

## Rustic aquaponics: an alternative to contribute to food sovereignty in rural communities

### La acuaponía rústica: una alternativa para contribuir a la soberanía alimentaria en comunidades rurales

Fernández-Juárez, Elda<sup>1</sup>; Navarro-Rodríguez, María del Pilar<sup>1</sup>; Landero-Torres, Ivonne<sup>1</sup>;  
Gómez-Merino, Fernando Carlos<sup>2\*</sup>; Pérez-Sato, Juan Antonio<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94945. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946.

\*Autores de correspondencia: fernandg@colpos.mx y pantonio@colpos.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** To analyze the potential of rustic aquaponics for food production and evaluate a rustic system of small-scale for fish and vegetable production.

**Design/methodology/approach:** A bibliographic review was made on the potential of aquaponics for small-scale food production in family units in rural areas and a rustic system for the production of fish and leafy vegetables was designed and evaluated.

**Results:** Rustic aquaponics was found to have great potential to supply nutritious food to family units in rural areas, provided they are properly trained. The rustic food production system was more efficient for fish production, although leafy vegetables were also produced to a lesser extent, mainly due to water quality limitations.

**Limitations of the study/implications:** Rustic aquaponics can work better when you have a better quality water supply and more nutrients for the plant.

**Findings/conclusions:** It is concluded that training is essential to ensure the proper implementation of rustic aquaponic systems for food production in family units that inhabit the rural communities, and that water quality and nutrient availability for vegetable production represent crucial requirements in this type of production systems.

**Keywords:** Sustainability, food sovereignty, aquaculture, hydroponics, aquaponics, plant nutrients.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Analizar el potencial de la acuaponía rústica para la producción de alimentos y evaluar un sistema rústico de producción de peces y hortalizas de hoja a pequeña escala.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se hizo una revisión bibliográfica sobre el potencial de la acuaponía para producción de alimentos a pequeña escala en unidades familiares en el medio rural y se diseñó y evaluó un sistema rústico para la producción de peces y de hortalizas de hoja.

**Resultados:** Se encontró que la acuaponía rústica tiene un gran potencial para abastecer de alimentos nutritivos a unidades familiares en el medio rural, siempre que se encuentre con la capacitación adecuada. El sistema rústico de producción de alimentos resultó más eficiente para la producción de peces, aunque también se logró producir verduras de hoja en menor medida, debido principalmente a limitaciones relacionadas con la calidad del agua.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 93-98.

**Recibido:** abril, 2019. **Aceptado:** noviembre, 2019.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** La acuaponía rústica puede funcionar de mejor manera cuando se tienen un abastecimiento de agua de mejor calidad y con mayor cantidad de nutrimentos para la planta.

**Hallazgos/conclusiones:** Se concluye que la capacitación es indispensable para asegurar la buena implementación de sistemas acuapónicos rústicos para la producción de alimentos en unidades familiares que habitan el medio rural, y que la calidad del agua y la disponibilidad de nutrimentos para la producción de hortalizas es un requisito indispensable en este tipo de sistemas de producción.

**Palabras clave:** Sustentabilidad, soberanía alimentaria, acuicultura, hidroponía, acuaponía, nutrimentos vegetales.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la humanidad enfrenta dos grandes desafíos para lograr indicadores de sustentabilidad en su proceso de desarrollo. Por un lado existe una población mundial en constante crecimiento, que se estima pasará de 7.7 mil millones en 2020 a más de 9.7 mil millones en 2050, lo que implica un incremento de poco más de 2 mil millones de personas en tan solo 30 años (ONU, 2019), con un consecuente aumento en la demanda de alimentos. Por otro lado, el cambio climático como fenómeno global está teniendo graves implicaciones en los regímenes de lluvia y el incremento de las temperaturas, lo que repercute negativamente en la producción de agrícola, sobre todo en los países ubicados en las zonas tropicales y subtropicales al norte y al sur del Ecuador, que en su mayoría son países con economías emergentes o en desarrollo como México, con graves carencias, marginación y altos niveles de pobreza (Mondal *et al.* 2019). Para el caso de México, se estima que hacia el año 2050 el cambio climático pudiera disminuir la producción agrícola en cerca del 27% de su nivel actual (Moyer, 2010; Gómez-Merino y Hernández Anguiano, 2013), en tanto que su población podría pasar de los 130 millones de habitantes en 2020 a más de 165 millones en 2050, lo que ocasionará mayor presión sobre los recursos genéticos y naturales actuales en un ambiente de mayor incertidumbre climática (ONU, 2019).

