

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**“Sistema acuaponico como alternativa sustentable para la agricultura y la piscicultura actual”**

Por:

Gabriela Azalia Garcia Castillo  
Danahí Raquel Pérez Peñaloza

Asesor:

Mg. Hugo Joel Fernández Rojas

**Lima, diciembre de 2019**

**DECLARACIÓN JURADA  
DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Mg. Joel Hugo Fernández Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "SISTEMA ACUAPONICO COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA LA AGRICULTURA Y LA PISCICULTURA ACTUAL" constituye la memoria que presenta la estudiante Gabriela Azalia Garcia Castillo y Danahí Raquel Pérez Peñaloza en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, el 02 de diciembre del año 2019.



---

Mg. Joel Hugo Fernández Rojas

“Sistema acuaponico como alternativa sustentable para la agricultura  
y la piscicultura actual”


## TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado Académico de Bachiller en  
Ingeniería Ambiental


### JURADO CALIFICADOR

  
PhD. Leonor Segunda-Bustinza Cabala  
Presidente

  
Mg. Iliana del Carmen Gutierrez  
Rodriguez  
Secretario

  
Dr. Alex Ruben Huaman de la Cruz  
Dictaminador

  
Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga  
Dictaminador

  
Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas  
Asesor

Lima, 02 de diciembre de 2019

## **Sistema acuaponico como alternativa sustentable para la agricultura y la piscicultura actual**

### **AQUAPONIC SYSTEM AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR AGRICULTURE AND CURRENT FISH FARMING**

DANAHÍ RAQUEL PÉREZ PEÑALOZA§\*, GABRIELA AZALIA GARCIA CASTILLO§

Recibido: 28 octubre de 2019 / Aceptado: 31 octubre de 2019

§EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.

#### **Resumen**

La acuaponía es un sistema que consiste en la integración de métodos de producción de animales acuáticos como la piscicultura y vegetales a través de la hidroponía, que busca fuentes alternativas sustentables para contrarrestar uno de los más grandes problemas de escases de alimentos. Esto debido al incremento de la producción pesquera mundial en las últimas cinco décadas y el suministro de peces comestibles ha aumentado a una tasa media anual del 3.2%, superando así la tasa de crecimiento de la población mundial del 1.6%, esto se ha visto propiciado por la fuerte expansión de la producción pesquera y mayor eficacia de los canales de distribución. Por ello, este artículo tiene como objetivo analizar el sustento de la literatura científica sobre el sistema acuapónico, sus valiosos resultados en la producción sustentable agrícola y acuícola simultáneamente, de modo que incremente la eficiencia del agua y reducción del impacto ambiental. Además, disminuye los costos de producción de manera eficiente de los recursos e incrementar la rentabilidad económica conforme a los principios de reciclaje de agua y aprovechamiento de nutrientes, ya que estos últimos son excretados por animales acuáticos y beneficiados por las plantas. Estudios llevados en el ámbito nacional e internacional demostraron que este sistema ofrece alternativas sustentables con la aplicación de este sistema hidropónico. Por tanto, concluimos que se puede obtener un sistema de producción de alimentos que incorpora dos o más componentes como peces, vegetales o plantas, en un diseño basado en la recirculación de agua como una alternativa sostenible en la agricultura y la piscicultura actual.

**Palabra clave:** Acuaponía; sistema re circulable; alternativa sustentable; agricultura.

#### **Abstract**

Aquaponics is a system that consists of the integration of methods of production of aquatic animals such as fish farming and vegetables through hydroponics, which seeks sustainable alternative sources to counteract one of the biggest problems of food shortages. This due to the increase in world fisheries production in the last five decades and the supply of edible fish has increased at an average annual rate of 3.2%, thus exceeding the world population growth rate of 1.6%, this has been propitiated due to the strong expansion of fisheries production and greater efficiency of distribution channels. Therefore, this article aims to analyze the sustenance of the scientific literature on the aquaponic system, its valuable results in sustainable production, increasing water efficiency and reducing environmental impact. In addition, it reduces production costs efficiently and increases economic profitability in accordance with the principles of water recycling and nutrient utilization, since the latter are excreted by aquatic animals and benefited by plants. Studies carried out nationally and internationally have shown that this system offers sustainable alternatives with the application of this hydroponic system. Therefore, we conclude that a food production system can be obtained that incorporates two or more components such as fish, vegetables or plants, in a design based on the recirculation of water as a sustainable alternative in agriculture and fish farming.

