



Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>

Supervivencia, crecimiento y rendimiento de chíá (*Salvia hispanica*), frijol rojo (*Phaseolus vulgaris*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*) en cultivo acuapónico

Survival, growth, and yield of chia (*Salvia hispanica*), red bean (*Phaseolus vulgaris*), and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in an aquaponics system

Carlos Valdez-Sandoval^{1,2,3}, Dennis Guerra-Centeno^{1,2,4}, Luis Pinto-Orellana^{1,2},
Ligia Rios-de-León^{2,5}

Correspondencia: zoovaldez@gmail.com

- 1 Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 
- 2 Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 
- 3  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8742-1320>
- 4  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3021-4742>
- 5  ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4478-4173>

RESUMEN

La acuaponía es una tecnología donde se integra la agricultura hidropónica y acuicultura con el fin de producir alimentos. En Guatemala se ha generado información sobre la supervivencia y producción de algunas especies de plantas en sistemas acuapónicos. No obstante, se desconoce o no se ha evaluado la supervivencia, crecimiento y productividad de un cultivo asociado de chíá y frijol rojo combinado con el cultivo de tilapias. En tal sentido, se diseñó un modelo acuapónico NFT con 40 plantas de chíá (*Salvia hispanica*) y frijol rojo (*Phaseolus vulgaris*) y 25 tilapias (*Oreochromis niloticus*). Los datos de las plantas de frijol se tomaron en siete muestreos y en el caso de la chíá se extendió a ocho muestras cada quince días en un lapso de 120 días. Las plantas de chíá y frijol se adaptaron, crecieron y produjeron en

DOI: [10.5377/revminerva.v8i2.20942](https://doi.org/10.5377/revminerva.v8i2.20942)

Enviado: 19 de febrero de 2025

Aceptado: 8 de abril de 2025

Palabras clave: Acuaponía, sistema NFT, sistema integrado, seguridad alimentaria, Guatemala

Keywords: Aquaponics, NFT system, integrated system, food security, Guatemala



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

el sistema acuapónico. En el caso de las plantas de chíá se obtuvo una supervivencia del 80% y una altura $\bar{X} = 87.9 \text{ cm} \pm 38.19$ y las plantas de frijol rojo fue del 85% con una altura $\bar{X} = 59.7 \text{ cm} \pm 11.5$. La producción media de semilla de chíá fue de $3.1 \text{ g} \pm 2.0$ y el frijol rojo de $23.4 \text{ g} \pm 16.3$ por planta. Las tilapias crecieron en el sistema acuapónico. Se obtuvo un peso medio de $61.6 \text{ g} \pm 29.2$ y una supervivencia del 72%. Se concluye que la combinación de chíá, frijol rojo y tilapia representa una opción interesante para los productos del sector agropecuario de Guatemala.

ABSTRACT

Aquaponics is a technology that integrates hydroponic agriculture and aquaculture for the purpose of producing food. In Guatemala, information has been generated on the survival and production of some plant species in aquaponic systems. However, the survival, growth, and productivity of a combined chia and red bean crop with tilapia farming is unknown or has not been evaluated. In this regard, an NFT aquaponics model was designed with 40 chia (*Salvia hispanica*) and red bean (*Phaseolus vulgaris*) plants and 25 tilapia (*Oreochromis niloticus*). Data on the bean plants were collected in seven samples, and in the case of chia, this was extended to eight samples every fifteen days over a period of 120 days. The chia and bean plants adapted, grew, and produced in the aquaponic system. In the case of chia plants, a survival rate of 80% and a height of $\bar{X} = 87.9 \text{ cm} \pm 38.19$ were obtained, and for red bean plants, the survival rate was 85% with a height of $\bar{X} = 59.7 \text{ cm} \pm 11.5$. The average seed production of chia was $3.1 \text{ g} \pm 2.0$ and that of red beans was $23.4 \text{ g} \pm 16.3$ per plant. Tilapia grew in the aquaponic system. An average weight of $61.6 \text{ g} \pm 29.2$ and a survival rate of 72% were obtained. It is concluded that the combination of chia, red beans, and tilapia represents an interesting option for products in the Guatemalan agricultural sector.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, parte de la problemática del sector agropecuario es al cambio climático y la sensibilidad a la variabilidad climática (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018). Estas alteraciones en el ambiente impactan negativamente en la producción agrícola y afectan a los animales acuáticos y terrestres lo que ocasiona pérdidas monetarias, alteraciones en la salud y bienestar, además de

comprometer la calidad e inocuidad de los productos destinados a los seres humanos (Olarte et al., 2019). En tal sentido, todas estas limitantes nos desafían a buscar opciones viables para la producción de alimentos para la población.

