

Comportamiento productivo de *Apium graveolens* en un cultivo acuapónico y convencional – Yarinacocha

Productive behavior of *Apium graveolens* in an aquaponic and conventional culture – Yarinacocha

¹ Lennart Maicua Nuninga, ¹ Manuel Mario Chuyma Tomaylla, ¹ Ricardo Julián Oliva Paredes, ² Pablo Pedro Villegas Panduro, ² Diana Prince Zumaeta Sangama De Villegas.

¹ Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA). Carretera San José de Tushmo km 0,63, Yarinacocha, Ucayali, Perú. Email: lennarmaic@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5668-3494>

¹ Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA). Carretera San José de Tushmo km 0,63, Yarinacocha, Ucayali, Perú. Email: mchuymat@unia.edu.pe, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7833-0267>

¹ Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA). Carretera San José de Tushmo km 0,63, Yarinacocha, Ucayali, Perú. Email: rolivap@unia.edu.pe, ORCID: [0000-0002-9751-1610](https://orcid.org/0000-0002-9751-1610)

² Universidad Nacional de Ucayali (UNU), Carretera Federico Basadre km 6,2, Callería, Ucayali, Perú. Email: pablo_villegas@unu.edu.pe, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9300-8113>

² Universidad Nacional de Ucayali (UNU), Carretera Federico Basadre km 6,2, Callería, Ucayali, Perú. Email: dianaprins19@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5899-7323>

Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento productivo del apio (*Apium graveolens*) cultivado en un sistema acuapónico y en un sistema convencional, el cual fue desarrollado en las instalaciones del Sistema Acuapónico perteneciente la ONG INMED Andes, ubicado en el Instituto Superior Pedagógico Bilingüe de Yarinacocha, carretera San José 0,5 km, distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali. Dicho sistema acuapónico estuvo sostenido por el cultivo de *Piaractus brachypomus* “Paco”, acondicionados en tanques de crianza, y el sistema convencional estuvo conformado por un camellón de 1,2 m de ancho por 7 m de largo, al cual se realizó el preparado del camellón, la aplicación de la materia orgánica (gallinaza), procediendo al trasplante de las plántulas de apio, a la cama de acuaponía y al camellón, dichas plántulas fueron almacenadas en arena fina, 20 días antes del trasplante, aplicándose un Diseño Completamente Al Azar (DCA), con 2 tratamientos y 4 repeticiones, demostrándose que, el sistema acuapónico logró los mayores valores para las variables altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco, longitud de raíces y rendimiento por hectárea en la producción del apio, superando al sistema convencional, no observándose diferencias significativas para el número de tallos. Asimismo, se demostró que el sistema acuapónico logró el mayor costo beneficio de la producción del apio, indicándose además que, existen servicios como la generación de productos de calidad y buen sabor, totalmente orgánica, suministrando proteína animal y biomasa vegetal, de mucha importancia en la seguridad alimentaria, social y económica de la población, siendo este tipo de tecnología, rentable y con un alto potencial comercial, lo que lo hace más eficiente y sustentable en comparación con los sistemas de producción convencional.

Palabras clave: Acuaponía, apio, eficiencia, sustentabilidad, cultivo convencional.

Abstract

836

Downloadable from: <http://revistas.unu.edu.pe>

Carretera Federico Basadre Km 6, Dirección de Producción Intelectual





The objective of the research was to evaluate the productive behavior of celery (*Apium graveolens*) cultivated in an aquaponic system and in a conventional system, which was developed in the facilities of the Aquaponic System belonging to the NGO INMED Andes, located in the Bilingual Higher Pedagogical Institute of Yarinacocha, San José highway 0.5 km, Yarinacocha district, Coronel Portillo Province, Ucayali Region. This aquaponic system was supported by the cultivation of *Piaractus brachypomus* "Paco", conditioned in breeding tanks, and the conventional system was made up of a ridge 1.2 m wide by 7 m long, to which the preparation of the ridge, the application of organic matter (chicken manure), proceeding to the transplant of the celery seedlings, to the aquaponic bed and to the ridge, said seedlings were planted in fine sand, 20 days before transplanting, applying a Completely Random Design (DCA), with 2 treatments and 4 repetitions, showing that the aquaponic system achieved the highest values for the variables plant height, stem diameter, fresh weight, root length and yield per hectare in production. of celery, surpassing the conventional system, not observing significant differences for the number of stems. Likewise, it was shown that the aquaponic system achieved the highest cost benefit of celery production, also indicating that there are services such as the generation of quality and good-tasting products, totally organic, supplying animal protein and vegetable biomass, of great importance in the food, social and economic security of the population, this type of technology being profitable and with a high commercial potential, which makes it more efficient and sustainable compared to conventional production systems.

