

**IDENTIFICACIÓN DE UN PROTOTIPO ACUAPÓNICO COMO HERRAMIENTA PARA
LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN ZONA RURAL DE TUNJA**



Dannis Lorena Vargas Galán

Lorian Yarely Jiménez Ortiz

Universidad Santo Tomás Tunja

Facultad de Ingeniería Ambiental

2023

**IDENTIFICACIÓN DE UN PROTOTIPO ACUAPÓNICO COMO HERRAMIENTA PARA
LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN ZONA RURAL DE TUNJA**

Dannis Lorena Vargas Galán

Lorian Yarely Jiménez Ortiz

Trabajo de grado

Para optar por el título de Ingenieras Ambientales

Directora, Ing. Claudia Rocío Suárez Castillo

Universidad Santo Tomás Tunja

Facultad de Ingeniería Ambiental

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma directora

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

Primero que nada, damos gracias a Dios por ser nuestra guía, nuestra fortaleza, por su mano fiel y amorosa que ha estado con nosotros hasta el día de hoy, y a nuestros padres por su amor, paciencia y arduo trabajo para hacer realidad un sueño más. Inculcarnos el ejemplo de trabajo duro y la valentía de no tener miedo a las adversidades, porque Dios está siempre con nosotros. Gracias a nuestros hermanos por su amor y apoyo incondicional durante todo este proceso. Gracias por estar siempre con nosotras. Gracias a nuestra familia por sus oraciones, consejos y palabras de aliento que nos han hecho mejores personas y de alguna manera nos han guiado a alcanzar todos nuestros sueños y metas. Finalmente, este documento nos lo dedicamos a nosotras mismas porque nos apoyamos cuando más lo necesitamos, ayudándonos a no rendirnos y dar lo mejor de nosotras por este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Dios por bendecir siempre nuestras vidas y a toda nuestra familia por estar siempre ahí para nosotros. Estamos muy agradecidas con las instituciones y al personal de la Universidad de Santo Tomás Tunja, por confiar en nosotros, abrirnos las puertas y darnos la oportunidad de conocer todo el proceso para la obtención del título de ingenieras ambientales. También agradecemos a toda la facultad de Ingeniería Ambiental, a nuestros docentes, en especial a nuestros directores y revisores de tesis, quienes nos brindan sus valiosos conocimientos y nos permiten crecer cada día, gracias por su paciencia, dedicación y apoyo incondicional.

● RESUMEN

Los sistemas de acuaponía están diseñados para conectar con comunidades rurales con el objetivo de promover la comunidad como elemento de cambio social (Arias & García, 2020). La acuaponía es una iniciativa ambiental que combina la acuicultura y la hidroponía para cultivar peces y cultivos en un sistema que es una actividad económica y una alternativa a los humanos que brinda soberanía comunitaria y seguridad alimentaria. (Arias & García, 2020).

La revisión sistemática de la literatura analizo cómo los sistemas acuapónicos pueden convertirse en una buena y eficaz, tecnología como producción para lograr contribuir a la respectiva seguridad que es alimentaria en zonas rurales, y cómo las comunidades de sus territorios pueden fortalecerse a través de estrategias de apropiación social que implementen este conocimiento.

Esta investigación, se realizó con base a un diseño cualitativo narrativo, por medio de una revisión sistemática, desde los años 2007-2022, considerando una serie de documentos científicos, conformados por artículos investigativos entre otros. El propósito de esta investigación fue identificar las especialidades de los prototipos acuapónicos de tipo tradicional a pequeña escala y su aporte a la seguridad alimentaria de las zonas rurales, a partir de un análisis de diferentes artículos, se establecen 5 alternativas de sistemas acuapónicos susceptibles de ser implementados en zonas rurales en Colombia, por medio de un análisis multicriterio se define la mejor opción, para posteriormente diseñar una estrategia de apropiación social del conocimiento que contribuya en la seguridad alimentaria en las zonas rurales.

- **ABSTRACT**

Aquaponics systems are designed to connect with rural communities with the objective of promoting community as an element of social change (Arias & García, 2020). Aquaponics is an environmental initiative that combines aquaculture and hydroponics to grow fish and crops in a system that is an economic activity and an alternative to humans that provides community sovereignty and food security (Arias & García, 2020).

The systematic literature review analyzed how aquaponic systems can become a production technology that contributes to food security in rural areas, and how communities in their territories can be strengthened through social appropriation strategies that implement this knowledge.

This research was conducted based on a qualitative narrative design, through a systematic review, from 2007-2022, considering a series of scientific documents, including research articles among others. The purpose of this research was to identify the specialties of small-scale traditional aquaponic prototypes and their contribution to food security in rural areas, from an analysis of different articles, 5 alternatives of aquaponic systems susceptible to be implemented in rural areas in Colombia are established, by means of a multicriteria analysis the best option is defined, to subsequently design a strategy of social appropriation of knowledge that contributes to food security in rural areas.

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | 6 |
| ABSTRACT | 7 |
| CONTENIDO | 8 |
| 1 INTRODUCCIÓN | 11 |
| 2. OBJETIVOS | 11 |
| 1.2 OBJETIVO GENERAL | 11 |
| 1.3 OBJETIVOS 12 | |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 12 |
| 4. ANTECEDENTES. | 13 |
| 5. MARCO TEÓRICO | 15 |
| 6. METODOLOGÍA | 22 |
| 7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 29 |
| 10. IMPACTO SOCIAL Y HUMANÍSTICO DEL PROYECTO | 28 |
| 11. IMPACTOS SOCIOCULTURALES | 28 |
| 12. IMPACTOS MEDIO AMBIENTALES | 29 |
| 13. CONCLUSIONES | 29 |
| 14. RECOMENDACIONES | 30 |
| 15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 31 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Tipos de Sistemas Acuapónicos. | 17 |
| Tabla 2 Comparación Tipos de Sistemas Acuapónicos Tradicionales. | 19 |
| Tabla 3 Tabla3. Índice aleatorio RI | 24 |
| Tabla 4 Tabla 4. Porcentajes máximos de la ratio de consistencia CR | 24 |
| Tabla 5 Seguridad Alimentaria. | 35 |
| Tabla 6 Artículos analizados | 37 |
| Tabla 7 Ventajas de los Sistemas Acuapónicos. | 1 |
| Tabla 8 Cultivos de siembra en la acuaponía tradicional. | 3 |
| Tabla 9 Comparación de especies con mejores resultados en la acuaponía. | 4 |
| Tabla 10 Clasificación taxonómica. | 5 |
| Tabla 11 Criterios asociados a los sistemas acuapónicos | 5 |
| Tabla 12. Sistemas acuapónicos, criterios. | 7 |
| Tabla 13. Comparación entre la producción de plantas con suelo y sin suelo. | 9 |
| Tabla 14. Tipos de sistemas acuapónicos. | 1 |
| Tabla 15 Escala fundamental de comparación por pares Saaty, 1980). | 7 |
| Tabla 16 Tabla de datos | 9 |
| Tabla 17 Matriz criterios | 10 |
| Tabla 18 Matriz comparación de alternativas | 11 |
| Tabla 19 Matriz comparación de alternativas | 12 |
| Tabla 20 Matriz comparación de alternativas | 13 |
| Tabla 21 Matriz comparación de alternativas | 14 |
| Tabla 22 APH resultados | 15 |
| Tabla 23. Matriz de Riesgos. | 23 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Flujograma Revisión Sistemática. | 24 |
| Ilustración 2 Flujograma Metodología. | 25 |
| Ilustración 3 Artículos aceptados por fuente. | 30 |
| Ilustración 4 Artículos finales por año (después de la selección de estudios y evaluación de calidad | 31 |
| Ilustración 5 Documentos por año, por fuente y sus principales temas. | 31 |
| Ilustración 6 Documentos por país o territorio. | 32 |
| Ilustración 7 Documentos de los autores más influyentes en el tema. | 32 |
| Ilustración 8 Documentos por afiliación. | 33 |
| Ilustración 9 Documentos por tipo. | 33 |
| Ilustración 10 Documentos por área temática. | 34 |
| Ilustración 11 Proceso de Nitrificación en la Acuaponía. | 2 |
| Ilustración 12 Participación acumulada en área cosechada. | 2 |
| Ilustración 13 Matriz FODA. | 8 |
| Ilustración 14. Pregunta 1. | 18 |
| Ilustración 15.Pregunta 2. | 19 |
| Ilustración 16.Pregunta 3. | 20 |
| Ilustración 17.Pregunta 4. | 20 |
| Ilustración 18. .Pregunta 5. | 21 |
| Ilustración 19.Pregunta 6. | 21 |
| Ilustración 20.Pregunta 8. | 22 |
| Ilustración 21.Pregunta 9. | 22 |
| Ilustración 22.Folleto de Sistemas Acuapónicos. | 26 |
| <i>Ilustración 23. Ficha publicitaria en redes sociales.</i> | 27 |

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la acuaponía ha surgido como un método innovador de producción de alimentos que combina la acuicultura y también la hidroponía. Esta tecnología integrada proporciona importantes beneficios como el uso eficiente del agua y la producción de alimentos frescos y saludables. En particular, los prototipos de acuaponía tradicional a pequeña escala están atrayendo un interés cada vez mayor por su potencial para generar ventajas competitivas y promover el desarrollo sostenible en zonas rurales (Christopher, Moti, Edoardo, Austin, & Alessandro, 2022).

El objetivo de esta investigación fue identificar las diferentes características de los prototipos acuapónicos de tipo tradicional a pequeña escala y su aporte a la respectiva seguridad alimentaria de todas las zonas rurales. Para lograr esto, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura científica y técnica disponible, que abarca publicaciones académicas, informes técnicos y otros documentos relevantes.

El análisis sistemático permitirá examinar de manera cuantitativa y cualitativa las características y tendencias de los prototipos acuapónicos a pequeña escala a nivel nacional e internacional. Se identifican variables claves, como: el lugar donde se implementaron los prototipos, las especies de peces y plantas utilizadas, los métodos de cultivo y los resultados obtenidos. Además, se seleccionaron posibles alternativas de cultivo acuapónico a partir de un análisis multicriterio de aspectos técnicos y sociales.

Los resultados de este análisis sistemático proporcionaron una visión integral de los prototipos acuapónicos tradicionales a pequeña escala, destacando su aporte a la seguridad alimentaria de las zonas rurales. Asimismo, se obtuvieron resultados valiosos sobre estrategias de apropiación social, incluyendo la información suministrada a la comunidad, el uso eficiente de los recursos naturales e información de la seguridad alimentaria frente a los sistemas acuapónicos.

Este estudio buscó proporcionar una base sólida de conocimiento para informar a la comunidad, investigadores y profesionales en el campo de la acuaponía sobre las ventajas, desventajas y el potencial de los prototipos acuapónicos de tipo tradicional a pequeña escala, con una comprensión más profunda de estas prácticas.

2. OBJETIVOS

1.2 OBJETIVO GENERAL

- Identificar las características de los prototipos acuapónicos de tipo tradicional a pequeña escala y su aporte a la seguridad alimentaria de las zonas rurales, por medio de una revisión sistemática de la literatura.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar las investigaciones a nivel nacional e internacional sobre los aspectos técnicos, económicos y sociales de sistemas acuapónicos por medio de una revisión sistemática.
- Seleccionar alternativas de cultivos acuapónicos que aporten en la seguridad alimentaria de zonas rurales en Colombia por medio de un análisis multicriterio.
- Proponer estrategias de apropiación social del conocimiento para divulgación de los beneficios de la acuaponía en zonas rurales.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La economía rural en Colombia ha presentado un desarrollo significativo, considerando que el país posee una amplia extensión de área rural. La actividad económica ha estado convencionalmente relacionada con el área agrícola; no obstante, en los últimos años Están involucradas la minería, la manufactura, la construcción y el comercio.

Colombia muestra un desarrollo deficiente en temas de agricultura sostenible, durante algunos años el territorio sigue realizando prácticas convencionales y/o habituales como la utilización de los respectivos químicos que son agrícolas, también las semillas que son respectivamente híbridas, y finalmente el riego que es intensivo y uso de la correspondiente maquinaria para la correcta preparación y también mantenimiento de los distintos cultivos. (García-Ulloa et al., 2005).

El escaso acceso a la información y la tecnología ha provocado un lento desarrollo económico en las zonas rurales, y las cuestiones relacionadas con la permacultura y los sistemas de acuaponía, especialmente los prototipos acuapónicos aplicados a pequeñas comunidades son poco estudiados por la academia, por lo tanto, su respectiva contribución a la agricultura sostenible no convencional se presenta muy baja. (Camargo, 2021).

Adicional a esto, Colombia presenta varios casos de desnutrición, reportando más 7.500 casos de desnutrición infantil en el 2023, Colombia resalta algunos departamentos como la tasa más alta de desnutrición que son: Chocó, La Guajira, Vichada, Antioquia, Meta, y Bolívar, Durante el año, el número de casos continúa aumentando significativamente en ciertas ciudades y departamentos, en Medellín, se presentan niños diagnosticados con desnutrición entre 426 casos (Semana, 2023).

De hecho, la Colombia rural se ha convertido en una región de pobreza, desigualdad, violencia, inestabilidad y pérdida de instituciones políticas y poder estatal., actualmente, el 39,3 por ciento de los colombianos vive en la pobreza, según el informe. En cuanto al género, las mujeres representaron el 42,9% y los hombres el 37%. Al observar la distribución de las áreas pobres en Colombia, el 44,6% se encuentra en áreas rurales, el 37,8% en áreas urbanas y el 34,3% en grandes ciudades (Analitik, 2023), lo producido en algunas regiones de Colombia no es suficiente para suplir las necesidades básicas y menos para mejorar la calidad de vida específicamente en los ingresos PIB per cápita, es el valor monetario de todos los bienes y servicios finales producidos en un país o región. dividido por la población (Galán, 2016).

La problemática en general de este análisis sistemático es la falta de métodos de planificación y actividades en las zonas rurales en torno a los prototipos acuapónicos, la baja innovación tecnológica, la implementación de pocos proyectos de investigación enfocados a la implementación de soluciones innovadoras y sostenibles, las causas del problema son el desconocimiento por parte de la comunidad rural en temas de la acuaponía y su relación con la agricultura sostenible, la falta de sistemas agrícolas sostenibles (Ausencia del uso de los prototipos acuapónicos), la economía, rendimiento de producción, asociando a los efectos por parte de la comunidad, no se identifica la apropiación social del conocimiento sobre el tema de los sistemas acuapónicos y su aporte sostenible a la misma

sociedad, por otro lado, para concluir, se presentan impactos ambientales negativos por falta de actividades productivas sostenibles, falta de aporte a la economía circular, sin resultados económicamente viables, sin contribución a la seguridad alimentaria.

4. ANTECEDENTES.

A continuación, se evidencia una serie de diferentes artículos como: la eficiencia de los sistemas acuapónicos, revisiones bibliométricas o sistemáticas. Este estudio se realizó para determinar posibles alternativas de cultivos acuapónicos e indagar más sobre el tema a estudiar, estos artículos fueron seleccionados por el tipo de análisis y la similitud del tema a tratar.

A partir de la revisión de información y antecedentes investigativos, se evidencia la importancia de promover nuevas tecnologías para realizar una revisión bibliométrica, el artículo titulado “Una tendencia en la investigación en marketing” los autores analizan información científica publicada desde el año 2004 hasta el año 2020, que permiten proponer 5 temáticas sobre estas tecnologías de bibliometría, el primero es un documento en el cual se ofrece una guía cronológica para explorar y comunicar las diversas relaciones entre mercados, productos y tecnologías a medida que se desarrollan y evolucionan., el segundo documento es sobre la temática de acceso abierto depredador, en el cual se desarrolla un estudio longitudinal de volúmenes de artículos y características del mercado en las que se podrán orientar futuras investigaciones y estudios en función de las aplicaciones de la acuaponía, en el tercer documento se determinó las tendencias tecnológicas y pronósticos de RFID o análisis por radiofrecuencia, este es un sistema externo de almacenamiento y así mismo, de recuperación de los respectivos datos que hace utilidad de etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID, los cuales son dispositivos.

El objetivo de la tecnología RFID es utilizar ondas de radio para que así se logre transmitir identidad de los objetos, esto mediante un histórico revisión y análisis bibliométrico, la ventaja de este tipo de identificación por radiofrecuencia qué es (RFID) etiquetas trata sobre la utilidad de un dispositivo de tipo de almacenamiento de memoria para de esta manera lograr almacenar una cantidad de datos como por ejemplo en este caso, la identificación del precio, la fecha de fabricación, el inventario disponible, el tipo producto número, el costo y así mismo la ubicación, el cuarto documento se trata sobre la teoría de la co-creación de valor, Esta es una revisión sistemática de la literatura. Este documento se basa en diversos datos bibliométricos, en los cuales se hicieron utilidad de técnicas de co-citación para de esta manera interpretar, analizar, seleccionar, patrones de citación dentro de la literatura de co-creación y por último el quinto documento es sobre la estructura del tipo de investigación sobre la respectiva sostenibilidad en marketing, en los años 1958–2008, que es una base y apoyo para las futuras oportunidades de la respectiva investigación. Entre los resultados, se identifican estudios enfocados en los temas abiertos, reconociendo a los autores y revistas que aumentan el rumbo de investigación, su visibilidad e impacto en el producto. Por otro lado, al identificar los países más productivos, pueden apuntar al desarrollo de comunidades científicas, identificar temas para nuevos resultados científicos y encontrar autores en revistas y países para mejorar el factor de impacto de la investigación. (Leon, 2020).

Uno de los mayores desafíos al ejecutar un sistema de acuaponía es el rendimiento y el consumo de agua. El artículo "Construcción y evaluación de un prototipo de acuaponia para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis Mossambicus*) y lechuga crestada (*Lactuca Sativa*) en procesos duales convencionales y automatizados" explica los temas y la caracterización. El sistema de acuaponía así como el manejo del sistema biológico se desarrolló construyendo y evaluando dos respectivos prototipos de acuaponía, un prototipo tradicional con circulación de agua simple y finalmente un sistema dual de recirculación y recuperación de agua. . Se desarrollaron estrategias y métodos para controlar los parámetros físicos y químicos del agua y con ello medir los valores correspondientes de pH del agua, temperatura del agua, oxígeno disuelto, conductividad y humedad relativa. nivel en el biofiltro y finalmente brillo. Teniendo todo esto en cuenta, se determinaron todos los valores apropiados para cada variable medida donde el prototipo de acuaponía correspondiente pudiera mantenerse en valores óptimos. Respecto al comportamiento de este tipo de cultivos de peces y plantas, se puede observar el comportamiento predicho asociado a las curvas de crecimiento de peces y plantas. Por lo que se propuso un diseño de doble recirculación y recuperación de agua, ya que permite ver un aumento en el rendimiento de la lechuga debido a la capacidad de agregar nutrientes que faltan en las respectivas soluciones sin afectar la calidad del agua de los peces. . En el marco de esta investigación pudimos encontrar soluciones factibles y efectivas para nuevos proyectos en el tema de prototipos de acuaponía innovadores y desarrollados en el país, dichos artículos hacen referencia al proyecto Determinación del desempeño de cultivos, peces y plantas relacionados con el sistema. , utilizando diferentes métodos. Busca los mejores resultados (Zambrano, 2017).

Se identifica un montaje de un sistema piloto de acuaponía a pequeña escala en el centro de Bogotá, DC, titulado "Desarrollo de sistemas acuapónicos para la producción de sucedáneos de alimentos de bajo costo para autoconsumo o uso comunal" con la actividad de recursos y costos reducidos, con el objetivo de que cada persona lo implemente a su manera, especialmente se enfoca en los más vulnerables, considerando criterios funcionales, de salud y seguridad alimentaria, los criterios se establecieron mediante el muestreo y análisis de parámetros que afectan la calidad del aire y del agua en relación con los ecosistemas involucrados en los sistemas (peces, plantas y bacterias nitrificantes). Uno de los temas que aborda esta investigación es la seguridad alimentaria, por esto, se relacionó la investigación con la ventaja competitiva de los sistemas acuapónicos, incluye la investigación y aplicación del proceso acuaponía, sistemas de producción (acuicultura e hidroponía) donde la mejor alternativa a la crisis alimentaria que se presenta en el medio urbano resulta ser una ventaja competitiva, como aún ocurre en algunas zonas urbanas o rurales por condiciones económicas, sociales, climáticas o geográficas, los sistemas acuapónicos se relacionan directamente con la seguridad alimentaria, como esta investigación es una revisión sistemática se deben considerar varios factores, con diferentes tipos de información, nos basamos en este artículo, ya que, la seguridad alimentaria busca una alimentación sana, con características culturales y regionales, buscando fortalecer a la producción local(Peláez & Ojeda, 2020).

El estudio, basado en "Promoción de la Permacultura y Mejoramiento de la Economía del Municipio de Tibacuí en la Finca Los Naranjos", tiene como objetivo proponer un sistema demostrativo de acuaponía. Un estudio de caso de Finca Los Naranjos como alternativa a la permacultura y la economía circular en el municipio de Cundinamarca, con base en el proceso de diseño, se realizó una prueba piloto, primero identificando las variables relevantes a partir del análisis del documento Survey Analysis (RAI), y verificando la disponibilidad de recursos y elementos del

sitio. Se examinaron indicadores y/o variables a considerar en el diseño y se seleccionaron materiales, plantas y peces mediante una matriz de prioridades para lograr un diseño general que cubriera los lineamientos técnicos, ecología, economía y sociedad, por último, el sistema de acuaponía está fabricado con materiales reciclables a un precio asequible. El proyecto piloto consistió en un estanque de peces de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y una cama de lechugas crujientes (*Lactuca sativa*) cultivadas en sustrato de arcilla expandida. Este estudio se tuvo en cuenta ya que, demostró una gran viabilidad sobre el funcionamiento del sistema acuapónico, presenta un buen uso como alternativa a los sistemas agrícolas sostenibles, caracterizado por su aporte respectivo a la economía circular, haciéndolo económicamente viable y sostenible, contribuyendo de esta manera a la correspondiente seguridad alimentaria de todas las comunidades, para uso propio o implementado como una pequeña opción económica, acceso a productos totalmente orgánicos, en relación con la revisión sistemática de los sistemas acuapónicos, se escoge como guía este tipo de artículos ya que por medio de las matrices es posible evidenciar varios aspectos a considerar, la economía sostenible va de la mano con el sistema ya que es un método innovador, integrando niveles económicos, ambientales y sociales, con el propósito de promover el bienestar social y reducir los impactos ambientales que produce la sociedad (Camargo, 2021).

El artículo de revisión bibliométrica “El análisis bibliométrico como herramienta de seguimiento de publicaciones científicas, tesis” da seguimiento a las publicaciones científicas en la revista “universitas scientiarum”, tesis y tesis de la Facultad de Ciencias de la Universidad Pontificia Javeriana. Se analizaron artículos originales publicados en la revista desde 1987 hasta 2007. Utilizando indicadores bibliométricos como herramienta necesaria para determinar la calidad de la literatura, este estudio encontró que entre 1987 y 2007 se publicaron en la revista 593 artículos con 1099 autores. 548 personas participaron en la creación de 186 artículos originales. Los investigadores decidieron clasificar según categorías y campos científicos específicos y realizaron este estudio para encontrar datos relevantes. En lo que respecta a los tipos sistemáticos de investigación, puede proporcionar información sobre tendencias de investigación, innovaciones y avances en el campo de la ciencia. (Otalora, 2008).

En conclusión y en cuanto a la relación o el valor agregado se determinó por medio de una revisión sistemática, y datos extraídos de las publicaciones de interés, donde se analizaron las distintas características de la investigación, e identificaron qué tan eficiente es el sistema acuapónico de tipo tradicional por medio de una investigación de artículos, tesis entre otros, a nivel nacional e internacional, y si estos sistemas son capaces de llevar a cabo la seguridad alimentaria de las zonas rurales, se identificaron las características de los prototipos acuapónicos y se seleccionó qué sistema es eficaz para aplicar en las zonas rurales.

