

ACUAPONÍA: UNA FORMA POTENCIAL Y SUSTENTABLE DE CULTIVAR DE MANERA EFICIENTE Y SUSTENTABLE ALIMENTOS

Omar Jiménez Márquez

Instituto Tecnológico de Tlaxiaco
Profesor del Tecnológico Nacional de
México / Instituto Tecnológico de Tlaxiaco,
Licenciado en Administración de empresas
adscrito al departamento de Ciencias
Económico – Administrativas, secretario
de la academia de Ingeniería en Gestión
Empresarial

Audel Rolando Pérez García

Instituto Tecnológico de Tlaxiaco
Profesor Titular del Tecnológico Nacional de
México / Instituto Tecnológico de Tlaxiaco,
Ingeniero en Sistemas Computacionales
adscrito al departamento de Sistemas y
Computación

All content in this magazine is
licensed under a Creative Com-
mons Attribution License. Attri-
bution-Non-Commercial-Non-
Derivatives 4.0 International (CC
BY-NC-ND 4.0).



Resumen: La acuaponía es una técnica integral de cultivo de agricultura hidropónica de vegetales alimentado por agua con nutrientes de la crianza de peces. Los proyectos de acuaponía se han desarrollado y permiten implementarse en diferentes lugares de acuerdo a los espacios o condiciones del entorno, además impulsan un desarrollo social, económico y ambiental debido a circunstancias donde hay lugares afectados por la contaminación, escasez de alimentos nutritivos y saludables de comunidades marginadas o actividad empresarial, mediante la optimización de espacios y la reutilización de agua, adecuándose a las circunstancias de espacio, climas, recursos, los componentes, los peces e incluso las plantas a cultivar. Estos sistemas reutilizan el agua y aprovechan los nutrientes que son excretadas por los organismos acuáticos, estas sustancias que aportan nutrientes a las plantas que son dañinas para los peces, pero son absorbidos por las plantas lo que hace que sea un ecosistema armonioso en donde se desarrollen cultivos y producción de peces. Actualmente existen diversas técnicas y sistemas de producción acuapónicos que van desde una tecnología tradicional hasta los avanzados controlados por aplicaciones mediante computadora para producción intensiva y optimización de recursos.

Palabras clave: Antecedentes de acuaponía-hidroponía - acuicultura - sistemas acuapónicos - cultivos acuapónicos - técnicas acuapónicas.

INTRODUCCION

La producción primaria de los océanos del mundo disminuirá en un 6% para 2100 y en un 11% en las zonas tropicales. En diferentes modelos se prevé que, para 2050, el potencial total de captura pesquera mundial podrá variar en menos del 10%, dependiendo de la trayectoria de las

emisiones de gases de efecto invernadero, pero con una variabilidad geográfica muy importante. Si bien los efectos serán sobre todo negativos en muchas regiones tropicales que dependen de la pesca, las oportunidades también existirán en las regiones templadas. Además, algunas proyecciones recientes revelan una disminución de la producción tanto marina como terrestre en casi el 85% de los países costeros analizados, con grandes variaciones según su capacidad nacional de adaptación. (FAO, 2018). La acuaponía es una técnica de cultivo de doble propósito donde el componente principal es el agua que por medio de la acuicultura se crían peces y con el agua residual sirve como nutrientes para el cultivo de diversas hortalizas bajo un mismo sistema de producción. Este sistema novedoso de producción eficiente y sustentable que combina dos técnicas igualmente novedosas por un lado se tiene la hidroponía en el cual las plantas reciben los nutrientes necesarios para su crecimiento directamente del otro proceso la acuicultura mediante el cultivo de peces. El agua producto del cultivo de los peces tiene variedad de nutrientes aptas para el cultivo de las plantas que de quedar estancada es perjudicial para el desarrollo óptimo de los peces, además el metabolismo propio de las plantas purifican el agua y con apoyo de algunas bacterias benéficas. Este sistema simbiótico es una alternativa viable para su uso en los hogares tanto en las zonas urbanas como en las zonas rurales como cultivos de traspatio garantizando la seguridad alimentaria y contribuyendo con el ingreso familiar. Con el constante crecimiento demográfico poco a poco se visto reducido los espacios aunado a la constante escasez de agua para la producción de alimentos. La acuaponía representa no solo una fuente completa de alimentos de alta calidad, sino también una oportunidad para el ser humano y mejorar las condiciones socioeconómicas, contribuyendo

a la vez con la seguridad alimentaria. A pesar de las ventajas que representa este sistema de producción alimentaria, la optimización de los recursos y la sustentabilidad del proceso, es una técnica que aún no es conocida y practicada en muchos lugares con potencial de desarrollo, por el desconocimiento de sus bondades respecto a la generación económica de alimentos, optimización de recursos y lo amigable que resulta con el medio ambiente.

ANTECEDENTES DE LA ACUAPONÍA

Los principios de la acuaponía se han aplicado desde tiempos antiguos, aunque todavía existe mucho debate sobre cuando se inició esta técnica. Los Aztecas cultivaban en islas agrícolas conocidas como chinampas, y para muchas personas son la primera forma de cultivo acuapónico de la historia. Estas islas eran creadas en lagunas y aunque normalmente estaban fijadas al fondo de la laguna, también en algunas ocasiones eran

dejadas de manera móvil. Las plantas de estas islas eran alimentadas con los nutrientes disponibles en la laguna, y eran una parte importante de la nutrición de los Aztecas. (ACUAPONIA COSTA RICA, 2013)

Los aztecas practicaron una forma inicial de acuaponía, mediante la crianza de peces junto a las cosechas. Ellos construían islas artificiales conocidas como “chinampas” pantanos y lagos someros, y plantaba en ellos maíz, zapallo y otras plantas. En los canales navegables que rodeaban las islas fueron usados para la crianza de peces. Los desechos de los peces que caían al fondo de los canales eran recuperados para fertilizar a las plantas. (ACUAPONIA ARGENTINA, 2012)

En el sur de China y en Tailandia se acostumbraba cultivar arroz en campos inundados en combinación con peces. Este es otro de los sistemas referidos como acuaponía temprana. Este tipo de sistema se extendió a muchas regiones de Asia, y se utilizaba

