alimentos, tanto agropecuarios como acuícolas basados en sus sistemas convencionales, han generado un buen desarrollo productivo. Sin embargo, tales sistemas han sido mermados por sus propias técnicas de producción debido a los malos manejos como un uso excesivo de agua, implementación de químicos y alto nivel de desechos (Zappernick *et al.* 2022).

Un aspecto importante en la acuaponía, es que no usa fertilizantes químicos y además, puede acoplarse con otros sistemas, como energías limpias. Tal es el caso de utilizar paneles solares que puedan distribuir energía eléctrica para el funcionamiento de bombas y otros aparatos que se utilicen para monitorear y optimizar un sistema acuapónico.

Desafíos que enfrenta la acuaponía

Las nuevas tendencias de vida ecológica y saludable han ocasionado que alguna parte de la población se vincule con alternativas productivas amigables con el ambiente, y la acuaponía es una de ellas. Sin embargo, ésta enfrenta obstáculos que repercuten especialmente en aspectos económicos, sociales y políticos. A nivel mundial, hay varios problemas entre los que figuran el crecimiento demográfico, la degradación del suelo, la inseguridad alimentaria, el cambio climático y la contaminación ambiental (Goddek *et al.* 2019). Por lo consiguiente, la crisis social en varios países deriva de dichos problemas, lo que repercuten en el componente social al haber colapsos económicos y alimentarios (Rojas *et al.* 2020). Sin duda, al existir un crecimiento de población existe mayor consumismo, así como de recursos para las necesidades personales, como el consumo y deterioro de recursos naturales, que son la fuente de materia prima para producir productos que satisfacen al ser humano (Somerville 2014).

“Un aspecto importante en la acuaponía es que no usa fertilizantes químicos y además, puede acoplarse con otros sistemas, como energías limpias.”

Se busca implementar tecnologías que contemplen dichos problemas y que el objetivo sea abordarlos de manera sustentable, y que proporcionen mejores productos que puedan satisfacer de manera correcta a la población humana, sin afectar a recursos naturales ni generar otros problemas. Aunque la acuaponía está en pleno desarrollo, investigaciones le han atribuido como un sistema que puede contribuir de manera eficiente a solucionar los desafíos actuales de la seguridad alimentaria (Campos-Pulido *et al.* 2015).

La acuaponía en la alimentación y educación

La acuaponía es un sistema que involucra varias áreas de conocimiento: matemáticas, química, biología, estadística, ecología, contabilidad, administración, física, entre otros conocimientos empíricos. Es un sistema eficiente para implementarse en el sector educativo, ya que permite a alumnos, profesores y sociedad a vincularse a través del desarrollo de un sistema producción sustentable y estimular un pensamiento sistémico y aprendizaje práctico (Hart *et al.* 2014). Sin embargo, la falta de generación de conocimientos, pensamiento integral y la formación práctica, son obstáculos para empezar a comprender la acuaponía, ya que se necesita mantener un proceso para

profundizar los conocimientos científicos, prácticos y tecnológico, y así consolidar la red de aprendizaje en acuaponía (Wei *et al.* 2019).

La acuaponía funcionará en el entorno educativo para mejorar el aprendizaje, ya que en el área biológica los alumnos pueden analizar los procesos biológicos de animales y plantas y realizar análisis de los parámetros del agua, implementar el método científico (observación, experimentación y explicación de resultados), realizar cálculos, y aprender de contabilidad, finanzas, administración y estadística, y venta de productos cosechados (Goddek *et al.* 2019). Lo mejor es que sin importar nivel educativo, los requerimientos y cuidados que necesita un sistema acuapónico fomentará la responsabilidad, liderazgo y el trabajo en equipo, que actualmente se empieza a notar en todos los sectores sociales, pero que se necesita fomentar más (Knaus y Palm 2017).

“La acuaponía es un sistema que involucra varias áreas de conocimiento: matemáticas, química, biología, estadística, ecología, contabilidad, administración, física, entre otros conocimientos empíricos.”

La acuaponía aún presenta desafíos en el sector educativo, ya que los profesores y escuelas interesadas en desarrollar acuaponía requieren de asesoramiento y seguimiento técnico, al igual de ir enriqueciendo su formación a través de artículos, libros y capítulos; también es importante mencionar que con estos sistemas acuapónicos, los enlaces y convenios educativos prevalecen para realizar módulos de acuaponía en universidades, escuelas, granjas de peces, organizaciones comunitarias, industrias, investigadores, empresas de acuaponía, de esta manera el conocimiento teórico y práctico se dispersa a través de una red de integrantes del conocimiento en acuaponía (Hart *et al.* 2014).