Según datos del CONEVAL (2019), para 2018 52.4 millones de personas en México vivían en alguna situación de pobreza, lo que equivale a cerca del 42% de la población del país. Por su parte, la FAO (2018a) destaca que para 2018, México contaba con un 23% de su población (cerca de 30 millones de personas) habitando áreas rurales, en comunidades de menos de 2500 habitantes. Existe una estrecha relación entre marginación y ruralidad que se expresa en la magnitud y la intensidad de la pobreza extrema en zonas rurales. En México, poco más del 50% de la población en pobreza extrema habitan en localidades rurales y la tasa de pobreza extrema es notoriamente superior en zonas rurales (17.4%) que en zonas urbanas (4.4%) (FAO, 2018a).

Por ello, urgen análisis sobre potenciales estrategias de solución de estos desafíos y propuestas para lograr la soberanía alimentaria en años futuros, incluyendo la agricultura ecointensiva de alta tecnología basada en un manejo sustentable de los recursos, donde prácticas agrícolas convencionales, agroecológicas y biotecnológicas podrían convivir en una relación armoniosa con fines de producir más y mejores alimentos con menor impacto ambiental (Pérez-Vázquez *et al.*, 2018).

Dentro de estas tecnologías pudiera destacarse la acuaponía, en la que se integran dos métodos de producción de alimentos: la acuicultura, que involucra el cultivo de animales acuáticos, y la hidroponía, para la producción de cultivos vegetales con base en soluciones nutritivas (Gómez-Merino *et al.*, 2015).

En este trabajo se hace un análisis de los beneficios que ofrece la acuaponía rústica para unidades familiares, y se presentan resultados de la evaluación práctica de un sistema de producción acuapónica desarrollado para este tipo de unidades familiares en zonas rurales del país.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Acuicultura e hidroponía: bases de la acuaponía

La acuaponía es un concepto relativamente nuevo para los métodos modernos de producción de alimentos y proporciona respuestas a algunos de los problemas relacionados con la agricultura y el manejo de los recursos naturales. La tecnología combina las dos prácticas bien establecidas de la acuicultura y la hidroponía para producir alimentos de forma sustentable al reducir el uso de los recursos hídricos, evitar el uso del suelo y producir buenos rendimientos de alimentos frescos y nutritivos en forma de verduras, frutas, hierbas y pescado.

La acuaponía a pequeña escala puede servir como una solución familiar a la necesidad de una fuente de alimentos económica, nutritiva y confiable que tenga la capacidad de proporcionar una comida completa (carbohidratos y proteínas) con un uso mínimo de insumos (Connolly y Trebic, 2010).

Este concepto es determinante dada la importancia que ha tomado la producción pesquera mundial, que alcanzó un máximo de aproximadamente 171 millones de toneladas en 2016, de las cuales la acuicultura representó un 47% del total (FAO 2018b). Si a esta tendencia se añade la puesta en marcha de estrategias de abastecimiento de pescado y verduras para las unidades familiares en el medio rural, se estará en posibilidad de contribuir a mejorar los indicadores de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas relacionados con la erradicación de la pobreza extrema y el hambre, la promoción de la igualdad de género y la autonomía de la mujer, la reducción de la mortalidad infantil, el mejoramiento de la salud materna, el combate de diversas enfermedades, y la garantía de la sostenibilidad del medio ambiente, entre otros (ONU, 2015). Para México estas estrategias pueden ser cumplidas dado el país cuenta con 11,592 km de litorales y una red de ríos y arroyos de 633 km de longitud, aunado a sistemas de lagos y lagunas que enriquecen el abastecimiento de agua para la actividad acuícola (CONAGUA, 2018; CONAPESCA, 2017), y en consecuencia, de la producción acuapónica.

De manera similar al crecimiento de la producción pesquera en el mundo, en México se ha observado que la producción hidropónica ha cobrado cada vez más relevancia, principalmente si se trata de agricultura protegida, que actualmente ocupa cerca de 60 mil hectáreas donde se producen diversas hortalizas, frutillas, ornamentales y flores (Viramontes, 2018).