La acuaponía es una tecnología que integra la agricultura hidropónica (donde las plantas se cultivan en agua) y la acuicultura (cultivo de organismos acuáticos) con el fin de producir alimentos (Lennard & Goddek, 2019). Además, la acuaponía se presenta como un modelo innovador, ecológico y sostenible que puede contribuir a solucionar problemas como los que enfrenta la agricultura ante la sequía, la contaminación del suelo y el cambio climático, logrando ser una práctica emergente en diversos países (Mchunu et al., 2018; Nair et al., 2025). De igual forma, por las características de los sistemas acuapónicos, se puede producir alimentos frescos para la población, durante todo el año en espacios reducidos y sin el uso de fertilizantes químicos, herbicidas y pesticidas en los cultivos (Connolly & Trebic, 2010). Por dichas características, la acuaponía podría ser un sistema alternativo de producción ecológica de mucha utilidad para el sector agropecuario.

En Guatemala, se ha generado información sobre la supervivencia y producción de algunas especies de plantas en sistemas acuapónicos (Guerra-Centeno et al., 2016; Valdez-Sandoval et al., 2017, 2018, 2020). Sin embargo, se desconoce o no se ha evaluado la supervivencia, el crecimiento y la productividad de un cultivo asociado de chíá y frijol rojo combinado con el cultivo el de tilapias. De ser factible este sistema integrado de chíá, frijol rojo y tilapias, los productores podrían generar recursos alimenticios para beneficio de su familia como para comercializar los excedentes.

Por lo tanto, la finalidad del presente estudio es describir la supervivencia, el crecimiento y el rendimiento del cultivo asociado de la chíá, el frijol rojo y la tilapia, en un sistema de acuaponía del tipo *Nutrient Film Technique* (NFT o Técnica de Película Nutritiva).

METODOLOGÍA

Ubicación geográfica y temporalidad de la investigación/Obtención de información

El estudio se realizó en las instalaciones del módulo de investigación en acuaponía, del Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud (IICAE), ubicadas en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Las instalaciones están situadas en las coordenadas 14°34'54.17"N. 90°33'28.02"O. La clasificación de la zona de vida es bosque húmedo subtropical templado (De la Cruz, 1982). Se realizó en un área de 20 x 40 metros, delimitada con malla. Dentro de esta área, se contó con un invernadero de 195 metros cuadrados que albergaba el sistema acuapónico utilizado en el estudio.

Método

Material vegetal

Las semillas de chía (*Salvia hispanica*) y frijol rojo (*Phaseolus vulgaris*) fueron adquiridas en la Central de Mayoreo (CENMA), Villa Nueva, Guatemala.

Preparación de almácigos

Se prepararon bandejas plásticas con tierra abonada. Se sembraron las semillas de frijol rojo y chía directamente en el sustrato. Se regó durante la fase de germinación y fase inicial de crecimiento.

Selección y trasplante

Se seleccionaron 20 plantas de chía y 20 plantas de frijol rojo de tamaño uniforme y buena condición. Posteriormente se retiraron las plantas del almacigo y se colocaron en contenedores (envases PET con piedra volcánica roja). Por último, se incorporaron los contenedores con la planta en los agujeros de la tubería del sistema acuapónico.

Cultivo de plantas en acuaponía

Dado el carácter variable de la fenología el periodo de observación para las plantas de frijol fue de 105 días y para las plantas de chía de 120 días.