5. MARCO TEÓRICO

SEGURIDAD ALIMENTARIA

La agricultura y los alimentos son accesibles cuando las comunidades tienen acceso económico y físico constante a suficientes alimentos nutritivos e inocuos para satisfacer sus necesidades alimentarias individuales, así como sus deseos, que no son lo mismo que vivir vidas vibrantes y saludables. Teniendo en cuenta todos estos factores a nivel personal, familiar, nacional y mundial. Por tanto, la seguridad alimentaria nutricional se refiere a un estado en el que toda la comunidad tiene acceso social, económico y físico constante y oportuno a todo tipo de alimentos, tanto en calidad como en cantidad, necesarios para su adecuado aprovechamiento. Biodisponibilidad y consumo. Proporciona un buen bienestar general y promueve un buen desarrollo. (FAO, 2014).

Esto se aplica a los objetivos de acabar con el hambre, promover la permacultura, mejorar la nutrición y lograr la seguridad alimentaria. Para lograr este objetivo, el desarrollo de innovaciones de producción social y la comercialización de diversos productos en diferentes sistemas agrícolas en los ámbitos domésticos deben tener en cuenta prácticas agrícolas sostenibles apropiadas, principalmente como fuente de alimentos de calidad para el consumo correspondiente. . Locales e internos. Pero debemos considerar el intercambio y la adopción de tecnologías ambientalmente sostenibles como las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), por lo que deben centrarse en la cooperación comunitaria relevante en los sistemas de asistencia técnica para lograr el cumplimiento comunitario (FAO, 2014).

Se identificó cuanto ha sido la productividad en proteína, en verduras, y si en verdad esta actividad suple o no las necesidades de una familia. Dependiendo de eso, por medio de estrategia de apropiación social se informó a las personas con cuanto contenido de proteína le alcanza a una persona para sobrevivir.

En primer lugar, debe basarse en el hecho de que la acuaponía es una práctica respetuosa con el medio ambiente, ya que puede eliminar los desechos producidos por los peces y utilizarlos para la producción de cultivos, utilizando relativamente poca agua y produciendo a bajos costos. Una comparación de agua de 2006 mostró que la hidroponía usa un poco más de agua (600 litros por lechuga) que la acuaponía (500 litros por lechuga) (FAO, 2014).

En acuaponía, el producto se forma dos veces, sin embargo, se debe aclarar que la cantidad de agua utilizada en acuaponía para producir una determinada cantidad de plantas y/o peces puede variar según el tipo de peces y plantas utilizadas. Además, dado que los fungicidas y pesticidas no se pueden usar ya que dañan a los peces, la acuaponía puede conducir a una producción más limpia e incluso orgánica cuando estos elementos se usan para la piscicultura. Esto mejora la calidad de los alimentos producidos en estos sistemas. (D. Ramírez & Sabogal, 2008).

SISTEMAS ACUAPÓNICOS

La acuaponía es una combinación de dos de los sistemas más productivos en los respectivos campos, por lo que se puede identificar como una combinación de sistemas de acuicultura con recirculación hidropónica, definiendo así la acuicultura como animales acuáticos, por ejemplo:

moluscos, crustáceos, animales, peces y plantas acuáticas en un ambiente controlado, por lo que la hidroponía es un respectivo cultivo que es individual de plantas cuyas raíces se encuentran en una solución tipo nutriente, por lo que este sistema puede considerarse un sistema de doble mecanismo y propósito, pues supera las principales desventajas de hidroponía y acuicultura tradicional, se desarrollaron de forma independiente. Por lo tanto, este sistema se denomina sistema de recirculación acuícola y es responsable de dos cultivos que promueven la utilización de nutrientes y la circulación del agua. (Zuluaga & Ramírez, 2021).

Este método cuenta con otras ventajas ambientales como, por ejemplo: Muestra la posibilidad de lograr una mejora en la calidad de vida, y así mismo garantizar la alimentación de la comunidad gracias a su fácil acceso. Por otro lado, el consumo de agua reducido y finalmente, el aprovisionamiento nulo de fertilizantes. Es importante tener en cuenta que Colombia presenta condiciones agroecológicas a fin del buen funcionamiento y manejo de los sistemas acuapónicos, ya que de esta manera se puede producir y cultivar de manera natural cualquier tipo de especie vegetal y peces de diferente especie (Winpenny, Heinz, & Koo-Oshima, 2013).

Un método que permite el uso sostenible de los recursos naturales en esta zona se refiere a la nueva estrategia rural, que tiene una visión más amplia de la comunidad, además de promover la producción agrícola, reconocer su significado trascendental, manejo, uso y protección de los recursos naturales, se pueden promover proyectos de desarrollo sostenible, nuevas actividades económicas respetuosas con el medio ambiente, alivio de la pobreza, soberanía y seguridad alimentaria, a través de la educación para el desarrollo sostenible para abordar de manera más directa e integral, en una cuestión de cambio y de sensibilización en la comunidad porque desde la educación se pueden atacar otros aspectos como la pobreza, la seguridad alimentaria y la protección de los ecosistemas (Arias & García, 2020).

TIPOS DE SISTEMAS ACUAPÓNICOS

A continuación, se pueden observar y resumir los tipos de sistemas acuapónicos según el respectivo método hidropónico que se implemente, con sus oportunidades y amenazas.

Tabla 1 Tipos de Sistemas Acuapónicos.

| SISTEMA | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---------------------------|--|---|
| CAMAS EN SUSTRATOS | <ul style="list-style-type: none"> ● Servicio de filtros biológicos. ● Mejoría en el soporte para las diversas raíces. | <ul style="list-style-type: none"> ● Alta carga orgánica, por lo cual, las camas podrían taparse y así mismo generar ambiente anaeróbico. ● La acuaponia casera (pequeña escala). |

| | | |
|-------------------------|--|---|
| RAICES FLOTANTES | <ul style="list-style-type: none"> ● Fácil de operar. ● Bueno a gran escala. | <ul style="list-style-type: none"> ● Los costos son elevados. |
| NFT | <ul style="list-style-type: none"> ● Factibilidad en la instalación. ● Presenta un bajo mantenimiento. | <ul style="list-style-type: none"> ● La respectiva concentración de O₂ y también nutrientes se logra disminuir al alejarse del correspondiente tanque de peces. |

Fuente: (Ramírez D, Sabogal D, 2008).

Este tipo de sistema acuapónico, que incluye la hidroponía con una película de nutrientes circulante adecuada, se denomina NFT (Tecnología de película de nutrientes), un método relativamente reciente, ya que se basa en mantener una capa delgada adecuada de solución en circulación, es decir, en constante contacto con las raíces de la planta para aportar agua y nutrientes como el oxígeno entre ellos (Caldas Quiñonez et al., 2019).

Para este método, el interior del tubo se vuelve completamente opaco para evitar el crecimiento de algas, y el exterior se vuelve blanco para proteger la solución nutritiva y las raíces del calor. Para la acuaponía, los sistemas NFT utilizan canales como canales por los que circula el agua de diferentes acuarios, las plantas se plantan en macetas con un tipo de sustrato específico, etc., y sus respectivas raíces se exponen a un flujo constante de agua, liberando los nutrientes que necesitan para crecer (Caldas Quiñonez et al., 2019).

Además, los lechos de plantas utilizados en el método de lecho de matriz o medio lecho (MBT) suelen tener de 8 a 12 pulgadas de profundidad y están llenos de grava de diferentes tamaños, lo que hace que el sustrato sea ideal para el cultivo. Una simbiosis relacionada que convierte los desechos de pescado en fertilizante. Por lo tanto, la función básica de los poros individuales del sustrato es proteger las plantas y permitir que las raíces entren en contacto con la solución nutritiva, además de actuar como filtro biológico y mecánico para retener, por ejemplo, el agua. partículas gruesas y bacterias. Es importante destacar que el coste inicial es bajo debido al sencillo montaje. Por primera vez, tecnologías y métodos de este tipo están disponibles y se utilizan en países en desarrollo y emergentes. Pero tenga en cuenta que también puede haber dificultades, como la tendencia a evaporar las soluciones nutritivas adecuadas (Martínez Juárez & Paz Vázquez, 2016).

HIDROPONÍA Y ACUICULTURA

La hidroponía es principalmente una técnica o método que permite cultivar plantas en un medio inerte y sin tierra, como por ejemplo: grava, aserrín, arena, vermiculita, etc., para lograr la implantación de la planta, la respectiva solución nutritiva. Con este método se pueden producir hortalizas, especialmente herbáceas, en zonas o ubicaciones no tradicionales teniendo en cuenta sus necesidades como nutrientes, luz, agua y temperatura. Por tanto, durante el crecimiento, los nutrientes del agua se extraen y se reintegran a la solución correspondiente (Colorado Gómez & Ospina Correa, 2019).

Por lo tanto, la acuicultura incluye todos los tipos o categorías de especies de animales y plantas acuáticas, incluidas las de agua salada, salobre y dulce. Sin embargo, la acuicultura tiene el mismo objetivo que la agricultura, que es lograr la productividad de los alimentos para mejorar el suministro. La pesca ha aumentado significativamente en todo el mundo a lo largo de los años como una de las mejores formas de aumentar los recursos alimentarios, pero estos sistemas tienen enormes impactos socioeconómicos en la productividad, los alimentos y la creación de nuevas fuentes de ingresos. Sin embargo, cabe destacar que si no se gestionan adecuadamente, pueden alterar los servicios ecosistémicos asociados y provocar consecuencias ambientales y sociales negativas (Colorado Gómez & Ospina Correa, 2019).

COMPARACIÓN SOBRE LOS TIPOS DE SISTEMAS ACUAPÓNICOS TRADICIONALES

A continuación, se evidencian los tipos de sistemas acuapónicos según el respectivo método hidropónico que se implemente, con el fin de identificar ventajas competitivas y a su vez las desventajas, con el objetivo de identificar si se presenta un impacto ambiental, teniendo en cuenta la técnica que maneje cada uno de estos sistemas.

Tabla 2 Comparación Tipos de Sistemas Acuapónicos Tradicionales.

| TÉCNICAS HIDROPÓNICAS | VENTAJAS | DESVENTAJAS | IMPACTO AMBIENTAL |
|----------------------------------|--|---|---|
| ESTACIONARIA | <ul style="list-style-type: none"> -La acumulación de sales insolubles en el respectivo sustrato es menor o mínima. -Presenta un bajo costo e independiente de la utilidad de la energía extra. -Permite también cultivar en lugares y zonas donde se presentan condiciones ambientales que son limitantes. -Elimina la respectiva necesidad de la utilidad de los herbicidas. | <ul style="list-style-type: none"> -Nunca consigue recuperarse del 100% de la solución nutritiva. -No se encuentra disponible para todas las diversas especies y tipos de plantas. -Requiere de muchos detalles, cuidados y también atenciones que son particulares. | <ul style="list-style-type: none"> - El consumo de agua es menor, pero depende del clima. - El impacto ambiental de la hidroponía es menor, porque evita la utilidad de los herbicidas. |
| RECIRCULANTE | <ul style="list-style-type: none"> -Presenta un factible y sencillo tiempo de la respectiva cosecha. -Presenta un buen aprovechamiento del respectivo espacio en las zonas. -Presenta un buen ahorro de fertilizantes. -La instalación de este sistema es más factible y sencilla. -Presenta un crecimiento que se | <ul style="list-style-type: none"> -Requiere y necesita de un cuidado, y mantenimiento adecuado. -Necesita y requiere también de luz propia para el buen crecimiento de las plantas. -Presenta gastos de instalación que son muy altos. | <ul style="list-style-type: none"> - No genera tanto gasto de agua, por lo que es menor. - Presenta un buen ahorro del 50% al 35% de la utilidad de los respectivos fertilizantes. - También evita la utilidad de los respectivos pesticidas y también de los plaguicidas. |

| | | | |
|--------------------------|---|--|--|
| | <p>considera más rápido para su eficiencia.</p> | | |
| <p>AEROPONICA</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Presenta más tipos de los respectivos cultivos. -Presenta menor y mínima agua y así mismo más rendimiento. -Es más eficiente en lugares urbanos. -Presenta un posible desarrollo en los sótanos o también almacenes. -Se encuentra factible y sencillo de armar. -Absorbe en mayor cantidad de las respectivas vitaminas y también minerales. | <ul style="list-style-type: none"> -Presenta menor o mínima cantidad de los respectivos cultivos. -Depende también de la solución nutritiva, pero sin presentar errores. -Para la respectiva automatización este requiere y necesita de mucho conocimiento. | <ul style="list-style-type: none"> - Presenta la posibilidad de la utilidad de aguas grises. - Adquiere de agua que puede fácilmente recircular. - Presenta un 90% de menor agua que en otro distinto tipo de sistema hidropónico. -Presenta un 95% de menor agua que en otros distintos tipos de cultivos en suelo. |

| | | | |
|------------------|--|--|---|
| SUSTRATOS | <ul style="list-style-type: none"> -Facilitar y suministrar el manejo y la utilidad de cultivos. -Ofrece un buen drenaje y también ahorra los respectivos fertilizantes. -Obtiene un cultivo factible y sencillo de esterilizar. -El sistema de riego es sencillo y factible para la automatización. | <ul style="list-style-type: none"> -Presenta un gasto de instalación muy alto. -Presenta una infraestructura mejor fabricada y elaborada. -El sustrato es susceptible a los respectivos cambios bruscos en el tema de la temperatura. -Las plantas son sensibles en la parte del nivel de pH y también a la temperatura de la respectiva solución. | <ul style="list-style-type: none"> - Presenta un buen ahorro de fertilizantes y así mismo, evita también el uso de pesticidas por lo factible y sencillo de su respectiva desinfección y también del control. - Presenta un reciclaje del tipo de sistema de riego. |
|------------------|--|--|---|

Fuente: (Vanessa, Juan, Carlos, & Michelle., 2021)

6. METODOLOGÍA

A continuación, se explica cada objetivo con su respectiva investigación metodológica teniendo en cuenta los siguientes factores: Enfoque, alcance, método, técnica, instrumento, resultado y con sus pertinentes actividades. Los instrumentos más utilizados son Microsoft Word, Microsoft Excel.

Este estudio implementó un proceso de 4 pasos para realizar una revisión sistemática:

- (1) Definición de palabras clave y términos de búsqueda.
- (2) Selección de bases de datos, búsqueda inicial y recopilación de literatura.
- (3) Descarga de datos y control de calidad.
- (4) Análisis de resultados.

Revisión de investigaciones sobre los prototipos acuapónicos frente a la seguridad alimentaria.

Método: Analítico ya que se separó la información por partes, donde, se realizó un resumen descriptivo, como instrumento metodológico inicial se utilizó la herramienta Parsifal, y de esta manera realizar un uso eficiente sobre la información encontrada, haciendo una correcta clasificación y también selección de los datos e información pertinente, para llegar al objetivo de la revisión sistemática de los prototipos acuapónicos y su eficiencia, teniendo en cuenta el aporte a las comunidades rurales sobre la falta de información de los prototipos acuapónicos y la seguridad.

Actividades:

- Realizar revisión sistemática: En esta etapa se realiza una búsqueda de información sobre temas de sistemas acuapónicos, los tipos de sistemas acuapónicos, seguridad alimentaria, hidroponía y acuicultura por medio de la herramienta Parsifal que es en la base de datos de Scopus.
- Analizar investigaciones realizadas a nivel nacional e igualmente internacional de la acuaponía con resultados y análisis más avanzados, observando una mayor efectividad y beneficios que puede ofrecer el sistema.
- Investigar como un sistema acuapónico ayuda a la seguridad alimentaria de una persona y de un núcleo familiar de cuatro integrantes.
- Realizar tabla de alternativas con el fin de dar un resumen de lo encontrado, y una introducción al objetivo número dos del porqué se seleccionaron dichas características referente a los criterios.

Técnicas: Análisis e interpretación de la información obtenida.

Instrumentos: Parsifal (Tesis, maestrías, artículos, libros de texto) extraídos de la base de datos de Scopus y fuentes externas.

Resultados: Obtención de información pertinente y relevante a partir de diferentes autores, funcionamiento, especies vegetales y animales seleccionados para las zonas rurales, con esta información se dio respuesta al aporte de los sistemas acuapónicos a la seguridad alimentaria teniendo una comprensión más clara de los criterios de sostenibilidad, así mismo, se llevó a cabo un análisis general sobre las respectivas gráficas que se generaron en scopus, donde se observó la explicación sobre distintos factores de las investigaciones encontradas sobre los sistemas acuapónicos.

Posibles alternativas de cultivo acuapónico a partir de un análisis multicriterio.

Método: Es comparativo ya que, se identificó las diferencias y similitudes de cada prototipo teniendo en cuenta el funcionamiento y las características del entorno, por medio de un análisis multicriterio y de estos se obtuvieron conclusiones que definieron la posible opción de sistema acuapónico para implementar en las zonas rurales de Colombia.

Análisis multicriterio AHP: AHP requiere comparaciones por pares de cada criterio y alternativa con otros criterios y alternativas. Esto significa que los niveles de preferencia deben indicarse comparando cada elemento uno a uno con todas las combinaciones posibles (NANTES, 2019).

Actividades:

- Una de las partes más importantes del enfoque AHP es la estructuración de una jerarquía de problemas, donde los equipos de toma de decisiones y participación deben intentar dividir cada problema en sus componentes esenciales.

Por lo cual, la jerarquía básica se encuentra conformada por: La meta que es el objetivo general, criterios y así mismo las alternativas.

- Una vez definida una jerarquía, cada conjunto de criterios se puede comparar en el mismo nivel de la jerarquía y las alternativas se pueden comparar directamente en pares con criterios de nivel inferior. Para ello se utilizó una matriz de comparación por pares utilizando la escala base (Tabla 13). Esto es clave para usar escalas de comparación pareadas porque el cerebro humano es particularmente bueno comparando dos estándares o alternativas, pero no tan bien haciendo comparaciones conjuntas. De hecho, la ley de Weber-Fechner establece que el cambio más pequeño perceptible en la intensidad de un estímulo es directamente proporcional a la intensidad de ese estímulo. Dado que la relación entre estímulo y percepción sigue una escala logarítmica, la percepción, si el estímulo crece en progresión geométrica, se desarrollará en progresión aritmética. Por lo tanto, AHP utiliza una escala básica del 1 al 9 que ha sido probada empíricamente con éxito en una variedad de situaciones del mundo real.
- La comparación de diferentes alternativas con criterios en niveles inferiores de la jerarquía y con diferentes criterios en el mismo nivel de la jerarquía da como resultado una matriz cuadrada llamada matriz de decisión. Esta matriz satisface reciprocidad (si $a_{ij}=x$, entonces $a_{ji}=1/x$), homogeneidad (si i y j son igualmente importantes, $a_{ij}=a_{ji}=1$, y además, $a_{ii}= 1$ para todo i), y consistencia (la matriz debe tener no contiene nada que contradiga la valoración). La coherencia se logra utilizando el índice de consistencia (*Consistency Index, CI*), donde λ_{max} es el valor propio máximo y n es la dimensión de la matriz de decisión. Un índice de consistencia de cero significa que la consistencia es perfecta. Una vez alcanzado el IC se obtiene un índice de consistencia (*Consistency Ratio, CR*), el cual es aceptable siempre y cuando no supere el valor mostrado en la Tabla 4. Si la matriz supera el CR máximo, se deberán reevaluar las escalas.

$$CI = \lambda_{max} - n / n - 1$$

$$CR = CI / RI$$

Donde RI es el índice aleatorio, que indica la consistencia de una matriz aleatoria (Tabla 3):

Tabla 3 Tabla 3. Índice aleatorio RI

| Tamaño de la matriz | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Índices aleatorios | 0 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Fuente: (Saaty, 1980).

Tabla 4 Tabla 4. Porcentajes máximos de la ratio de consistencia CR

| TAMAÑO DE LA MATRIZ (n) | RATIO DE CONSISTENCIA |
|-------------------------|-----------------------|
| 3 | 5% |
| 4 | 9% |
| 5 o mayor | 10% |

Fuente: (Saaty, 1980).

Una vez comprobada la coherencia, se pueden obtener ponderaciones que reflejen la importancia relativa de cada criterio o la prioridad de diferentes alternativas para un criterio determinado. Para ello, el AHP original utiliza el método de valores propios, que debe resolver la siguiente ecuación:

$$A \cdot w = \lambda_{max} \cdot w$$

Si A denota la matriz de comparación, w es un vector propio o vector de preferencia y λ_{max} es un valor propio.

Técnicas: Análisis comparativo mediante la búsqueda de información.

Instrumentos: FODA, tabla de comparación, análisis multicriterio AHP.

Resultados esperados: Se realizó una búsqueda de información sobre los tipos de sistemas acuapónicos tradicionales a pequeña escala en scopus y fuentes externas, con esta búsqueda se llevó a cabo una comparación sobre los prototipos acuapónicos describiendo las características, varios aspectos que tiene cada uno, donde, se realizó el análisis multicriterio AHP que sea susceptible a aportar en la seguridad alimentaria, se obtuvo como resultado la mejor opción para las zonas rurales. Este análisis multicriterio es una herramienta de apoyo a la decisión. Esta herramienta se utilizó para analizar variables cualitativas y cuantitativas según diferentes criterios/objetivos.

Propuestas de estrategias de apropiación social del conocimiento sobre la acuaponía.

Método: Deductivo ya que este estudio investigativo, se infiere de hechos observados de estudios ya realizados, partiendo de investigaciones generales, teniendo como apoyo las encuestas para evaluar el conocimiento de la comunidad, ya que, a partir de esto se proponen las estrategias de apropiación del conocimiento, por lo cual, se generalizaron los resultados de la investigación, a partir de la búsqueda de información planteada.

Actividades:

- Se llevará a cabo la aplicación de unas encuestas con el fin de analizar el conocimiento de la comunidad relacionado al tema de investigación.

- Se llevará a cabo una revisión sobre estrategias de apropiación social del conocimiento, sobre el funcionamiento y características de los prototipos acuapónicos, esto con la finalidad de que contribuya como apoyo en áreas de investigación.
- Establecer una matriz de riesgos, con el fin de identificar estrategias de mitigación, a fin de identificar la mejor opción para las zonas rurales en Colombia.
- Dar a conocer los beneficios de la acuaponía, por medio de folletos y una ficha publicitaria, incentivando a la comunidad sobre los sistemas acuapónicos para que sean un apoyo en diferentes áreas, teniendo en cuenta el buen manejo de los recursos y el medio.

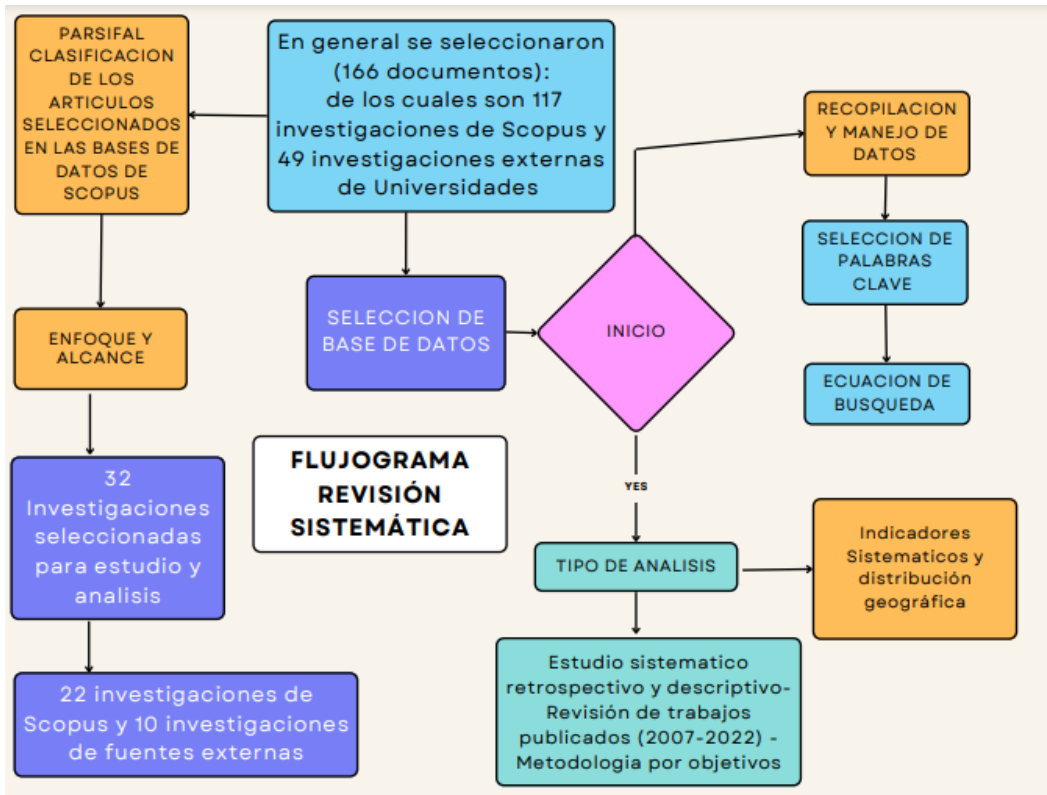
Técnicas: Establecer estrategias de apropiación social del conocimiento sobre sistemas acuapónicos, incentivando a la comunidad rural frente a la seguridad alimentaria.