Keywords: Aquaponics, celery, efficiency, sustainability, conventional cultivation.

Introducción

Las frutas y hortalizas juegan un papel de gran importancia dentro de la nutrición humana, fundamentalmente por el contenido de vitaminas, minerales y fibra dietética. Teniendo en cuenta las cantidades de nutrientes que son requeridos por los seres humanos cada año, podemos decir que la vitamina A y la vitamina C provienen mayoritariamente de estos grupos de frutas y hortalizas, al igual que la vitamina B6, magnesio, hierro, tiamina, niacina, (Yahía y Ellis, 2002). Se estima que dentro de cuarenta años la población en el mundo logrará los 9 mil millones de habitantes y la agricultura tendrá el gran desafío de satisfacer los requerimientos nutricionales

de esta población, necesiéndose desarrollar investigación en el cultivo de especies poco conocidos que permitan aumentar la cantidad y diversidad de alimentos disponibles para la alimentación de la población mundial (Schwember et al., 2014).

La zona de mayor producción de apio del Perú, está situada en el distrito de Súcota, del departamento de Cajamarca, y se estima que el área de cultivo es de 2000 a 3000 hectáreas. La temporada de siembra es en verano y otoño, y el ciclo de vida es de dos años, con una cosecha por cada temporada. Otros sectores de producción se encuentran en Lima (Rímac y Chillón, Tarma, Huaral-Chancay y Cañete) (Ugás et al., 2000).



Tomando en cuenta datos del MINAGRI (2014), en el 2013, la producción lograda en Lima alcanzó las 4675 toneladas y la producción de Lima Metrópolis (principalmente el Valle de Xiyong) alcanzó las 13499 toneladas, destinadas para cubrir la demanda nacional.

El apio presenta propiedades diuréticas, motivo por el cual se recomienda como tratamiento natural para controlar infecciones de orina o cistitis. Además, el apio muestra contenidos de vitaminas A, B1, B2, B6, B9, C y E, así como potasio, sodio, calcio, zinc, magnesio, hierro, azufre, fósforo, cobre y silicio, aceites esenciales y elementos fibrosos. También, presenta efectos antioxidantes, protector cardiaco, antibacteriano, diuréticos, antiinflamatorios, expectorantes, depurativos, sedantes, digestivos, estimulantes inmunológicos y analgésicos. Asimismo, presenta bajo contenido energético, conteniendo agua y sales minerales, resultando saludable y refrescante cuando se ingiere, aportando, además, potasio, relacionado al normal funcionamiento neurológico y muscular (EFSA, 2015). El apio presenta altos contenidos de aceites esenciales, que le imprimen un aroma característico a las ensaladas, sopas y en cualquier preparado en el cual se agregue los tallos y hojas de esta verdura, estos aceites esenciales ayudan a

aplacar los gases y los calambres intestinales (Moreiras et al., 2013)

La acuaponía es una técnica donde pueden producirse peces y hortalizas dentro de un solo sistema productivo. Es una mezcla entre un diseño de recirculación de acuicultura y un sistema hidropónico, en este sistema, las plantas obtienen directamente el mayor número de nutrientes que necesitan para crecer del efluente de la crianza de peces (Muñoz, 2012). La acuaponía es un sistema de simbiosis, un modelo de plan de seguridad alimenticia que mezcla la tecnología de la acuicultura con el cultivo de vegetales hidropónicos, fundamentado en obtener el mayor provecho de los nutrientes generados por todos los agentes que conforman el cultivo (bacterias, peces y plantas) los mismos que generan biomasa y al mismo tiempo ayudan a mantener saludable el ambiente de cultivo. En la actualidad, se ha convertido en un sistema usado con regularidad por su manejo sencillo a escala comunitaria, con perspectiva de género y diversificación, ya que genera productos de sanos de gran demanda en el mercado. Se considera un modelo de producción de alimentos ecológico y sostenible (Castillo et al., 2014 y Lobillo et al., 2014).