Keyword: Aquaponics; recyclable system; sustainable alternative; farming.

\*Correspondencia de autor: km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima. E-mail: [danahiperez@upeu.edu.pe](mailto:danahiperez@upeu.edu.pe)

## INTRODUCCIÓN

En el 2000-2012, la producción de la acuicultura mundial se expandió a una tasa promedio anual del 6,2%, la producción acuícola mundial de 66,7 millones de toneladas en 2012, superando la tasa de crecimiento de la población mundial de 1,6%. Se estima que la acuicultura representaría el 62% del suministro de pescado del mundo para el consumo humano en 2030 (Mundial, 2012). Por lo tanto, la expansión de la acuicultura depende ahora en el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías para intensificar el cultivo de peces y aumentar al máximo la reutilización del agua y nutrientes, y la minimización de los impactos ambientales.

Desde 1930 la acuicultura es probablemente el sistema de mayor crecimiento del sector de producción de alimentos, representando casi el 50% hasta la actualidad a nivel mundial, constituyendo una fuente de mayor potencial para satisfacer la gran demanda de alimentos. Según Rakocy et al. (1993) cuando los peces se cultivan, solo una pequeña porción de alimentación que convierte del 25 al 30% de energía utilizable. El equilibrio de nutrientes se excreta en las fracciones sólidas y disueltas, los mismos que se acumulan en los sistemas de recirculación con bajo intercambio de agua. En los sistemas de producción acuapónicos, el efluente acuícola se encuentra enriquecida con desechos orgánicos producidos por los organismos acuáticos, que son aprovechados como fuente de nutrimentos por las plantas (Gomez, Ortega, Trejo, op. cit, 2015).

La acuicultura participa en la producción pesquera de México con un promedio de 15.8% de la producción nacional, es decir 239.17 mil toneladas, con una tasa media de crecimiento anual de 3.3% (INAPESCA, 2013), sin embargo este crecimiento acelerado del sector, “ha ocasionado fuerte presión sobre los recursos agua y suelo, e incremento del impacto ambiental” (Dediu et al., 2011), debido a la mayor cantidad de desechos que se descargan a las aguas usadas para la producción, semejante a la usada en la producción de cultivos hidropónicos, dando pie a diseñar sistemas alternativos de producción como la acuaponía. Es así como se realizan pruebas y sistemas experimentales y granjas comerciales de acuaponía.

La acuaponía es un sistema de producción sustentable, que permite acoplar la producción de peces (piscicultura) con la producción de hortalizas o plantas ornamentales en agua, sin uso de tierra como la hidroponía; con bajos costos y altos índices de rentabilidad económica (Cutíño, Imeroni y Zansano, 2018).

Moreno y Zafra (2014) en su investigación acerca del sistema acuapónico afirman que para el crecimiento de las plantas se utiliza tres tipos de técnicas: Sistema de solución nutritiva recirculante (SNFT), sistema de raíces flotantes y sistema de camas de grava. Este sistema SNFT consiste en obtener una circulación constante de una lámina delgada de solución nutritiva que fluye por medio de las raíces del cultivo, considerándose un sistema cerrado que consta de un tanque para cultivo de peces, un clasificador o filtro de sólidos, biofiltro y de camas de desarrollo para plantas, sistema de bombeo de agua y sistemas de aireación interconectados, de tal manera, que el agua enriquecida en nutrientes pasa del tanque de peces al clasificador, donde se eliminan gran parte de las partículas. Luego el flujo pasa al biofiltro de gran superficie, que le permite alojar una gran cantidad de bacterias que convierten el amonio en nitrosomas y otras nitrobacter en nitratos, fenómeno de gran utilidad en cultivos. Por tanto, las plantas son capaces de aprovechar eficientemente los nitratos.