Instrumentos: Incentivar sobre los sistemas acuapónicos en la comunidad rural por medio de encuestas, matriz de riesgos, folletos y ficha publicitaria en redes sociales sobre la acuaponía.

Resultados esperados: Diseño de encuestas como estrategia de apropiación social del conocimiento sobre la acuaponía, diseño de una matriz de riesgos identificando estrategias de mitigación sobre los prototipos, diseño de un folleto informativo con imágenes donde la persona puede con facilidad analizar y leer la cartilla con información puntual sobre los sistemas acuapónicos, sus ventajas, beneficios, el ciclo biológico de la acuaponía, la estructura de estos prototipos, los organismos y diseño de una ficha publicitaria ya que, la mayoría de las personas tienen acceso a las redes sociales. Esta va dirigida principalmente a la comunidad para que tengan un mejor conocimiento sobre el tema.

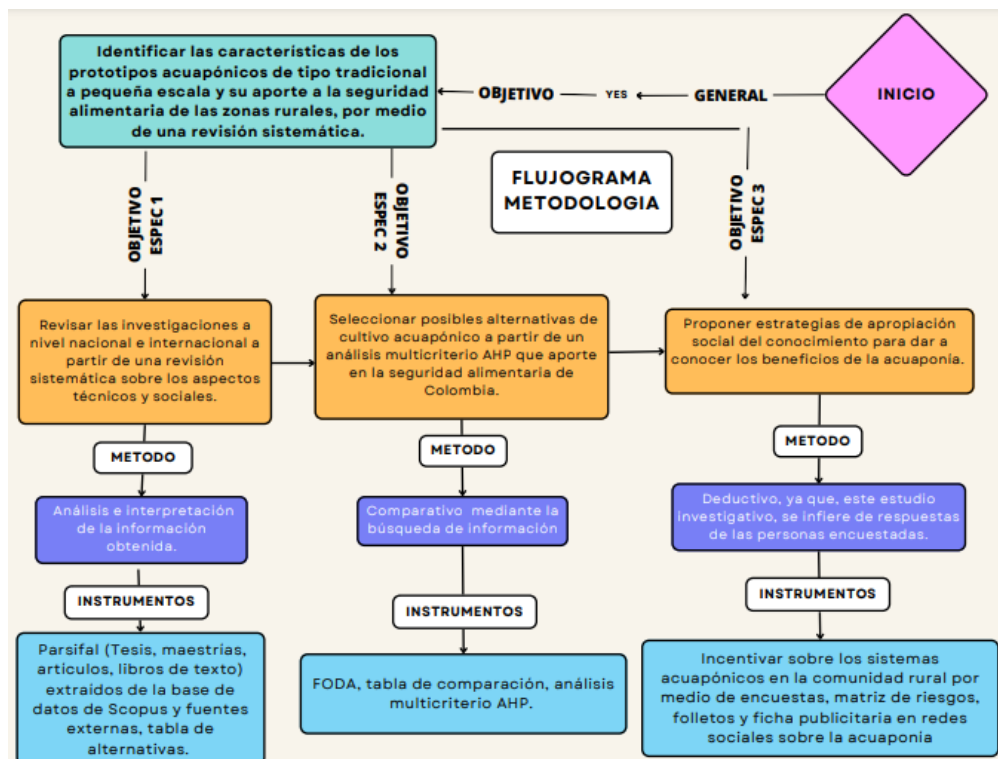
Este flujograma representa de manera visual, las etapas y actividades involucradas en la selección de bases de datos, el enfoque y alcance del estudio, el tipo de análisis realizado, la recopilación y manejo de datos, la selección de palabras clave, la ecuación de búsqueda, los indicadores bibliométricos y la distribución geográfica de las referencias bibliográficas.

Ilustración 1 Flujograma Revisión Sistemática.



Fuente: Elaboración propia. (2023).

Ilustración 2 Flujoograma Metodología.



Fuente: Elaboración propia. (2023)

A continuación, se explica en específico cada objetivo planteado con el fin de identificar método y actividad que conlleva cada uno en la investigación.

SELECCIÓN DE BASES DE DATOS

Scopus fue elegido como la base de datos académica para la recuperación de información proporcionada por la Universidad de Santo Tomás porque cubre la mayoría de los campos del conocimiento y es fácil de acceder, visualizar y descargar datos. Es considerada una de las bases de datos más visitadas y es utilizada en el sistema Las bases de datos se utilizan en el desarrollo de investigaciones, así como la búsqueda de información se realiza dentro de las investigaciones externas de la universidad, debido a que existen diversos métodos de información y aplicación en el tema, por ejemplo: (Universidad del Bosque, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Universidad Santo Tomás Tunja, Universidad de Piura, Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad del Colima, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Austral de Chile, Universidad Javeriana, Universidad Militar de Nueva Granada), (Visser et al., 2021).

Así mismo, se utilizó Parsifal como una herramienta de clasificación, de recuperación de información. El objetivo fue identificar, analizar e interpretar toda la evidencia disponible de los estudios primarios relevantes para una pregunta de investigación específica. Como sugieren Kitchenham y Charters, las actividades para realizar una revisión sistemática respectiva de la literatura incluye la planificación, la realización y el informe de la revisión. Llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura es una tarea muy laboriosa que requiere que los investigadores desarrollen protocolos, ajusten las cadenas de búsqueda, filtren los resultados (a veces más de mil artículos), seleccionen aquellos que cumplen con los criterios de inclusión y excluyan los que no lo hacen (Visser et al., 2021).

En el siguiente paso de la revisión sistemática en la herramienta Parsifal, se realizaron las tres partes fundamentales, que son: protocolo, evaluación de calidad y la extracción de datos, cada una de ellas, tiene distintos factores:

1. **Protocolo:** En este apartado se fijan los objetivos, los 5 elementos del método PICOC, las preguntas de investigación, las palabras clave, y sus sinónimos, así mismo, la cadena de búsqueda, las fuentes de la búsqueda, y por último los criterios de selección
2. **Evaluación de calidad:** En el siguiente apartado, se realiza la respectiva evaluación de calidad, de los artículos seleccionado y clasificados en su revisión, para esto, se formulan unas respectivas preguntas, con el fin de evaluar la calidad y así mismo asignarles un valor, finalmente la aplicación define un valor máximo, el cual es calculado en función del número de preguntas y también de la respuesta de mayor significado, y a su vez se fija un valor de corte que la aplicación asigna, por lo cual al tener realizada la valoración de calidad, se procede a seleccionar sólo aquellos artículos que superen dicho valor, dichos artículos pasarán a la fase de extracción de datos

- 3. Extracción de datos:** Por último en la planificación se diseña un formulario, el cual sirve para la extracción de los datos, de los respectivos artículos seleccionados y que también superen la evaluación de calidad, para esto, se tienen que describir los aspectos de su revisión, que se quieren extraer de los artículos y así mismo aplicarles un valor, de esta manera, en el último apartado de la fase de la revisión, se puede exportar estos datos a una hoja de cálculo y así mismo analizar los datos extraídos
- Una vez hecho todo esto, se procede a analizar los resultados uno por uno. Parsifal está diseñado para ayudar a realizar todos estos pasos anteriores y compartir los resultados con otros investigadores.
 - La selección de las bases de datos académicas es un paso fundamental en cualquier investigación, ya que determina la calidad y amplitud de la información que se obtendrá. En este sentido, hemos elegido utilizar las herramientas de búsqueda Scopus y fuentes externas de investigaciones de Universidades, debido a sus características y ventajas significativas en el ámbito académico. A continuación, justificamos nuestra elección:
 - Amplia cobertura en la gran mayoría de los respectivos campos del conocimiento: Scopus, y fuentes externas de investigaciones de Universidades son reconocidas por su amplio alcance temático y por abarcar diversas disciplinas académicas. Estas bases de datos ofrecen una gran variedad de fuentes y documentos académicos, lo que permitirá obtener una visión completa y exhaustiva del tema que se está investigando.
 - Facilidades de acceso, la visualización y también la descarga de datos: Scopus y fuentes externas de investigaciones de Universidades brindan interfaces amigables y herramientas intuitivas que facilitan el acceso, la visualización y la descarga de los datos y documentos académicos. Esto nos permitirá acceder rápidamente a la información relevante y utilizarla de manera eficiente en nuestra investigación.
 - Amplio uso en estudios sistemáticos: Estas bases de datos son reconocidas y utilizadas ampliamente en el ámbito de los estudios sistemáticos. Esto significa que cuentan con metodologías y métricas establecidas que permitirán analizar y evaluar la relevancia y el impacto de los documentos académicos que encontraremos. Esto es especialmente importante para asegurar la calidad y la validez de la información que se utilizara en la investigación.
 - Consultadas y utilizadas frecuentemente: Scopus y fuentes externas de investigaciones de Universidades son ampliamente consultadas y utilizadas por investigadores, académicos y profesionales de todo el mundo. Esto nos brinda la seguridad de que encontraremos una amplia gama de estudios relevantes y actualizados sobre nuestro tema de investigación, lo cual es crucial para fundamentar las conclusiones de manera sólida y respaldada por la comunidad científica.
 - En resumen, la elección de Scopus y de fuentes de investigación universitarias externas (por ejemplo, repositorios académicos para la recuperación de información) se justifica porque cubre la mayoría de los campos del conocimiento, es fácil de acceder, visualizar y descargar datos, y se utiliza en el reconocimiento sistemático de la investigación y con frecuencia. usar.

ENFOQUE Y ALCANCE

Es un enfoque mixto porque se pretende responder al planteamiento del problema, con el objetivo de estudio teórico y el propósito de extraer del enfoque cualitativo y cuantitativo sus fortalezas y minimizar sus debilidades en este caso de los sistemas acuapónicos, por lo tanto, se encuentran datos más variados y sustanciales, por otro lado, se identificó como enfoque mixto, ya que, se recolectó información de diferentes autores. Se implementó la recolección de datos de aproximadamente unas 166 investigaciones, de las cuales se sostuvo el estudio y análisis en 32 de ellas para probar la eficiencia de los sistemas acuapónicos y así mismo se propusieron estrategias de apropiación social del conocimiento frente a la comunidad de las zonas rurales, para descubrir o reafirmar la pregunta de investigación en el proceso de interpretación, la investigación es de tipo descriptivo y exploratorio ya que esta se realizó con el objetivo de examinar los sistemas acuapónicos y el problema de la investigación que está enfocado en el poco estudio de la comunidad rural hacia los prototipos, donde se identificaron varias dudas, así mismo en este alcance se obtuvo información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa.

TIPO DE ANÁLISIS:

Este es un estudio sistemático retrospectivo y descriptivo, realizado a través de la revisión de los trabajos publicados desde el año 2007 al 2022.

Para realizar el proyecto investigativo, se desarrolló la metodología por objetivos, las cuales se dividieron en distintas actividades, en el que se logran obtener los objetivos específicos que son proyectados con el propósito de cumplir el correspondiente objetivo general.

RECOPIACIÓN Y MANEJO DE DATOS:

Se registró el número total de categorías relevantes de artículo/volumen año, así como el número de autores y volumen/año, y el número total de diferentes referencias/volumen año clasificados como artículos de revistas científicas. y finalmente libros y otros contenidos que incluyen: disertaciones, tesis, presentaciones en congresos, consultas en línea, informes y comunicaciones personales. Información sobre el año de cada referencia bibliográfica, tipo de documento, fuente del artículo, literatura por año/fuente y su tema principal, literatura por país o región, literatura de los autores más influyentes en el tema, Archivos por tipo y archivos por afiliación.

SELECCIÓN DE PALABRAS CLAVE

En las palabras claves, se encontró que existe una relación directa entre los sistemas acuapónicos con la hidroponía, así como con la acuicultura, sin embargo, surgen palabras específicas como sostenibilidad rural, sistema de recirculación, una denominación vegetal como la lechuga y una denominación de una especie animal como lo es tilapia.

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA

Para el respectivo planteamiento de la ecuación de búsqueda se definieron las palabras clave, enfocadas a los sistemas acuapónicos y la sostenibilidad rural obteniendo la siguiente ecuación:

(TITLE-ABS-KEY (" aquaponics " AND (" rural sustainability " or " aquaponic systems " or "hydroponics" or " aquaculture ") AND ("bibliometrics " or "aquaponics")))

El tiempo de búsqueda, el país, el tipo de documento y el área de conocimiento no están limitados por ningún criterio, por lo que este modo de búsqueda debe poder obtener la máxima cantidad de información sobre el tema investigado.

INDICADORES SISTEMÁTICOS:

Los indicadores que se calcularon son: tipo de documento, año de publicación, número de artículos, entre los años 2007-2022.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA:

Se consideraron las fuentes de cada referencia para determinar su distribución nacional e internacional y determinar qué país proporcionó la mayor información para cada autor.

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

REVISIÓN DE INVESTIGACIONES SOBRE LOS PROTOTIPOS ACUAPÓNICOS FRENTE A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA.

Los resultados de esta revisión sistemática ofrecen información para la comunidad interesada en la temática, con el fin de promover tecnologías de cultivo sostenible. En este apartado, se evidencia la importancia de la seguridad alimentaria por medio de la acuaponía, identificando aspectos técnicos y sociales de los sistemas acuapónicos, una comparación de los diferentes tipos de sistemas, determinando el posible sistema más práctico y apropiado para aplicar en las zonas rurales de Colombia, por último, proponer estrategias de apropiación social del conocimiento para dar a conocer los beneficios de la acuaponía.

Para dar cumplimiento al primer objetivo se presenta el siguiente análisis: El prototipo acuapónico de tipo tradicional a pequeña escala puede suplir alimentos de manera sostenible durante todo el año, independientemente de las temporadas. Esto se debe a que el sistema acuapónico crea un entorno

controlado donde las plantas crecen en agua y reciben nutrientes que son provenientes de los desechos de los peces (Chistopher, Moti, Edoardo, Austin, & Alessandro, 2022)

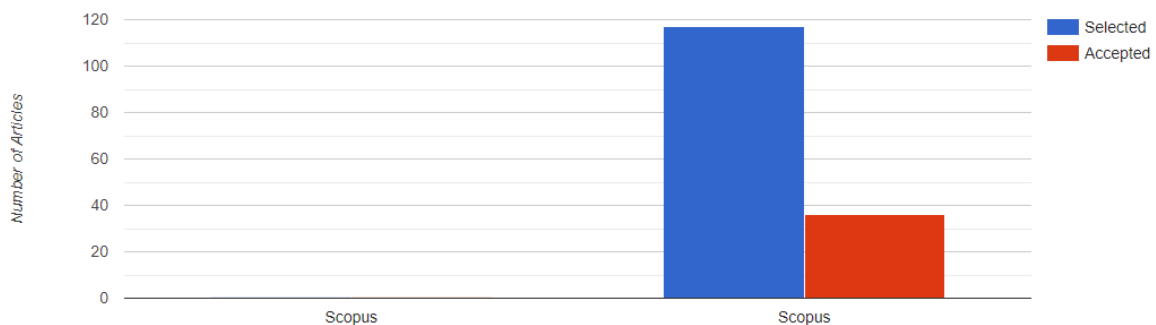
En este tipo de sistema, las plantas cultivadas son principalmente vegetales de hojas verdes como lechuga, espinaca, acelga, entre otros. Estas plantas tienen un ciclo de crecimiento más corto y pueden cosecharse regularmente. Dependiendo de las diferentes necesidades que se presente en la familia y el tamaño del sistema, es posible tener varias cosechas que sean continuas a medida que las plantas van creciendo y desarrollando. Los peces pueden ser cosechados cuando alcanzan el tamaño deseado para su consumo, lo que proporciona una fuente adicional de alimento (Chistopher, Moti, Edoardo, Austin, & Alessandro, 2022). En cuanto a los peces, se pueden criar especies como tilapia, trucha o carpas, que también tienen un ciclo de crecimiento relativamente corto. Los peces pueden ser cosechados cuando alcanzan el tamaño deseado para su consumo, lo que proporciona una fuente adicional de alimento (Chistopher, Moti, Edoardo, Austin, & Alessandro, 2022).

Es importante destacar que el éxito y la capacidad de suplir alimentos con el prototipo acuapónico dependen del tamaño del sistema, también la calidad del agua, la adecuada alimentación de los peces y el manejo adecuado de las plantas. Además, es necesario tener en cuenta los requisitos que sean específicos de cada una de las especies de plantas y peces en términos de temperatura, luz y nutrientes (Chistopher, Moti, Edoardo, Austin, & Alessandro, 2022)

En resumen, el prototipo acuapónico de tipo tradicional a pequeña escala puede proporcionar alimentos frescos y saludables durante todo el año, permitiendo a las familias tener una fuente de vegetales y peces en su hogar, sin depender de las temporadas de cultivo tradicionales.

- En esta sección se encuentra el análisis sobre la revisión sistemática de Scopus, por medio de las ilustraciones correspondientes, se puede observar la cantidad de documentos que se investigó y se analizó, los que fueron seleccionados, y que factores en específico se tuvieron en cuenta para una mejor explicación en general.

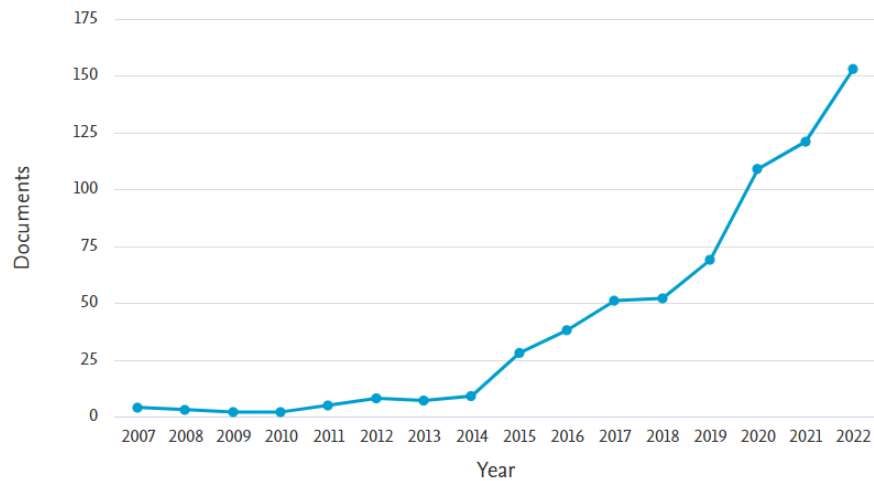
Ilustración 3 Artículos aceptados por fuente.



Fuente: (Scopus, 2023)

A partir de los datos de Scopus se puede identificar por medio de análisis gráficos como cada uno de los documentos escritos por año varía según su gravedad como se muestra en la ilustración desde el año 2007 al 2022 ha aumentado el número de escritos sobre los sistemas acuapónicos, la acuicultura y la seguridad alimentaria en el mundo.

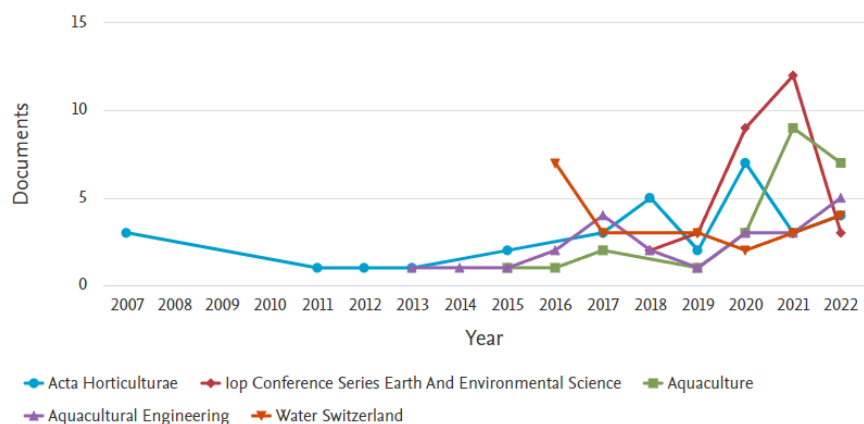
Ilustración 4 Artículos finales por año (después de la selección de estudios y evaluación de calidad)



Fuente: (Scopus, 2023)

A continuación, se seleccionaron los documentos por año por fuente y se analizó que la mayor fuente en documentos fue la Revista de horticultura desde los años 2007 hasta 2022 después sigue Serie de conferencias lop ciencias ambientales y de la tierra desde el año 2018 al 2022 y por último la Acuicultura desde el año 2015 hasta el 2022.

Ilustración 5 Documentos por año, por fuente y sus principales temas.

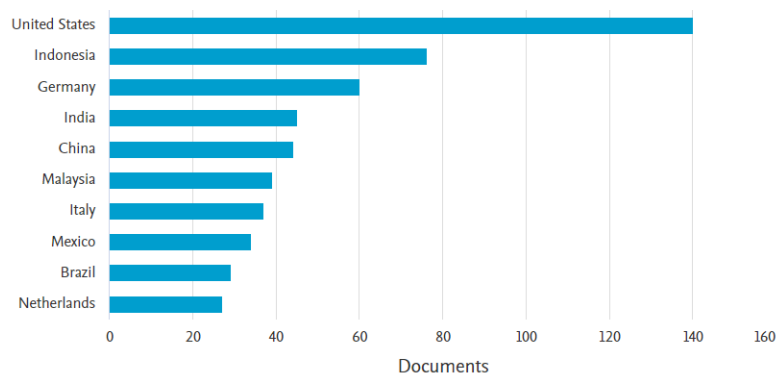


Fuente: (Scopus, 2023)

En la siguiente ilustración se puede observar los documentos por país de mayor a menor cantidad de información en el tema de Sistemas acuapónicos y acuicultura, por lo cual, el país con más documentos de información en el tema es Estados Unidos, luego sigue Indonesia, pero representa una

cantidad de documentos muy mínima comparada a la de Estados Unidos, en los siguientes países que se muestran sigue disminuyendo la cantidad de documentos linealmente.

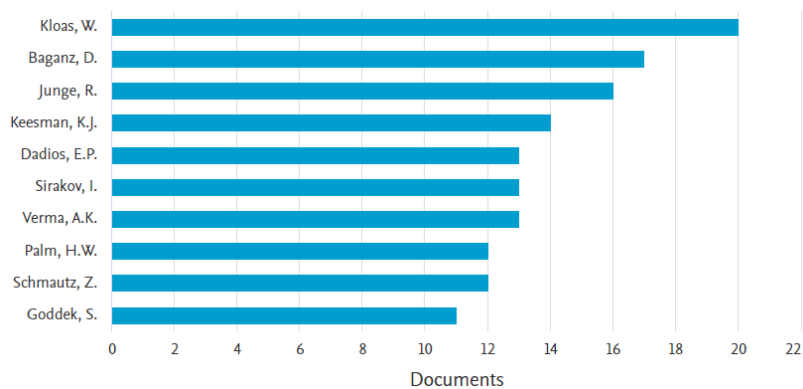
Ilustración 6 Documentos por país o territorio.