En un sistema acuapónico, las sustancias que se generan a partir de las excretas los

organismos hidrobiológicos (peces camarones, bivalvos) así como los que surgen por la desintegración de los desechos orgánicos por acción de los microbios, se absorben para ser usados como nutrimentos por los vegetales cultivados hidropónicamente (Roosta et al., 2011). Los excrementos de los peces sirven como sustento para las plantas, y la planta sirve como sistemas de filtración natural de los efluentes en los que crecen los peces, generándose un microecosistema en donde tanto vegetales como peces pueden desarrollarse de manera satisfactoria (Nelson, 2008). La acuaponía se considera como una opción ideal para resolver diversos problemas de los acuicultores en especial, se puede reciclar el agua que contiene nitrógeno, para cubrir las necesidades de los vegetales (Mateus, 2009). Sin embargo, se conoce poco sobre el comportamiento productivo de las hortalizas que se cultivan en la región bajo un sistema acuapónico, y en especial el cultivo de apio, motivo por el cual, se comparó la producción del apio (*Apium graveolens*) cultivado en un sistema acuapónico y en un sistema convencional.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en las instalaciones del sistema de acuaponía

perteneciente a la ONG INMED Andes, ubicada en el Instituto Superior Pedagógico Bilingüe de Yarinacocha, ubicado en la carretera San José 0,5 km, Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, ubicándose en las siguientes coordenadas UTM: 18L 545560.30 m E; 9076996.65 m S, a una elevación de 155 m.

La cama de cultivo acuapónico tuvo una dimensión de 7 metros de largo y 1,20 metros de ancho teniendo un total de 8,4 m², construidas con material noble, y con un sustrato constituido por graba de 0,5 cm de diámetro, homogéneamente distribuidas. El agua proveniente de los tanques de crianza de peces, se distribuyó mediante tuberías de manera uniforme en todas las camas, con la ayuda de una bomba periférica de 2 HP, para lo cual se programó el timer para bombear 15 minutos y apagarse 45 minutos consecutivamente.

La cama con graba, presento un sistema de regadío, alimentado con el efluente provenientes de los tanques de cultivo de peces de la especie *Piaractus bachipomus* (Paco), impulsado por una bomba periférica de 2 HP. El efluente conteniendo las sustancias nutritivas fue distribuida a través de tuberías de PVC de 2 pulgadas de diámetro, de manera uniforme en todas las camas, para el enriquecimiento continuo de

las camas de cultivo con sus excretas y así favorecer el desarrollo de las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.) (Colagrosso, 2014), creando las condiciones óptimas para la siembra de las plantas.

Para el sistema convencional, se procedió a seleccionar un área de cultivo cercano a las instalaciones del sistema acuapónico; para luego preparar una cama elevada (camellón) de 7 m x 1,2 m y 10 cm de alto. Sobre el camellón se procedió a aplicar 50 kg de abono orgánico (gallinaza descompuesta), se homogenizo el abono con el suelo, para realizar el trasplante.

Las semillas del apio se adquirieron como producto comercial, en presentaciones de sobre de 100 g, de la marca Ortus®. Se realizo pruebas de germinación obteniéndose un 98% de plantas germinadas. Las semillas de apio se sembraron en el almacigo de arena fina utilizando el método de sembrado de chorro continuo, en pequeñas hileras de 5 cm entre hileras, las cuales se almacenaron por 20 días después de germinado, periodo en la cual las plántulas alcanzaron 15 cm de altura, momento en el cual se transplantaron a las camas en el sistema acuapónico y en el sistema convencional.

Se sembró un total de 140 plantas de apio por sistema de cultivo, a un distanciamiento de 0,20 m x 0,30 m, para un total de 8,4 m², tanto para el sistema acuapónico, como para el sistema convencional.