Cultivo de tilapias

Se adquirieron 100 alevines de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Los alevines permanecieron quince días para su adaptación en un estanque. Luego de trasladaron 25 peces al tanque de 1.02 m de alto x 1.10 m de diámetro (750 L) del módulo acuapónico. Los peces se seleccionaron con la finalidad de tener un tamaño uniforme y en buena condición. La alimentación de los peces durante los primeros cinco meses fue con alimento balanceado comercial Fontana Aliansa® al 38 % proteína con una ración del 10 % de la biomasa total por día. Luego en los dos meses posteriores se ajustó el alimento a Fontana Aliansa® al 32 %. Los desechos de los peces generados en el módulo acuapónico fueron aprovechados por las raíces de las plantas para su crecimiento.

Módulo acuapónico

Se utilizó diseño de sistema acuapónico NFT *Nutrient Film Technique* (Figura 1).

Recolección de datos

Distribución y recolección de información. Las plantas de frijol y chía se distribuyeron al azar en el sistema acuapónico. Los datos de las plantas de frijol se tomaron en siete muestreos y cada quince días y en el caso de la chía se extendió a ocho pulsos siempre de quince días.

Técnicas e instrumentos

Las técnicas para obtener los datos fueron la observación y la medición. La supervivencia

Figura 1

Módulo acuapónico NFT (*Nutrient Film Technique*)



de las plantas de chí y frijol rojo fueron por observación directa. La altura de las plantas y talla de los peces se midió con una regla milimetrada. La producción de granos de chí, frijol rojo y la biomasa de los peces se pesaron con una balanza digital *My Weigh i 700* con precisión de 0.1 g. Se llevó un registro para anotar los datos de supervivencia, longitud y peso de las plantas/granos y tilapias, al inicio y al finalizar el estudio.

Los parámetros en el agua también fueron medidos y registrados a lo largo del periodo de estudio. Para medir el pH se utilizó el test de pH Prodac ®. Para medir la temperatura se utilizó un termómetro Thermo ® 100 y para medir el amonio se utilizó el test NH₄/NH₃ Azoo ®.

Procesamiento y análisis de información

Para determinar la supervivencia, crecimiento y rendimiento de las plantas de chí y frijol rojo se utilizaron medidas de tendencia central. De igual manera se procedió para determinar los parámetros productivos de las tilapias. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa Past® versión 4.03 (Hammer et al., 2001).

El presente estudio tuvo la opinión favorable del Comité de Bioética de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala de acuerdo a la Ref. EEPVirtual.113.2021 el tres de junio de 2021.

RESULTADOS

Supervivencia de las plantas de chí y frijol rojo en un sistema acuapónico NFT

Las plantas de chí y frijol se adaptaron al sistema acuapónico. En el caso de las plantas de chí se obtuvo una supervivencia del 80% y las plantas de frijol rojo del 85%.

Crecimiento de las plantas de chí y frijol rojo en un sistema acuapónico NFT

Las plantas de chí y frijol rojo crecieron en el sistema acuapónico NFT. Las plantas de chí alcanzaron una altura media de 87.9 cm ± 38.19 a los 120 días y en cuanto a las plantas de frijol rojo se tuvo una altura final media de 59.7 cm ± 11.5 a los 105 días. En la Figura

2, se muestra la curva de crecimiento de las plantas de chí y frijol rojo.

Rendimiento (biomasa de semillas) de la chí y el frijol rojo en un sistema acuapónico

Las plantas de chí y frijol rojo cultivadas produjeron semillas en un sistema acuapónico. La producción media de semilla de chí fue de 3.1 g ± 2.0 por planta (equivalente a 980 Kg/Ha) y la producción media de frijol rojo fue de 23.4 g ± 16.3 por planta (equivalente a 2808 Kg/Ha).