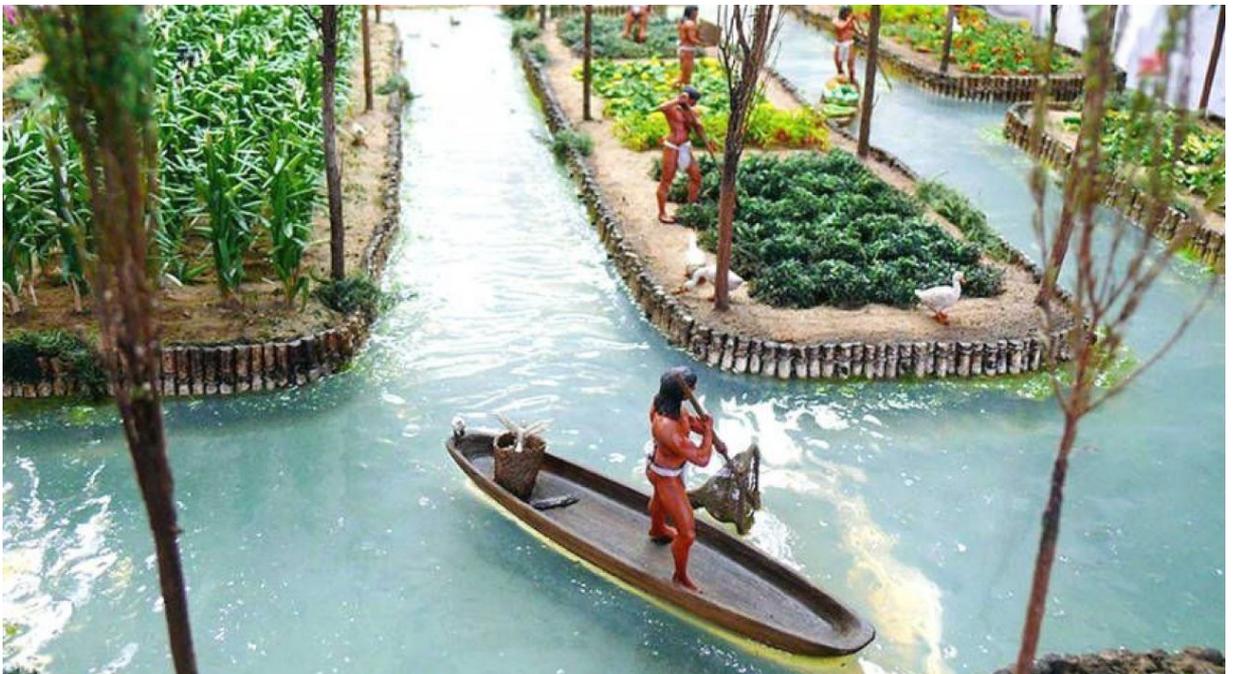


Figura No 1: cultivo por chinampas.
Fuente: (GARCIA BARCALA, 2017).

para complementar la alimentación de las aldeas agrícolas. En tiempos modernos, el desarrollo de la acuaponía como se practica actualmente es atribuido a los trabajos del Instituto de Nueva Alquimia y al trabajo del Dr. Mark McMurtry y otros en la Universidad de Carolina del Sur. El Dr. James Rakocy y sus colegas de la Universidad de las Islas Vírgenes inició en 1997 desarrolló el uso de camas de cultivo profundas para hidroponía utilizando un desarrollo comercial de acuaponía. En la isla de Barbados se desarrolló una iniciativa para crear sistemas acuapónicos en las casas, como una manera de reducir la dependencia en la importación de alimentos a la isla. (ACUAPONIA COSTA RICA, 2013)

GENERALIDADES DE LA ACUAPONÍA

La acuaponía es la combinación de la acuicultura de recirculación con la hidroponía, definiendo acuicultura como el cultivo de animales acuáticos como peces, moluscos, crustáceos, e hidroponía como el cultivo de plantas que se desarrollan en un sustrato inerte, las cuales reciben los minerales aplicando soluciones de nutrientes.

La hidroponía es el cultivo de plantas, principalmente en hortalizas, sin usar suelo, que es substituido por un sustrato sólido constituido por materiales inertes como en el sistema de camas, o por agua como en el caso del sistema de raíz flotante y del sistema de solución nutritiva recirculante, este último también conocido como N.F.T. (nutrient film technique por su sigla en inglés). Por ser inerte el sustrato de cultivo, las plantas hidropónicas se alimentan con una solución nutritiva en la cual se disuelven en agua las sales minerales que aportan a las plantas todos los elementos necesarios para su desarrollo. Una vez formulada la solución nutritiva y diluida según el caso, se aplica en razón de dos a tres litros por m² al día, seis días a la semana, dejando un día a la semana el riego con solo agua, esto para lavar el exceso de nutrientes acumulados en el sustrato. (Instalacion y manejo de sistemas de cultivos acuaponicos a pequeña escala, 2015)

Los sistemas productivos en acuicultura pueden ser extensivos o intensivos, dependiendo de la densidad de siembra, que se traduce en cuantos peces por m² se crían. Entre los sistemas intensivos se mencionan

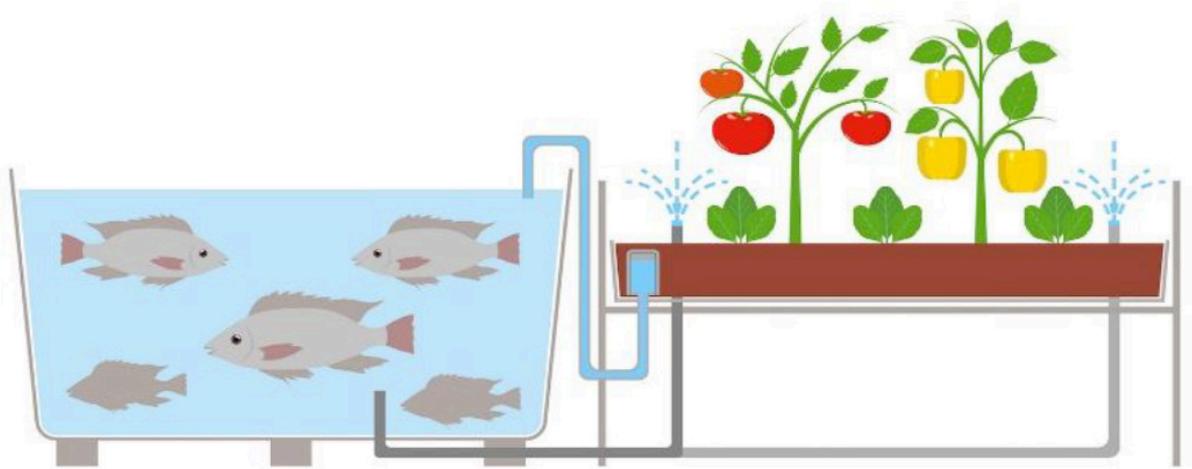


Figura No 2: Sistema general acuapónico.

Fuente: (Maristes Les Corts, 2019).

los sistemas acuícolas de reúso y los sistemas de recirculación. En los sistemas de reúso el agua pasa de un estanque a otro, se mueve en una sola dirección, y nunca regresa al mismo estanque dos veces. La acuicultura de recirculación es un sistema en el cual el agua fluye desde los estanques de cultivos a los sistemas de tratamientos (filtración), para luego regresar nuevamente a los estanques de cultivo. La acuicultura de recirculación requiere menos del 10 % de agua comparado con los proyectos de acuicultura extensiva y de reúso, y en los cuales los efluentes son eliminados constantemente.

En el agua de los estanques de peces se encuentran disueltos 10 de los 13 nutrientes esenciales que las plantas necesitan. Las concentraciones de calcio, potasio y hierro son inferiores a las requeridas por las plantas y pueden suplirse al sistema acuapónico en forma de hierro quelatado (EDTA Fe) hidróxido de calcio y potasio estos últimos dos también actúan como regulador del pH en caso de acidificación del agua.

En resumen, la acuaponía es un sistema en el cual los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático (generalmente peces) sirven como fuente de alimento para las plantas. Estas a su vez al tomar estos desechos, limpian el agua para los peces actuando como filtro biológico. La acuaponía es una técnica de producción intensiva, bio-integrada y altamente productiva en la cual se obtienen peces y hortalizas en un mismo sistema de producción, Mateus señala que por cada tonelada de pescado producida en sistemas acuapónicos se obtienen hasta 7 toneladas de vegetales.

De acuerdo a Adler citado por Iturbide la acuaponía tiene algunos principios que la gobiernan estos son:

- Los productos de desechos de un sistema biológico sirven como nutrientes para un segundo sistema biológico.

-La integración de peces y plantas resulta en un policultivo que incrementa la diversidad y la producción de múltiples productos (policultivo)

-El agua es reutilizada a través de la filtración biológica y la recirculación.

-La producción local de alimentos provee acceso a alimentos más saludables e incrementa la economía local.

Existe un creciente interés nivel mundial sobre la integración de las técnicas de producción de cultivos hidropónicos y cultivos acuícolas

Los sistemas acuapónicos utilizan principalmente tres tipos de sistemas de crecimiento para las plantas, los mismos que son utilizados en hidroponía: camas con sustrato sólido, sistemas de raíz flotante y técnicas de solución nutritiva recirculante (NTF).