Conclusiones

La acuaponía es una tecnología sustentable que se va innovando para contribuir a los desafíos de la alimentación humana. Es por ello que con este trabajo se evalúa un sistema acuapónico para la producción de chayote verde liso (*S. edule*) y quelite (*A. hybridus*) además del co-cultivo acuícola de mojarra tilapia gris (*O. niloticus*) y el acocil (*P. acanthophorus*). Estas especies hortícolas y acuícolas son de importancia alimentaria y socioeconómica en la región de las Altas Montañas en Veracruz, y al evaluarlos en este sistema acuapónico, se podría replicar en otras localidades marginadas y en escuelas y universidades del centro de Veracruz, como escenarios de aprendizaje y producción.

Referencias

- Cadena-Iñiguez, J. 2010. El chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw., importante recurso fitogenético mesoamericano. *Agro Productividad* 3(2).
- Campos-Pulido R, Alonso-López A, Asiain-Hoyos A, Reta-Mendiola JL y Avalos-De la Cruz DA. 2015. La acuaponía, diversificación productiva sustentable. *Agro Productividad* 8(3).
- Goddek S, Joyce A, Kotzen B y Burnell GM. 2019. *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6>
- Hernández-Vergara MP, Cruz-Ordóñez SB, Pérez-Rostro CI y Pérez-Legaspi IA. 2018. Policultivo del acocil (*Procambarus acanthophorus*) y tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) como estrategia de uso sustentable del agua. *Hidrobiológica* 28: 11-15.
- Hart ER, Webb JB, Hollingsworth C y Danylchuk AJ. 2014. Managing Expectations for Aquaponics in the Classroom: Enhancing Academic Learning and Teaching an Appreciation for Aquatic Resources. *Fisheries* 39(11): 525-530.
- Junge R, Antenen N, Villarroel M, Griessler Bulc T, Ovca A y Milliken S. 2020. *Acuaponía: Libro de Texto para la enseñanza superior*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3948824>
- Knaus U y Palm HW. 2017. Effects of fish biology on ebb and flow aquaponical cultured herbs in northern Germany (Mecklenburg Western Pomerania). *Aquaculture* 466(1): 51-63.
- König B, Jancker J, Reinhardt T, Villarroel M. y Junge R. 2018. Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system. *Journal of Cleaner Production* 180: 232-243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.037>
- Pérez M, Téllez R, Avelino R y Tenorio F. 2015. Sistema Acuapónico. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuaria* 2(4): 538-546.
- Prajitha V, Thoppil, JE 2018. Cytogenetic characterization of *Amaranthus caudatus* L. and *Amaranthus hybridus* subsp. *cruentus* (L.) Thell. *Cytotechnology* 70: 95-101.
- Rojas DE, Espinoza PG y Osiac LR. 2020. La alimentación en tiempos de pandemia por COVID-19. *Revista Chilena de Salud Pública* 110-122.
- Sawkar RH, Hiregoudar LG y Bharadwaj S. 2020. Aquaponics: A Modern Agriculture Technology to Overcome Water Scarcity and Drought. *Journal of the Geological Society of India* 95(1): 108-109. <https://doi.org/10.1007/s12594-020-1392-5>
- Sánchez-Gómez J, Rendón MR, Cuevas-Reyes V y Díaz-José J. 2021. El papel de los actores institucionales como fuente de innovación para los productores de maíz en México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 22(2).

- Sotomayor RU, Martínez ANM, Torres RG, Morales RG, y Murillo RN. 2022. Análisis de la producción de crías de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en instalaciones acuícolas en México de 2014-2021. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura* 4(1): 1-6.
- Somerville C. 2014. Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming (FAO). *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589*. Rome, FAO. 262 pp.
- Wei Y, Li W, An D, Li D, Jiao Y y Wei Q. 2019. Equipment and Intelligent Control System in Aquaponics: A Review. *IEEE Access* 7: 169306-169326. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.295349>
- Zappernick N, Nedunuri KV, Islam KR, Khanal S, Worley T, Laki SL y Shah A. 2022. Technoeconomic analysis of a recirculating tilapia-lettuce aquaponics system. *Journal of Cleaner Production* 365: 132753. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132>

Morales G, Serna-Lagunes R, Cebada-Merino M. 2023. La acuaponía y su implementación como un escenario de aprendizaje. *Bioagrociencias* 16 (1): 48-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.56369/BAC.4814>

Bioagrociencias

ISSN 2007 - 431 X