Crecimiento de la tilapia

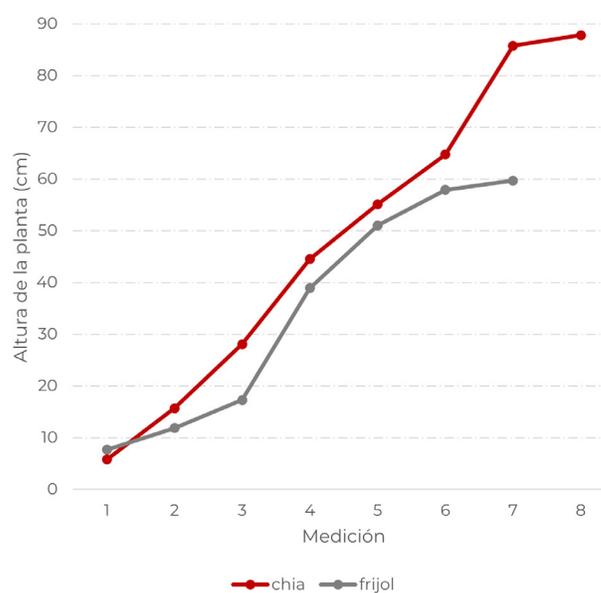
Las tilapias crecieron en el sistema acuapónico. Se obtuvo una talla media de 13.4 cm ± 2.9, un peso medio de 61.6 g ± 29.2 y una supervivencia del 72% al final del estudio.

Parámetros del agua en el sistema acuapónico

Los valores medios de los parámetros del agua durante el periodo de estudio fueron: pH= 7.6 ± .2, temperatura= 25.7 °C ± 2.4, amonio total (NH₄/NH₃) = 0.

Figura 2

Curva de crecimiento de las plantas de chí y frijol rojo en sistema acuapónico NFT.



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La adaptación de los cultivos de chía, frijol rojo y tilapia en un sistema acuapónico muestran resultados relevantes. Esto debido a que se suman al listado de plantas como *Amaranthus sp.*, *A. cruentus*, *Ane-thum graveolens*, *Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. pubescens*, *Crotalaria longirostrata*, *C. vitellina*, *Coriandrum sativum*, *Cucurbita argyrosperma*, *C. pepo*, *Dysphania ambrosioides*, *Eryngium foetidum*, *Mentha spicata*, *Ocimum basilicum*, *Plectranthus amboinicus*, *Petroselinum crispum*, *Solanum ni-grescens* y *Thymus vulgaris* (Guerra-Centeno et al., 2016; Valdez-Sandoval et al., 2017; Valdez-Sandoval et al., 2020), que son factibles a cultivar en los sistemas acuapónicos en Guatemala.

En cuanto a lograr la supervivencia del cultivo de chía en el sistema acuapónico es prometedor. Esto debido a que esta planta cultivada en tierra se ha visto limitada su adaptación por las condiciones climáticas. En tal sentido, lograr una adaptación del 80% en condiciones acuapónicas es un hallazgo importante, ya que en otras regiones este cultivo solo ha obtenido resultados interesantes en condiciones desérticas, esto debido a que dicha planta es sensible al fotoperiodo y tiene limitantes de adaptación a mayor latitud y bajas temperaturas (Baginsky et al., 2016).

Por otro lado, la supervivencia del frijol rojo obtenida en el presente estudio se observa variación respecto a otra investigación, donde con el frijol rojo se obtuvo un 85% de supervivencia, mientras que con variedades de frijol mejorado se han obtenido valores cercanos al 100% (Valdez-Sandoval et al., 2018). Es interesante mencionar que el cultivo de frijol tanto en condiciones de humedad como en sequía logra adaptarse (Darkwa et al., 2016).

La altura de las plantas de chía obtenida en el sistema acuapónico es muy similar al reportado por Busilacchi et al (2013); Sin embargo, dicha altura la obtuvieron en un ciclo productivo mayor (170 días) y sobre tierra. Por otro lado, la altura de la planta de chía acuapónica está por debajo de los valores de altura media reportados en cultivares o encontrados de manera silvestre (Hernández & Miranda, 2008).

Respecto a la altura de las plantas de frijol rojo obtenidas en el presente estudio, son similares a los alcanzados con la variedad de frijol Petén (Valdez-Sandoval et al., 2018), y variedades rojas como Secano 31 y Chamba 68.3 (Pérez et al., 2022). Sin embargo, son menores a los obtenidos por variedades como Altense, Texcel o Sayaxché cultivados de igual manera en un sistema acuapónico (Valdez-Sandoval et al., 2018). En cambio, la altura del frijol rojo acuapónico muestra mayor altura al frijol cultivado en tierra ya sea sin fertilizante (44 cm) o con fertilizante orgánico (54 cm) (Gómez-Álvarez et al., 2008).