**Figura 1** Procesos de descomposición de la materia orgánica en nutrientes para ser absorbidos por las Plantas.

Los sistemas integrados utilizan agua más eficientemente a través de las actividades de interacción de los peces y las plantas. El incremento de agua a un tanque de peces para satisfacer las necesidades de oxígeno depende del consumo de oxígeno de los peces, la concentración de oxígeno en el agua de entrada y la acumulación aceptable más baja en el agua de salida (Lekarg, 2007), por tanto, resulta eficiente emplear este sistema, para lograr un crecimiento óptimo de la producción sustentable.

El presente artículo, tiene como objetivo evaluar el Sistema acuaponico como alternativa sustentable para la agricultura y piscicultura, esto debido a que la demanda acelerada del sector ha desencadenado una fuerte competencia por los recursos naturales (tierra, agua) y un incremento en el impacto ambiental (Naylor, et al, 2000), por la cantidad de desechos

descargados, ya que la acuicultura como otros sectores de producción animal generan grandes cantidades de desechos responsables del deterioro en la calidad del agua en un sistema de producción, y en algunos casos el nivel es mayor, llegando a ser manejados en las soluciones de nutrientes utilizadas en los sistemas de producción hidropónica (Endut et al., 2010)

En Mexico Villalobos, R. y Gonzales, E. (2016) desarrolló un sistema de acuaponía diseñado para determinar la relación pez-planta útil para la producción de tomate, en tanques con 450 L de agua, se sembraron alevines de tilapia con peso individual inicial de 0.45 g en tres densidades 120, 80 y 40 peces m<sup>-3</sup>, los mismos que fueron alimentados diariamente a una tasa del 7% de peso corporal por pez. En Colombia, se evaluó un sistema acuapónico de *Carrasius auratus* “golffish” y *Lactuca sativa* “lechuga” observándose un bajo crecimiento en peces pero una supervivencia del 80%, con respecto al crecimiento de la lechuga fue menor en los sistemas acuapónicos. En otros países se investigaron el efecto de dos tratamientos de agua en la producción de lechuga en base a dos sistemas hidropónicos en piscicultura: El SNFT y raíces flotantes con dos niveles de fertilización de agua con nitrato de sodio, logrando un tratamiento NFT fertilizado con alto índice de altura en comparación con otros tratamientos. En el Perú, las investigaciones son generalmente en hidroponía, más no en acuaponía, constituyendo una alternativa sustentable y ventajosa, para el desarrollo de este sistema acuapónico.

## **ACUAPONIA COMO SISTEMA AGROALIMENTARIO SUSTENTABLE**

Desde 1930 este sistema se ha venido desarrollando, con el cultivo de peces en arrozales y en los sistemas estanques – cerdos (Ahmad, 2003), China lo ha utilizado en el cultivo de peces arrozales, gramíneas, sistemas complejos de actividades múltiples integrados con la piscicultura (Yang et al. 2003), los aztecas mediante la crianza de peces ajunto a las cosechas. Los mismos que construían islas artificiales denominadas “chinampas”, pantanos y lagos someros, plantando en ellos maíz, zapallo y otras plantas, utilizando canales navegables que rodeaban las islas, los cuales fueron utilizados para la crianza de peces. (Matus et al., 2009), la combinación de dos elementos en la acuaponía surge de la necesidad de dar solución a problemas de suministro de alimentos (ArroyoPadilla, 2012), ya que no permite la utilización de productos fitosanitarios, como bactericidas, fungicidas, insecticidas ni herbicidas (Iturbide-Dormon, 2008; AguileraMorales et al., 2012; Borrero et al., 2013), obteniendo un producto con alto grado de inocuidad y con una de las formas de producción agrícola más sustentables para la agricultura y piscicultura.