Los principales componentes de un sistema acuapónico descritos por Racocy, Nelson y Mateus son:

El Tanque para cultivar los peces

La bomba de aireación para proveer de oxígeno a los peces. La bomba de agua para dirigir el agua desde el tanque de los peces a los cultivos hidropónicos y de vuelta al tanque de peces en un sistema cerrado de recirculación.

El biofiltro para albergar bacterias nitrificadoras las (*Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.) que convierten el amonio en nitrito y el nitrito en nitrato. El sistema de cultivos hidropónicos (camas con sustrato sólido, sistemas de raíz flotante, técnicas de solución nutritiva recirculante). En los sistemas comerciales se encuentran otros componentes tales como el desgasificador que elimina los excesos de CO₂ y el sedimentador que elimina los sólidos disueltos. A pequeña y mediana escala estos elementos no son indispensables.

Con respecto a la relación entre la superficie de cultivo de plantas y la superficie de cultivo

de peces, esta varía desde 2:1 hasta 10:1 o más dependiendo de la producción diaria de desechos por parte de los peces. Lo anterior significa que por cada metro cúbico de agua de cultivo de peces se pueden incorporar al sistema, de dos a diez metros cuadrados de área de cultivo hidropónicos. Mientras que la capacidad de carga de peces, en un cultivo acuapónico, es de un pez de 500 g por cada 20-40 litros.

La especie de pez más utilizada en proyectos de acuaponía es la tilapia, por su tolerancia a las fluctuaciones de los parámetros del agua como son el PH, temperatura y sólidos disueltos. Algunas experiencias exitosas de cultivo con la tilapia son las siguientes: Cultivo de tilapia con lechuga y tilapia con albahaca por, en las instalaciones de la Universidad de las Islas Vírgenes. Cultivo de tilapia con lechuga en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras por Grande y Luna. Cultivo de tilapia y pepino, en la Universidad Autónoma de Guadalajara.

Otras especies de peces utilizadas en los cultivos acuapónicos incluyen la cahama, carpa koi, Murray code, Goldfish o japones, trucha arcoíris, perca europea, Artic char.

Las especies vegetales cultivadas en acuaponía, reportadas por Ramírez son la albahaca, la lechuga, la menta, el tomate y el orégano. (Instalacion y manejo de sistemas de cultivos acuaponicos a pequeña escala, 2015)

ELEMENTOS DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO

Como se menciona anteriormente, los principales componentes de un sistema acuapónico descritos por Racocy, Nelson y Mateus son:

TANQUE PARA CULTIVAR LOS PECES

El tanque para cultivar los peces es un

componente indispensable en un sistema acuapónico. En este componente se desarrollarán los peces que se han escogido por lo que es necesario que sea de un material resistente, que sus dimensiones sean proporcionales al número y el tamaño de los peces. Asimismo, debe tomarse en cuenta que el área del tanque es más importante que su altura, pues los peces se desplazan más en forma horizontal que vertical.

Estos tanques pueden ser desde peceras de vidrio o acrílicas, barriles plásticos, tanques plásticos o piletas de concreto y el volumen puede variar desde pocos litros a varios metros cúbicos. Es esencial que el tanque no haya sido utilizado previamente para el transporte de sustancias toxicas, ya que estas pueden seguir disolviéndose en el agua y comprometer la salud de los peces y el crecimiento de las hortalizas; además se aconseja que el contenedor a usar como tanque no sea de metal, pues el agua puede corroerlo formando herrumbre y perjudicando a los peces.

En cuanto a la relación volumen de agua con el tamaño o peso de los peces, se recomienda un litro de agua por cada 5 centímetros de peces o 10-15 gramos de peces por litro de agua; debiendo considerarse también para ese cálculo, la longitud o peso final de los peces. Además, el tanque de producción debe ser lo suficientemente grande para asegurar el llenado del sistema hidropónico y al mismo tiempo garantizar un adecuado volumen de agua para que los peces puedan nadar libremente.

BOMBA DE AIREACIÓN

Los peces necesitan la presencia de oxígeno disuelto en el agua para su sobrevivencia y desarrollo. También las raíces de las plantas se ven beneficiadas por la presencia de oxígeno disuelto en el agua del sistema, ya que previene la pudrición de las raíces al estar

sumergidas durante el paso de esta a través del sistema hidropónico. La concentración mínima de oxígeno disuelto varía según la especie cultivada; además es necesario que la bomba de aireación esté funcionando las 24 horas, sin interrupciones.

BOMBA DE AGUA

La bomba de agua es el motor del sistema acuapónico, dirige el agua desde el tanque de los peces a los cultivos hidropónicos y de estos la reenvía de vuelta al tanque en un sistema cerrado de recirculación. La circulación del agua generada por la bomba, garantiza que las plantas y las bacterias reciban sus nutrientes, de esta forma se filtra y mejora la calidad del agua que los peces recibirán una vez que el agua complete su recorrido al regresar al tanque.

La bomba de agua se activa manualmente o a través de un “timer” el cual se programa según las necesidades y características del sistema. El mercado ofrece una gran variedad de bombas de agua, desde sumergibles o externas, de diferentes potencias, caudales y alturas máximas de bombeo, por lo que la escogencia del tipo de bomba dependerá de las particularidades del sistema acuapónico, esto es, número de tanques y camas, distancia entre estos etc.; no pudiendo generalizarse la forma de elegir la bomba adecuada.

BIOFILTRO

El biofiltro es un contenedor que alberga materiales porosos como piedra, esponjas o bio-bolas. Las bio-bolas son elementos plásticos diseñados para ofrecer una considerable superficie a las bacterias y actuar como filtro mecánico al recoger las partículas en suspensión.

El biofiltro sirve para albergar las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.) que convierten el amonio (molécula presente en las excretas de los

peces) en nitrito y luego este en nitrato. El amonio y el nitrito son perjudiciales para los peces y en altas concentraciones pueden producir la muerte, pero el nitrato es menos tóxico para los peces y más aprovechable para las plantas.

Es un componente opcional en aquellos sistemas acuapónicos que usan camas con sustratos sólidos, pero resultan indispensables para los sistemas de raíz flotante o los de solución nutritiva recirculante (N.F.T.)

En las camas con sustrato sólido las bacterias se adhieren al sustrato, cuanto más poroso es el sustrato mejor es la biomasa y el desempeño de las bacterias. Los sistemas de raíz flotante o de solución nutritiva recirculante no ofrecen suficiente superficie para el desarrollo de las bacterias, por lo tanto, es necesario suplir este faltante de superficie con un biofiltro.

LOS SISTEMAS DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS

Los principales sistemas de cultivos hidropónicos utilizados de acuaponía son: sistema de camas con sustrato sólido, sistemas de raíz flotante y técnicas de solución nutritiva recirculante. (Instalacion y manejo de sistemas de cultivos acuaponicos a pequeña escala, 2015)

DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA ACUAPONICO

Manteniendo los fundamentos generales descritos con anterioridad, un sistema acuapónico puede funcionar de diferentes formas según su configuración. No obstante, existe cierta generalidad para el diseño aplicado a cualquier sistema y puede ser descrita por el siguiente esquema:

Remoción de sólidos: La remoción de sólidos en suspensión es llevada a cabo por el filtro mecánico que constituye la parte

fundamental del sistema acuapónico. Los sólidos en suspensión pueden, de llegar a las raíces de las plantas, tapanlas, impidiendo una correcta absorción de nutrientes. Dependiendo del componente hidropónico utilizado, el filtro mecánico puede obviarse, lo que se explicará más adelante.