Fuente: (Scopus, 2023)

A continuación, se observa la ilustración sobre los documentos de los autores que han sido más representativos en el tema los sistemas acuapónicos y la acuicultura, en el cual se encuentra al autor Kloas, W como el más influyente en el tema con una cantidad de 20 documentos, sigue Baganz, D como el segundo más influyente en el tema con una cantidad de 17 documentos y Junge, R como el tercer autor más influyente en el tema con una cantidad similar al anterior autor de 16 documentos, los demás autores que también son influyentes en el tema, no se ve una gran diferencia en general, por lo tanto, se podría decir que tienen la misma representación en el tema, es similar.

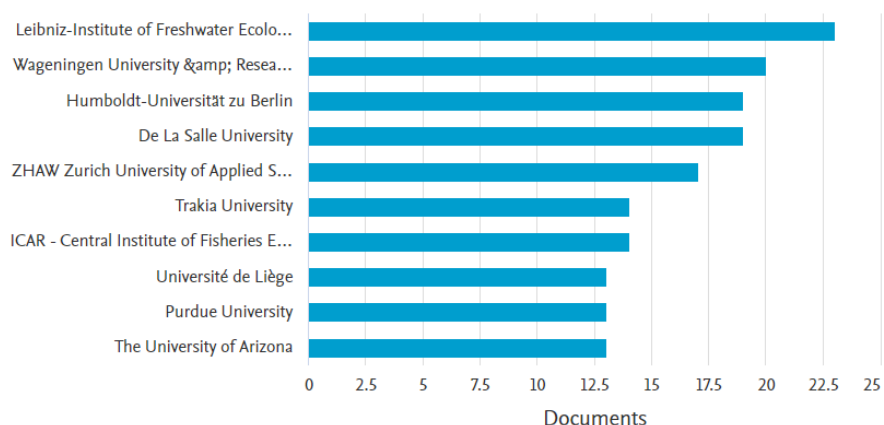
Ilustración 7 Documentos de los autores más influyentes en el tema.



Fuente: (Scopus, 2023).

En la siguiente ilustración se muestran los documentos por afiliación de mayor a menor, el documento por afiliación con mayor representación en el tema es Leibniz-El Instituto de Ecología de la agua dulce y de pesca interior con una cantidad de 23 documentos, le sigue Universidad e investigación de Wageningen con una cantidad de 20 documentos y por último Humboldt-Universidad zu Berlin con una cantidad de 19 documentos, los demás documentos por afiliación tienen una cantidad de información en el tema similar a las tres primeras afiliaciones nombradas anteriormente, sin embargo estas van disminuyendo su cantidad linealmente.

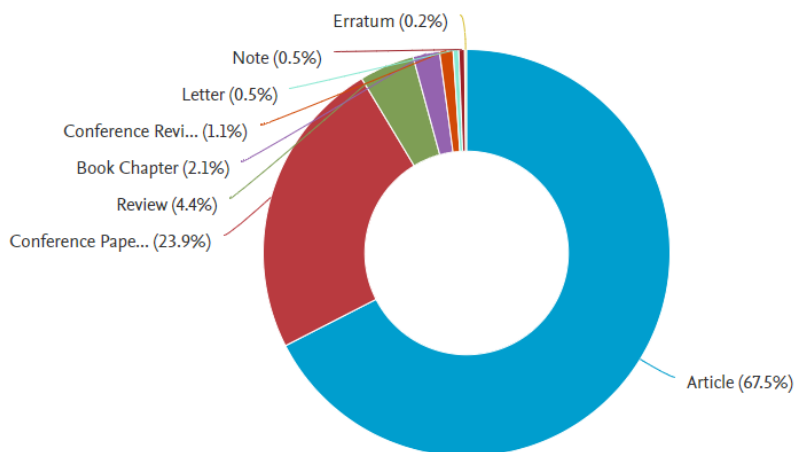
Ilustración 8 Documentos por afiliación.



Fuente: (Scopus, 2023)

En la siguiente ilustración se puede observar los documentos por tipo en el cual, el tipo de documento con mayor porcentaje de información fueron los artículos con un valor del 67,5%, luego siguen los papeles de conferencia o documentos de sesión con un valor de 23,9%, y finalmente los demás documentos por tipos ya tienen unos porcentajes muy mínimos comparados a los dos primeros tipos, por lo cual estos últimos tipos no tienen mucha información en el tema.

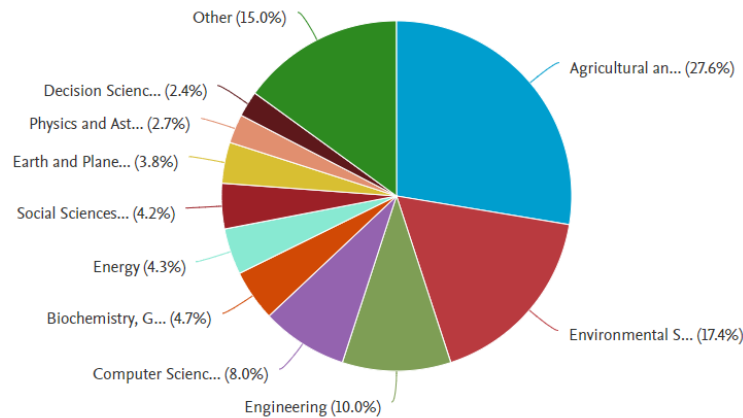
Ilustración 9 Documentos por tipo.



Fuente: (Scopus, 2023).

En la siguiente ilustración se muestran algunos documentos seleccionados con el porcentaje del área temática con mayor dominio, búsqueda y conocimiento en el tema que fue el área de ciencias agrícolas y biológicas con un valor del 27,6% seguida del área de ciencias del medioambiente con un valor del 17,4% y en tercer lugar por el área de ingeniería con un valor del 10,0% y el área de ciencias de computación con un valor del 8,0%.

Ilustración 10 Documentos por área temática.



Fuente: (Scopus, 2023)

A continuación, se evidencia la tabla de seguridad alimentaria donde se identificaron las ventajas, las desventajas, la dieta pertinente para una persona y para un núcleo familiar de 4 integrantes, a fin de conocer qué tanto ayuda el sistema acuapónico en la seguridad alimentaria a las personas.

Tabla 5 Seguridad Alimentaria.

| | VENTAJAS | DESVENTAJA | DIETA |
|---------------------|--|---|--|
| FAMILIA DE 4 | <ul style="list-style-type: none"> ● A largo plazo, el cultivo de alimentos en casa con un sistema acuapónico puede generar ahorros económicos significativos. La reducción en la compra de alimentos frescos y la posibilidad de generar excedentes para intercambiar o vender pueden ayudar a reducir los gastos relacionados con la alimentación. ● Al tener el control total sobre el proceso de cultivo, la familia puede garantizar la calidad de los alimentos producidos. Esto brinda a la | <ul style="list-style-type: none"> ● Un prototipo acuapónico de pequeña escala puede tener limitaciones en cuanto a la cantidad de alimentos que puede producir. Es posible que la cantidad de cultivos y peces cultivados no sea suficiente para lograr satisfacer las diferentes necesidades alimentarias de una sola familia de 4 personas, especialmente si se consumen grandes cantidades de alimentos. ● Aunque los prototipos acuapónicos de pequeña escala requieren menos espacio en comparación con sistemas comerciales más grandes, aún necesitan un área adecuada para su instalación. Esto puede ser un desafío en hogares con limitaciones de espacio, especialmente en apartamentos o casas pequeñas. | vegetales y peces como la trucha y la tilapia. |

| | | | |
|------------------------------------|--|--|---|
| | <p>familia la correspondiente oportunidad de poder disfrutar de una dieta que sea variada y equilibrada.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Al tener más miembros, es necesario satisfacer los diferentes gustos y necesidades nutricionales de cada individuo, lo que puede requerir una mayor diversificación de cultivos en el sistema acuapónico. | | |
| <p>1 PERSONA</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Si bien tanto una persona como una familia pueden experimentar ahorros económicos al utilizar un sistema acuapónico, el impacto financiero puede ser mayor en una familia. Al tener menos bocas que alimentar, el ahorro en la compra de alimentos puede ser más significativo, especialmente a largo plazo. ● Con el prototipo acuapónico, es posible cultivar una amplia variedad de cultivos, incluyendo vegetales de hoja verde, hierbas aromáticas, tomates, pepinos y otros | <ul style="list-style-type: none"> ● La implementación de un prototipo acuapónico implica costos iniciales considerables. La adquisición de los tanques, sistemas de filtración, bombas y otros equipos necesarios puede ser costosa. Además, se deben tener en cuenta los costos de instalación y configuración del sistema. | <p>vegetales y peces como la trucha y la tilapia.</p> |

Fuente: Autoras.

El análisis sistemático es un método útil para examinar y evaluar la literatura científica existente sobre un tema en particular. En esta revisión sistemática, se evidencian diferentes antecedentes relacionados con los sistemas acuapónicos y su aplicación en diversas áreas, aportando los siguientes análisis de ellos según resultados, a continuación, se evidencia el análisis de 32 referencias utilizadas en este estudio sistemático a modo de discusión.

Tabla 6 Artículos analizados

| # ARTICULOS RELACIONADOS | TEMATICAS | AUTORES | RELACIÓN CON LA INVESTIGACIÓN |
|--------------------------|--|---|---|
| 3 | Revisión bibliométrica y sistemática de la acuaponía. | Mathur, T. & Muthukumaraswamy, S. (2022), Granados-León, C., Lozano, G. G., & Velásquez, K. P. (2020), Otalora, T. A. (2008). | Estas investigaciones sirven de apoyo, ya que el proyecto, tiene el enfoque de evaluar la calidad y la metodología, con enfoque en las investigaciones realizadas hacia las revisiones bibliométricas y sistemáticas de los prototipos acuapónicos se realizaron con el fin de sintetizar la evidencia científica en los 3 artículos enfocados a las revisiones acuapónicas, por otro lado se seleccionaron las investigaciones enfocadas a la revisión bibliométrica porque estas presentan un análisis que clasifica y determina el impacto de cada publicación y el calor que representan, sirviendo de apoyo a la hora de realizar análisis. |
| 7 | Seguridad alimentaria, economía, social, acuaponía, viabilidad, y desarrollo sostenible. | Zugravu, G. M. M. y C., IA, Rahoveanu, N., AT, A., Costel, C., Coadă, C., Petrea, M., Bandi, S., Cretu, A. & Chihaiia, M. (2016), Schnitzler, W. (2013), Nelson, R.L., Padé, JS, (2007) | Como esta revisión sistemática se enfoca en los sistemas acuapónicos es importante conocer cómo lograr una alimentación saludable, ya que la idea es incentivar a fortalecer la producción local, con el fin de que las personas tengan diversidad a la hora de realizar una producción sostenible, en cuanto a la economía, es identificar por medio de los artículos encontrado, como las familias suplen sus necesidades y organizan los recursos disponibles que en algunos lugares es escaso, la idea es identificar estas desventajas y por medio de sistemas como el acuapónico satisfacer las necesidades de una manera amigable con el ambiente y la economía. |
| 7 | | | La mayor parte de los artículos son de temática enfocada a la hidroponía, acuicultura y agricultura, como se identifica estos son tres métodos diferentes de cultivo, donde, se |

| # ARTICULOS RELACIONADOS | TEMATICAS | AUTORES | RELACIÓN CON LA INVESTIGACIÓN |
|--------------------------|--|--|---|
| | Hidroponía, acuicultura, agricultura | Ronzón-Ortega, M. Hernández-Vergara, MP, Pérez-Rostro, CI. (2012), | reconoce la diferencia de cada uno de ellos, sirviendo de apoyo clave a la hora de realizar la discusión, todos de diferente manera contribuyen a la respectiva seguridad alimentaria, a disminuir pobreza y a reducir los impactos si se realizan de una adecuada manera. |
| 8 | Eficiencia de producción en los cultivos acuapónicos. | García-Galván, D. & García-Ramírez, NM, S. (2020), Pineda, J., Valdez-Zamora, A., Miranda-Velázquez, I., Rodríguez-Pérez, J., Ramírez-Arias, J. & Lozano-Toledano, A. (2018), Deepthi, parlamentario, Nivethitha, S., Saminathan, K., Narendhirakanan, RT, Karmegam, N., Kathireswari, P, (2021), Kalbacher, KT, Marquez-Gonzalez, ES, (2016), Pineda Pineda, J., Miranda-Velázquez, I. Rodríguez-Pérez, JE, Ramírez-Arias, JA, Pérez-Gómez, EA, García-Antonio, IN, Morales-Parada, JJ, (2017), | Este apartado es uno de los más importantes ya que, la eficiencia de estos artículos se relaciona con uno de los objetivos específicos planteados, lo que se realiza con estos artículos es identificar los resultados de cada uno de ellos, donde pueda evidenciar que planta u hortaliza es más eficiente o qué tipo de pez puede funcionar para el sistema, ya que, se identifica que no todo pez o planta sirve para ser implementado en un sistema acuapónico, tiene que pasar primero por un estudio, también se evidencia, de esta manera es más sencillo, identificar qué sistema es más conveniente aplicar. |
| 3 | Educación ambiental de la agricultura con la acuaponía, desarrollo sostenible. | Urgencias, H., Webb, J., Hollingsworth, C. & Danylchuk, A. (2014), | Como el sistema acuapónico es un método de desarrollo sostenible, el proyecto pretende tener en cuenta factores claves como: la educación ambiental, la sociedad, la economía, y el cuidado y preservación del medio ambiente, para así comunicar a la sociedad |
| 1 | Energía solar, desarrollo sostenible | Tous-Zamora, D. De la Rosa-Sánchez, F. Sánchez-Teba, EM, Cordero-Tous, M. & Ruiz Campos, R. (2019), | Un artículo en general llamo la atención ya que, es un diseño de un prototipo acuapónico que es alimentado con energía solar, por medio de esto se identificaron diferentes estrategias a la hora de implementar un sistema y que esta de cierta manera puede contribuir aún más a la mejora de |

| # ARTICULOS RELACIONADOS | TEMATICAS | AUTORES | RELACIÓN CON LA INVESTIGACIÓN |
|--------------------------|---|---------------------------------------|---|
| | | | los impactos ambientales, utilizando energías renovables, la relación que se presenta con este proyecto es que el objetivo es identificar criterios de desarrollo sostenible y que estos sean implementado y enfocados, poniendo como una prioridad, la respectiva conservación de todos los recursos naturales e ir implementando sistemas tecnológicos y que la comunidad conozca más de estos. |
| 1 | Afectación a la eficiencia de los sistemas acuapónicos. | (Iliyasu & Mohamed, 2016) | Se identifican algunos puntos de falla, puede identificarse con un grado de dificultad más compleja que otros sistemas productivos, tan solo por el hecho de estar pendientes de plantas y animales, este sistemas es considerado muy demandante en cuanto al tiempo, es solo de tener en cuenta que si los peces no presentan las condiciones adecuadas pueden morir y por el otro lado las plantas a descuido pueden presentar patógenos, por ello se presenta esta relación con esta investigación ya que es relevante tener en cuenta las desventajas de estos sistemas logrando identificar recomendaciones y estrategias para combatir y reducir estas desventajas. |
| 2 | Empoderamiento de la mujer en la acuicultura. | (M.K, S, & S., 2012); (Seymour, 2017) | Como el proyecto pretende crear estrategias teniendo en cuenta artículos relacionados con el empoderamiento en las mujeres, la idea es promover la igualdad de género, gozando de los mismos derechos, que, de lado y lado, los intereses en general y personal sean garantizados y protegidos. |

Fuente. Autoras (2023)

Para demostrar la viabilidad en general de los sistemas acuapónicos tradicionales, según varios estudios que han sido realizados y teniendo en cuenta la evolución y también el desarrollo que ha tenido la acuicultura se encuentran varias ventajas y eficiencias en el campo de la pertinente producción vegetal, entre estas se encontraron las siguientes:

Tabla 7 Ventajas de los Sistemas Acuapónicos.

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Los respectivos sustratos permiten disminuir el riesgo de que puedan adquirir pestes que no son deseadas y buenas en el suelo, también son reutilizados, porque los sustratos reúnen y almacenan mucho mejor la humedad y también el oxígeno que nutren las raíces. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Aumento en las producciones de periodos de tiempo que no son naturales de diferentes productos. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Cultivos que se controlan, se aumenta el impacto en la pertinente producción de distintas variables como las siguientes: el crecimiento, la calidad, entre otros. |
| <ul style="list-style-type: none"> • La recirculación correspondiente de agua disminuye los respectivos altos niveles de la contaminación y así mismo, logra apoyar que la buena producción sea de mucha mejor calidad. |

(Zuluaga & Ramírez, 2021).

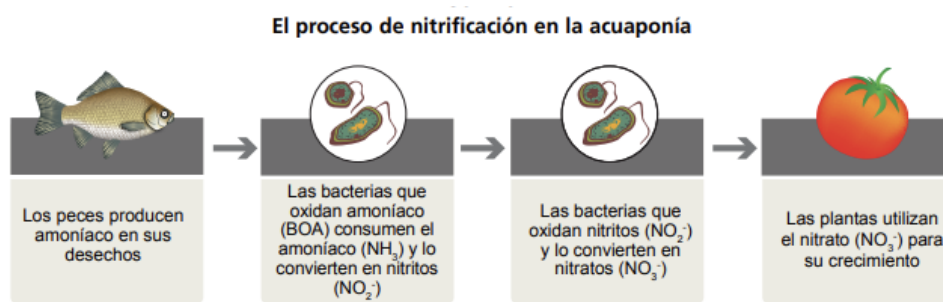
Por tanto, la acuaponía es un sistema que permite utilizar residuos orgánicos de especies acuáticas como fertilizante como fuente de nutrientes para diversas plantas. Además, estos residuos de agua, si se reciclan en los sistemas pertinentes, pueden purificar las condiciones del ecosistema de los peces y, por tanto, mejorar significativamente la calidad de vida de los peces. La acuaponía es una tecnología de producción intensiva, ya que, por cada tonelada de productos convencionales producidos, en el prototipo de acuaponía se obtienen 7 toneladas de plantas. La acuaponía también logra una sinergia entre organismos acuáticos (peces), plantas y microorganismos producidos en el sistema de acuaponía, que contribuyen a su respectiva producción, nitrificación y mineralización (Zuluaga & Ramírez, 2021).

El ciclo biológico de la acuaponía se explica de la siguiente manera: El nitrógeno se suministra respectivamente a las plantas de acuaponía principalmente como nitratos, que se convierten a partir de amoníaco en los correspondientes desechos de organismos como los peces por medio del respectivo proceso de la respectiva nitrificación de las bacterias. Por tanto, a partir de los desechos de los organismos (en este caso peces), algunos otros nutrientes se disuelven en el agua, pero la mayoría permanece en un estado sólido que no puede ser aprovechado por las respectivas plantas. Por lo tanto, los desechos que son sólidos de todos los organismos de los peces son respectivamente descompuestos por las correspondientes bacterias que son heterótrofas; por lo tanto, esta actividad libera varios nutrientes esenciales al agua. Por lo tanto, una de las mejores opciones de poder garantizar que las respectivas plantas individuales no terminen sufriendo deficiencias es lograr mantener su propio pH del respectivo agua que sea óptimo y adecuado, es decir, (6-7), y sean igualmente capaces de alimentar a los organismos que tengan necesidades, la dieta de los peces es equilibrada y completa, de modo que la correspondiente tasa de la alimentación ayude a equilibrar de esta manera la cantidad adecuada del correspondiente alimento para los organismos y también las plantas de los peces (Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A, 2022).

Un sistema de la acuaponía es totalmente equilibrado puede provocar deficiencias en ciertos nutrientes, los más comunes son el hierro, el calcio y el potasio. Las diferentes carencias de nutrientes de este tipo provocan

diferencias individuales en la composición de los alimentos de los peces. Del mismo modo, los pellets (granulos) de alimento orgánico para peces son un gran alimento muy completo para los respectivos peces, lo que logra significar que proporcionan todo lo que los peces logran necesitar para un respectivo crecimiento saludable (Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A, 2022).

Ilustración 11 Proceso de Nitrificación en la Acuaponía.



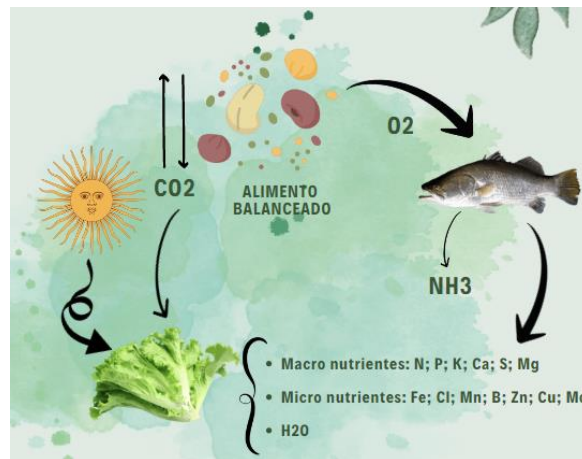
Fuente: Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2022).

Los peces tienen necesidades de hierro, potasio y calcio diferentes a las de otras plantas. Los defectos de la planta se determinan de la siguiente manera:

- a) La respectiva deficiencia de nitrógeno es completamente visible en las hojas que son más viejas y así mismo pálidas de la siguiente manera:
- b) Falta grave de potasio, por ejemplo, manchas marrones en los bordes de las hojas.
- c) La deficiencia de azufre se hace evidente cuando las hojas se curvan y se vuelven amarillas.
- d) La deficiencia de hierro se manifiesta como un color verde pálido, normalmente el color de la planta de menta en cuestión.

- ● **Macronutrientes:** Hay seis nutrientes que se requieren en grandes cantidades para las plantas como: el nitrógeno, el azufre, el fósforo, el magnesio, el calcio, el potasio y otros nutrientes Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2022).
- ● **Micronutrientes:** necesarios en cantidades muy pequeñas. Por tanto, la deficiencia de la mayoría de los micronutrientes relevantes, como manganeso, hierro, zinc y molibdeno, puede afectar al amarillamiento de las hojas. Pero cabe señalar que, debido a la deficiencia de cobre, el color verde de las hojas puede volverse más oscuro. Por lo tanto, esto da unadisponibilidad relativa correspondiente sobre los distintos nutrientes depende del pH y, si bien pueden estar presentes diferentes nutrientes, es posible que no estén disponibles debido a la calidad del agua. (Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A, 2022).

Ilustración 12 Participación acumulada en área cosechada.



Fuente: Elaboración propia (2023).

En los sistemas acuapónicos para la respectiva selección de las plantas que se cultivan, se tienen en cuenta dos factores que son muy importantes, primero el prototipo que se va a utilizar y también las especies que son climáticamente inteligentes (ZULUAGA & RAMÍREZ, 2021).

Estos sistemas acuapónicos tradicionales sirven para la pequeña y mediana producción. La idea es que estos sistemas puedan ser implementados por grupos de familias para que sus necesidades alimentarias individuales puedan satisfacerse como necesidad primaria. Por lo tanto, estas tecnologías se consideran fáciles de usar porque ocupan poco espacio y tienen bajos costos de inversión. Por lo tanto, se busca información para seleccionar variedades vegetales que cumplan con los requerimientos nutricionales, parámetros de calidad y condiciones atmosféricas, considerando estas últimas como un factor importante en la agricultura climáticamente inteligente. También hay que recordar que la selección adecuada de estas diferentes especies de plantas está directamente relacionada con la densidad de población adecuada de organismos (en este caso peces) en el tanque y la concentración de nutrientes en el prototipo de acuaponía (ZULUAGA & RAMÍREZ, 2021).