Gómez, F., Ortega, N., Trejo, L. op cit. (2015) afirma que la acuaponía es un sistema alternativo de producción que fortalecen y consolidan la actividad pesquera y acuícola, que promueve la diversificación y tecnificación, de manera eficiencia productiva y sustentable”; en estos sistemas de producción acuapónicos, el efluente acuícola se encuentra enriquecido con desechos orgánicos producidos por los organismos acuáticos, que son aprovechados como fuente de nutrimentos por las plantas. “Las raíces actúan como biofiltros que le

permiten “limpiar” el agua para poder reusarla para los animales acuáticos, constituyendo una integración de sistemas acuícolas” (Muñoz-Gutiérrez, 2012); Moreno y Zafra (2014) utilizaron un sistema acuaponico de cinco tubos PVC con capacidad de 50 lechugas, con la técnica de solución nutritiva circulante (NFT). Asimismo, McMurtry et al (1997) determina que “el desarrollo del sistema acuapónico con tilapias y tomate, fue una de las principales fortalezas de esta tecnología innovadoras adaptadas a la pequeña o gran escala”, ArroyoPadilla (2012) menciona que “esta tecnología surge de la necesidad de solucionar problemas de suministro de alimentos sustentables” de manera que contribuyan con el desarrollo de la agricultura y piscicultura.

A su vez Nieve y Ghaly (2008) informó que “el rendimiento de los cultivos era significativamente influenciada por la cantidad de semillas, siendo el principal mineral de crecimiento limitante el nitrógeno y con mayores tasas de crecimiento y rendimiento cuando el nitrógeno se administra como combinación de amonio y nitrato.

## PLANTAS ADAPTADAS AL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN ACUAPONICO

Según (Muñoz Gutiérrez, 2012) la selección de especies vegetales adaptadas a los cultivos hidropónicos está directamente relacionada con la densidad de población en los tanques de peces y la concentración de nutrientes de los efluentes acuícolas, por lo tanto es importante conocer o determinar la relación pez-planta, (González Pérez, 2016) expone que la relación 20:1 en comparación con las relaciones 10:1, 30:1 tuvo un buen desarrollo vegetativo respecto al número de frutos y longitud de tallo de las plantas de tomate

“*Lycopersicon esculentum* L.”, con efluente del cultivo de Tilapia “*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*” sin embargo los nutrientes del efluente no cumplieron con el requerimiento nutricional del Tomate, es por ello recomendaron el suministro complementario de K, Ca, Fe, y otros nutrimentos, dado que su concentración debe satisfacer la demanda de nutrimentos requeridos durante el crecimiento de los peces y las plantas.

Dado que el tomate es una planta que produce fruto, muestra una mayor demanda nutricional tal como los pepinos, los pimientos, entre otros. En tal sentido (Muñoz Gutiérrez, 2012) afirma que la lechuga, espinaca, cebolletas y la albahaca (entre otras), tienen bajos requerimientos nutricionales, es por ello que se adaptan a los sistemas de recirculación de acuaponía con mayor facilidad.

Al respecto (Hu et al., 2015) afirmo que la selección de especies de plantas es importante para la recuperación de nitrógeno, su investigación se basó en el Tomate “*Lycopersicon esculentum* L.” y el Pak Choi “*Brassica rapa* subsp. *chinensis*”, en el cual la absorción de nitrógeno por el tomate fue mayor evitando la acumulación de Nitrato (NO<sub>3</sub>), es por ello se determinó que tenía influencia significativa sobre la transformación de nitrógeno.





**Figura 2** Plantas de hoja comúnmente cultivadas en Acuaponía.



**Figura 3** Plantas de frutas comúnmente cultivadas en Acuaponía.

## PECES ADAPTADOS AL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN ACUAPONICO

Para el cultivo acuícola, los organismos que toleran condiciones de altas densidades, y enfermedades, son los más utilizados en la acuaponía, además de ello, según (Candarle, 2011) debe tratarse de organismos que presenten un buen desarrollo en espacios reducidos y cierta tolerancia a los compuestos nitrogenados; a causa de que estos se encuentran en constante riesgo de incrementarse ante eventuales circunstancias de exceso de desechos acuícolas. Sin embargo existen varias especies comestibles y ornamentales que brindan valor agregado al sistema, siendo así que han sido cultivadas de manera exitosa, una de ellas y la más empleada, también usada en el Perú es la *Oreochromis niloticus* “Tilapia” según (Caceres Guarniz, 2013) ya que posee características de resistencia a cambios de temperaturas y Ph.