### **La acuaponía: bases técnicas y algunas experiencias**

El crecimiento acelerado tanto de la actividad acuícola como hortícola en sistemas de agricultura protegida ha ocasionado fuerte presión sobre los recursos agua y suelo, e incrementado el impacto ambiental (Dediu et al., 2011), principalmente debido a la cantidad de desechos que se descargan a las aguas usadas para la producción, mismos que pueden ser empleados por las plantas a través de la acuaponía (Endut et al., 2010). En estos sistemas, las raíces de las plantas actúan como biofiltros, lo que permite remover los nutrientes disueltos y con ello reducir los sólidos suspendidos en el agua, y una vez, limpia, el agua puede usarse nuevamente para los animales acuáticos, resultando en una integración de sistemas acuícola-agrícola (Muñoz-Gutiérrez, 2012).

Una de las principales ventajas de la acuaponía es que puede ser adaptada a pequeña o gran escala. En unidades de producción de agricultura familiar, la acuaponía puede desarrollarse en espacios mínimo, lo que hace eficiente el uso de los recursos de producción e impacta positivamente la economía a nivel local, de una forma más acorde con los sistemas naturales (Arroyo-Padilla, 2012). En los sistemas acuapónicos no es posible hacer uso de productos fitosanitarios de síntesis química como bactericidas, fungicidas, insecticidas ni herbicidas (Iturbide-Dormon, 2008; Aguilera-Morales et al., 2012; Borrero

et al., 2013), logrando producciones con alto nivel de sanidad e inocuidad (Falcón, 2010; Borrero et al., 2013).

Para un mejor manejo de los sistemas acuapónicos, se deben conocer los principios de la producción de peces en sistemas acuícolas, y de plantas en sistemas hidropónicos. La alimentación y el manejo de los peces, así como el manejo de las soluciones nutritivas son requisitos indispensables para tener éxito en estas empresas. Indicadores de calidad del agua como pH, capacidad de intercambio catiónico, iones disueltos, temperatura y abastecimiento de la misma deben conocerse a detalle y evaluarse periódicamente. En sistemas de producción familiar es importante incluir fuentes locales y sostenibles de insumos. La FAO (2014), recomienda conocer las condiciones ideales para cultivar las principales plantas en acuaponía; controles químicos y biológicos de plagas y enfermedades comunes, plantaciones compatible, enfermedades comunes de los peces y síntomas, causas y remedios relacionados; herramientas para calcular el amoníaco producido y medios de biofiltración requeridos para una determinada densidad de población de peces y cantidad de alimento para peces; así como la producción de piensos caseros para peces.

Para sistemas de producción acuapónica a pequeña escala, diversas especies de tilapia (*Oreochromis* spp.) son las más usadas, debido a su corto ciclo productivo (seis a nueve meses), tolerancia a variaciones en la calidad del agua y resistencia a bajos niveles de oxígeno (Iturbide-Dormon, 2008; Falcón, 2010). Respecto a las plantas más usadas en estos sistemas se pueden citar a la

lechuga (*Lactuca sativa*), la espinaca (*Spinacea oleracea*) y la albahaca (*Ocimum basilicum*), dado su fácil manejo y escaso requerimiento nutrimental, en tanto que tomate (*Solanum lycopersicum*), pimientos (*Capsicum annum*) y pepinos (*Cucumis sativus*), requieren mayores suministros nutrimentales, y los que los sistemas acuapónicos demandarán mayor complejidad (Muñoz-Gutiérrez, 2012).

En México existen diversos grupos de trabajo dedicados al desarrollo y evaluación de sistemas acuapónicos, ubicados principalmente en la Universidad Autónoma de Guadalajara, el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, el Instituto Tecnológico de Boca del Río, y el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (Ronzón-Ortega *et al.*, 2012; Campos-Pulido *et al.*, 2013; BOFISH, 2014; Gómez-Merino *et al.*, 2015; Ortega-López *et al.*, 2015; Reyes-Flores *et al.*, 2016). A nivel empresarial, destacan los trabajos de la compañía Acuicultura del Desierto S. de P. R. de R. L. en Baja California, y de BOFISH en Jalisco (Falcón, 2010; BOFISH, 2014).