Tabla 8 Cultivos de siembra en la acuaponía tradicional.

| CULTIVO | PH | TIEMPO DE CRECIMIENTO | TEMPERATURA °C |
|--------------|-----------|-----------------------|----------------|
| Lechuga | 6,0 - 7,0 | 4 - 5 semanas | 15-22 |
| Cebolla | 6 - 6,5 | 8 - 12 semanas | 15-22 |
| Cilantro | 5,5 - 6,8 | 4 - 6 semanas | 15-18 |
| Ají | 5,5 - 7 | 13 semanas | 22-25 |
| Perejil Liso | 6,0 - 7,0 | 3 - 4 semanas | 15-25 |
| Zanahoria | 6,0 - 7,5 | 8 - 12 semanas | 15-20 |
| Acelga | 6,0 - 7,5 | 4 - 5 semanas | 15-25 |

Fuente. (ZULUAGA & RAMÍREZ, 2021) "Diseño y evaluación de un sistema acuapónico como estrategia de seguridad alimentaria en zonas urbanas deprimidas en Pereira, Risaralda."

Se puede utilizar una variedad de especies de peces para implementar un sistema de acuaponía, pero se debe dar preferencia a las especies herbívoras u omnívoras que sean más adecuadas para el consumo alimentario y puedan ser sostenibles en el tiempo. Después de eso, se utilizaron ampliamente tres tipos de especies en prototipos de acuaponía.

Tabla 9 Comparación de especies con mejores resultados en la acuaponía.


| PARAMETRO | | ESPECIE | | |
|-------------------------|--------|--|---|---|
| | | Tilapia Roja (<i>Oreochromis</i> sp.) | Trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus</i> mykiss) | Carpa común (<i>Cyprinus</i> carpio) |
| pH | VITAL | 5 – 11 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 9 |
| | ÓPTIMO | 7 – 8 | 7 | |
| AMONIACO TOTAL (mg/l) | | <2 | < 0,5 | <1 |
| TEMPERATURA (°C) | VITAL | 14 – 36 | 13 – 18 | 4 – 34 |
| | ÓPTIMO | 27 – 30 | 14 – 16 | 25 – 30 |
| OXÍGENO DISUELTO (mg/l) | | >4 | > 7 | >4 |
| ALIMENTACIÓN (%) | | 28 – 32 | 42 | 30 – 38 |
| NITRITOS (mg/l) | | <1 | < 0,3 | <1 |
| TASA DE CRECIMIENTO | | 600 g en 6-8 meses | 3000 g en 18 meses | 600 g en 9-11 meses |

Fuente. (ZULUAGA & RAMÍREZ, 2021).

Teniendo en cuenta los datos observados en la tabla, la búsqueda de información reveló que *Oreochromis* sp (mejor conocida como tilapia roja) es el organismo que juega mayor papel en la acuaponía, debido a su aceptación comercial y amplia tolerancia a diversas condiciones ambientales. Cabe destacar también que la lechuga (*Lactuca Sativa*) es una hortaliza de ciclo corto con un buen valor nutricional muy importante, con propiedades que favorecen y posibilitan el bajo crecimiento en sistemas acuapónicos. Además, las hortalizas de crecimiento más corto, como la lechuga, son plantas recomendadas principalmente para los prototipos de acuaponía porque es una especie muy exitosa en términos de crecimiento y puede mantenerse y conservarse de manera estable. También *Oreochromis* sp. es una especie recomendada principalmente para estos sistemas por su capacidad de adaptarse a diferentes ambientes en el trópico y subtropical y finalmente para sistemas tranquilos por su naturaleza híbrida (Colorado & Ospina, 2019), teniendo en cuenta la información de su estudio, queda claro que *Lactuca Sativa* (lechuga) crece cada vez mejor en los respectivos sistemas de acuaponía de flujo continuo con filtros instalados, revelando que las diferencias entre las distintas variables son el número de hojas, semillas, raíces, longitud, tallos, inflorescencias y flores en cada tratamiento con y sin filtro. Por lo tanto, a través de este estudio se puede confirmar que las diversas especies utilizadas en los estudios relevantes anteriores muestran buenos resultados debido a su resistencia y crecimiento en las condiciones climáticas cambiantes que suelen presentarse (Castillo y Peñalosa (2019).

A continuación, se evidencia la tabla de clasificación taxonómica de la *Oreochromis Sp* (Tilapia roja).

Tabla 10 Clasificación taxonómica.

| | | |
|---|-----------------------|---|
| Nombre común | Tilapia roja |  |
| Nombre científico | <i>Oreochromis Sp</i> | |
| Clase | Osteteichrhyes | |
| Orden | Peciformes | |
| Familia | Cichilidae | |
| Especie | Híbrido | |
| Este organismo es una especie que tiene buena masa muscular, tiene espinas intramusculares, también está bien adaptada a su entorno y tiene una coloración fenotípica comercialmente aceptable. | | |

Fuente: Fuente: Bioaquafloc, 2018.

A continuación, se evidencian los tipos de criterios evaluados respecto a los sistemas acuapónicos y su funcionamiento y operación, donde son definidos y asociados a la acuaponía, se realiza con el fin de identificar fortalezas, brindando información de apoyo para el análisis multicriterio

Tabla 11 Criterios asociados a los sistemas acuapónicos

| # | TIPO DE CRITERIO | DESCRIPCIÓN |
|---|------------------|--|
| 1 | AMBIENTAL | En comparación con la agricultura tradicional, ahorra hasta un 90% de agua, mantiene un equilibrio entre el cultivo de hortalizas y peces y reduce el impacto ambiental. Es una forma limpia y respetuosa con el medio ambiente de producir alimentos. El uso de sistemas acuapónicos evita el daño ambiental causado por los sistemas de producción tradicionales debido a su bajo contenido en residuos. Apoya soluciones que permitan utilizar zonas secas para el cultivo de este tipo de especies en biotecnología. |
| 2 | SOCIAL | La acuaponía apoya al desarrollo social, ya que, es otra opción de desarrollo rentable en las zonas rurales de |

| | | |
|---|-----------|---|
| | | Colombia porque produce tanto peces como plantas, los cuales contribuyen a una mayor seguridad alimentaria. |
| 3 | ECONÓMICO | La acuaponía contribuye a la economía rural porque es un buen sistema de producción que es sostenible que logra combinar las plantas y también los peces; debido a sus ventajas, es un método de producción accesible y económico que logra beneficiar la buena producción correspondiente de alimentos y así mismo logra apoyar la respectiva seguridad que es alimentaria y nutricional humana. |

8. POSIBLES ALTERNATIVAS DE CULTIVO ACUAPÓNICO A PARTIR DE UN ANÁLISIS MULTICRITERIO.

Se realizó un cuadro con las características de cada alternativa donde se evalúa el desarrollo del segundo objetivo, dando contexto de donde se sacó la respectiva información para la selección de estas 5 alternativas.

En la siguiente tabla se puede observar las características que se tienen en cuenta para determinar cada criterio de los tipos de sistemas acuapónicos, por tanto, con la información anterior se identificaron los factores que son importantes, y en base a esto se realizó el proceso analítico multicriterio AHP, con el fin de identificar la mejor opción de sistema acuapónico para ser aplicada en las zonas rurales de Colombia, se seleccionaron dichos criterios debido a que se relacionan directamente con el funcionamiento y ejecución de un sistema acuapónico.

A partir de la información analizada en la revisión sistemática y la implementación de una matriz FODA se establecieron 4 criterios de comparación de alternativas, los cuales fueron:

- Disponibilidad de área.
- Costo del prototipo (servicios públicos como energía, agua).
- Residuos generados y manejos de estos.
- Producción (tiempos de siembra).

A continuación se desarrolló la matriz FODA, ya que es una técnica que se implementa para identificar los costos de construcción, facilidad de construir, debilidades y amenazas, e implementación, y a partir de los análisis comparar y seleccionar la mejor opción de sistema acuapónico a implementar en las zonas rurales de Colombia, para resaltar estos sistemas, implican considerar varios aspectos, como el contexto local, los recursos disponibles, las necesidades de la comunidad y las condiciones ambientales. A continuación, se proporcionará la matriz FODA, la correspondiente comparación sobre la respectiva producción de todas las plantas con suelo y también sin suelo, y una descripción general de algunos de los sistemas acuapónicos tradicionales más comunes y sus características principales, el análisis multicriterio AHP para seleccionar la mejor opción de sistema acuapónico. Sin embargo, es importante destacar que la mejor opción para las zonas rurales en Colombia dependerá de las circunstancias específicas de cada región y comunidad.

Ilustración 13 Matriz FODA.

| MATRIZ DAFO/FODA | |
|---|---|
| COSTOS DE CONSTRUCCIÓN | FACILIDAD DE CONSTRUIR |
| <p>Costos de desarrollo del sistema, la acuaponía puede ser muy diferente depende de los componentes del sistema, tanques de cultivo, sistemas de filtración, bombas y sistemas de circulación. El agua, además de los costos, también puede verse afectado por el precio de los materiales y disponibilidad local.</p> | <p>Lo fácil que es implementar un sistema acuapónico depende del diseño y las especificaciones del sistema. Algunos sistemas acuapónicos pueden requerir conocimientos de construcción especiales, mientras que otros pueden ser más simples y predecibles.</p> |
| DEBILIDADES Y AMENAZAS | IMPLEMENTACIÓN |
| <p>Dificultades, limitaciones internas y externas, desconocimiento de la acuicultura, desconocimiento de los materiales más adecuados y su disponibilidad local. Falta de conocimiento de diseño, limitaciones de espacio y recursos dependiendo de las circunstancias y las limitaciones de recursos disponibles.</p> | <p>La implementación del sistema acuapónico significa la implementación del sistema y su operación continua. Esto puede requerir el conocimiento técnico de la acuicultura, la hidroponía y la gestión del agua. La disponibilidad de apoyo y recursos técnicos locales también puede afectar la facilidad de implementación.</p> |

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

Fuente: Elaboración propia (2023).

A continuación, se muestra una tabla que compara los rendimientos de cultivos con suelo y sin suelo por rendimientos de cultivos con suelo o sin suelo: Categorías y su respectiva información para identificar ventajas y desventajas en comparación con los cultivos sin suelo.

Tabla 13. Comparación entre la producción de plantas con suelo y sin suelo.

| Categoría. | | Con suelo. | Sin suelo. |
|--------------------|------------------------|--|--|
| Producción. | Rendimiento. | La variable, dependiendo de las respectivas características y manejo del correspondiente suelo. | Los rendimientos son altos y los cultivos intensivos. |
| | Calidad de producción. | Depende de las propiedades y manejo del suelo. La calidad del producto puede deteriorarse debido a una fertilización/tratamiento o inadecuado. | Control total del aporte de todos los nutrientes suficientes en las correspondientes etapas del crecimiento de las distintas plantas. Eliminar todos los factores que son ambientales, como bióticos y también abióticos (respectiva estructura del suelo, química del correspondiente suelo, los patógenos y también las plagas) que inhiben el correspondiente |

| | | | |
|----------------------|------------------------------------|--|---|
| | | | crecimiento de las plantas en el respectivo suelo. |
| | Saneamiento | Control total del riesgo de contaminación por mala calidad del agua y/o uso de materia orgánica contaminada como fertilizante. | No presenta riesgo de contaminación para la salud humana. |
| Nutrición. | Suministro de nutrientes. | Gran parte de la variabilidad depende de respectivas propiedades y la correspondiente estructura del respectivo suelo. Difícil de controlar los niveles distintos niveles de los correspondientes nutrientes en la respectiva zona de la raíz. | Controle instantáneamente los niveles de nutrientes y pH en las raíces de las plantas. Proporciona nutrientes de manera uniforme y precisa según la etapa de crecimiento de la planta. Se requiere supervisión y experiencia. |
| | Eficiencia en el uso de nutrientes | Dependiendo de la etapa de crecimiento, los fertilizantes se aplican ampliamente con un control mínimo de nutrientes. Es posible que se produzcan pérdidas significativas de nutrientes a través de la lixiviación y la escorrentía. | Uso mínimo. La distribución es uniforme respectivamente y el flujo correspondiente de los nutrientes se puede ajustar en un tiempo respectivamente real. Sin lavado. |
| Uso del agua. | Eficiencia del sistema. | Muy sensible a las correspondientes propiedades del respectivo suelo, el cual es posible un presente estrés que es hídrico de la planta, una alta y elevada dispersión de los distintos nutrientes. | Si se maximiza, se puede lograr evitar cualquier tipo de pérdida de la humedad. El respectivo suministro de la correspondiente agua se puede controlar completamente por medio de los sensores. |

| | | | |
|----------------|------------------------|--|---|
| | | | El riego artificial no tiene costes laborales, pero la inversión es relativamente alta. |
| | Salinidad. | Las sales se acumulan según las propiedades del correspondiente suelo y también del agua. Por lo cual, lavado con sal requiere mucha agua. | Depende también de las diferentes características del respectivo suelo y también del agua. Se puede hacer uso del agua salada, pero se requiere más agua para purificar la sal. |
| Manejo. | Mano de obra y equipo. | Los estándares, la labranza (arado) y las máquinas cosechadoras dependen de cualquier combustible fósil. Esta actividad requiere más mano que sea de obra. | El monitoreo regular requiere experiencia y equipo relativamente costoso. Alto costo inicial. Operaciones de cosecha más fáciles. |

Fuente. Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2022).


Tabla 12. Sistemas acuapónicos, criterios.

| | Disponibilidad de área | Costo del prototipo (servicios públicos como energía, agua) | Residuos generados y manejos de los mismos | Producción (tiempos de siembra) |
|--|---|---|---|--|
| Sistema de acuaponía de cultivo de lecho flotante | <p>Los sistemas acuapónicos se logran ampliar moderadamente es requerida una gran proporción de área de planta (2 a 10 a 1) en comparación con una instalación de sistemas hidropónicos, para mantener un sistema adecuadamente equilibrado. En este tipo de pequeños sistemas acuapónicos, el área total es mucho menor, apto para espacios reducidos de 1 o 3 metros.</p> | <p>Los materiales y los valores reales se tienen en cuenta en el diseño del sistema respectivo. Dependiendo, se determinar si es económicamente viable, se tiene en cuenta factores como los servicios públicos como el agua y la energía que consume este tipo el tipo sistema</p> | <p>La acuaponía es un sistema cerrado para la producción de plantas y peces, donde los desechos producidos por estos últimos se transforman en nutrientes para las raíces de las plantas. Esta tecnología reduce significativamente el uso del agua y la tierra para cultivos tradicionales o piscicultura y, por lo tanto, actúa como un puente entre los dos ecosistemas.</p> | <p>En este criterio la reproducción del ciclo en sistemas nuevos (acuapónicos) ha sido viable en ambientes interiores y también ha sido acelerado por medio de la siembra de plantas sin tener la necesidad de sacrificar la respectiva siembra, estos sistemas acuapónicos a pequeña escala en general han presentado una reducción de 10 días entre la estabilización del sistema con plantas en comparación con el sistema sin plantas.</p> |
| Sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas | | | | |
| Sistema de acuaponía con torres verticales | | | | |
| Sistema de acuaponía en cascada | | | | |
| Sistema de acuaponía en estanques | | | | |

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la siguiente tabla se evidencia la comparación y descripción de los tipos de sistemas acuapónicos tradicionales a pequeña escala, sus ventajas, desventajas y la estructura de cada uno de estos, en base a la búsqueda de información de los diferentes prototipos, se tuvo en cuenta las características de cada uno.

Tabla 14. Tipos de sistemas acuapónicos.

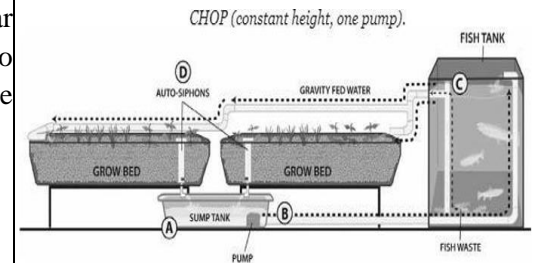
| Tipo de sistema acuapónico | Descripción | Ventajas | Desventajas | Estructura |
|---|--|--|---|---|
| <p>Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante:</p> | <p>Este prototipo hace utilidad de balsas flotantes o también de estructuras que sostienen las respectivas plantas en la superficie del agua.</p> <p>Las heces de pescado han sido utilizadas como nutrientes para las plantas, y así mismo, las raíces de las plantas hacen el papel de purificar el agua antes de que regresen al tanque de los peces.</p> <p>Se adapta a un espacio abierto y también requiere de suficiente agua para poder implementarse.</p> | <p>Las raíces de las plantas están directamente sumergidas en el estanque del agua rica en nutrientes.</p> <p>Las plantas se cultivan con éxito ya que, presentan una buena densidad de nutrientes y también estructuras de soporte que son adecuadas.</p> <p>Las plantas han presentado un crecimiento más ágil.</p> <p>Es fácil de operar.</p> | <p>Necesita de una filtración de sólidos que sea eficiente para que de esta manera no puedan ingresar los sólidos al lecho de cultivo de las plantas y así mismo, no obstruyan, ni estorben las raíces de las plantas.</p> <p>No circula, ya que el agua queda estancada y así mismo, presenta pérdida de oxígeno con el pasar del tiempo, generando así daños de tipo bacterianos y también fúngicos en las respectivas raíces de las plantas.</p> <p>Su costo inicial es elevado.</p> |  |
| <p>Sistemas de acuaponía con camas de cultivo inundadas:</p> | <p>Este prototipo hace utilidad de las camas del cultivo que son llenas de agua en este caso los peces también nadan debajo de las plantas.</p> | | | |

El agua del cultivo de los organismos en este caso (peces) hace un respectivo bombeo a las camas de cultivo, suministrando buenos nutrientes a las plantas, y después de esto se drena de vuelta al tanque de los organismos (peces).

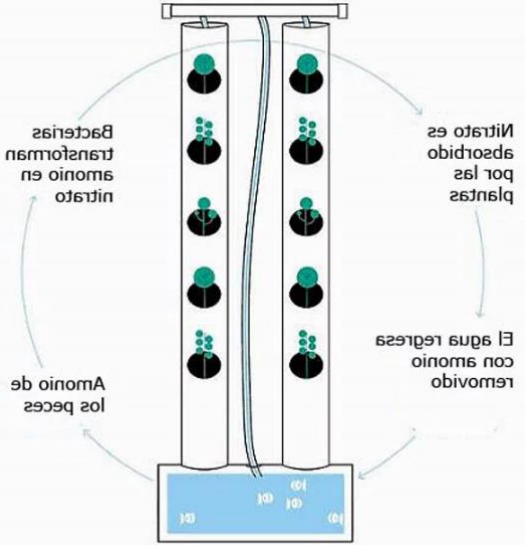
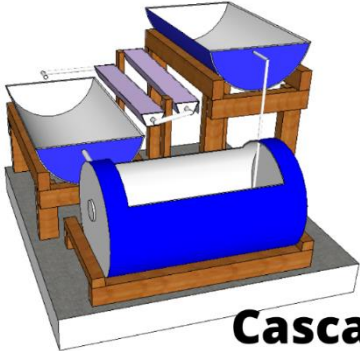
Necesita de una superficie que sea plana y también de un sistema de bombeo apropiado.

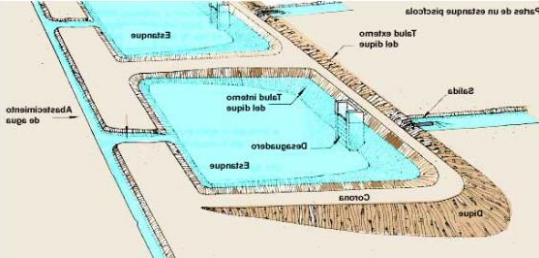
En este caso la bomba circula el agua, la cual proviene de las respectivas camas de crecimiento en su ciclo de drenaje, dirigido al tanque de los pescados, por lo cual, mediante la fuerza de gravedad se va drenando el agua que va siendo ingresada a las camas de crecimiento. Este sistema tiene la ventaja de la altura constante de la respectiva columna de agua que se presenta en el tanque de los organismos (pescados). Así mismo, tiene la ventaja de la flexibilidad y también la facilidad en el diseño de su estructura, mientras se logra tener una bomba lo suficientemente fuerte para poder de esta manera circular el agua y también obtiene suficientes desechos que provienen de los organismos (pescados), se puede añadir más camas de crecimiento por medio

Este sistema contribuye a un estrés permanente en los organismos (pescados) debido al cambio constante y persistente del nivel del agua y así mismo, porque no es nada factible de escalar directamente hacia las demás camas de crecimiento, porque el nivel del agua disminuye cada vez más en el respectivo tanque. La solución a este problema es hacer utilidad de una válvula indexadora la cual permite llenar cada una de las camas, pero por separado, donde igual tiene la desventaja de sacrificar tiempo valioso de cada respectivo ciclo de inundación y también de drenaje por cada una de las camas.



| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | <p>de nuevas conexiones en la respectiva tubería y así mismo, se obtiene un área de cultivo aún más grande.</p> | | |
| | <p>Este sistema hace utilidad de torres verticales con las plantas en distintos niveles y también un respectivo tanque de peces que es en la parte inferior.</p> <p>El agua de los peces presenta un bombeo que va dirigido para la parte superior de la respectiva torre y así mismo fluye hacia abajo, suministrando buenos nutrientes a las plantas, antes de que vuelvan al tanque de los peces.</p> | <p>Necesita menos espacio horizontal y así mismo, es de especial interés en las respectivas áreas urbanas donde se ve el espacio escaso.</p> <p>Presenta la capacidad de generar más alimentos por una cantidad de metros cuadrados, lo que se traduce en una mayor rentabilidad y sostenibilidad.</p> | <p>Presenta pérdida de agua de las plantas por la bioincrustación que produce el bloqueo y también disminuye el respectivo flujo de agua que es vertical; por esta razón, se requiere de una buena limpieza regular que sea de alta presión en los respectivos componentes del sistema, para que así puedan evitar que esto ocurra. Para este sistema se necesitan bombas adicionales para lograr elevar el agua que se dirige hacia la parte superior del prototipo acuapónico vertical.</p> | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| <p>Sistema de acuaponía con torres verticales:</p> | <p>Requiere un espacio vertical adecuado y una buena circulación de agua.</p> | <p>En este sistema la luz natural disminuye desde la parte superior del sistema hacia la respectiva parte de abajo, por lo que se requiere de iluminación artificial para así lograr compensar o equilibrar estas pérdidas que se presentan.</p> <p>El peso de la planta se reduce por la debida disponibilidad de los nutrientes y así mismo, los gradientes de la respectiva intensidad de la luz. Por la altura de las plantas, es complicado la cosecha de las plantas.</p> |  |
| <p>Sistema de acuaponía en cascada:</p> | <p>Este sistema hace utilidad de una serie de respectivos estanques o también recipientes que están conectados en forma de cascada.</p> | <p>Presenta doble propósito, que es la proteína animal que son los peces y también los vegetales que son orgánicos. De este sistema se adquiere abono gratis para las plantas, también los desechos correspondientes de los respectivos organismos (peces) son transformados en el debido alimento para las distintas plantas sin ningún tipo de intervención del humano.</p> |  <p>Cascada</p> |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | <p>En este caso el agua de los peces corre desde el tanque de la parte superior hasta la parte del estanque inferior, así mismo, alimenta las plantas y después vuelve al acuario.</p> | <p>Genera una mayor productividad por unidad de metro cuadrado, donde las plantas son sembradas más cerca la una de la otra, por el alto suministro de nutrientes que se generan en el agua. Se hace utilidad de menos gasto de agua, a comparación de la agricultura tradicional donde se ahorra el 95% de agua.</p> | <p>El sistema depende de la electricidad permanente para que funcionen las bombas y los filtros, y si se va la luz, todo el sistema está en riesgo.</p> | |
| <p>Sistema de acuaponía en estanques:</p> | <p>Este prototipo hace utilidad de estanques o también de estanques de peces los cuales son conectados a las respectivas áreas de cultivo.</p> | <p>Permite el mantener, conservar y así mismo, tener un intercambio del agua, donde se recibe y también retienen los debidos fertilizantes o así mismo, los productos que puedan ser útiles para el alimento de los peces y finalmente hacen probable la conservación de la cría y la respectiva explotación de distintas especies.</p> | <p>Este prototipo presenta una absorción de nutrientes la cual es mucho más lenta. En este sistema no se puede implementar cualquier tipo de plantas. Necesita de detalles, factores y también cuidados que son muy específicos.</p> |  |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | Necesita de un tamaño de estanque que sea apropiado y también una correcta gestión del agua. | | | |
|--|--|--|--|--|

Fuente: Somerville, C. Cohen, M. Pantanella, E. Stankus, A. Lovatelli, A. (2022).