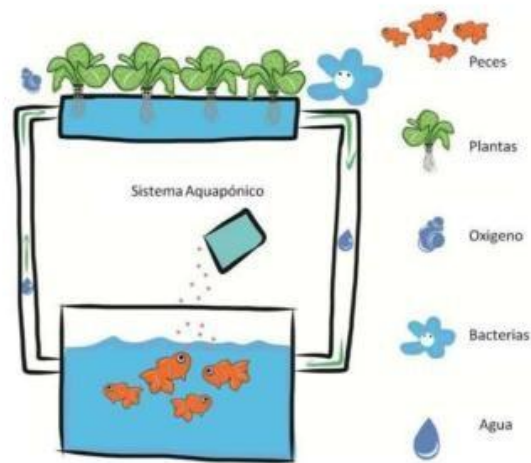
**Figura 4.** Especie *Oreochromis niloticus* "Tilapia"

(Muñoz Gutiérrez, 2012) mencionan que también se incluyen híbridos de tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum* X *Oreochromis mosambicus*); carpa (*Cyprinus carpio*); híbridos de carpa (*Ctenopharyngodon idella* X *Aristichthys nobilis*); goldfish (*Carassius* sp.) y trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), como especies adaptables al sistema. No obstante también se han utilizados algunas especies de crustáceos como *Cherax quadricarinatus*.

### **SISTEMA DE RECIRCULACIÓN**

Azizah, A., Jusoh, op. cit. (2009) determina:

El Sistema de acuaponía Recirculación (RAS) es una tecnología satisfactoria en la integración de los peces y la producción de plantas hidropónico, donde el agua acuícola, enriquecido en nutrientes se utiliza en el crecimiento de plantas, las mismas que se utilizan como filtros de bio para la regeneración de agua. La acumulación de nutrientes en los sistemas de recirculación está compuesta de nitratos y fosfatos, la eliminación de estos nutrientes mejora la calidad de fuente fi ef y la de los peces.



**Figura 5** Sistema acuapónico convencional.

Sin embargo, para evaluar el rendimiento global del sistema, se obtuvieron datos del crecimiento de pescado y alimentación. Los datos de alimentación incluyen la tasa de alimentación, cantidad de peso, número de alimentación por día; alimentar cantidad por tanque por día, alimentación total x día y piensos proteína. Pez (10%) se obtuvieron del depósito de cultivo, para medir su longitud y peso corporal a fin de estimar la tasa de crecimiento de los peces. Se controló el crecimiento de los peces a partir del momento de acopio hasta el momento de la cosecha. El muestreo de peces en los sistemas de engorde de juveniles se realiza sobre la base semanal para la supervivencia y el peso medio.

Por otro lado, Muñoz, M. (2012) demuestra:

El sistema de producción acuapónico, es un sistema biointegrado que une la acuicultura de recirculación y la producción hidropónica de plantas, donde los nutrientes que son excretados de forma directa por los peces o generados por las reacciones microbianas sobre los desechos orgánicos, son absorbidos por las plantas cultivadas hidropónicamente. La utilización de este sistema posee ventajas sobre los sistemas de recirculación en acuicultura y los sistemas hidropónicos que utilizan nutrientes inorgánicos.

Los parámetros de producción según Ridha y Cruz (2011) se determina:

De acuerdo al control de crecimiento de las plantas, semanalmente, midiendo la altura de las plantas en este caso de espinacas en un 0,5 m<sup>2</sup> área de siembra acompañada por el conteo de número de brotes, cosechándose a una altura de 45 a 50 cm. Cada cubeta creciente se limpia, se mide y registra la biomasa de las plantas.

En dicho sistema se implementó tres unidades acuaponicas idénticas, ya que cada unidad consistía de un estanque de crecimiento de peces, dos filtros, una bomba de agua y una cama de crecimiento de plantas, con un respectivo volumen de 300L, siendo así la unidad de crecimiento de peces un tanque de polietileno de 450L, con una aireación distribuida a través de una bomba de aire de 3W conectada a dos difusores de aire (2L min<sup>-1</sup>), ubicados el centro del tanque. Los dos filtros (bote de plástico 20L) estaban compuestos por tezontle cribado con malla de 12mm a un espesor de 30 cm colocado dentro de la malla de polietileno.