Los datos obtenidos de la investigación fueron analizados en un diseño completo al azar, con un nivel de confianza de 95%, asimismo, se utilizó una prueba de promedios de Tukey.

Resultados y discusión

A. *Altura de planta, diámetro de tallo, numero de tallos, longitud de raíces.*

La tabla 1, muestra la prueba de promedios de Tukey, para la altura de planta, diámetro de tallo, numero de tallos, longitud de raíces, a los 150 días de trasplantados.

Los valores de la prueba de promedios de Tukey para la altura de plantas de apio demuestran que las plantas cultivadas en el sistema de acuaponía lograron promedios óptimos de 56,38 cm en comparación con las plantas del sistema convencional, el cual logros promedios de 47,74 cm. Asimismo, las plantas de apio en el sistema de acuaponía lograron mayores promedios de diámetro de tallo (47,57 mm), evidenciándose diferencias significativas en comparación con el sistema convencional, los cuales lograron un diámetro de tallo de 32,08 mm. Para el número de tallos por

planta, tanto los apios cultivados en el sistema acuapónico y convencional no expresaron diferencias significativas. Las plantas en el sistema acuapónico lograron

mayor longitud de raíces (16,85 cm) respecto a las plantas cultivadas en el sistema convencional, el cual logro longitudes de raíces de 12,02 cm.

Tabla 1

Altura de planta, diámetro de tallo, numero de tallos, longitud de raíces, a los 150 días de trasplantados.

Trat.	Descripción	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de tallo	Longitud de raíces (cm)
1	Sistema acuapónico	56.38 a	47.57 a	17.56 a	16.85 a
2	Sistema convencional	47.74 b	32.08 b	15.72 a	12.02 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Al respecto, Meza (2018) determinó la respuesta de tres técnicas hidropónicas (NFT, Raíz Flotante, Grava) en la producción de lechuga usando el efluente de tilapia, obteniéndose que el método de siembra en raíz flotante demostró un promedio más elevado en el peso de la materia fresca con raíz, diámetro de masa foliar y longitud de raíz, comparado con los otros métodos de cultivo hidropónico, siendo la técnica de cultivo en grava, la que logró mayor altura de planta, asimismo, Carrión y Córdova (2020) determinaron la eficacia de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) para el desarrollo y rendimiento de *Lactuca sativa* (Lechuga), concluyéndose que los efluentes favorecieron el crecimiento y producción de la lechuga.

Asimismo, Ortiz y Martínez (2015) estudiaron el desarrollo del apio (*Apium*

graveolens) y acelga (*Beta vulgaris*) desarrollados bajo dos densidades en un sistema con peces japoneses dorados (*Carassius auratus*), demostrándose que las acelgas muestra mayor desarrollo y peso en comparación con el apio, siendo la densidad de siembra un factor importante ya que las plantas de apio y acelga con mayor densidad de siembra presentan menor altura y peso en comparación con las de menores densidades. Ronzón et al. (2015) estudiaron tres sistemas de producción de verduras como arrúgala (*Eruca vesicaria*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), en combinación con el cultivo semi-intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*), para comprobar su adaptación y eficacia productiva, demostrándose que el desarrollo de los tres tipos de vegetales (longitud del tallo, cantidad de hojas y ramas), en un sistema acuapónico con sustrato inerte



poroso, y con lluvia sólida como sustrato fijo, fueron eficientes, mientras que el culantro cultivado en sistema acuapónico con lluvia sólida como sustrato fijo tuvieron el mejor crecimiento.

Gamarra y Mija (2020) afirman que gran parte de los vegetales podrían adecuarse al cultivo en un sistema de acuaponía, teniendo algunas consideraciones importantes como el balance de nutrientes y la óptima acción simbiótica entre el componente animal (peces) y el componente vegetal (cultivos), y la capacidad de remoción de nutrientes por los vegetales dependerá de la especie, tamaño y edad, indicando, además que, la acuaponía es una de las pocas técnicas de cultivo que garantiza la eliminación de contaminantes, reducción de costos de producción y posibilidad de aumentar la rentabilidad, ofreciendo un equilibrio

sostenible, garantizando un buen estado de cultivo controlado al proporcionar un mejor control de calidad del agua, uso reducido del agua, gestión mejorada de residuos y reciclaje de nutrientes, siendo estas investigaciones, concordantes con los resultados alcanzados con este estudio, ya que, el cultivo en sistema acuapónico con efluentes de paco, favorecen positivamente el desarrollo de las plantas, demostrándose que las bondades que provee el sistemas acuapónico a los cultivos de hortalizas favorece significativamente el desarrollo de estas.