Respecto al análisis multicriterio de los sistemas acuapónicos, se apoyó en el tipo de análisis multicriterio analítico jerárquico AHP, donde se diseñaron las siguientes tablas, con el propósito de que la comunidad tenga un soporte a la hora de instalar un prototipo acuapónico, identificando posibles criterios a evaluar respecto a los tipos de sistemas acuapónicos, se tuvo como perspectiva la seguridad alimentaria de las comunidades, por lo tanto, es importante identificar cual es el lugar o la zona adecuada para que se puedan implementar estos sistemas, mediante unos requerimientos de criterios de selección para las zonas rurales, que son: Disponibilidad de área, costo de operación (servicios públicos como energía y agua), residuos generados y manejos de los mismos, y producción (tiempos de siembra) este análisis multicriterio se realizó con el fin de identificar el sistema acuapónico más eficiente a implementar en las zonas rurales.

Tabla 15 Escala fundamental de comparación por pares Saaty, 1980).

| VALOR | DEFINICIÓN | COMENTARIOS |
|---------|--|---|
| 1 | Igual importancia | El criterio A es igual de importante que el criterio B |
| 3 | Importancia moderada | La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B |
| 5 | Importancia grande | La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B |
| 7 | Importancia muy grande | El criterio A es mucho más importante que el B |
| 9 | Importancia extrema | La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de duda |
| 2,4,6,8 | Valores internos entre los anteriores, cuando es necesario matizar | |

ANÁLISIS MULTICRITERIO

En este apartado se seleccionaron los respectivos criterios definitivos que se utilizaron en la comparación de las distintas alternativas, dependiendo de cada sistema acuapónico, con el propósito de realizar el correspondiente proceso de medición y también ordenarlos acorde a su dimensión.

Generalmente existe un número finito de respectivas alternativas que necesitan ser evaluadas y también ordenadas de mayor a menor en su desempeño. Por lo cual, se diseñó la tabla de matriz de comparación de criterios, que permitió identificar el desempeño de cada una de estas respectivas alternativas dentro de los componentes que son ecológico, social y económico, ya teniendo evaluados los criterios de disponibilidad de área, costo de operación (servicios públicos como energía y agua), residuos generados y manejos de los mismos, y producción (tiempos de siembra), esto se realizó mediante la búsqueda de información secundaria.

El método AHP es un método de toma de decisiones multicriterio que nos ayuda a elegir entre diferentes alternativas basándose en un conjunto de criterios o variables de selección a menudo jerárquicos y a menudo contradictorios. La jerarquía de arriba hacia abajo es: objetivo final, criterios y subcriterios (si aplica) y finalmente alternativas comparativas. Uno de los aspectos fundamentales de este enfoque es la selección de buenos criterios y subcriterios de selección, su definición adecuada y su exclusión mutua.

De acuerdo al análisis multicriterio, se realizó la tabla de información, matriz de comparación de criterios y por último la matriz de comparación por cada alternativa seleccionada, se evaluó la eficiencia de cada uno de los criterios a comparación de los tipos de sistemas acuapónicos, para que cada alternativa pudiera ser evaluada globalmente frente a su desempeño, donde se dio como resultado la mejor alternativa, por último se encuentra la tabla de resultados, donde, se realizó un análisis sobre este para llegar a una decisión final, por lo cual, se evidencio la mejor opción a implementar en las zonas rurales de Colombia basado en el análisis multicriterio.

Tabla 16 Tabla de datos

| Proceso Analítico Jerárquico (AHP) | | | | | |
|---|--|-------------------------------|---|---|--|
| Tabla de datos | | | | | |
| | | Disponibilidad de área | Costo de operación (servicios públicos como energía, agua) | Residuos generados y manejos de los mismos | Producción (tiempos de siembra) |
| 1 | Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante | 3m2 | \$2.500.000,00 | 7,5 gramos | 1 mes |
| 2 | Sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas | 3m2 | \$1.582.572,00 | 7,8 gramos | 1 mes y medio |
| 3 | Sistema de acuaponía con torres verticales | 1m2 | \$1.087.031,69 | 7,6 gramos | 1 mes y medio |
| 4 | Sistema de acuaponía en cascada | 3m2 | \$1.180.000,00 | 8,5 gramos | 1 mes y tres semanas |
| 5 | Sistema de acuaponía en estanques | 8m2 | \$5.000.000,00 | 10,5 gramos | 2 meses |

Tabla 17 Matriz criterios

| Matriz de comparación de criterios | | | | | | Matriz Normalizada | | | | Sumatoria | Ponderación (Wi) | % |
|------------------------------------|--|--|--|--|-----|--------------------|------|------|------|-----------|------------------|-----|
| CRITERIOS | Disponibilidad de área | Costo de operación (servicios públicos como energía, agua) | Residuos generados y manejos de los mismos | Producción (tiempos de siembra, tasas de producción) | | | | | | | | |
| 1 | Disponibilidad de área | 1 | 1/5 | 5 | 9 | 0,16 | 0,13 | 0,31 | 0,52 | 1,12 | 0,28 | 28% |
| 2 | Costo de operación (servicios públicos como energía, agua) | 5 | 1 | 5 | 7 | 0,79 | 0,65 | 0,31 | 0,41 | 2,16 | 0,54 | 54% |
| 3 | Residuos generados y manejos de los mismos | 1/5 | 1/5 | 1 | 1/5 | 0,03 | 0,13 | 0,06 | 0,01 | 0,24 | 0,06 | 6% |
| 4 | Producción (tiempos de siembra, tasas de producción) | 1/9 | 1/7 | 5 | 1 | 0,02 | 0,09 | 0,31 | 0,06 | 0,48 | 0,12 | 12% |

n
= 4 **TOTAL (N)** **6,3** **1,5** **16** **17,2** **1** **1** **1** **1** **4,00** **100%**

| N | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| ICA | 0.58 | 0.9 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 |

| | | |
|----------------------|---------------|---------------------------------|
| LANDA MAX | 5,62 | $\Sigma(N*Wi)$ |
| IC | 0,538551 | (Landa max - n)(n-1) |
| ICA | 0,9 | Según la tabla |
| RIC | 0,598389905 | IC/ICA |
| VÁLIDO SI | ACEPTABL E | RIC<0.10 |

Tabla 18 Matriz comparación de alternativas

| | | Matriz de comparación de alternativas | | | | | Matriz Normalizada | | | | | Sumatoria | PROMEDIO | % | |
|------------------------|---|---|--|---|--|---------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|-----------------------------------|
| | | CRITERIOS | Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante | Sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas | Sistema de acuaponía con torres verticales | Sistema de acuaponía en cascada | | | | | | | | | Sistema de acuaponía en estanques |
| Disponibilidad de área | 1 | Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante | 1 | 1 | 1/3 | 9 | 7 | 0,19 | 1/4 | 0,07 | 0,53 | 0,49 | 1,55 | 0,309502 | 31% |
| | 2 | Sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 0,19 | 1/4 | 0,60 | 0,06 | 0,21 | 1,33 | 0,266237 | 27% |
| | 3 | Sistema de acuaponía con torres verticales | 3 | 1/3 | 1 | 3 | 3 | 0,57 | 0 | 0,20 | 0,18 | 0,21 | 1,25 | 0,249536 | 25% |
| | 4 | Sistema de acuaponía en cascada | 1/9 | 1 | 1/3 | 1 | 1/3 | 0,02 | 1/4 | 0,07 | 0,06 | 0,02 | 0,44 | 0,088524 | 9% |
| | 5 | Sistema de acuaponía en estanques | 1/7 | 1/3 | 1/3 | 3 | 1 | 0,03 | 0 | 0,07 | 0,18 | 0,07 | 0,43 | 0,086201 | 9% |
| TOTAL | | 5,25 | 3,67 | 5,00 | 17,00 | 14,33 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5,00 | 1 | 1 | |

Tabla 19 Matriz comparación de alternativas

| | Matriz de comparación de alternativas | | | | | | | | | | | Sumatoria | PROMEDIO | % | |
|--|---------------------------------------|---|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------------|----------|----------|
| | CRITERIOS | Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante | Sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas | Sistema de acuaponía con torres verticales | Sistema de acuaponía en cascada | Sistema de acuaponía en estanques | Matriz Normalizada | | | | | | | | |
| Costo de operación (servicios públicos como energía, agua) | 1 | Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante | 1 | 1/3 | 1/3 | 7 | 9 | 0,14 | 0 | 0,06 | 0,48 | 0,55 | 1,32 | 0,264462 | 26% |
| | 2 | Sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas | 3 | 1 | 3 | 1/2 | 3 | 0,41 | 1/4 | 0,58 | 0,03 | 0,18 | 1,46 | 0,292662 | 29% |
| | 3 | Sistema de acuaponía con torres verticales | 3 | 1/3 | 1 | 2 | 3 | 0,41 | 0 | 0,19 | 0,14 | 0,18 | 1,01 | 0,202599 | 20% |
| | 4 | Sistema de acuaponía en cascada | 1/7 | 2 | 1/2 | 1 | 1/4 | 0,02 | 1/2 | 0,10 | 0,07 | 0,02 | 0,70 | 0,140164 | 14% |
| | 5 | Sistema de acuaponía en estanques | 1/9 | 1/3 | 1/3 | 4 | 1 | 0,02 | 0 | 0,06 | 0,28 | 0,06 | 0,50 | 0,100113 | 10% |
| | TOTAL | | 7,25 | 4,00 | 5,17 | 14,50 | 16,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5,00 | 1 | 1 |

Tabla 20 Matriz comparación de alternativas

| | | Matriz de comparación de alternativas | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|---|--|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----|------|------|------|-----------|----------|-----|
| | | CRITERIOS | Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante | Sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas | Sistema de acuaponía con torres verticales | Sistema de acuaponía en cascada | Sistema de acuaponía en estanques | Matriz Normalizada | | | | | Sumatoria | PROMEDIO | % |
| Residuos generados y manejos de los mismos | 1 | Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante | 1 | 1/2 | 1/2 | 9 | 7 | 0,19 | 1/9 | 0,12 | 0,46 | 0,49 | 1,38 | 0,27627 | 28% |
| | 2 | Sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas | 2 | 1 | 2 | 1/2 | 3 | 0,38 | 1/4 | 0,48 | 0,03 | 0,21 | 1,33 | 0,26577 | 27% |
| | 3 | Sistema de acuaponía con torres verticales | 2 | 1/2 | 1 | 3 | 3 | 0,38 | 1/9 | 0,24 | 0,15 | 0,21 | 1,10 | 0,22033 | 22% |
| | 4 | Sistema de acuaponía en cascada | 1/9 | 2 | 1/3 | 1 | 1/6 | 0,02 | 1/2 | 0,08 | 0,05 | 0,01 | 0,63 | 0,12515 | 13% |
| | 5 | Sistema de acuaponía en estanques | 1/7 | 1/3 | 1/3 | 6 | 1 | 0,03 | 0 | 0,08 | 0,31 | 0,07 | 0,56 | 0,11248 | 11% |
| | TOTAL | | | 5,25 | 4,33 | 4,17 | 19,50 | 14,17 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 5,0 | 1,0 |

Tabla 21 Matriz comparación de alternativas

| | Matriz de comparación de alternativas | | | | | | | | | | | Sumatoria | PROMEDIO | % | |
|--|---------------------------------------|---|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------|-----|---|------|-----------|----------|---------|------|
| | CRITERIOS | Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante | Sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas | Sistema de acuaponía con torres verticales | Sistema de acuaponía en cascada | Sistema de acuaponía en estanques | Matriz Normalizada | | | | | | | | |
| Producción (tiempos de siembra, tasas de producción) | 1 | Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante | 1 | 1/2 | 1/2 | 9 | 9 | 0,19 | 0 | 0 | 0,42 | 0,50 | 1,35 | 0,26992 | 27 % |
| | 2 | Sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas | 2 | 1 | 1 | 1/4 | 3 | 0,38 | 1/7 | 0 | 0,01 | 0,17 | 1,04 | 0,20725 | 21 % |
| | 3 | Sistema de acuaponía con torres verticales | 2 | 1 | 1 | 3 | 5 | 0,38 | 1/7 | 0 | 0,14 | 0,28 | 1,28 | 0,25521 | 26 % |
| | 4 | Sistema de acuaponía en cascada | 1/9 | 4 | 1/3 | 1 | 1/8 | 0,02 | 3/5 | 0 | 0,05 | 0,01 | 0,77 | 0,15410 | 15 % |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------------------|------|------|------------|-------|--------|------|---|---|------|------|------|---------|------|
| | 5 | Sistema de acuaponía en estanques | 1/9 | 1/3 | 1/5 | 8 | 1 | 0,02 | 0 | 0 | 0,38 | 0,06 | 0,57 | 0,11353 | 11 % |
| TOTAL | | | 5,22 | 6,83 | 3,03333333 | 21,25 | 18,125 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 |

A continuación, fue posible evidenciar la tabla de resultados donde se identificó el promedio de cada una de las matrices de comparación de alternativas, arrojando el porcentaje más alto, el cual dio como resultado la mejor opción de sistema acuapónico para las zonas rurales de Colombia.

Tabla 22 APH resultados

| APH RESULTADO | | | | | | |
|---|------------------------------------|--|--|--|--------------|------|
| CRITERIOS | PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD DE AREA | PROMEDIO DE COSTO DE OPERACIÓN (SERVICIOS PUBLICOS COMO ENERGIA, AGUA) | PROMEDIO DE RESIDUOS GENERADOS Y MANEJOS DE LOS MISMOS | PROMEDIO DE PRODUCCIÓN (TIEMPOS DE SIEMBRA, TASAS DE PRODUCCIÓN) | PRIORIZACIÓN | % |
| ALTERNATIVAS | | | | | | |
| SISTEMA DE ACUAPONÍA CON LECHO DE CULTIVO FLOTANTE | 0,309502025 | 0,264461963 | 0,27627461 | 0,301229136 | 0,269915279 | 27% |
| SISTEMA DE ACUAPONÍA CON CAMAS DE CULTIVO INUNDADAS | 0,266237091 | 0,292662009 | 0,265767923 | 0,207509224 | 0,207254493 | 21% |
| SISTEMA DE ACUAPONÍA CON TORRES VERTICALES | 0,249535797 | 0,202598976 | 0,220332026 | 0,26519642 | 0,255205811 | 26% |
| SISTEMA DE ACUAPONÍA EN CASCADA | 0,088524264 | 0,140163596 | 0,125146651 | 0,161826671 | 0,154097587 | 15% |
| SISTEMA DE ACUAPONÍA EN ESTANQUES | 0,086200824 | 0,100113456 | 0,11247879 | 0,064238549 | 0,11352683 | 11% |
| PONDERACIÓN | 0,280959037 | 0,539969603 | 0,058861919 | 0,12020944 | 1 | 100% |

El sistema acuapónico de lecho de cultivo flotante presentó una priorización de análisis multicriterio de 27% siendo este uno de los más eficientes a comparación de los demás, ya que, presenta un buen ahorro de agua, es adecuado para el cultivo de plantas, que presenta un tamaño más reducido a comparación de los demás, ejemplo algunas plantas aromáticas y la lechuga, siendo por otro lado un beneficio, ya que no presentan un costo elevado, es importante tener en cuenta que las condiciones ambientales sean ideales, para que el ciclo de la planta disminuya y de esta manera lograr cosechas con buenos rendimientos antes del tiempo estipulado, ya que, esta es una de las características positivas que presenta este sistema, es el más implementado por la comunidad porque presenta una estructura adecuada y práctica.

En el sistema de acuaponía con camas de cultivo inundadas presentó una valoración multicriterio de 21%, este sistema se beneficia en la facilidad de mantenimiento e instalación y también en los costos de elaboración inicial pero esto depende de una bomba que sea necesariamente fuerte para que pueda circular el agua, y presentar suficientes desechos que provengan de los organismos (pescados), pero así mismo, presenta desventajas porque contribuye un estrés permanente en los pescados debido a la variación constante que se presenta en el nivel del agua, tampoco es factible, ya que, no logra escalar hacia más camas de crecimiento, debido a que el nivel del agua disminuye cada vez más.

El sistema de acuaponía con torres verticales presentó una valoración multicriterio del 26%, es importante tener en cuenta que el componente hidropónico se realiza en pilas y columnas, lo que quiere decir que necesita menos espacio que la acuaponía tradicional horizontal, el agua es rica en nutrientes, la cual, proviene de los tanques de peces, el cual es bombeado para lograr la altura de las pilas o columnas, así mismo por gravedad se distribuye a los demás pisos inferiores, finalmente el agua regresa a los tanques de peces ya limpia, por lo cual, presenta un ahorro eficiente de agua, ya que de esta manera se puede reutilizar, este sistema se presentó como otro de los más eficientes a considerar, ya que por otro lado se puede implementar en zonas rurales y urbanas, donde el espacio es reducido, este sistema produce más alimentos por metro cuadrado, generando un ambiente sostenible y un uso rentable, se debe tener en cuenta que necesita un bombeo adicional para elevar el agua a la parte superior y que circule por todo el sistema.

El sistema de acuaponía en cascada presentó una valoración multicriterio del 15%, empezando porque no se encontró mucha información del tipo de sistema, por tanto, la comunidad lo implementa muy rara vez, es implementado más que todo de manera casera, presenta mayor producción por metro cuadrado, el diseño de su estructura presenta un ahorro de agua bastante alto con un 95%, es fácil de mantener como una pecera, no necesita limpieza constante, ya que, las plantas realizan ese trabajo, cualquier persona lo puede implementar, presenta un consumo de energía mínimo de 9 voltios, práctico de diseñar.

El sistema de acuaponía en estanques presentó una valoración del 11%, hay que tener en cuenta que en este sistema la producción cerrada requiere un tamaño adecuado para el crecimiento eficiente de los peces, se debe considerar que para el sistema de la acuaponía es recomendable no utilizar estanques subterráneos, este prototipo es implementado normalmente para producciones grandes, no es recomendable implementar para consumo de familia pequeña, el costo de producción inicial es elevado, ya que, se requiere un estanque amplio, presenta un ahorro eficiente de agua, un buen funcionamiento, pero todo depende del cuidado que se le dé.

Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante: Teniendo en cuenta la matriz FODA, la matriz de riesgos, la correspondiente comparación sobre la respectiva producción de las plantas con suelo y también sin suelo, la comparación de prototipos acuapónicos y el análisis multicriterio, se concluyó que la mejor opción a implementar en las zonas rurales de Colombia es el sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante, ya que, este sistema es fácil de aplicar, empezando desde casa para uso alimenticio de la familia, o bien sea un proyecto de producción, se pueden observar tiempos de siembra más ágiles, ya que, la producción de todos estos prototipos es por temporadas, este prototipo tiende a ser más ágil que los demás, en consideración, para que este sistema pueda aplicarse, se deben tener en cuenta factores como la disponibilidad de agua, el espacio disponible, la disponibilidad de recursos locales y las necesidades de la comunidad, así mismo se evaluó los tipos de criterios que es ambiental, social y económico. Además, fue importante considerar el apoyo técnico necesario para implementar y mantener cada tipo de sistema acuapónico. Por lo tanto, se recomienda realizar un estudio detallado sobre las características del lugar donde se vaya a implementar, el prototipo dependiendo del estudio se selecciona el tipo de sistema.

9. PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS DE APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA ACUAPONÍA.

Características principales de la muestra

Se realizó una encuesta online con el objetivo el grado de conocimiento de la comunidad frente a los sistemas acuapónicos, en base a la respuesta de la comunidad, se realizó un análisis detallado, y partiendo de esto se realizaron las estrategias de apropiación social.

Link de la Encuesta: <https://forms.gle/8N9Vj4h8b2R6xfyX6>

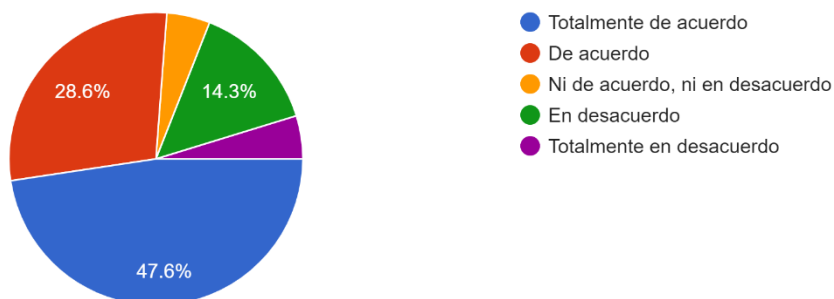
A continuación, se evidenciaron los resultados de algunas de las preguntas implementadas a la comunidad, se añadieron en el documento las preguntas relacionadas directamente con los sistemas acuapónicos, por medio del link se evidencian las preguntas en su totalidad. A partir de las encuestas se analizó el conocimiento de las personas hacia los sistemas acuapónicos e implementación de estrategias ambientales, se realizaron 21 encuestas entre los 15 y 52 años.

En la primera gráfica se observó que la mayoría de las personas contando con 10 están de acuerdo y asistirán a actividades de educación ambiental con el fin de minimizar impactos negativos frente al medio ambiente, e implementar actividades sostenibles, por otro lado, se evidencio que 4 personas no están interesadas en las actividades de planificación ambiental.

Ilustración 14. Pregunta 1.

¿Considera usted que las actividades, planificaciones de educación ambiental en el área de impacto ambiental acompañadas de una parte práctica conllevarían a la conservación de los recursos naturales (Plantas, animales, suelo, aire, agua) ?

21 respuestas



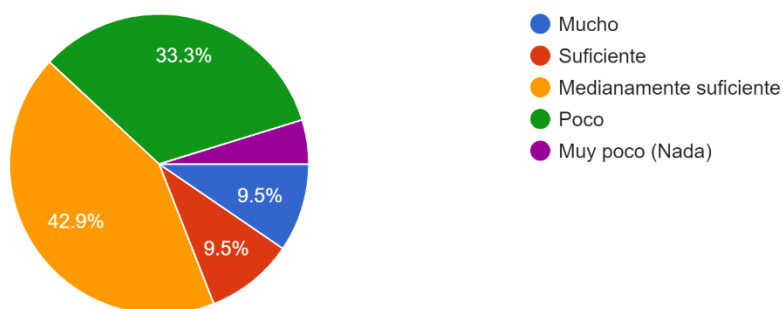
Fuente. Google formularios

Se evidenció cierto acercamiento entre la comunidad que considera conocer medianamente suficiente y poco el tema de la acuaponía, lo que se analizó es que la comunidad, conoce estrictamente lo necesario por ende esta investigación sirve de apoyo a aquellas personas que desconocen del tema.

Ilustración 15. Pregunta 2.

¿Cuál es el nivel de conocimiento que usted tiene acerca de la acuaponía?