### **Sistema de producción acuapónico a pequeña escala para el medio rural**

Se diseñó y probó la funcionalidad de un sistema de producción acuapónico a pequeña escala para la producción de tilapia nilónica y lechugas. Las tilapias de 30 días de edad fueron establecidas en un estanque a cielo abierto, a una densidad de 50 a 100 tilapias por metro cúbico de agua. Se emplearon tres fuentes de alimento comercial para tilapia dependiendo de la fase de su crecimiento. Todos los alimentos empleados fueron de la marca NUTRIPEC PURINA®, y la alimentación de los peces se hizo siguiendo la metodologías descritas por la FAO (2014) y Ortega López *et al.* (2015). La cosecha de las tilapias se realizó 6 meses después de establecido el ensayo, con pesos promedio de 350 a 450 g cada una.

El agua usada para este sistema fue de lluvia, la cual presentaba un pH de 7.5 y una conductividad eléctrica de  $52 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Los efluentes producidos por el estanque destinado a la producción de tilapias fueron usados en un sistema hidropónico de raíz flotante para la producción de lechugas. Para la creación del sistema se emplearon dos tinas de plástico de 1000 L, de la marca comercial ROTOPLAS®, de un diámetro superior de 1.7 m e inferior de 1.4

m, y su altura 68 cm. Para la recirculación del agua se emplearon tubos de PVC de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro y 6 m de largo; llaves de plástico tipo nariz de  $\frac{1}{2}$ "; codos de plástico de  $\frac{1}{2}$ ", nipples de plástico de  $\frac{1}{2}$ ", coples de plástico de  $\frac{1}{2}$ ", y conectores tipo T de plástico de  $\frac{1}{2}$ ". Se ensamblaron los tubos (un tubo de seis metros cortado en secciones) a los codos nipples rodeando al ROTOPLAS® para que las llaves se encontraran en todas las tinas. Para la recirculación de agua del estanque de efluente acuícola a las camas hidropónicas se utilizaron dos bombas de plástico sumergibles HYWSC500 con una potencia de motor de 1/2 HP, con una profundidad máxima de 8 m, un flujo máximo de  $11000 \text{ L h}^{-1}$  y un paso de sólidos de 5 mm, colocadas una en cada estanque para que el efluente acuícola recirculara a las camas hidropónicas; esto permitió la complementación en el ciclo de recirculación del agua (Figura 1).

En el área donde se situaron las tinas de plástico de 1000 L se establecieron 16 tinas en total, para el cultivo de lechuga. Las tinas eran de plástico color azul de 200 L, partidas a la mitad; con el fin de tener tinas de 100 L cada una para que el abastecimiento del efluente acuícola fuera igual. Para la complementación del sistema hidropónico en las tinas de 100 L se utilizaron, como sustrato inerte y flotante, tallos de bambú 15 orificios cada uno, lo que logró el aseguramiento del contacto de las raíces de las lechugas con el efluente acuícola (Figura 2). Se utilizó una esponja para la absorción del efluente y posteriormente se sembraron las lechugas. A fin de mantener el área libre de vegetación no deseada y de contaminantes, el piso se cubrió con plástico biodegradable y tezontle.

Se observó que el efluente generado por el estanque destinado a la producción de tilapias pudo abastecer de nutrientes al cultivo de lechugas, logrando cabezas de entre 200 y 250 g en peso fresco.

En cuanto a la producción de tilapias, es importante considerar que existen factores cruciales para lograr cosechas exitosas. Además de la alimentación, en este ensayo la temperatura del agua y del aire, así como la irradiación solar jugaron un papel crítico. En cuanto a la producción de lechugas, el factor más determinante fue la concentración de nutrimentos en los efluentes.