Asimismo, se registró otro parámetro esencial y primordial en los sistemas acuapónicos, es la "ratio" o relación entre la cantidad de pienso suministrado diariamente a los peces en gramos y la cantidad de cultivo vegetal (m<sup>2</sup>) en producción. (Lobillo, V., Fernández, E y Candon, F (2014).

Con respecto a la implementación y aplicación de sistemas acuapónicos, Cáceres (2013) determina que:

Surge como una alternativa de solución para la producción de alimentos al optimizar el recurso agua por medio de la recirculación y aprovechando el suelo no fértil, minimizando los costos de operación, produciendo vegetales con valor agregado, considerados productos orgánicos como una alternativa sustentable.

Sin duda, la acuaponía “posee ventajas sobre otros sistemas de producción, tales como el sistema de recirculación de acuacultura y el sistema hidropónico con el uso de nutrientes inorgánicos” (Villalobos y Gonzales, 2016) por ello, en acuaponía el componente hidropónico es utilizado como bio filtro, no siendo necesario utilizar otro filtro como en los sistemas de recirculación. “Los cultivos en este sistema controlan la acumulación de nutrientes residuales que provienen de la agricultura, reduciendo el consumo de fertilizantes y agua sin desmerecer la calidad y productividad de los cultivos” (Roosta y Mohsentan, 2012), asimismo la alimentación de los peces contribuye en la nutrición requerida para el crecimiento de las plantas.

El funcionamiento de los diversos tipos de sistemas tiene como base los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático que convertidos por medio de la acción bacteriana en nitratos sirven como fuente de alimento para las plantas en la agricultura y que funcionan como un filtro biológico y purifican el agua para los peces. Sin embargo, poseen variaciones y niveles de tecnificación de acuerdo a las necesidades establecidas, ya que existe una gran variedad de plantas y organismos acuáticos que podrían ser cultivados en este sistema.

Al respecto Bofish (2014) en sus estudios realizados destaca que:

El Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, desarrolló un sistema de producción acuapónico a pequeña escala para producir tilapia, tomate, pepino europeo, lechuga y forraje verde hidropónico en el 2005 y en el 2011, el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) experimentó con éxito un sistema de recirculación acuícola

cultivando tilapia nilótica a una densidad inicial de 30.9 km m<sup>3</sup> y final de 50.7 km m<sup>3</sup> junto a un cultivo de fresa de variedad Camarosa.

A pesar de las constantes investigaciones realizadas en este país azteca, no existe una relación que permita la comunicación entre los expertos en acuicultura y en agricultura hidropónica, que logre realizar un eficiente sistema acuapónico. Sin embargo la Red de Biotecnología para la Agricultura y la alimentación (BioRed), fomentada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), ha aprobado proyectos como el “Sistema agroacuícolas ecoeficientes integrados y adaptados a diferentes especies y regiones como una alternativa biotecnológica sostenible” (CONACYT, 2014), por lo que requiere de profesionales con conocimientos técnicos en ambas disciplinas que permita su integración para impulsar este sector productivo. Para su implementación recomienda realizar los inventarios de las potencialidades de cada región, estudios piloto y capacitación del personal de todos los niveles, para lo cual la acuaponía representa una de las estrategias alternativas para afianzar el desarrollo de la agroalimentación y por ende la pobreza, el hambre y la malnutrición.

Por tanto, para Rakocy (2010), “la acuaponía ha sido utilizada en diversos diseños y con diferentes capacidades, con la utilización de técnicas de solución nutritiva recirculante (NFT)”. Esto debido a sus ventajas de practicidad de su instalación, versatilidad de su armado, mayor densidad de las plantas y alto rendimiento. Asimismo por la delgada película de agua que fluye por los tubos, bien oxigenada y que al integrarse al tanque de los peces permite también su oxigenación.