21 respuestas



Fuente. Google formularios

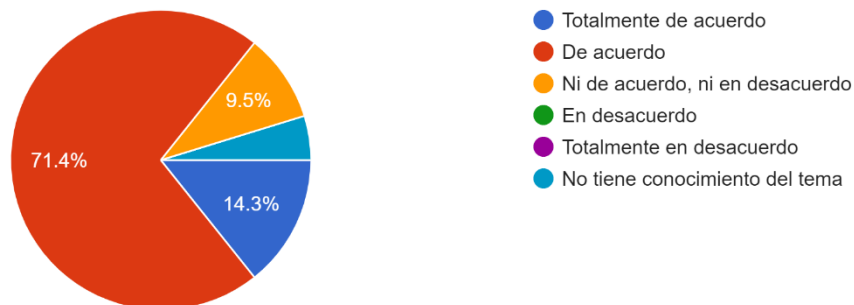
Aunque la comunidad desconoce el tema, se consideró que implementar este tipo de estrategias sostenibles, conlleva a la disminución del impacto negativo en los recursos naturales, aunque, 1 persona fue consciente de que no tiene conocimiento del tema y por ello no opinó respecto a la pregunta, 2 personas consideraron

que no es lo suficientemente práctico para la disminución del impacto negativo al medio ambiente y al mismo tiempo consideraron que podría contribuir a la disminución de los impactos.

Ilustración 16.Pregunta 3.

¿Considera usted que la acuaponía como una herramienta practica conlleva a la disminución del impacto negativo en los recursos naturales (Plantas, animales, suelo, aire, agua) ?

21 respuestas



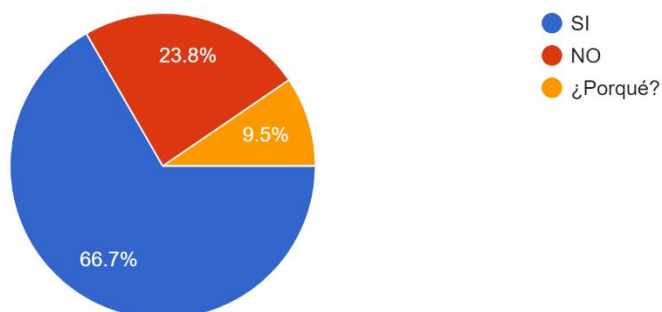
Fuente. Google formularios

Al momento de tener la posibilidad de implementar un sistema acuapónico la comunidad en su totalidad respondió que si estarían dispuestos a ser productores acuapónicos, de las 21 personas, 5 personas respondieron que no están interesadas en implementar este tipo de sistemas, 2 personas consideraron y se preguntaron por qué deberían ser productores.

Ilustración 17.Pregunta 4.

¿Estaría usted dispuesto a ser productor acuapónico?

21 respuestas



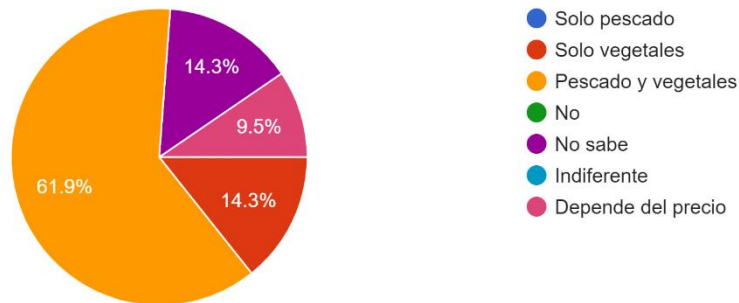
Fuente. Google formularios

La comunidad desconoció el tema pero aun así demostraron interés en adquirir este tipo de productos producidos por el sistema acuapónico contando con 13 personas, 3 personas no supieron si adquirir este tipo de productos, pero fue por el desconocimiento que se presentó frente a estos sistemas, se debe comunicar más a la comunidad sobre el tema, ya que consideraron que los productos pueden ser un poco más económicos o costosos, por ende, lo mejor es comunicar a la comunidad sobre este tipo de alimentos.

Ilustración 18. .Pregunta 5.

¿Compraría usted productos acuapónicos?

21 respuestas



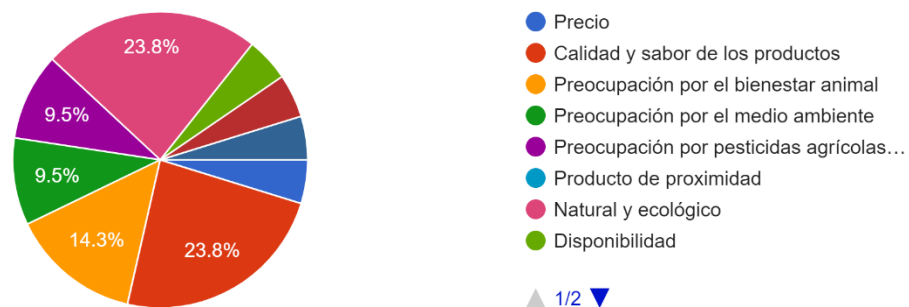
Fuente. Google formularios

Referente a la gráfica las respuestas fueron variadas, por ello, lo mejor es socializar a la comunidad sobre este tipo de sistemas, para comodidad de las mismas y de los productores, por lo cual, en este resultado la mayoría de las personas se motivaron a comprar productos acuapónicos por el tema natural y ecológico, y así mismo, por la calidad y sabor de los productos, por lo tanto, se dedujo que la comunidad si apoyaría el implemento de estos sistemas acuapónicos por los alimentos que generan y por el aporte al medio ambiente, demostraron que tienen algo de conocimiento sobre la acuaponía.

Ilustración 19.Pregunta 6.

¿Qué motivaría su decisión sobre comprar productos acuapónicos?

21 respuestas



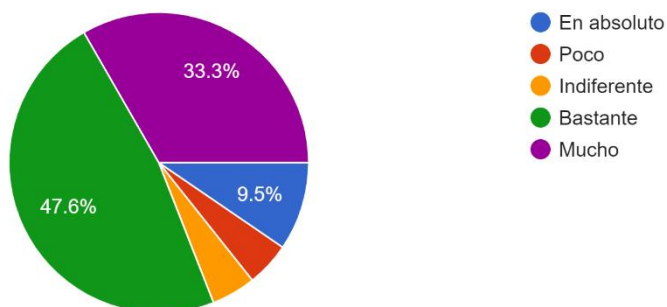
Fuente. Google formularios

La comunidad identificó el sistema de producción acuapónico como interesante, a otras les resultó indiferente el tema, dos personas consideraron que no es nada interesante este tipo de producción, lo que resultó difícil a la hora de compartir información sobre la temática, aunque se consideró que a la hora que se conozca más sobre el tema, y sus beneficios, llame la atención de la comunidad.

Ilustración 20.Pregunta 8.

¿Le parece a usted interesante este tipo de producción?

21 respuestas



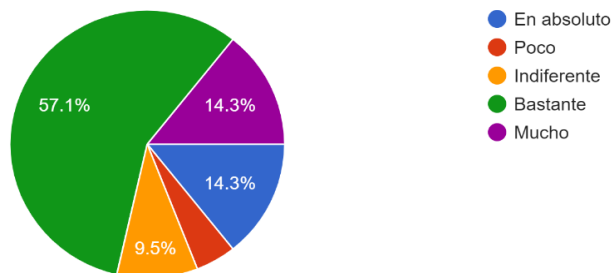
Fuente. Google formularios

En esta gráfica se pudo observar que 6 de las personas prefirieron adquirir los alimentos de un mercado, que ser producidos por ellos mismos, 15 de las personas encuestadas resultaron interesadas en disponer su propio sistema de producción, ya que, consideraron que podrían salir beneficiados de este tipo de sistemas de producción sostenible.

Ilustración 21.Pregunta 9.

¿Le interesaría disponer de su propio sistema de producción para obtener parte de los alimentos que necesita?

21 respuestas



Fuente. Google formularios

En conclusión, la comunidad desconoció el tema o no le interesó implementar este tipo de sistemas, por lo cual, el propósito fue que por medio de esta investigación, se comunicara a las personas los beneficios que conlleva implementar un sistema acuapónico y la facilidad a la hora de construirlo.

Referente a las preguntas que no fueron expuestas en el documento se identifica que: la comunidad opinó que la mayor fuente de contaminación en los recursos naturales es la agricultura, la ganadería, la piscicultura, el campesino, petroleras, mal uso de recursos naturales, industrias y empresas, la minería y la tala de árboles.

La mayoría de las personas el agua que utiliza es para consumo propio, pecuario y agrícola, el cual, es proveniente del acueducto, quebrada y río, se evidenció que la comunidad no utiliza energías renovables, 5 de las 21 personas respondieron que sí utilizan energías renovables, en cuanto al nivel de preocupación por el medio ambiente 1 persona respondió que no le preocupa el bienestar del medio, 5 personas contestaron que se preocupan medianamente, el resto de personas contestaron que se preocupan por el bienestar y preservación del medio ambiente, la mayoría de personas no producen alimentos para el consumo propio, respondieron que realizan la mayoría de sus compras en la plaza de mercado, por ende las personas desconocieron sobre la implementación de sistemas de producción agrícola, estas encuestas sirvieron como soporte para identificar que algunas personas presentaron total desconocimiento frente al cuidado, conservación del medio ambiente, por lo tanto, si es necesario incentivar a la comunidad a implementar tecnologías y estrategias sostenibles que ayuden con la preservación de los recursos naturales.

Matriz de riesgos

A partir de la matriz de riesgos se realizaron las estrategias de mitigación, a continuación, se analizó definiendo cada evento, de impacto alto, medio o bajo en una escala del 1 al 5. Una vez que se evaluó la gravedad y la probabilidad de cada riesgo, se priorizó cada riesgo en consecuencia y se realizó una estrategia de mitigación.

Tabla 23. Matriz de Riesgos.

| DESCRIPCIÓN DE RIESGO | IMPACTO DE (1-5) | PROBABILIDAD DE (1-5) | PRIORIDAD | CONSECUENCIAS | ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN |
|---|------------------|-----------------------|-----------|---------------|---|
| No hay conocimiento de las comunidades frente a los sistemas acuapónicos y sus ventajas competitivas. | 3 | 3 | Media | Baja | Identificar y analizar los grupos sociales que puedan tener interés y así mismo compartirles información sobre el contenido, ya que el sistema acuapónico presenta numerosas ventajas a nivel social, ambiental, y económicas, siendo este una alternativa capaz de |

| | | | | | |
|--|---|---|------|------|--|
| | | | | | contribuir a la seguridad alimentaria. |
| Bajos índices de ahorro en energía y agua. | 4 | 3 | Alta | Alta | Si el sistema es implementado de la mejor manera con sus fases en perfecto estado (tanques, equipos de filtrado mecánico, proceso biofiltrado, canales de cultivo hidropónico) el sistema es capaz de utilizar hasta un 95% menos del agua utilizada en procesos tradicionales de agricultura para cultivar la misma cantidad de plantas. En cuanto a la energía, como es un sistema cerrado no presenta renovación de agua, por tanto los desechos se acumulan gradualmente en el sistema, Sin embargo, gracias a la presencia de las bacterias nitrificantes, el amonio, que es uno de los desechos más peligrosos, este se convierte en nitrato que puede ser utilizado por las plantas como nutriente, para que recirculen todos estos componentes es necesario oxígeno para llevarse a cabo, y el oxígeno que se diluye normalmente en la |

| | | | | | |
|--|---|---|-------|-------|--|
| | | | | | superficie del agua no es suficiente para un sistema acuapónico porque, tanto peces como plantas y bacterias requieren de este gas. Por esta razón se debe utilizar un sistema de aireación de algún tipo, que generalmente es impulsado por energía eléctrica, más la solución a esto sería implementar fuentes de energía renovable y la solar es posiblemente la primera candidata a considerar cuando se trata de energías alternas. |
| No aumenta la producción piscícola. | 4 | 3 | Media | Media | Asegúrese de que los peces tengan altos niveles de oxígeno disuelto sin cambios de agua para que no se estresen. |
| Componentes necesarios para la implementación del sistema. | 4 | 3 | Alta | Alta | Si no se implementa un adecuado equipo para diseñar el sistema es probable que no surja el proyecto, hay varias consideraciones a tomar en cuenta y una de ellas es que el sistema tiene que presentar un sistema de aireación, ya que un corte de energía puede ser fatal para el sistema, ya que, durante un corte de energía, los peces, al igual que las bacterias, consumo de oxígeno |

| | | | | | |
|---|---|---|-------|-------|--|
| | | | | | disuelto en agua a un ritmo que depende de la cantidad, el tamaño y la temperatura del agua de los peces. |
| No se realiza un adecuado cálculo de costos. | 3 | 3 | Media | Media | Realizar una cotización a fin de identificar costos iniciales, para así poder implementar los mejores componentes para el sistema. |
| Errores en la ingeniería conceptual, básica y de detalle. | 3 | 3 | Media | Alta | Realizar validación de los componentes por diferentes ingenieros y personas especializadas en el tema, buscando reducir la posibilidad de error. |

Fuente: Autoras (2023).

Basado en los resultados y análisis de las encuestas que se aplicaron a la comunidad, se evidencio las posibles estrategias de apropiación social del conocimiento, se realizó un folleto y una ficha publicitaria con su respectivo análisis a fin de dar a conocer los beneficios de los sistemas acuapónicos.

Ilustración 22. Folleto de Sistemas Acuapónicos.

LORIAN JIMENEZ, DANNIS VARGAS

ACUAPONIA

SISTEMAS ACUAPONICOS

Estos sistemas se basan en los desechos que son producidos por organismos acuáticos, generalmente son los peces o crustáceos, estos son convertidos mediante la acción de bacterias, en nutrientes que resultan necesarios para el debido crecimiento de las plantas.

BENEFICIOS

- Ahorra espacio agua y energía, reduciendo el costo de las operaciones.
- Elimina el uso de químicos como plaguicidas y fertilizantes.
- Se reducen o eliminan los residuos del sistema al ambiente.
- Se obtienen producciones más sanas, vigorosas y de mejor sabor.

LA VARIEDAD EN LOS MODELOS DE SISTEMAS ACUAPONICOS PERMITE SU APLICACION, TANTO ESCALA COMERCIAL, COMO FAMILIAR O DE AUTOCONSUMO

CICLO BIOLÓGICO DE LA ACUAPONIA

AGUA LIMPIA → PLANTAS → NITRATOS → BACTERIAS NITRIFICADORAS → AMONIA → PECES O CRUSTACEOS → AMONIA → BACTERIAS NITRIFICADORAS → NITRATOS → PLANTAS

PUEDEN SER DESARROLLADA EN TERRENOS MARGINALES, POCO FERTILES Y CON LIMITADA DISPONIBILIDAD DE AGUA

VENTAJAS

- Genera un Eco negocio sustentable.
- Se puede practicar de forma casera.
- Mayor rendimiento de producción comparado a otras técnicas de cultivo.
- Produce alimentos orgánicos, cultivado con nutrientes naturales.
- Promueve el reciclaje del agua.

MEJOR OPCIÓN DE PROTOTIPO PARA LAS ZONAS RURALES EN COLOMBIA

Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante

- En este prototipo, las raíces de las plantas son sumergidas en agua rica en nutrientes.
- Las plantas se logran cultivar con éxito ya que, presentan una buena densidad de nutrientes y también estructuras de soporte que son adecuadas.
- En este prototipo las plantas presentan un crecimiento más ágil, más rápido.

IMPLEMENTACIÓN EN LAS FINCAS

ESTE MÉTODO GENERA AHORROS POR SU DOBLE PROPÓSITO.

- El primero, al servir para el mantenimiento de los peces y suministrar nutrientes a los cultivos.
- El segundo, por su ventaja en términos de espacio-tiempo que significa tener dos producciones diferentes, en un tipo de relación simbiótica.

LA ESTRUCTURA DE UN SISTEMA ACUAPONICO CONSTA DE DOS PARTES PRINCIPALES

El tanque para los animales acuáticos y la jardinería donde se cultivan los vegetales. En este sentido, para su construcción, podrá usarse un bidón plástico a la mitad que formará un sistema de tubería cuadrada.

Cualquier planta se puede adaptar a éste tipo de sistemas, sin embargo, las que mejor responden son los vegetales de hojas verdes, pues con ellas se obtienen más plantas por metro cuadrado cultivado y más cosechas por año.

Respecto a los organismos acuáticos, son más favorables aquellos que toleran altas densidades, aprovechando el espacio, así como también defensas a enfermedades comunes en cultivo.

ORGANISMOS

Debe tratarse de organismos que presenten un buen crecimiento y buena reacción a los compuestos nitrogenados. Entre ellos, la tilapia, el bagre de canal, la langosta de agua dulce, la mojarra, entre otros. Cabe resaltar que la única vía para lograr un cultivo acuapónico exitoso es manteniendo un equilibrio entre la cantidad de peces, plantas y el tamaño del biofiltro donde se desarrollan las bacterias

ESTRUCTURA

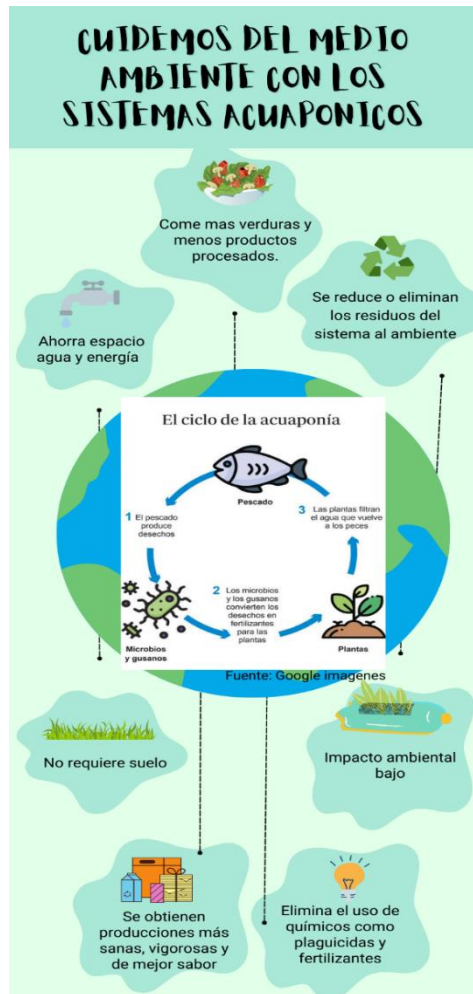
Sistema de acuaponía con lecho de cultivo flotante

Fuente: Google imagenes

Fuente. Elaboración propia

- Se realizó una ficha publicitaria en base a las encuestas, con el fin de dar a conocer los beneficios de los sistemas acuapónicos, llegar a la comunidad más joven por medio de las redes sociales, que hoy en día son un método de comunicación activo.

Ilustración 23. Ficha publicitaria en redes sociales.



Fuente. Autoras (2023)

10. IMPACTO SOCIAL Y HUMANÍSTICO DEL PROYECTO

Las Naciones Unidas (2019) consideran que el desarrollo sostenible incluye dimensiones económicas, sociales, ambientales y culturales; según esta definición, los sistemas acuapónicos incluyen los siguientes ejes; de ahí el propósito de este estudio fue identificar las características de los prototipos acuapónicos de tipo tradicional a pequeña escala y soporte a la seguridad alimentaria de las zonas rurales, por medio de una revisión sistemática. Se generó una idea como un aporte informativo a la comunidad, con el fin de que las personas conocieran las actividades amigables con el medio ambiente y que puedan ser beneficiosas tanto para ellas como para el medio, que lleguen a conocer diferentes alternativas y las ventajas que puede ofrecer un sistema acuapónico, resaltando que dichos sistemas son productivos, dado que el agua se reutiliza, es muy útil en áreas donde el agua escasea. El abono es orgánico, ya que, se hace con látex natural de pescado. Se requiere menos tierra cultivable para la producción de cultivos, lo que resulta un menor impacto ambiental, esto se transmitió a la comunidad, información.

11. IMPACTOS SOCIOCULTURALES

Se dio a conocer la alternativa de producción innovadora, describiendo las ventajas, desventajas y principalmente se propuso estrategias de apropiación social, para implementar, a fin de dar a conocer esta forma de producción, Garantizar que cada familia tenga acceso a alimentos frescos y saludables en su propio hogar. La acuaponía es una tecnología de producción sostenible que combina la piscicultura (acuicultura) con el cultivo de hortalizas o plantas ornamentales en agua sin utilizar tierra (hidroponía); es barato y muy rentable (Belén, Jacqueline, Eduardo, Rubi y Vinicio., 2015).

IMPACTOS MEDIO AMBIENTALES

La acuicultura crea una gigantesca producción, que cubre parte importante de la demanda mundial, por lo que es viable minimizar la presión global en pesca intensa y minimizar la huella de los sistemas de tierra poco sostenibles de animales acuáticos. Por otro lado, se producen descargas cotidianas de 10% a 20% del agua usada. Sin embargo, la acuicultura tradicional se lleva a cabo de forma inapropiada, ya que, en algunas ocasiones no se considera Los impactos ambientales como por ejemplo eutrofización, cuando los compuestos que son altamente químicos ingresan a los respectivos cuerpos que son de agua y se consumen en exceso, conducen a la degradación de los recursos naturales.

Por el contrario, la agricultura depende del uso de fertilizantes y pesticidas artificiales, que degradan el suelo y el medio ambiente al acumularse directa o también indirectamente en el respectivo suelo y el agua. Por lo tanto, se deben crear alternativas de producción sustentables que aseguren la protección del suelo. y el medio ambiente. Medio Ambiente. Medio Ambiente, lograr beneficios efectivos ambiental positivo. Algunas de las ventajas de este sistema, es que posibilita una alta productividad en poco espacio, sin el peligro de plagas y patologías transmitidas por el suelo debidas al monocultivo obteniendo una gran capacidad de retención de humedad y mejor abastecimiento de oxígeno.

Actualmente la acuaponía está logrando resultados significativos como un innovador sistema de producción orgánica que permite obtener productos que sean agrícolas sin el respectivo suelo en la correcta producción de las distintas frutas y tambien verduras; utilizar compuestos de nitrógeno de desechos de alimentos y materia orgánica de efluentes de acuicultura sin liberar contaminantes que se propagarían a tres sistemas biológicos diferentes: peces, plantas y bacterias nitrificantes. (Cuaspa-Benavides, Guerrero-Bastidas, & Burgos-Arcos, 2019).

12. CONCLUSIONES

- Alimentación sostenible: La respectiva producción de los diversos alimentos por medio de sistemas acuapónicos puede ayudar a abordar el problema mundial de la seguridad alimentaria. Estos sistemas pueden funcionar en áreas rurales donde el acceso a alimentos frescos y nutritivos puede ser limitado. Además, al ser locales, reducen la dependencia de las importaciones de alimentos y disminuyen Emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el transporte de alimentos a larga distancia, pueda que uno de pequeña escala no logre suplir la alimentación completa de una

familia promedio, pero si sirve en algunas épocas entendiendo el proceso natural de regeneración del sistema acuapónico creado.

- Al haber analizado los prototipos acuapónicos en términos de sus ventajas competitivas y su contribución a la sostenibilidad de las zonas rurales, se pueden concluir varios aspectos clave tales como:

Uso eficiente de recursos: Los sistemas acuapónicos utilizan menos agua en comparación con los métodos tradicionales de agricultura. El agua se recircula continuamente entre los tanques de peces y los sistemas de cultivo de plantas, lo que reduce significativamente la necesidad de riego. Además, los nutrientes provenientes de los desechos de los peces alimentan a las plantas, lo que minimiza el uso de fertilizantes químicos.

Diversificación de productos: Los sistemas acuapónicos permiten la producción simultánea de peces y cultivos vegetales en un espacio limitado. Esto brinda la oportunidad de diversificar los productos agrícolas y aumentar los ingresos para los agricultores rurales. Además, la combinación de peces y plantas crea un equilibrio biológico en el sistema, lo que puede reducir el riesgo de plagas y enfermedades.

Mejora del medio ambiente: Los sistemas acuapónicos pueden tener un impacto positivo en el medio ambiente local. El uso de técnicas de recirculación de agua y la ausencia de pesticidas y fertilizantes químicos reducen la respectiva contaminación del agua y también del suelo. Además, la integración de vegetación en los sistemas acuapónicos puede proporcionar hábitats adicionales para la fauna silvestre y contribuir a la conservación de la biodiversidad.