B. *Peso fresco y rendimiento del apio.*

La tabla 2, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso fresco y el rendimiento del apio a los 150 días de transplantado.

Tabla 2

Peso fresco y el rendimiento del apio a los 150 días de transplantado.

Tratamiento	Descripción	Peso fresco (g)	Rendimiento (kg/ha)
1	Sistema acuapónico	274.99 a	22 915 a
2	Sistema convencional	123.93 b	10 327 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Los valores de la prueba de promedios de Tukey para el peso fresco por planta demuestran que, los apios cultivados en el sistema acuapónico alcanzaron el mejor promedio (274.99 g por planta), mostrando diferencias significativas con respecto al peso fresco de las plantas cultivadas

convencionalmente, los cuales lograron un peso fresco de 123.93 g por planta. Las plantas cultivadas en el sistema acuapónico lograron los mejores rendimientos por hectárea (22 915 kg/ha), los cuales evidencian diferencias significativas en comparación a las plantas cultivadas en el



sistema convencional, los cuales solo lograron un rendimiento por hectárea de 10 327 kg/ha.

Al respecto, Jiménez (2020) indica que el sistema acuapónico es una tecnología que combina la agricultura de hortalizas sustentado por el agua conteniendo nutrientes provenientes de los cultivos de organismos hidrobiológicos. Estos sistemas integrales pueden promover el desarrollo de la colectividad, la economía y el ecosistema en lugares afectados por la contaminación, escasez de alimentos nutritivos y saludables, especialmente en comunidades marginadas, también en actividades comerciales, mediante la optimización del espacio y la reutilización del agua, adaptándose a las

condiciones de espacio, clima, recursos, componentes, peces e incluso los vegetales a cultivar, demostrándose, en la presente investigación, que el sistema acuapónico logró un rendimiento del apio por hectárea superior al sistema convencional, sino que también aporta otros beneficios de vital importancia para la agricultura moderna que busca una optimización en el proceso productivo agrícola y acuícola.

C. Evaluación del costo beneficio del cultivo de apio en el sistema acuapónico y convencional.

La tabla 3, describe el estudio de costo beneficio de la producción de apio en el sistema acuapónico y convencional.

Tabla 3

Evaluación del costo beneficio del cultivo de apio en el sistema acuapónico y convencional.

Tratamientos	Número de plantas por tratamiento	Costo por planta (S./)	Ingresos por el total de plantas (S./)	Costo de cultivo (S./)	Ganancia neta (S./)
Sistema acuapónico	140	2	280	235.00	45.00
Sistema convencional	140	2	280	466.00	-186.00

La tabla 3, demuestra que, teniendo en cuenta la cantidad de plantas de apio trasplantado en cada sistema de cultivo y teniendo en cuenta el costo de cada planta de apio en el mercado, el cual es 2 soles, en ambos casos se observa una ganancia total de 280 soles, sin embargo, al calcular la ganancia neta, restando el costo del cultivo e

ingreso total, se demuestra que el sistema acuapónico obtuvo una ganancia neta de 45.00 soles, el cual fue superior a la ganancia neta obtenida en el sistema convencional, el cual fue de -186.00 soles, observándose pérdidas económicas en el sistema convencional.