El rendimiento del frijol rojo cultivado en acuaponía fue similar a los obtenidos por variedades de frijol rojo cultivados en tierra, tales como Velasco Largo, Inqueño y Colombia 10 (Pérez et al., 2022). Sin embargo, el rendimiento del frijol rojo fue menor a lo reportado en variedades de frijol mejoradas como Altense, Hunapú, Ligero, Ostúa, Petén, Sayaxché, Superchiva y Texcel (Valdez-Sandoval et al., 2018). Por otro lado, el rendimiento del frijol rojo evaluado en el presente estudio fue superior a los valores reportados de frijol sin fertilizante o con fertilizante orgánico en cultivo asociado con rábano (*Rhabanus sativus* L.) (Gómez-Álvarez et al., 2008).

El rendimiento de semilla por planta de chía obtenida en el presente estudio fue similar al reportado por Refulio (2017) donde cultivaron chía en tierra a bajas densidades de siembra (20 plantas por metro lineal), sin embargo, el rendimiento de la planta de chía acuapónica obtenido fue superior a las que se presentan en densidades mayores de 55 plantas por metro lineal (Refulio, 2017). En contraposición del rendimiento de chía cultivada en tierra y manejada con fertilización que se reportó (1,940 Kg/Ha) (Evangelista-Vargas, 2020) es superior al encontrado en este estudio.

Los crecimientos de las tilapias observadas en este estudio son similares a los reportados por Valdez-Sandoval et al (2018) en cultivo integrado de variedades de frijol y tilapia, sin embargo, con un porcentaje de supervivencia menor. De igual manera, los valores de peso de las tilapias son similares a los obtenidos por Ani et al (2022) que fueron cultivado en una densidad de siembra de 150 peces/m³ en 56 días. Por otro lado,

los valores de longitud y peso de las tilapias fueron menores a las observadas por Valdez Sandoval et al (2020) en sistema acuapónico de tilapias con plantas culinarias.

Los parámetros del agua (pH, temperatura, amonio total) fueron similares a los obtenidos por Valdez-Sandoval et al (2018) y Ani et al (2022) en cultivos integrados de lechuga y tilapia con una densidad de 150 peces/m³. Sin embargo, los parámetros fueron superiores a los obtenidos en sistemas de recirculación de agua con densidad de siembra de 300 y 400 peces/m³ (Ani et al., 2022).

CONCLUSIÓN

La combinación del cultivo de chíá, frijol rojo y tilapia en un sistema acuapónico, constituye una opción interesante para los productores del sector agropecuario de Guatemala. No obstante, antes de llevar esta tecnología al campo es necesario seguir estudiando aspectos como la densidad de siembra de la chíá, frijol y tilapia, otras opciones de alimentación para las tilapias ya que los alimentos balanceados se han incrementado en su precio, evaluar otros materiales y tipos de sistemas acuapónicos y realizar análisis de costo beneficio para ver su factibilidad económica en las zonas rurales de Guatemala.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación, de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Digi-Usac, 2022), partida presupuestaria: (4.8.63.0.51) y código de proyecto: (AP6-2022).

REFERENCIAS

- Ani, J. S., Manyala, J. O., Masese, F. O., & Fitzsimmons, K. (2022). Effect of stocking density on growth performance of monosex Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the aquaponic system integrated with lettuce (*Lactuca sativa*). *Aquaculture and Fisheries*, 7(3), 328-335.
- Baginsky, C., Arenas, J., Escobar, H., Garrido, M., Valero, N., Tello, D., ... & Silva, H. (2016). Growth

and yield of chia (*Salvia hispanica* L.) in the Mediterranean and desert climates of Chile. *Chilean journal of agricultural research*, 76(3), 255-264.