Con respecto a la filtración de agua de los peces Lazard (1997) menciona que “para una mejor productividad de un sistema acuapónico se debe filtrar el agua del tanque de peces antes de utilizarlo como fertilizante para las plantas, es por ello que se diseñó un filtro artesanal para lo cual se empleó un como filtro mecánico que ayudarán a remover las excretas y el alimento no consumido de los peces, los sólidos en suspensión ya que estos pueden obstruir las raíces de las plantas y un filtro biológico, para las bacterias nitrificantes, responsables de la nitrificación. Para el diseño del filtro artesanal se utilizó graba y esponja, otros estudios, bolas plásticas, malla plástica, perlón, esponja y arcilla.

El crecimiento de lechuga cultivada en el sistema acuapónico con el SNFT obtuvo un mayor crecimiento con un efluente fertilizado con 50 tilapias, aunque menor a lo reportado por Cáceres (2013) obteniendo en el mismo tiempo de cultivo y con el mismo número de tilapias, un incremento de la longitud de hoja de un 25,78 cm y de 30,81 cm de longitud de raíz. Esto debido a los modelos de filtro que influyen en los niveles de nutrientes y al sistema acuapónico, así como por la técnica NFT.

Los productos producidos en acuaponía son considerados como “productos orgánicos”, por no utilizar químicos tales como plaguicidas y fertilizantes, constituyéndose como una alternativa de alimento no consumido para los peces, ya que un 20 a 30% de los mismos se metaboliza y agrega como tejido muscular, “mientras que el 60 a 70% restante es alimento diluido y excreción, por medio de la filtración, obteniendo como resultado la reducción del

amonio y amoniaco producido por los peces para ser utilizado como fuente de nutrientes para el cultivo de plantas” (Moreno y Zafra, 2013).

En consecuencia, los sistemas acuapónico, poseen ventajas importantes como: la implementación a pequeña y gran escala, fácil alimentación de los peces, es económico, por utilizar materiales incluso reciclables para su construcción, requiere de áreas reducidas, ideal para terrenos con baja aptitud agrícola, bajo impacto ambiental, no elimina agua contaminada, no se deteriora el suelo ni el agua, utiliza organismos nativos del lugar, ahorra costos por transporte y reduce las emisiones de carbono, disminuye la cantidad de agua por ser un sistema de recirculación, bajo consumo de energía, se obtiene plantas orgánicas, no utiliza fertilizantes ni pesticidas químicos y el rendimiento del cultivo puede ser igual o superior al sistema hidropónico. También existen desventajas como manejo diario, conocimiento en el manejo de plantas y peces, dieta comercial para peces, la cantidad de plantas producidas dependerá de la cantidad de peces. También se ha comprobado que en el caso de la producción de lechugas, los peces no pueden proveerles de hierro, calcio y potasio (Rackocy, 1997, citado por Calderón, 2012) y los costos dependerán de los implementos necesarios para su producción, lo cual constituye una alternativa sustentable y con resultados favorables para el desarrollo de la agroalimentación.

### **REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

En términos generales el punto de inicio es que el sistema se considera una práctica amigable con el ambiente ya que permite aprovechar los nutrientes de los desechos por los peces, y los utiliza para generar plantas, a su vez usa una cantidad reducida de agua en comparación con la agricultura convencional. Por otra parte (Muñoz Gutiérrez, 2012) menciona que la acuaponía es una alternativa ideal para solucionar el problema de los acuicultores para deshacerse del agua cargada de nitrógeno y, asimismo, contribuir a la solución del problema de los agricultores de cómo conseguir el nitrógeno para sus plantas. Es decir la reducción de afluente cargado con nitrógeno, reduce el impacto ambiental generado por el sector acuícola.

Dentro del sistema, Piedrahita, (2003) afirma que las pequeñas partículas del sistema de recirculación provenientes del tanque de peces en determinado tiempo obstruyen los biofiltros, de modo que puede resultar como productor de amoniaco secundario dependiendo de su naturaleza, y tienen potenciales impactos directos en otros componentes del sistema y salud de los peces, es por ello recomiendan la eliminación de sólidos con medios granulares o filtros de espuma del fraccionador ya que tiene a ser más eficaz.