- Se pudo evidenciar que a partir de las encuestas que la comunidad diligencio, no tiene conocimiento sobre los sistemas acuapónicos, pocas personas presentan interés sobre el tema.
- En cuanto a la aplicación del análisis multicriterio a las alternativas seleccionadas, siendo consideradas directamente relacionadas e importantes con la temática a estudiar, basado en esto se selecciona la alternativa que se propone como mejor opción, en este caso el sistema acuapónico más eficiente para las zonas rurales en Colombia es el sistema acuapónico con lecho de cultivo flotante.
- En el entorno cada vez más competitivo, es imperativo utilizar métodos que faciliten elecciones específicas. El estudio de la eficiencia y la productividad en empresas y sectores industriales, así como regiones y asentamientos facilita la búsqueda de métodos de apoyo a la decisión en situaciones en las que intervienen múltiples variables o criterios de selección.
- Desde tiempos inmemorables, la fascinación ha sido buscar alternativas que ayuden a la toma de decisiones y, en base a ello, implementar modelos que brinden alternativas para aumentar la competitividad. Para el presente trabajo, el enfoque AHP demostró un gran potencial en la identificación y priorización de problemas y las acciones posteriores derivadas de ellos, ya que, puede ser utilizado en los procesos de diseño, implementación, pruebas, control y evaluación de las empresas, en el efecto industria. En la globalización económica actual, cada industria y región enfrenta desafíos todos los días.

- El método AHP se caracteriza por la flexibilidad que promueve la comprensión de la situación del problema. Permite organizar y procesar gráficamente las acciones necesarias para la toma de decisiones. Además, el método AHP permite analizar la contribución de cada componente del modelo por separado en relación con el objetivo general.
- En resumen, los sistemas acuapónicos presentan ventajas para la eficacia en el respectivo uso de los recursos, diversificación de productos, alimentación, mejora del medio ambiente. Su implementación en las zonas rurales donde pueden contribuir significativamente a la sostenibilidad, al tiempo que brinda oportunidades económicas y mejora el acceso a alimentos frescos y nutritivos. Concluyendo se llegó a las 5 alternativas, como las mejores opciones para implementar en la comunidad haciendo una comparación de cada sistema mediante el método AHP, todo esto mediante la búsqueda de información, investigando el funcionamiento, las características y beneficios de cada prototipo brinda al medio ambiente y a la seguridad alimentaria.

13. RECOMENDACIONES

Al analizar los prototipos acuapónicos en términos de sus características y su aporte a la seguridad alimentaria de las zonas rurales, es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Investigación exhaustiva: Realiza una investigación detallada sobre la acuaponía, sus principios y técnicas, sobre las necesidades y desafíos específicos de las zonas rurales donde se implementarán los sistemas. Comprender el contexto local te ayudará a diseñar un prototipo acuapónico adecuado y a identificar las ventajas que puede ofrecer.
- Enfoque en la sostenibilidad: Asegúrate de que tu prototipo acuapónico esté diseñado para ser sostenible en términos ambientales, económicos y sociales. Considera aspectos como el uso eficiente del agua, la energía renovable, la producción de alimentos saludables, la generación de empleo local y la participación comunitaria.
- Adaptabilidad y escalabilidad: Diseña tu prototipo acuapónico de manera que sea adaptable a diferentes contextos y escalable para su implementación en diferentes tamaños y niveles de producción. Esto permitirá su replicabilidad en otras zonas rurales y aumentará su impacto en la sostenibilidad a largo plazo.
- Innovación tecnológica: Utiliza tecnologías innovadoras y eficientes que optimicen el funcionamiento del sistema acuapónico. Esto puede incluir el uso de sensores para monitorear parámetros clave, sistemas de recirculación de agua, automatización de tareas y técnicas de cultivo avanzadas.
- Alianzas estratégicas: Establece alianzas con organizaciones locales, instituciones académicas y otros actores relevantes para fortalecer el desarrollo, la implementación y la promoción de tu prototipo acuapónico. Esto te permitirá aprovechar el conocimiento y la experiencia existente, así como obtener apoyo y colaboración en la difusión y escalabilidad del proyecto.
 - Monitoreo y evaluación: Implementa un sistema de monitoreo y evaluación que te permita medir el desempeño y los impactos de tu prototipo acuapónico en términos de sostenibilidad y ventajas competitivas. Esto te ayudará a realizar ajustes y mejoras continuas y a demostrar la efectividad de tu proyecto a posibles socios, inversores y otras partes interesadas.

Al seguir estas recomendaciones, se está en camino de implementar un prototipo acuapónico y un fuerte impacto en la sostenibilidad de las zonas rurales. Es importante recordar que cada contexto es único, por lo que es importante adaptar estas recomendaciones a las condiciones específicas del proyecto.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Analitik, V. (11 de Abril de 2023). *VALORA ANALITIK*. Obtenido de Así va la economía de Colombia en lo corrido de 2023, según BBVA Research: <https://www.valoraanalitik.com/2023/04/11/asi-va-la-economia-de-colombia-en-lo-corrido-de-2023-segun-bbva-research/>

Allen Pattillo, D., Hager, J., Cline, D., Los Ángeles, R. & Hanson, T. (2022). diseño del sistema y prácticas de producción de las partes interesadas en acuaponía. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85127527889&doi=10.1371%2fjournal.pone.0266475&origin=inward&txGid=7993d7aaa39d73221097cdf225e870b7>

Aponte, S., & Cardona, K. (2020). DESARROLLO DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO PARA LA GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS ALIMENTARIAS DE AUTOCONSUMO O COMUNALES A BAJO COSTO. *Sustainability (Switzerland)*, 4(1), 1–9. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/mdl-20203177951%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0887-9%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0884-z%0Ahttps://doi.org/10.1080/13669877.2020.1758193%0Ahttp://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article>

Alejandro, J., Concepción, R., Lauguico, S., Tobías, RR, Almero, V.J., Puno, JC, Bandala, A., Dadíos, E., flores, r. (2020). Clasificación visual de la etapa de crecimiento de la lechuga en función de los atributos morfológicos utilizando modelos de aprendizaje automático no supervisados. *Scopus*, 9293854. <https://doi.org/10.1109/TENCON50793.2020.9293854>

Altieri, M. (1999). Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordan Comunidad.

Agudelo Camargo, W. A. (2021). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ACUAPONÍA PARA PROMOVER LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y MEJORAR LA ECONOMÍA DEL MUNICIPIO DE TIBACUY, CASO DE ESTUDIO FINCA LOS NARANJOS*. Universidad El Bosque. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería Ambiental, Bogotá.

Aponte Pelaéz, S. M., & Cardona Ojeda, K. M. (2020, marzo). *DESARROLLO DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO PARA LA GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS ALIMENTARIAS DE AUTOCONSUMO*

O COMUNALES A BAJO COSTO. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS FACULTAD TECNOLÓGICA INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN POR CICLOS BOGOTÁ D.C. Recuperado 12 de marzo de 2023.

Arias, S. A., & García, M. A. (2020). DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ACUAPÓNICO PARA LA VEREDA LAS QUINCHAS DEL MUNICIPIO DE OTANCHE – BOYACÁ, BAJO EL ENFOQUE DE LA NUEVA RURALIDAD. *Universidad Santo Tomás Tunja*, 75.

Bartelme, R., Oyserman, B., Blom, J., Sepúlveda-Villet, O. & Newton, R. (2018). Quitar el suelo: Oportunidades microbiológicas que promueven el crecimiento de las plantas en acuaponía. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85040832072&doi=10.3389%2ffmicb.2018.00008&origin=inward&txGid=a4811cf52adebfe892cadb774005563a>

Beatriz, C. V., C, I. J., & Pablo, S. (2018). Acuaponía como alternativa productiva social. *UNCPBA*, 60

Belén, C. P., Jacqueline, H. M., Eduardo, L. T., Rubí, O. F., Vinicio., V. N. (2015). Del ecosistema a tu mesa" Sistema Acuapónico en Contextos Urbanos. *ResearchGate*, 38.

Bioaquafloc. (2018). Especies de Tilapia. Recuperado de: <https://www.bioaquafloc.com/tilapia/especies-de-tilapia/>

Caldas Quiñonez, A. L., Castillo Deza, I. A., Prado Moscoso, S. Y. G., Rosales Quiroz, L. R., & Vargas Leiva, L. D. (2019). Diseño y construcción de sistemas acuapónicos a pequeña escala para familias de la región Piura.

Caldas Quiñonez, A. L., Castillo Deza, S. A., Prado Moscoso, S. Y., Rosales Quiroz, L. R. & Vargas Leiva, L. D. (2019). Diseño y construcción de sistemas acuapónicos a pequeña escala para familias de la región Piura. *Universidad de Piura*, 205.

Callejas Zuluaga, D., & Pulgarin Ramirez, P. (2021). DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO COMO ESTRATEGIA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA EN ZONAS URBANAS DEPRIMIDAS EN PEREIRA, RISARALDA. *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*. Obtenido de *FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES, ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL PEREIRA, RISARALDA*, 75 <file:///C:/Users/Lorian/Downloads/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Castillo Castellanos, D., Zavala-Leal, I., Ruiz-Velazco, JMJ, Radilla-García, A., Nieto-Navarro, JT, Romero-Bañuelos, CA, González-Hernández, J. (2016). Implementación de un sistema acuapónico experimental tipo película de nutrientes. *Scopus*, 24, número 2, 637-646. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9954-z>.

Castro Ortega, YA, Acosta Castellanos, PM, Pardo García, MA, Guisa Arias, S.A. (2020). Diseño de un Sistema de Producción Acuapónico para las Quinchas del Municipio de Otanche - Boyacá, bajo el enfoque de la Nueva Ruralidad. *Scopus*, 3436672. <https://doi.org/10.1145/3434780.3436672>.

Cascante, Q., Acosta García, M. & Fold, N. (2022). Detalles del documento - El papel de las fuerzas externas en la adopción de innovaciones acuícolas: un estudio de caso ex ante de la piscicultura en la región amazónica sur de Colombia. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85114992000&doi=10.1016%2fj.techfore.2021.121185&origin=inward&txGid=718d193b630efb87b6ff13a82ce3d262>

Castro Ortega, YA, Acosta Castellanos, PM, Pardo García, MA, Guisa Arias, S.A. (2020b). Diseño de un sistema de producción acuapónico para las quinchas del municipio de Otanche - Boyacá, bajo el enfoque de la nueva ruralidad. *Scopus*, 3436672. <https://doi.org/10.1145/3434780.3436672>

Cummings, T. (2020). Enseñanza de hidroponía sin especialización: ABP en la educación superior. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85087793914&doi=10.1080%2f87567555.2020.1791036&origin=inward&txGid=0d46411c49acd828075068173691c259>

Camargo, W. A. (2021). PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ACUAPONÍA PARA PROMOVER LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y MEJORAR LA ECONOMÍA DEL MUNICIPIO DE TIBACUY, CASO DE ESTUDIO FINCA LOS NARANJOS. *Universidad El Bosque*, 74.

Caldas Quiñonez, A. L., Castillo Deza, S. A., Prado Moscoso, S. Y., Rosales Quiroz, L. R. Vargas Leiva, L. D. (2019). Diseño y construcción de sistemas acuapónicos a pequeña escala para familias de la región Piura. *Universidad de Piura*, 205.

Colorado Gómez, M. A. Ospina Correa, M. (2019). ACUAPONÍA Herramienta de formación en tiempos de paz ACUAPONÍA. SENA, Centro de Biotecnología Agropecuaria.

Cuaspa-Benavides, J. A. (2019). SISTEMAS ACUAPÓNICOS COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE EN LA ACUICULTURA. *Revista investigación pecuaria*, 9.

Cuaspa Benavides, J. A., Guerrero Bastidas, D. D., & Burgos Arcos, A. J. (2019, 15 mayo). *SISTEMAS ACUAPÓNICOS COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE EN LA ACUICULTURA*. REVIP.

Recuperado 10 de agosto de 2022, de <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/4539/5964>

Deepthi, parlamentario, Nivethitha, S., Saminathan, K., Narendhirakanan, RT, Karmegam, N., Kathireswari, P. (2021). Efecto del vermiwash preparado a partir de biorresiduos de ganado como medio vermipónico sobre el crecimiento y los índices bioquímicos de *Amaranthus viridis* L. *Scopus*, 21, 101300. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101300>

Doyle, L., Oliver, L., Whitworth, C. (2019). Diseño de un Sistema de Agricultura Climáticamente Inteligente en África Oriental. *Scopus*, 8601553. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2018.8601553>

Departamento nacional de planeación. (2016). NOTA TÉCNICA 4 – MANUAL DE MULTICRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE PROYECTOS DE ASOCIACIÓN PÚBLICO PRIVADA. DNP, 11.

ENRIQUE, L. M., & DANIEL, M. C. (2018). SISTEMA ACUAPÓNICO A ESCALA PILOTO CON CHAME (DORMITATOR LATIFRONS) LECHUGA y (LACTUCA SATIVA) PARA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS, COMUNIDAD CASAS VIEJAS, CANTÓN BOLÍVAR. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ*, 100.

Guarín, G. M., Páez-Arango, J., Rivera, s., Durán-Pinzón, J., Páez-Arango, M. & Rivera, J. (2020). Planificación energética para la producción de acuaponia considerando los mercados intradiarios. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85081974500&doi=10.24425%2faee.2020.131760&origin=inward&txGid=abd6782ca25ecc59378d6c56c9295989>

Garabito1, R. M., Gómez2, S. T., González3, M. L., Macías4, L. M., & Cabo6, M. D. (2009). Revisiones Sistemáticas Exploratorias. *SciELO*, 1.

Granados-León, C., Lozano, G. G., & Velásquez, K. P. (2020). Bibliometría sobre sistemas acuapónicos. *Escuela de Diseño (eD)*, 8.

García-Ulloa, M., Leon, C., Hernández, F. Chávez, R. (2005, enero). Evaluación de un sistema experimental de acuapónica. AIA, Avances en Investigación Agropecuaria, Universidad de Colima.

Hernández, L. F. (2017). *Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico automatizado de tipo tradicional y doble recirculación en el cultivo de Tilapia Roja (Oreochromis Mossambicus) y Lechuga Crespa (Lactuca Sativa)*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado 12 de marzo de 2023.

HLPE. (junio 2012). La seguridad alimentaria y el cambio climático. Informe del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, p. 32. 05 octubre 2015, De FAO.

Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos Inc. (2020). Actas - 2020 6th International Conference on Wireless and Telematics, ICWT 2020 (Revisión de la conferencia). *Scopus*, 978-172817596-

6. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85096924870&origin=inward&txGid=944ab4ae81bee5cde09cc00c827787a3>

Iliyasu, A., & Mohamed, Z. (2016). Evaluating contextual factors affecting the technical efficiency of freshwater pond culture systems in Peninsular Malaysia: A two-stage DEA approach. *Scopus*, 12-17.

M.K, A., S, H., & S., S. (2012). Participation of Women in Aquaculture in Three Coastal Districts of Bangladesh: Approaches toward Sustainable Livelihood. *Scopus*, 253-268.

Mathur, T. & Muthukumaraswamy, S. (2022). Detalles del documento: sobre el estudio y análisis de la «agricultura vertical: el futuro de la agricultura» a través de varios sistemas hidropónicos. *Scopus*. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85121762660&doi=10.1007%2f978-981-16-6482-3_16&origin=inward&txGid=e4ff8445144ba3bdf099d587bc64d5bb

Maucieri, C., Forchino, A., Nicoletto, C., Junge, R., Pastres, R., Sambo, P. & Borín, M. (2018). Evaluación del ciclo de vida de un microsistema acuapónico con fines educativos construido con material recuperado. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85038955171&doi=10.1016%2fj.jclepro.2017.11.097&origin=inward&txGid=6b26b6dc7216eba69a4f9703af09fde5>

Martinez Juarez, L. A. & Paz Vázquez, K. O. (2016, 16 junio). IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN CULTIVO ACUAPÓNICO EN LA EMPRESA TURISMO EXTREMO VOLCÁN DE COLIMA. Secretaría de Educación Pública.

Mamani, J. (2016). Planteamiento del problema, problema de investigación. *SCRIBD*, 8.

Mateus J. (2009). Acuaponía: hidroponía y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos. (en línea) Red Hidroponía, Boletín No 44. 2009. p. 7-10. Consultado 29 agosto. 2015. Disponible en línea en http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/redhidro/boletin44/44_acuaponia.pdf

Moya, J. R. (1994). La agricultura sostenible como alternativa a la agricultura convencional: conceptos y principales métodos y sistemas. *Ería: Revista cuatrimestral de geografía*, 161-174.

NEUMAN, Y. V. (2017). ELABORACIÓN DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA EL DESARROLLO DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN ACUAPÓNICA EN LA COMUNA DE CALBUCO. *Universidad Austral de Chile*, 169.

O'Brien, G., Medina, M. & Clayborn, J. (2017). Jardinería escolar con un toque diferente usando pescado: alentar a los educadores a adoptar la acuaponía en el aula. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0->

[85019412462&doi=10.1080%2f1533015X.2017.1304837&origin=inward&txGid=fada6eb5ecf214c989285c2949881ab4](https://doi.org/10.1080%2f1533015X.2017.1304837&origin=inward&txGid=fada6eb5ecf214c989285c2949881ab4)

Oga, SI, Kamarudin, MS, Nurul Amin, SM, Puteri Edaroyati, MW. (2020). Propiedades de filtración biológica de hierbas seleccionadas en un sistema acuapónico. *Scopus*, 51, número 5, 1771-1779. <https://doi.org/10.1111/are.14526>

Otalora, T. A. (2008). El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado. *Pontificia Universidad Javeriana*, 61.

Pineda, P., Miranda-Velázquez, J., Ramírez-Arias, I., Vargas-Hernández, A., Montalvo-Hernández, M., García-Galván, D. & García-Ramírez, NM, S. (2020). Detalles del documento - Respuesta de tilapia y tomate a la complementación de nutrientes en un sistema acuapónico. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85097318872&doi=10.17660%2fActaHortic.2020.1296.14&origin=inward&txGid=4e72fe3eb861914e0e39e02671d230d5>

Pineda Pineda, J., Miranda-Velázquez, I., Rodríguez-Pérez, J., Ramírez-Arias, J., Pérez-Gómez, E., García-Antonio, I. & Morales-Parada, J. (2017). Equilibrio nutrimental en la producción de lechuga acuapónica. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85029584816&doi=10.17660%2fActaHortic.2017.1170.141&origin=inward&txGid=17fb4bc64f659e6da92c28d57bb38867>

Pineda Pineda, J., Valdez-Zamora, A., Miranda-Velázquez, I., Rodríguez-Pérez, J., Ramírez-Arias, J. & Lozano-Toledano, A. (2018). Rendimiento de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistemas hidropónicos y acuapónicos. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85060012431&doi=10.17660%2fActaHortic.2018.1227.43&origin=inward&txGid=405922f976e22f859abb4f873a66b23a>

Puteri Edaroyati, M., Nurul Amin, S., Kamarudin, M. & Oga, S. (2020). Propiedades de filtración biológica de hierbas seleccionadas en un sistema acuapónico. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85078753674&doi=10.1111%2fare.14526&origin=inward&txGid=41ad794a89cda431bb792386f2b9e93b>

Rizal, A., Dhahiyat, Y., Zahida, Andriani, Y., Handaka, AA, Sahidín, A. (2018). Los beneficios económicos y sociales de un sistema acuapónico para la producción integrada de peces y plantas acuáticas. *Scopus*, 137, número 1, 012098. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/137/1/012098>

Ramírez, D; Sabogal, D; Jiménez, P; Hurtado, H. (2008). La acuaponía: una alternativa al desarrollo sostenible. *Revista de biología. Universidad Militar de Nueva Granada*, 32-51.

Sandra Laso. (2015). Alimentos sanos el nuevo reto de la humanidad. 19 agosto 2015, de Greenpeace Sitio web: <http://m.greenpeace.org/mexico/es/mid/Blog/Blog-de-Greenpeace-Verde/alimentos-sanos-el-nuevo-reto-de-la-humanidad/blog/53802/>

Semana. (8 de Mayo de 2023). *Semana*. Obtenido de <https://www.semana.com/salud/articulo/colombia-reporta-mas-de-7500-casos-de-desnutricion-infantil-en-2023-estos-son-los-departamentos-mas-afectados/202335/>

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2022). Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala. *ORGANIZACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA DE LAS NACIONES UNIDAS*, 290.

Somerville, C. Cohen, M. Pantanella, E. Stankus, A. Lovatelli, A. (2022). Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala. FAO DOCUMENTO TECNICO DE PESCA Y ACUICULTURA. <https://www.fao.org/3/i4021es/i4021es.pdf>

Soto, Gabriela, et al. (2003). Memoria del Taller Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. En: Taller Agricultura Orgánica: 26 una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Turrialba, Costa Rica, Multiprint.

Schnitzler, W. (2013). Detalles del documento - Hidroponía urbana para ciudades verdes y limpias y para la seguridad alimentaria. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84892757946&doi=10.17660%2fActaHortic.2013.1004.1&origin=inward&txGid=fc38d412a246b15034c4653b22dee937>

Tomás, H., Coombs, D., Nedyalkov, I., Guerdat, T. (2019). Análisis experimental del flujo de agua en peceras de acuaponia. *Scopus*, 5481. <https://doi.org/10.1115/AJKFluidos2019-5481>

Tous-Zamora, D., De la Rosa-Sánchez, F., Sánchez-Teba, E., Cordero-Tous, M. & Ruiz Campos, R. (2019). Diseño de un sistema acuapónico alimentado con energía solar para una empresa familiar en Chad. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85117585338&doi=10.24310%2fejfbejfb.v9i1.5220&origin=inward&txGid=8172bec63e995d289a744b99d862e6de>

Urquia-Fernández Nuria. (2014). La seguridad alimentaria en México. *Salud Pública México*, 56, 92-98. 12 noviembre 2015, De Scielo.

Urgencias, H., Webb, J., Hollingsworth, C. & Danylchuk, A. (2014). Gestión de las expectativas de acuaponía en el aula: mejora del aprendizaje académico y enseñanza y apreciación de los recursos acuáticos. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84911383058&doi=10.1080%2f03632415.2014.966353&origin=inward&txGid=f86eb5f7cfe7abe1de1753510d683807>.

Valero, O., Trujillo, P. & Valderrama, N. (2020). Monitoreo remoto automatizado de la calidad del agua en sistemas acuapónicos en São Paulo, Brasil. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85089797310&origin=inward&txGid=fde1454291f79e47d13d404f9bcf8775>

VOTTELER, G. L. (2020). EVALUACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO DE PEQUEÑA ESCALA, PARA LA PRODUCCIÓN LIMPIA DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*), CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*) Y RÚGULA (*Eruca vesicaria sativa*). *Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas*, 87.

Visser, M., van Eck, N. J., & Waltman, L. (2021). Large-scale comparison of bibliographic data sources: Scopus, Web of Science, Dimensions, Crossref, and Microsoft Academic. *Quantitative Science Studies*, 2(1), 20–41

VOTTELER, G. L. (2020). EVALUACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO DE PEQUEÑA ESCALA, PARA LA PRODUCCIÓN LIMPIA DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*), CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*) Y RÚGULA (*Eruca vesicaria sativa*). *Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas*, 87.

Winpenny, J., Heinz, I., & Koo-Oshima, S. (2013). Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos? *FAO*, 144.

Zugravu, G. M. M. y C., IA, Rahoveanu, N., AT, A., Costel, C., Coadă, C., Petrea, M., Bandi, S., Cretu, A. & Chihaia, M. (2016). Detalles del documento - Modelo de desarrollo de una acuaponía integrada con actividades de servicios sociales en Rumania. *Scopus*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85013913893&origin=inward&txGid=81be872f73e6ef022803830e1be9d7eb>