Ramírez et al. (2008) afirma que la acuaponía supone una tecnología de producción compatible con el medio ambiente, porque promueve el reciclaje de los desechos producidos por los organismos hidrobiológicos, los cuales son utilizados para promover el desarrollo de las plantas, requiriendo menor cantidad de agua y generando muy pocos desechos. Adicionalmente, debido a que es incompatible el uso de agroquímicos, los cuales son mortales para los peces, la acuaponía se lleva a cabo sin uso de pesticidas, de manera orgánica, si es que se alimentan a los peces con este fin, incrementando el valor de los alimentos originados en estos sistemas de producción (Lennard, 2004). De igual manera, los sistemas acuapónicos, podría producir peces y vegetales frescos, de manera continua, generando recolectas cada semana (Wilson, 2005), por este motivo, Tapia (2018) afirma que los sistemas acuapónicos son fáciles de construir y manejar en espacios limitados en las ciudades, para poder generar productos de calidad y buen sabor, totalmente orgánica, brindando recursos económicos, suministrando proteína animal y biomasa vegetal, causando una impacto positiva en la seguridad alimentaria, social y económica de una familia, ya que este tipo de tecnología, aparte de ser rentable y con un alto potencial

comercial, se podría considerar como tecnologías efectivas para el crecimiento sostenible de las zonas urbanas, siendo estos beneficios que nos brinda la producción acuapónica, lo que lo hace más eficiente y sustentable en comparación con los sistemas de producción convencional, brindando más ventajas que el solo hecho de los ingresos económicos que se puedan obtener de los cultivos de plantas.

Conclusiones

- En el sistema acuapónico se logró los mayores valores para las variables altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco, longitud de raíces y rendimiento por hectárea en la producción del apio (*Apium graveolens*).
- El sistema convencional logró los menores valores para las variables altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco, longitud de raíces y rendimiento por hectárea en la producción del apio (*Apium graveolens*), no observándose diferencias significativas para el número de tallos.
- Se demostró que el diseño de acuaponía logró el mayor costo beneficio en la producción del apio (*Apium graveolens*), indicándose además que, existen servicios como la generación de productos de calidad y buen sabor, totalmente orgánica, suministrando





proteína animal y biomasa vegetal, de mucha importancia para la seguridad alimentaria, social y económica de la población, siendo este tipo de tecnología, rentable y con un alto potencial comercial, haciéndolo más eficiente y sustentable en comparación con los métodos de producción tradicionales.

Agradecimiento

Al Instituto Superior Pedagógico Bilingüe de Yarinacocha, y a la ONG INMED Andes, por proveer las instalaciones del Sistema Acuapónico para el desarrollo de la investigación.

Referencias bibliográficas

- Carrión Chininín, O., Córdova López, C. (2020). Sistema acuapónico a partir de efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) para cultivo de *Lactuca sativa* (Lechuga) en la región Lambayeque. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. Chiclayo, Perú, 2020. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50242/Carrión_CO%20.%20Cordova_LC%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castillo, E.N., Escalera, C.I.M., Grao, C.E.M., López, D.E.M., Castellano, S.D. (2014). Sistema de Acuaponía. IES San Fulgencio, Écija (Sevilla), PICP (Proyecto Integrado de Carácter Práctico, ciencias de la salud 1° BTO). Disponible en: <http://lospecesmolanmucho.blogspot.com/>
- Colagrosso, A. (2014). Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala. Recovered: <http://es.calameo.com/read/00536860803513b156f19>
- EFSA. (2015). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin E as α -tocopherol. EFSA Journal 2015;13 (7):4149.
- Gamarra Alcántara, J.C., Mija Huamán, E. (2020). Comparación de eficiencia en la remoción de nitratos usando distintas especies vegetales en un sistema acuapónico. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Lima, 2020. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3218/Jose_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Jiménez Márquez, O. (2020). Acuaponía: Una forma potencial y sustentable de cultivar de manera eficiente y sustentable alimentos. III Congreso Virtual Internacional sobre Economía Social y Desarrollo Local Sostenible, Febrero, 2020. Disponible en: <https://www.eumed.net/actas/20/economia-social/26-acuaponia-una-forma-potencial-y-sustentable-de-cultivar.pdf>
- Lennard, W.A. (2004). Aquaponics research are RMIT University, Melbourne Australia. AquaponicsJournal. Número 35:18-24, cuarto trimestre
- Lobillo, J.R., Fernández Cabanás, V.M., Carmona, E., Cándón, F.J. (2014). Manejo básico y resultados