### **CONCLUSIONES**

La perspectiva de mejorar los sistemas productivos, tiene la finalidad de incrementar su eficiencia y que se desarrolle de manera sustentable, siendo así el sistema de recirculación acuapónico, una tecnología prometedora, de la cual se puede obtener un sistema de producción de alimentos que incorpora dos o más componentes como peces, vegetales o plantas, en un diseño basado en la recirculación de agua como una alternativa sostenible en la agricultura y la piscicultura.

Asimismo se encontró que no solo se podría cultivar plantas sino también hongos, ya que contienen bajo requerimiento nutricional. Por otro lado se implementó a un sistema acuapónico un producto bioalgal aplicado foliarmente dando mejores resultados en el crecimiento de la fresa.

No obstante es posible que los prototipos acuapónicos pueden mantener en equilibrio el sistema acuapónico controlando 4 parámetros básicos del agua: temperatura, PH, conductividad y oxígeno disuelto.

En sistema acuapónico continuo con filtro se puede lograr un mayor crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga”, es así como se encontró diferencias significativas entre las variables longitud de raíz, tallo, número de hojas, inflorescencia, flores y semillas; en los tratamientos con filtro y sin filtro. Por otro lado el agua residual de *Oreochromis niloticus* “tilapia” favorece el crecimiento de la Lechuga “*Lactuca sativa*” en un sistema acuapónico continuo.

Los tratamientos convencionales de las descargas de la acuicultura, representan un costo adicional, por lo que la acuaponía se convierte también en una alternativa económica y rentable.

## Referencias

- Gómez, F., Ortega, N., Trejo, L. op cit. (2015). La Acuaponía alternativa sustentable y potencial para la producción de alimentos en México. AP Agroproductividad. Mexico: p.62-63
- Moreno, E. y Zafra, A. (2014). Sistema acuaponico del crecimiento de lechuga, *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia. Perú: Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Departamento de Pesquería
- Azizah, A., Jusoh, op. cit. (2009). Un estudio sobre las proporciones de la tasa de carga y de plantas hidráulicas óptimas en el sistema hidropónico de recirculación. Elsevier Ltd. Tecnología bio ambiental.
- Villalobos, R. y Gonzales, E. (2016). Determinación de la relación pez planta en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en sistema en acuaponía. México: Revista Mexicana de ciencias agrícolas Vol. 7 N° 5, pp. 983-992
- Cutiño, V., Imeroni, J. y Sanzano, P. (2018). Acuaponía como alternativa productiva social. Facultad de ciencias veterinarias.
- Lobillo, V., Fernández, E y Candon, F (2014). Manejo básico y resultados preliminares de crecimiento y superviviencia de tencas (*Tinca tinca* l.) y lechugas (*Lactuca sativa* L.) en un prototipo acuapónico. Vol. 110 (2), 142-159
- Mora, J. (2012). Concentración de los principales macronutrientes del cultivo de *Oreochromis niloticus* “tilapia” sobre *Lactuca sativa* “lechuga” en sistema acuapónico Laredo. Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Caceres Guarniz, D. I. (2013). *Efecto del agua residual del cultivo de Oreochromis niloticus “Tilapia” sobre el crecimiento de Lactuca sativa “Lechuga” en sistema acuaponico continuo.* Trujillo.
- Candarle, P. (2011). Técnicas de Acuaponia. *Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), Dirección de Acuicultura.*, pp. 1-47.
- González Pérez, S. V. R. E. (2016). Determinación de la relación pez planta en la producción de tomate ( *Lycopersicon esculentum* L .) en sistema de acuaponia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(9), 983-992.
- Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C., & Khanal, S. K. (2015). Efecto de las especies de plantas en la recuperación de nitrógeno en aquaponics. *Bioresource Technology*, 188, 92-98. <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.013>
- Mundial, E. L. E. (2012). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura - 2012.*



Muñoz Gutiérrez, M. E. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. *Informador Técnico*, 76(60), 123–129. Retrieved from [http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/article/viewFile/36/41](http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/viewFile/36/41)

Piedrahita, R. H. (2003). La reducción del impacto ambiental potencial de los efluentes acuícolas tanque a través intensificación y la recirculación. *Aquaculture*, 226, 35–44.