- Busilacchi, H., Bueno, M., Severin, C., Di Sapio, O., Quiroga, M., & Flores, V. (2013). Evaluación de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). *Cultivos tropicales*, 34(4), 55-59.
- Connolly, K., & Trebic, T. (2010). *Optimization of a Backyard Aquaponic Food Production System* (Issue 1).
- Darkwa, K., Ambachew, D., Mohammed, H., Asfaw, A., & Blair, M. W. (2016). Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia. *The crop journal*, 4(5), 367-376.
- De la Cruz, J. R. (1982). *Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Evangelista-Vargas, Y. (2020). Fenología y rendimiento de las variedades de chíá (*Salvia hispánica* L.) en el distrito de Monzón Huánuco. *Revista Investigación Agraria*, 2(2), 56-61. <https://doi.org/10.47840/ReInA.2.2.844>
- Gómez-Álvarez, R., Lázaro-Jerónimo, G., & León-Nájera, J. A. (2008). Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Rhbanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. *Universidad y ciencia*, 24(1), 11-20.
- Guerra-Centeno, D., Valdez-Sandoval, C., Aquino-Sagastume, E., Díaz, M., & Ríos, L. (2016). Adaptación y rendimiento de plantas autóctonas de Guatemala en un sistema acuapónico. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(11), 1-13. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63649051013>
- Hammer O, Harper DAT and Ryan PD (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1): 1-9. Available

- at: [https://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm#:~:text=The%20program%2C%20called%20PAST%20\(PAleontological,plotting%20C%20and%20simple%20phylogenetic%20analysis.](https://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm#:~:text=The%20program%2C%20called%20PAST%20(PAleontological,plotting%20C%20and%20simple%20phylogenetic%20analysis.)
- Hernández, J. A. & Miranda, S. (2008). Caracterización morfológica de chía (*Salvia hispanica*). *Revista Fitotecnica Mexicana*, 31(2), 105-113.
- Lennard, W., & Goddek, S. (2019). Aquaponics: The Basics. In S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, & G. Burnell (Eds.), *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future* (pp. 113-143). Springer Open. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6>
- Mchunu, N., Lagerwall, G., & Senzanje, A. (2018). Aquaponics in South Africa: Results of a national survey. *Aquaculture Reports*, 12(March), 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2018.08.001>
- Nair, C. S., Manoharan, R., Nishanth, D., Subramanian, R., Neumann, E., & Jaleel, A. (2025). Recent advancements in aquaponics with special emphasis on its sustainability. *Journal of the World Aquaculture Society*, 56(1), e13116. <https://doi.org/10.1111/jwas.13116> NAIR ET AL. . 39 of 39
- Olarte Saucedo, M., Sánchez Rodríguez, S. H., Aréchiga Flores, C. F., Bañuelos Valenzuela, R., & López Luna, M. A. (2019). Efecto de la radiación ultravioleta (UV) en animales domésticos. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(2), 416-432. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4648>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe (gestión del riesgo de desastres en el sector agrícola)*. <http://www.fao.org/3/i8014ES/i8014es.pdf>
- Pérez, G. A., Morgado, M., & Villalobos, A. (2022). Caracterización de genotipos de frijol rojo en la Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez. *Universidad & Ciencia*, 11(2), 95-109.
- Refulio, F. (2017). Densidad de siembra en el cultivo de chía (*Salvia hispanica*) en el distrito de Sicaya. [Tesis de bachiller inédita]. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Valdez-Sandoval, C., Guerra-Centeno, D., Díaz-Rodríguez, M., & Ríos, L. (2018). Evaluation of the integrated production of nilotic tilapia (*Oreochromis niloticus*) and improved bean varieties (*Phaseolus vulgaris*) in an NFT aquaponic system. *Revista Electronica de Veterinaria*, 19(5), 1-12.
- Valdez-Sandoval, C., Guerra-Centeno, D., Diaz, M., & Ríos, L. (2017). Adaptación, crecimiento y rendimiento de variedades de chile nativas de Guatemala en un sistema acuapónico con tilapia nilótica. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(5), 1-11. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63651419005.pdf>
- Valdez-Sandoval, C., Guerra-Centeno, D., Lepe-López, M., Díaz-Rodríguez, M., & Pineda-Alvizuris, L. (2020). Survival and Productivity of Culinary Herb Species in a Nutrient Film Technique-type Aquaponic System with Nile Tilapia. *World's Veterinary Journal*, 10(4), 578-586. <https://doi.org/10.29252/scil.2020.wvj69>