- preliminares de crecimiento y supervivencia de tencas (*Tinca tinca* L.) y lechugas (*Lactuca sativa* L.) en un prototipo acuapónico. Publicado en ITEA-Información Técnica Económica Agraria, 110 (2), 142-159.
- Mateus, J. (2009). Acuaponía: hidroponía y acuacultura, sistema integrado de producción de alimentos. En: RED hidroponía. Boletín No. 44 (2009); p7-10.
- Meza Arroyo, M. 2018. Comportamiento de tres técnicas de cultivo hidropónico con lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema acuapónico - Echarati - La Convención- Cusco. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Agronomía Tropical. La Convención, Cusco. Disponible en: http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/3765/2_53T20180302_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2014). Recuperado el 04 de junio de 2015. Disponible en: <http://www.ins.gob.pe/repositorioaps/0/0/not/temdif24148/VMPA%2020140925%20Exposicion%20INSM%20INSA%20agricultura%20familiar%20en%20el%20Per%20C3%BA.pdf> (En línea, sitio web). Consultado 6 Jun.2019. Disponible: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2102/H10-M373-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Moreiras et al. (2013). Tablas de Composición de Alimentos. Ingestas Recomendadas/día para hombres y mujeres de 20 a 39 años con una actividad física moderada. 2013. (En línea, sitio web). Consultado 5 May.2019. Disponible. En <http://www.fen.org.es/mercadofen/pdfs/apio.pdf>
- Muñoz, G. (2012). Sistemas de Recirculación Acuaponico. Informador Técnico (Colombia) Edición 76, Pág. 123 – 129.
- Nelson, L.R. (2008). Aquaponics food production. Raising fish and profit. First Edition. Virgen Islands. Nelson and Pade, Inc., 2008. 218p. ISBN 978-0-977969616
- Ortiz Cortés, L.Y., Martínez Yañez, A. del R. (2015). Crecimiento de hortalizas en sistemas acuapónicos. Jóvenes en la Ciencia Vol. 1 no. 2, Verano de la Investigación Científica, 2015. Disponible en: <https://www.jovenesenlaciencia.ugt.o.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/378/pdf1>
- Ramírez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., Hurtado Giraldo, H. (2008). La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Revista Facultad de Ciencias Básicas. ISSN 1900-4699, Volumen 4, Número 1, Páginas 32-51, 2008.
- Roosta, HR; Hamidpour. 2011. Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. En: Scientia Horticulturae. Vol. 129, No. 3 (2011); p396-402.
- Ronzón Ortega, M., Hernández Vergara, M.P., Pérez Rostro, C.I. (2015). Producción acuapónica de tres hortalizas en sistemas asociados al cultivo semi-intensivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*). Agro Productividad. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/Agroproductividad/2015/vol8/no3/5.pdf>





Schwember, A., Segura, P., Contreras, S. (2014). Caigua, cucurbitácea nativa con potencial hortícola. *Agronomía y Forestal*, 50:15-17. Recovered of http://agronomía.uc.cl/component/com_sobipro/Itemid,232/pid,1607/sid,1615/

Tapia Díaz, C.G. (2018). Rediseño de reactores acuapónicos unifamiliares para el autoconsumo. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Universidad Internacional SEK. Facultad de Ciencias Ambientales. Quito, 2018. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3090/1/TESIS%20Final%20corregida%20%20ACUAPONIA%20TAPIA%202018.pdf>

Ugáz, R., Siura, S., Delgado de la Flor, F., Casas, A., Toledo, J. (2000). Datos básicos de hortalizas: Caigua. Recovered of <http://lamolina.edu.pe/hortalizas/Datosbasicos.html>

Wilson, G. (2005). As I see it. *Business Week* backs urban fish farms, rooftop gardens, but misses the aquaponics connection. *Aquaponics Journal*. Número 36:43, primer trimestre

Yahía, E.M., Ellis Irigoyen, L. (2002). Frutas y hortalizas en la nutrición humana. *Revista Horticultura. Consumo y Salud*. Copyright Ediciones de Horticultura S.L. Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/images/51/301/51301.pdf>