Biofiltración: La biofiltración cumple con dos objetivos en el sistema acuapónico. Ambos obtenidos a partir de un mismo proceso: la nitrificación. El primero, es el de transformar el nitrógeno amoniacal (NAT) excretado por los peces como desecho metabólico, en un compuesto menos tóxico para ellos y el segundo, la obtención de un compuesto asimilable por las plantas. Dichos procesos, son realizados por un grupo de bacterias que se alojan en los filtros biológicos (así como en cualquier superficie del sistema) obteniéndose como resultado final, nitratos (NO₃-). Este componente inorgánico es el menos tóxico nitrogenado y constituye la forma de nitrógeno asimilada por las plantas. La fuente de nutrientes en los sistemas de acuaponía son los desechos metabólicos generados por los peces al alimentarse, ya que solo un 35 a 40 % del alimento consumido es asimilado y transformado en carne, mientras que el resto (60-65 %) se excreta hacia la columna de agua. Estos desechos a su vez son transformados por las bacterias presentes en los filtros biológicos. Así la cantidad de nutrientes que un sistema genere, estará directamente relacionada con la cantidad de alimento que ingieran los peces. En general, la cantidad de plantas que pueda sostener un sistema acuapónico, estará supeditada a la cantidad de alimento que los peces presentes, ingieran. Por su parte, cada sistema tendrá una capacidad determinada para filtrar biológicamente los desechos metabólicos y esta capacidad de filtración será la que impondrá la cantidad de alimento que pueda ofrecerse como máximo

a los peces. (Centro Nacional de Desarrollo Acuícola- CENADAC. , 2019)

TECNICAS DE ACUAPONÍA

Un sistema acuapónico, puede construirse con un incremento modesto de área en comparación con una instalación hidropónica, y se requiere una proporción alta (entre 2-10 a 1) entre superficie de cultivo de los vegetales y la superficie para los peces, de forma tal de mantener un sistema balanceado correctamente pH 24 Existen 3 modelos diferenciados para el montaje de un sistema acuapónico, partiendo de la base general de un SRA, y radicando básicamente sus principales diferencias en el componente hidropónico del sistema. Estos métodos de cultivo hidropónico se denominan: Técnica del film nutritivo (o NFT, de las siglas en inglés “Nutrient Film Technique”); Cultivo de aguas profundas (o balsas flotantes) y lechos de sustratos. Cada uno de estos modelos, presenta características diferentes, por lo que mantienen ventajas y desventajas uno respecto del otro, a la hora de compararlos. Estas características influyen a la hora de seleccionar el sistema más apropiado para su montaje, según el objetivo de cada producción.

TÉCNICA FILM NUTRITIVO NTF

Técnica del film nutritivo - NFT Este método se basa en el montaje de caños agrupados, que pueden ser de distintas longitudes y diámetros, utilizados como canaletas en las que corre una fina película de agua, con solución nutritiva, para luego volcarlas en un reservorio; de tal forma que fluyan hacia el sistema nuevamente. Dichas cañerías (generalmente plásticas), poseen ranuras donde se colocan los vegetales en algún recipiente plástico rasurado, manteniendo suspendidas sus raíces en contacto con la película de la solución circulante.

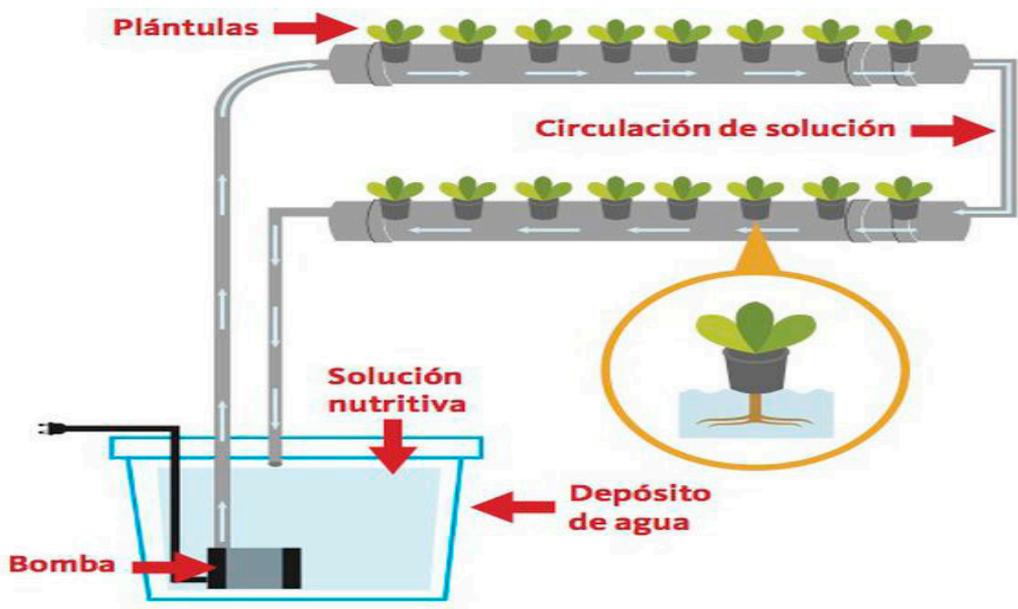


Figura No 3: cultivo por método NFT.

Fuente: (La Nación, 2017).

El NFT es el método más popularizado en hidroponía, permitiendo gran versatilidad y practicidad a la hora de su montaje, pudiéndose inclusive, diseñar sistemas verticales que logran un aprovechamiento del espacio en lugares reducidos, obteniendo así, altos rendimientos de producción por superficie. Presenta además una ventaja, en cuanto a la buena oxigenación, al estar la película del agua en contacto con abundante aire dentro de las canaletas. Este sistema es indicado para plantas que no requieran de mucho sostén, como por ejemplo lechugas, perejil, o demás plantas denominadas “de hojas”. Es el método que utiliza el menor volumen de agua (aproximadamente $\frac{1}{4}$ del volumen de aguas profundas, y $\frac{1}{2}$ de lechos de sustratos), por lo que es el más propenso a fluctuaciones térmicas y otras variables como el pH. Esta diferencia de volumen, también suele provocar una concentración mayor de nutrientes en el agua que en los otros sistemas, por lo que se debe considerar de importancia al momento de evaluar el balance de cargas del sistema. Debido a la

escasa superficie de contacto del agua en las canaletas para la colonización por las bacterias nitrificantes, comparados con las otras técnicas, los cultivos que emplean NFT requieren un diseño por separado de ambos tipos de filtros previo al paso del agua por las canaletas, tanto de tipo mecánico para separación de sólidos como biológico, a fines de una correcta nitrificación.

CULTIVOS DE BALSAS FLOTANTES

Los cultivos de aguas profundas o también llamados de “balsas flotantes”, se caracterizan por el gran volumen de agua que hace las veces de reservorio del sistema, además de alojar al componente vegetal del mismo. Estos reservorios, pueden construirse con cajones, bateas, artesas, etc., los que se llenan enteramente, y flotando en ellos, se colocan planchas de tergotpol u otro material similar, en el cual se realizan perforaciones que alojen, en recipientes rasurados, los vegetales a cultivar. Esta modalidad fue utilizada en los ensayos en CENADAC, donde para los peces se utilizó un tanque de cemento de 500 Lt



Figura No 4: cultivo por método camas flotantes.

Fuente: (Centro Nacional de Desarrollo Acuicola, 2018).

de capacidad, y para los vegetales se utilizó el sistema de balsas flotantes en una cama elaborada en caño estructural, sosteniendo internamente una lona impermeable de 2mt de largo x 1 de ancho, y 25 cm de columna de agua (500 Lt). Sobre la misma se ubicaron las planchas de tergotpol de 4cm de grosor, con perforaciones para ubicación de las plantas, en vasos del mismo material rasurados en el fondo, para permitir el desarrollo de las raíces.