Hasta ahora, las iniciativas para escalar este sistema y lograr que más unidades familiares lo adopten han sido poco exitosas. Un primer factor que ha limitado



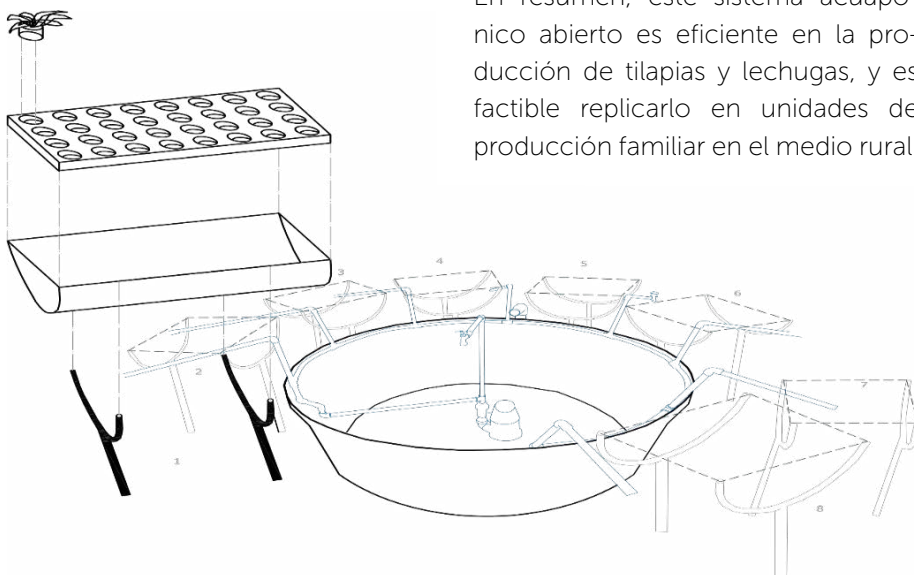


**Figura 1.** Sistema de recirculación del efluente acuícola para la oxigenación y purificación del sistema acuapónico.



**Figura 2.** Sistema acuapónico para la producción de lechugas en un sistema de raíz flotante, abastecido de nutrimentos a partir de los efluentes del cultivo de tilapias.

su adopción y apropiación es que los productores requieren de conocimientos técnicos básicos para manejar ambos sistemas (acuicultura e hidroponía) como una unidad acuapónica, dada su tradicional tendencia a producir solo plantas. Por ello, se deben desarrollar estrategias en paralelo que permitan capacitar a los potenciales productores con mayor eficiencia y rapidez.



**Figura 3.** Esquema del modelo de producción acuapónica de tilapias y lechugas para unidades familiares del medio rural.

En resumen, este sistema acuapónico abierto es eficiente en la producción de tilapias y lechugas, y es factible replicarlo en unidades de producción familiar en el medio rural.

Para su adopción eficiente, será necesario diseñar mejores estrategia de difusión y adopción por los potenciales usuarios.

Un modelo que se puede escalar se muestra en la Figura 3.

## CONCLUSIONES

Es posible sostener que la acuaponía puede contribuir a la soberanía alimentaria en el medio rural. El modelo probó efectividad en la producción de tilapia y de lechugas, con bajo uso de insumos. Para lograr un mayor éxito en su adopción por los potenciales usuarios, es necesario diseñar estrategias innovadoras de capacitación y organización.

## LITERATURA CITADA

- Aguilera-Morales, M.E., Hernández-Sánchez, F., Mendieta-Sánchez, E. & Herrera-Fuentes C. (2012). Producción integral sustentable de alimentos. *Ra Ximhai* 8(3): 71-74.
- Arroyo-Padilla, J. (2012). Acuaponía. Tepalcates tercera época. *Revista de Divulgación Científica y Humanística para Profesores y Alumnos del CCH*. Febrero. 1: 2-7.
- BOFISH. (2014). BOFISH. [En línea] Disponible en: [http://www.acuaponia.com/?page\\_id=1057](http://www.acuaponia.com/?page_id=1057).
- Borrero, C., Martínez-Silva, M., Baigorri, A. & Rico, L. (2013). Acuapónicos: Una alternativa productiva en el hogar. *FIATMAR Revista Marina* 3(1): 4-5.
- Campos-Pulido, R., Alonso-López, A., Avalos-de la Cruz, D. A., Asiain-Hoyos, A. & Reta-Mendiola, J. L. (2013). Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 939-950.
- CONAGUA. (2018). Estadísticas del agua en México. Edición 2018. Comisión Nacional del Agua. [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2018.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf)
- CONAPESCA. (2017). Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2017.

- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. [https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2017/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_2017.pdf](https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2017/ANUARIO_ESTADISTICO_2017.pdf)
- CONEVAL. (2019). Medición de la pobreza 2008-2018. Estados Unidos Mexicanos. Consejo Nacional de Evaluación de las Políticas de Desarrollo Social. [https://www.coneval.org.mx/Medicion/PublishingImages/Pobreza\\_2018/Serie\\_2008-2018.jpg](https://www.coneval.org.mx/Medicion/PublishingImages/Pobreza_2018/Serie_2008-2018.jpg)
- Connolly, K. & Trebic, T. (2010). Optimization of a backyard aquaponic food production system. *Bioresource Engineering*. Faculty of Agrochemical and Environmental Sciences. McGill University: Canada.
- Dediu, L., Cristea, V. & Xiaoshuan Z. (2011). Evaluation of condition and technological performance of hybrid bester reared in standard and aquaponic system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation Bioflux* 4(4): 490-498.
- Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W.B. & Hassan, A. (2010). A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresource Technology* 110(5): 1511-1517.
- Falcón E. (2010). Más vida en el desierto. *Revista Dia Siete*. Número 11 Abril de 2010, 502: 40-47.
- FAO. (2014). Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO: Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>
- FAO. (2018a). México Rural del Siglo XXI. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO: Ciudad de México. <http://www.fao.org/3/i9548es/i9548ES.pdf>
- FAO. (2018b). El estado actual de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sustentable. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO: Roma. <http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>
- Gómez-Merino, F.C. & Hernández-Anguiano, A.M. (2013). El contexto del sector agroalimentario en México. *In: Hernández-Anguiano, A. M., Gómez-Merino, F. C., Pérez-Hernández, L. M. & Villanueva-Jiménez J.A. (Eds.): Líneas Prioritarias de Investigación. Informe de Gestión 2009-2011. Colegio de Postgraduados: Texcoco, México. pp. 11-19.*
- Gómez-Merino, F.C., Ortega-López, N.E., Trejo-Téllez, L.I., Sánchez-Páez, R., Salazar-Marcial, E. & Salazar-Ortiz, J. (2015). La acuaponía: Alternativa sustentable y potencial para producción de alimentos en México. *Agroproductividad* 8 (3): 60-65.
- Iturbide-Dormon K. (2008). Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de San Carlos de Guatemala. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0157\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0157_MT.pdf)
- Mondal, M.S.H. (2019). 'The implications of population growth and climate change on sustainable development in Bangladesh. *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies* 11(1), a535. <https://doi.org/10.4102/jamba.v11i1.535>
- Moyer, M. (2010). How much is left? A graphical accounting of the limits to what one planet can provide. *Scientific American – Environment*. September 2010: 74-81.
- Muñoz-Gutiérrez, M.E. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. *Informador Técnico*. Edición 76. Enero-diciembre 2012. pp. 123-129.
- ONU. (2015). Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe 2015. Organización de las Naciones Unidas: Nueva York. [https://www.undp.org/content/undp/es/home/sdoverview/mdg\\_goals.html](https://www.undp.org/content/undp/es/home/sdoverview/mdg_goals.html)
- ONU. (2019). World Population Prospects 2019: Highlights. Department of Economic and Social Affairs. United Nations Organizations: New York. <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2019-highlights.html>
- 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): 20-25.
- Pérez-Vázquez, A., Leyva-Trinidad D.A. & Gómez-Merino F.C. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la soberanía alimentaria hacia el año 2050. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (1): 175-189.
- Reyes-Flores, M., Sandoval-Villa, M., Rodríguez-Mendoza, M.N., Trejo-Téllez, L.I., Sánchez-Escudero, J. & Reta-Mendiola, J. (2016). Concentración de nutrientes en efluente acuapónico para producción de *Solanum lycopersicum* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 17: 3529-3542.
- Ronzón-Ortega, M., Hernández-Vergara, M.P. & Pérez-Rostro, C.I. (2012). Hydroponic and aquaponic production of sweet basil (*Ocimum basilicum*) and giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: S63-S71.
- Viramontes, E. (2018). Agricultura protegida en México: potencia mundial y desarrollo tecnológico. *Hortalizas* 2018 (Julio). <https://www.hortalizas.com/cultivos/tomates/agricultura-protegida-en-mexico-potencia-mundial-y-desarrollo-tecnologico/>