En las escalas comerciales, los canales largos y profundos con planchas de poliestireno, soportan los vegetales en la superficie del agua, con sus raíces suspendidas; exponiéndolas plenamente al agua del sistema. Las planchas protegen al agua de la exposición solar y de la incidencia de la temperatura ambiental. La gran masa de agua, brinda en estos sistemas una gran estabilidad térmica y de la calidad del agua en general; lo que los hace aconsejables para zonas de marcada amplitud térmica. También permite una carga de peces relativamente alta, generando mejores

rendimientos económicos en el componente acuícola y es el método de cultivo que mejor se adapta a una escala comercial, por su gran practicidad en el manejo de la hidroponía al facilitarse y ordenarse las tareas de siembra y cosecha. Otra gran ventaja de estos sistemas radica en que no necesitan el montaje de un biofiltro, porque cuando son dimensionados y balanceados correctamente, la nitrificación se logra exitosamente, al proveerse suficiente superficie generada por las balsas, y toda la estructura del componente hidropónico, incluyendo las raíces de las plantas. Combinar la biofiltración con la hidroponía es una de las mayores ventajas de la acuaponía, al eliminar el gasto que representa el biofiltro en los SRA. Como requisitos del sistema, se pueden citar la necesidad de una buena oxigenación dentro del componente hidropónico, generalmente lograda con aireadores de funcionamiento continuo y a la necesidad de una buena filtración mecánica; incluyendo más de una unidad de filtración, cuando se

trata de unidades comerciales, con agregado de sedimentadores e inclusive, tanques de desgasificación post filtros mecánicos. También deberán protegerse las raíces de las plantas por posibles ingresos de parte de los peces al componente hidropónico, los que podrían consumirlas limitando el crecimiento. También, deberán combatirse los caracoles, con agregado de peces carnívoros en las unidades hidropónicas u otros métodos de control biológico.

CAMAS DE SUSTRATO (GRAVA)

Esta modalidad tiene similitudes con el cultivo de aguas profundas en las estructuras, excepto que aquí los lechos se encuentran enteramente llenos de algún tipo de material inerte, elemento que brindará una serie de beneficios al sistema. La primera función que cumple el sustrato utilizado en los lechos, es brindar una importante superficie de contacto para el alojamiento y colonización de las bacterias nitrificantes; destacándose como el método más eficiente con respecto al proceso de nitrificación, evitando la necesidad de instalación de un biofiltro. Dependiendo de su composición, estos sustratos pueden

llegar también a proveer algunos tipos de nutrientes para el crecimiento de los vegetales. Puede combinarse además la función de filtración mecánica, donde el mismo sustrato es utilizado para la retención de sólidos provenientes del tanque de peces, aunque de esta forma, el sistema no tolerará una alta carga de peces, haciéndolo poco viable para una escala comercial. De esta forma, cada sustrato en particular, tiene propiedades para retener y liberar nutrientes contenidos en los sólidos capturados; favoreciendo en diferentes grados el proceso de mineralización dentro del sistema. Otra función importante de este sustrato, es brindar soporte a las plantas, razón por la cual se aconseja en el caso de producciones de plantas frutales (que necesitan sostén por su peso), como tomates; pimientos, o especies rastreras, o con tubérculos, como zapallos, melones, zanahorias y remolachas, por ejemplo. Los sistemas de sustratos pueden ser manejados con flujo continuo o por pulsos de inundación. Acá, el lecho es inundado y vaciado de manera constante. Los pulsos de inundación son muy recomendables, ya que al ingresar de manera



Figura No 5: cultivo por método camas de sustrato.

Fuente: (Centro Nacional de Desarrollo Acuicola, 2018).

continua aire al sustrato, se garantizan las condiciones de oxígeno necesarias para el proceso de nitrificación. Generalmente, el llenado y vaciado de los lechos, se logra mediante un sistema simple de sifón automático denominado “sifón campana”. Es un sistema de desagüe de doble caño de distintos diámetros, complementados de tal manera, que cuando el agua alcanza cierto nivel en el espacio entre los mismos (y del lecho completo), se genera un efecto sifón. Este efecto, provoca el drenaje del agua con un caudal mayor al de su ingreso, lo que conduce al paulatino vaciamiento del contenedor, hasta que un ingreso de aire en la tubería corta el efecto (en un nivel deseado por el diseñador del sifón campana). De esta forma, el lecho comienza a llenarse nuevamente. Existen abundantes materiales para emplear como sustrato, que difieren en sus características, tanto de peso como de formas, así como también en su relación superficie/volumen; razón por lo cual, deben evaluarse en particular, las características de cada uno de ellos, antes de seleccionarlos para su uso. (Centro Nacional de Desarrollo Acuicola, 2018)

ELECCION DE PECES

PECES

Se pueden utilizar diversas especies de peces. Un principio básico, en términos de sostenibilidad, y hablando de peces para el consumo humano, es el tratar de usar especies herbívoras u omnívoras, y tratar de evitar las carnívoras. Una alternativa interesante desde el punto de vista comercial, es el uso de especies ornamentales de alto valor agregado, aunque aquí debe conjugarse también el lucro con la sostenibilidad.

TILAPIA

Es una de las especies preferidas en la acuaponía. Este pez tiene características que lo hacen muy adecuado, para estos sistemas: carne de buen sabor, alevinos baratos, rápido crecimiento, buen nivel de desechos (que pueden generar buena cantidad de nitratos), resistencia tanto a bajas moderadas en la calidad del agua, como a fluctuaciones importantes de temperatura, buena aceptación en los mercados de muchos países, etc. Una característica particularmente interesante, cuando se piensa en los sistemas

Sistema	Ventajas	Desventajas
NTF	-Fácil de instalar -Fácilmente expandible -Poco mantenimiento	-La concentración de oxígeno y nutrientes se reduce al alejarse del tanque de peces el agua con los nutrientes
Balsas flotantes	-Fácil de operar -Bueno para sistemas grandes	-Los costos iniciales de instalación son altos, a menos que se estén reconvirtiendo estructuras existentes como grandes tanques, o raceways
Camas en grava	-Sirven como filtros biológicos y mecánicos -Dan soporte a las raíces	-En casos de alta carga de partículas orgánicas, las camas pueden taparse y generar ambientes anaerobios -Generalmente se usa para sistemas muy pequeños (acuaponía casera)

Tabla No. 1: comparativa.

Fuente: (Universidad Militar Nueva Granada, 2019).

acuapónicos como herramientas para mejorar las condiciones alimenticias de poblaciones deprimidas, es su capacidad de utilizar alimentos que pueden obtenerse en una pequeña finca, tales como bore, árbol del pan, chachafruto y otros. El crecimiento no es el mismo que utilizando concentrados, pero permite bajar los costos radicalmente. Adicionalmente, en Colombia existe mucha experiencia en tilapia de diversos tipos, tanto en cultivos tradicionales, como semi intensivos e intensivos, lo cual hace aún más viable su utilización.

CACHAMA BLANCA

Aunque no existen datos sobre la utilización de esta especie en sistemas acuapónicos, si se tiene algo sobre su cultivo en sistemas de recirculación. Teniendo en cuenta que es una especie autóctona, que en Colombia se cuenta con buena experiencia en su cultivo y que tiene buena aceptación en el mercado, se convierte en una alternativa que valdría la pena ensayar en acuaponía.

CARPA KOI

Este es un pez ornamental de gran aceptación en mercados internacionales, aunque no es muy popular. Ya se ha cultivado en sistemas acuapónicos, con éxito. Tiene la ventaja de mantenerse bien en aguas frías, por lo cual sería una alternativa interesante para la su producción.

GOLDFISH

Los datos más concretos que tenemos sobre el uso de Goldfish en sistemas acuapónicos, es el sistema-Goldfish lechuga que se viene trabajando en la Facultad de Ciencias, Programa de Biología Aplicada de la Universidad Militar Nueva Granada. Los experimentos llevados a cabo hasta ahora han prescindido de la adición de CaOH, KOH, y quelatos de hierro. Bajo estas circunstancias,

el pH se mantiene a niveles muy bajos (4-5), y las plantas presentan un crecimiento bastante pobre comparado con controles hidropónicos. Aún falta optimizar la cantidad de peces, y también complementar el agua proveniente de los tanques de peces, con el fin de lograr crecimientos al menos semejantes a lo observado en la acuaponía.

MURRAY COD

Es un pez nativo de Australia y se ha experimentado mucho en ese país utilizando esta especie en sistemas acuapónicos. Puede llegar a tallas de hasta 1.8 m y pesar hasta 100 kg. Se comporta bien en sistemas de recirculación, tiene una tasa de crecimiento alta, y puede trabajarse a densidades de siembra relativamente elevadas. Sin embargo, es más exigente en términos de proteína en la dieta que la Tilapia, lo cual lleva a un mayor costo. Esto a su vez, lleva a que una menor masa de peces, puede alimentar más plantas, ya que el mayor nivel de proteína, genera mayor cantidad de nitrato que el sistema puede producir, suponiendo que cuenta con los biofiltros adecuados. En nuestro país, esta especie no se consigue, y seguramente nunca llegará, ya que se busca controlar la introducción de especies foráneas por los inconvenientes que puede causar su liberación al medio. El uso de invernaderos no es imprescindible en los sistemas acuapónicos, excepto en zonas en donde hay cambios de estaciones, para la protección de las plantas cultivadas contra insectos; también depende del tipo de planta que se esté cultivando, etc. Sin embargo, los tanques que contienen los peces, sí es aconsejable que estén cubiertos por un invernadero o por otro tipo de cubierta, que aseguren la máxima protección de los peces contra animales que los puedan cazar o plagas que los puedan estresar. (Universidad Militar Nueva Granada, 2019)

PECES ADAPTADOS AL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN ACUAPÓNICO

Una gran cantidad de especies de peces dulceacuícolas, tanto de agua fría como templada, están adaptadas a los sistemas de recirculación acuapónicos. Entre estas se incluyen: tilapia, híbridos de tilapia, carpa, híbridos de carpa, goldifsh y trucha arco iris. También se han utilizado algunas especies de crustáceos como langosta. No obstante, la tilapia es un género más comúnmente usado en los sistemas de acuaponía debido a que es una especie que crece muy bien en tanques de recirculación y además tolera las condiciones fluctuantes del agua, tales como el pH, la temperatura, el oxígeno y los sólidos disueltos. (Universidad Militar Nueva Granada, 2019)

ELECCIÓN DE PLANTAS PLANTAS

En términos generales se deben preferir plantas verdes, cuya parte comercial no sea el fruto y que sean de ciclo corto. Esto es particularmente indicado para explotaciones comerciales, ya que, debido a las características de los sistemas acuapónicos, no se puede aplicar ni insecticidas ni fungicidas químicos, ya que podrían matar a los peces. Esto no quiere decir que no se puedan obtener plantas de fruto como por ejemplo el tomate y el pimentón, pero requieren más tiempo y más cuidados. Hasta el momento, las plantas que más se aconsejan para la acuaponía son las aromáticas tales como albahaca, menta, y orégano.

ALBAHACA

La albahaca es otra planta aromática al igual que la menta. A diferencia de la menta se reconoce una especie de albahaca. Esta es una hierba anual, que puede ser propagada por semilla o por estaca. Estas son consumidas frescas y secas, y ambas formas han sido utilizadas para la extracción de

aceites esenciales. La actividad de sus aceites esenciales, así como aplicaciones de hojas secas trituradas, sobre bacterias, hongos e insectos, respectivamente, ha sido evaluada resultando en inhibición del crecimiento de las bacterias, hongos e insectos. Como a otras hierbas aromáticas se le han atribuido propiedades medicinales, quizás la más impresionante es la de inhibir la agregación plaquetaria inducida por colágeno. Sin dejar de lado las tradicionales tónico, antiséptico, estimulante y digestivo. Respecto a su cultivo, sus requerimientos de luz son variables, pues, aunque prefiere lugares soleados puede tolerar sitios ligeramente sombreados. Los climas fríos no son adecuados para este cultivo pues las hojas se ponen negras al entrar en contacto con la escarcha, por ello necesitan instalaciones que las protejan de las inclemencias del clima. El abonado con nitrógeno debe ser cuidadoso pues favorece la producción de hojas, pero, en exceso, afecta su sabor. Aun cuando es necesario permitir a la planta alcanzar una cierta altura para comenzar a cosechar las hojas, esta especie puede cosecharse varias veces al año. Esta práctica, además de resultar provechosa para la planta hace su cultivo altamente rentable, por los rendimientos por hectárea que ofrece. Adicionalmente, el producto cosechado puede ser comercializado fresco, seco, o su aceite esencial, lo cual permite flexibilidad en el manejo en el caso de tener material fresco en exceso.

LA MENTA

La menta, es posiblemente la especie más representativa de la familia botánica, donde también ocurren muchas otras de las denominadas hierbas aromáticas, por ejemplo, albahaca y orégano. Es una de las hierbas aromáticas más populares y utilizadas, debido a la facilidad de su cultivo y múltiples usos. Su sabor y aroma es debido a diferentes

substancias, dependiendo de la especie en otras especies el principal componente es el mentol, seguido de mentona, alfa y beta pineno y otros. Interesantemente, los alfa y beta pinenos han sido reconocidos como conservantes de alimentos. En América del Sur, Argentina y Brasil han sido reportados como los mayores productores. Además de sus aplicaciones como aromáticas, los aceites esenciales de menta, y Hierbabuena han sido probados por su actividad sobre insectos y sobre el crecimiento de algunas bacterias y hongos. Ha sido mostrado su efecto repelente sobre los insectos: Gorgojo, mosca de la fruta y de inhibidor del crecimiento de las bacterias y de los hongos. Aun cuando la eficacia de los aceites esenciales resulta mayor en las pruebas que las pruebas esta propiedad abre posibilidades interesantes de uso en casos de producciones agrícolas orgánicas. La producción de menta puede lograrse por los métodos tradicionales o utilizando métodos como la hidroponía o la acuaponía. En todos los casos, el crecimiento de la planta debe controlarse pues puede llegar a convertirse en una invasora agresiva. Evidente la menta, o mentas, poseen un potencial muy interesante en las condiciones de Colombia, y que la explotación de sus características puede resultar en una actividad económica importante. Existen breves citaciones en la literatura que consideran esta planta como “ideal” para la acuaponía.

EL ORÉGANO

El orégano, es un nombre que se aplica a una gran cantidad de especies diferentes en el mundo. En general parece haber acuerdo en que el nombre debe ser aplicado a las especies del género *Origanum*. El orégano es una hierba perenne, caracterizada por tallos leñosos, hojas opuestas, pecioladas, y con pequeñas glándulas que contienen el aceite responsable por su característicos

aroma y sabor. Estos aceites en general varían en composición y cantidad producida por especie y planta, así se pueden encontrar desde trazas hasta 8 ml/100 g de peso seco. En 1996 se resalta el hecho de que el patrón de variación de los aceites esenciales en una especie varía cuantitativa y cualitativamente dependiendo de factores como su distribución geográfica o el momento en el cual la planta fue cosechada. En cualquier caso, este es un género que ha sido extensamente estudiado y, aun cuando existen divergencias en cuanto a su composición en aceites esenciales. Esto ha afectado los procesos de selección de materiales pues se han seleccionado aquellos materiales que contienen entre 0,5 y 1,5% de contenido oleoso, y este contenido posee ciertos componentes. Se propone una rentabilidad basada en la siembra a una densidad de 40.000 plantas de 2 a 3 veces por lo cual permitiría rendimientos de 15 Ton ha⁻¹ en fresco. Una vez deshidratado ese material rendiría 3 Ton ha⁻¹ y cerca de 150 kg ha⁻¹ de aceite esencial. Considerando la utilización del orégano a nivel mundial, su producción con estos rendimientos, y considerando la relativa estabilidad climática de Colombia, se presenta como un cultivo promisorio para ser explotado con sistemas conservadores del agua y que ocupan poco terreno, como el acuapónico.

Otras plantas utilizadas son:

LECHUGA

Es una de las plantas que más se han utilizado en sistemas acuapónicos, con bastante éxito si se mantienen adecuadamente los niveles de luz, pH, potasio y hierro requeridos por estas plantas además de tener éxitos de cultivos con tilapia, aunque se han realizado otros intentos con goldfish pero no se han obtenido buenos resultados.

TOMATES

Aunque las plantas con fruto son más difíciles de obtener, si se puede cultivar tomate en estos sistemas. El ciclo es más largo que en una lechuga o la albahaca, pero con la adición adecuada de quelatos de hierro, y un buen control de plagas, se puede tener una buena cosecha de tomates. Evidentemente este control debe ser biológico para no afectar a los peces.

COHOMBRO

Se han reportado pequeños ensayos utilizando cohombros, con buenos resultados en sistemas acuapónicos con camas de crecimiento en grava, y con tilapias como peces. También se reportan cultivos de muchas otras especies, con variados niveles de éxito. (Universidad Militar Nueva Granada, 2019)

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN DE ACUAPONÍA

Varios autores han mencionado las ventajas y desventajas de los sistemas de recirculación de acuaponía. Entre las ventajas se encuentran:

- Los sistemas de recirculación acuapónicos son un medio eficaz para reducir y aprovechar los residuos que normalmente son vertidos al ambiente.
- Debido a que las plantas recuperan un porcentaje sustancial de los nutrientes disueltos, la tasa de intercambio de agua se puede disminuir. Esto reduce los costos de operación en los sistemas acuapónicos en los climas áridos y los invernaderos con calefacción donde el agua representa un gasto importante.
- La rentabilidad es una de las principales preocupaciones cuando se considera el uso de un sistema de recirculación. A menudo estos sistemas son caros de construir

y de operar. Sin embargo, mediante la incorporación de un cultivo secundario de plantas, que recibe la mayoría de los nutrientes necesarios sin costo adicional, el beneficio del sistema de cultivo puede mejorar.

- Las plantas utilizadas en el sistema acuapónico purifican el agua de cultivo y, con un adecuado diseño, pueden eliminar la necesidad de biofiltros separados y costosos. Es así como en sistemas de acuaponía, el componente hidropónico puede proporcionar biofiltración suficiente para el cultivo de organismos acuáticos y por lo tanto evitar el costo de compra y operación de un biofiltro separado. Entre las desventajas hallamos:

- La más obvia de ellas es la proporción entre el área de cultivo de plantas y el área superficial para la cría de los organismos acuáticos. La gran proporción para el cultivo de las plantas se necesita para lograr un sistema equilibrado donde los niveles de nutrientes se mantengan relativamente constantes.

- En esencia, los sistemas de acuaponía hacen énfasis en el cultivo de plantas; sin embargo, es importante tener en cuenta que hay dos tipos de producciones, la vegetal y el animal. Por esta razón, es indispensable que se tengan conocimientos suficientes en las áreas de acuicultura y horticultura para poder ofrecer soluciones y mejoras a los sistemas de producción.

- Por último, los sistemas de producción acuapónico deben utilizar métodos de control biológico en lugar de pesticidas para proteger las plantas de plagas y enfermedades. Esto se debe a que los químicos empleados en la producción normal de plantas pueden alterar las características del agua y por ende afectar el componente acuático utilizado en el

sistema. Sin embargo, esta restricción puede ser vista como una ventaja, ya que los productos de origen vegetal pueden ser ofrecidos en el mercado como “libres de pesticidas”. (Universidad Militar Nueva Granada, 2019).

OPTIMIZACION DE ACUAPONIA

La mayor parte de cultivos de acuaponía son técnicas tradicionales, que desean llevarse de manera natural y manual, pero esto no quiere decir que sea siempre así, dentro de estos sistemas se pueden implementar tecnologías que permitan optimizar los procesos o puedan facilitar las producciones que se realizan a gran escala, teniendo así una mayor producción.

SISTEMA ACUAPÓNICO TRADICIONAL

Los sistemas acuapónicos tradicionales se mantienen de forma manual, para que este sistema funcione se requiere realizar principalmente test para medir los parámetros correctos del agua. Los cambios de agua que este requiera o el aditar algún abono líquido se realiza de forma manual, lo que requiere que una persona este constantemente revisando estos parámetros, de forma que no sea así repercute la imposibilidad de que una persona pueda saber los datos en tiempo real y saber si necesita realizar algún cambio o aditamento. Además, que estos sistemas implementan dispositivos mecánicos, eléctricos, bombas de agua y aire, calentadores, difusores y dosificadores. Se requieren muchos cuidados o técnicas para garantizar los crecimientos de los peces o los organismos acuáticos que se produzcan y además garantizar el correcto desarrollo de las plantas tomando en cuenta que no tengas alguna enfermedad o deficiencia de nutrientes ofreciendo calidad en el mercado. Entre algunos Test que se realizan para mantener el óptimo desarrollo de las

plantas y peces son: la conductividad eléctrica, el ph, kh, gh, oxígeno disuelto, salinidad, sólidos disueltos totales, niveles de nitrógeno, niveles de amoníaco, nitritos, nitratos, niveles de potasio, fosfato, humedad relativa, dióxido de carbono y luminosidad.

SISTEMA ACUAPÓNICO OPTIMIZADO

El alma de los sistemas acuapónicos son principalmente los filtros o dispositivos que se alimentan de energía convencional para lo cual el primer paso para optimizar los recursos e implementar el uso de energías renovables haciendo el uso de celdas fotovoltaicas o paneles solares. Respecto a los niveles o parámetros del agua se puede realizar de una manera más rápida y eficiente donde se puede hacer la implementación de sensores inalámbricos que tomen las medidas de ciertos parámetros del agua como son la temperatura, ph, kh, gh, niveles de fosfato amoníaco, oxígeno disuelto, esta información será enviada a un programa o una app o el caso ambas donde los sensores inalámbricos puedan mandar señales a una base de datos y estos datos sean tomados por el programa y mediante un algoritmo estos datos ser analizados, para que el usuario operador del programa pueda leer los datos de una forma escalable para así tomar acción en los dispositivos y mandar que se abone cierta cantidad de tal macronutriente o micronutriente, o quizá hacer algún cambio y se active la bomba, o en el caso de los dispensadores de alimento automático mandar una señal para que estos dispensen cierta cantidad de alimento, en caso contrario de no ser manual es decir por un usuario operador estos datos pueden ser mandados directamente a los dispositivos que tienen que realizar ciertas acciones y así los sistemas trabajen por si solos a tales horas o que acciones deben tomar en caso de que algún parámetro se encuentre fuera del rango,

todo esto mediante un lenguaje Arduino y algunos otros para optimizarlo, así haciendo el uso de la tecnología. Otra tecnología que se puede implementar es en las camas de sustrato sólido, se puede implementar un timer para ciertas horas de riego ya que estas no tienen que estar en riego constante, con el timer se pueden programar horas de riego e incluso en coordinación con los otros parámetros de los sensores puede verificar la temperatura del ambiente o del agua y ver si es óptima también para regar o las horas que debe programar entre otros datos, así a todo esto permite reducir tiempos, tener los datos en tiempo real y actualizados, evaluar la salubridad de los peces, saber si falta algún aditamento, tomar alguna decisión o inclusive desde algún lugar con que tenga conexión a wifi puede mandar una señal para alimentar, drenar agua o llenar y no ser necesario acudir o estar de manera presencial. La tecnología de mas suma importancia es el de una máquina que realiza la análisis de una imagen del pez lo cual puede permitir identificar si el pez tiene algún comportamiento anormal y se relacione con una posible enfermedad la cual puede ser mandada al sistema y dar un aviso sobre posibles riesgos de enfermedad y contagio, además que permita decir que pez es y que tratamiento podría darse, y esto permita llevar un mejor control de calidad, aquí también se puede sincronizar con el programa y aditar ciertos medicamentos, y nivelar los parámetros ideales para que el pez pueda recuperarse, lo cual el usuario solo tendría que supervisar que el programa vaya realizando su trabajo de manera adecuada. (Angel, 2019)

CONCLUSIÓN

La acuaponía es una buena opción para el desarrollo sustentable, que es lo que se busca en la actualidad por los problemas medio ambientales que se presentan, además este

sistema puede optimizar mucha agua y puede implementarse en lugares donde carezca de agua. Estos sistemas que se mostraron han sido implementados y han dado buenos resultados, desde sistemas caseros hasta sistemas que ya son implementados a gran escala, en la actualidad hay empresas que se dedican a esto llevándolo a gran escala y así contribuyendo a un desarrollo y cuidado del medio ambiente, cabe recalcar que estos sistemas pueden ser 100% de producción de alimentos o un 50% de ornato y 50% de producción de alimentos, ya que algunos peces que se crían no son comestible como es el caso del *Carassius auratus* pero los desechos aportan nutrientes para las plantas, algunos casos aprovechan esto para un atractivo turístico donde muestren a los peces a la gente y así utilizar a la vez el agua para nutrir a las plantas, se le pueden dar varios enfoques y esto va ir adecuándose conforme al lugar donde se quiera implementar. Estos sistemas pueden ser el futuro ya que optimiza agua debido a la reutilización que tiene, los alimentos son más seguros y naturales, ya que al estar en el agua no se puede hacer uso de agroquímicos porque esto afectaría en las condiciones de agua y repercutiría en la salud de los peces pudiendo llevarlos hasta la muerte, además no se tienen plagas porque se tiene un control en la calidad de agua es decir no se agregan agentes desconocidos al agua y estos puedan llegar a las plantas como es en el caso de la siembra en tierra que se tienen muchos agentes patógenos, donde tiene contacto con muchos animales, bacterias u otras sustancias y que esta planta llegue a absorber cuando el agua arrastra todo esto hasta sus raíces. Estos sistemas tienen muchas ventajas que sabiendo administrarlo bien y como implementarlo se puede hacer un buen uso de él, estos sistemas vienen derivando de lo que son las chinampas que era una forma de cultivo de los antepasados en donde llegaban a un lago, colocaban piedras

o carrizos para tener como un cajón el cual llenaba de tierra y después poder sembrar plantas, flores o verduras, así esta técnica se fue dejando y en la actualidad pocas personas lo practican pero debido a las circunstancias o cambios que hay en la vida humana este se ha ido modificando, innovando se han ido probando nuevas técnicas para ver cuales dan buenos resultados y en qué circunstancias se dan, es por eso que esta técnica se pueda retomar y se implemente como programas de ayuda social y ser un modelo de aprendizaje para las escuelas, institutos, universidades,

centros de ayuda a los más necesitados etc. La acuaponía del hecho que se pueda cosechar peces y vegetales hace que el campesino no tenga un cambio brusco en su aprendizaje y este se convierte en una nueva opción de obtener productos adicionales y obtener sus ingresos económicos. La acuaponía puede ser un instrumento de desarrollo para un país, sobre todo a países bajos donde se pueda combatir el hambre, la falta de herramientas educativas para escuelas, la pobreza en zonas rurales y permita el desarrollo de todo un país.

REFERENCES

Centro Nacional de Desarrollo Acuícola- CENADAC. . (14 de Noviembre de 2019). <http://chilorg.chil.me/>. Obtenido de <http://chilorg.chil.me/download-doc/86262> (2015). En A. Colagrosso, *Instalacion y manejo de sistemas de cultivos acuaponicos a pequeña escala* (págs. 4-16). Ebook.

ACUAPONIA ARGENTINA. (27 de Enero de 2012). *Acuaponia Indoor*. Recuperado el 07 de ENERO de 2020, de <https://acuaponia-argentina.blogspot.com/2012/01/historia-de-la-acuaponia.html>

ACUAPONIA COSTA RICA. (24 de Mayo de 2013). *Acuaponia Costa Rica*. Recuperado el 15 de DICIEMBRE de 2019, de <http://acuaponiacr.blogspot.com/2013/05/acuaponia-historia.html>

agroindustria. (14 de Noviembre de 2019). Obtenido de https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos/000000_Informaci%C3%B3n%20y%20noticias%20vinculadas%20al%20sector/160831_T%C3%A9nicas%20de%20Acuaponia.pdf Angel, M. (28 de 11 de 2019).

Centro Nacional de Desarrollo Acuicola. (21 de Junio de 2018). *agroindustria.gob.ar*. Obtenido de https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos/000000_Informaci%C3%B3n%20y%20noticias%20vinculadas%20al%20sector/160831_T%C3%A9nicas%20de%20Acuaponia.pdf

FAO. (13 de ENERO de 2018). *ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA*. Recuperado el 07 de FEBRERO de 2020, de <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/es/>

GARCIA BARCALA, J. (26 de Mayo de 2017). *Ciencia Historica*. Recuperado el 06 de ENERO de 2019, de <http://www.cienciahistorica.com/2017/05/26/chinampas-eco-tecnologia-azteca/>

Idus. (14 de Noviembre de 2019). Obtenido de <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/63802/TFG%20DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCI%C3%93N%20DE%20DOS%20SISTEMAS%20ACUAP%C3%93NICOS%20HORIZONTALES%20PARA%20LA%20PRODUCCI%C3%93N%20CONJUNTA%20DE%20PECES%20DORADOS%20Y%20LECHUGAS.pdf?sequence=2&isAllowed>

La Nación. (2017 de Agosto de 2017). *lanacion.com.py*. Obtenido de https://www.lanacion.com.py/negocios_edicion_empresa/2017/08/14/agricultor-minguero- apuesta-a-innovador-cultivo-hidroponico/

Maristes Les Corts, C. V. (21 de Enero de 2019). *maristescomisioverda*. Obtenido de <http://maristescomisioverda.blogspot.com/2019/01/acuaponia-la-simbiosis-perfecta-entre.html>

Universidad Militar Nueva Granada. (14 de Noviembre de 2019). Obtenido de [https://dialnet.unirioja.es > descarga > articulo](https://dialnet.unirioja.es/>descarga>articulo)

Universidad Militar Nueva Granada. (14 de Noviembre de 2019). *semanticsscholar*. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/b4d3/d971e0712fea82cb6704e62b173cc75af88f.pdf>