

Sistema Acuapónico

PÉREZ, Manuel*†, TÉLLEZ, Rubén, AVELINO, Roberto y TENORIO, Fermín

Recibido 3 de Julio, 2015; Aceptado 25 de Septiembre, 2015

Resumen

Contribución: Este proyecto contribuirá al desarrollo de la región, implementando sistemas y técnicas que permitan desarrollar otras alternativas de alimentación para la cría de peces en sistemas acuapónicos en terrenos poco explotados. Esta es una aplicación del área de mantenimiento en la parte de Automatización, Instrumentación y Control, Sistemas Automatizados, Hidráulica, Química, Física, Matemáticas, Diseño Industrial y Soldadura.

Este proyecto pretende lograr implantar métodos y sistemas de control eléctrico y electrónico a sistemas puramente productivos, que mejoren los métodos que actualmente operan a sistemas acuapónicos y ayuden a contribuir a ser altamente rentables desde la perspectiva económica.

Acuaponia, termosifón, sustrato, control.

Abstract

Contribution: This project will contribute to the development of the region, implementing systems and techniques to develop alternative supply for the rearing of fish in aquaponic systems unexploited land. This is an application of the maintenance area of Automation, Instrumentation and Control, Automated Systems, Hydraulics, Chemistry, Physics, Mathematics, Industrial Design and Welding.

This project aims to achieve implementing methods and systems for electrical and electronic control purely production systems that improve the methods currently operate aquaponic systems and help contribute to be highly profitable from an economic perspective.

Aquaponics, thermosiphon substrate control.

Citación: PÉREZ, Manuel, TÉLLEZ, Rubén, AVELINO, Roberto y TENORIO, Fermín. Sistema Acuapónico. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-4: 538-546

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mantenimiento-utt@outlook.es)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Se conoce como acuaponía al sistema sustentable de producción de plantas y peces que combina la acuicultura tradicional (cría de animales acuáticos) como lo son el pescado, el cangrejo de río y los camarones; con la hidroponía (cultivo de plantas sin usar suelo, en agua) en un medioambiente simbiótico. En la acuicultura los desechos biológicos se acumulan en el agua incrementando la toxicidad para los peces y otras especies acuáticas. Ésta agua es dirigida al sistema hidropónico donde es filtrado por las plantas que utilizan los nutrientes, dejando así el agua lista para ser recirculada hacia los animales. El término acuaponía es una contracción (portmanteau) de las palabras "hidroponía" y "acuicultura".

Los sistemas acuapónicos varían en tamaño desde pequeñas unidades interiores o exteriores hasta grandes unidades comerciales que utilizan la misma tecnología. Los sistemas comúnmente contienen agua fresca, pero sistemas de agua salada también son factibles dependiendo del tipo de animal acuático y del tipo de plantas que pertenecen al sistema. La ciencia de la acuaponía puede considerarse que está en etapas tempranas.

Un sistema acuapónico es el resultado de la integración de la producción de peces y de plantas sin suelo (hidroponía) dentro de un sistema cerrado, donde los desechos metabólicos de los peces son aprovechados por las plantas para crecer, y por otro lado, las plantas limpian el agua de estos componentes para mantener niveles adecuados para la crianza de los peces, gracias a esto el recambio de agua y la contaminación disminuyen el uso de agua. Estos sistemas ofrecen una serie de ventajas sobre aquellos sistemas de recirculación en los que solo se producen peces.

Los primeros ensayos publicados en acuaponía se remontan a la década del '70, donde se demostró que los desechos metabólicos que los peces generaban podían ser utilizados para el cultivo de plantas, en forma hidropónica (Lewis, 1978).

El presente trabajo es la iniciativa de un experimento primero con hidroponía, lo cual desencadenó otra alternativa de acuicultura, lo que trae por resultado la fusión de ambos proyectos que dieron origen a la acuaponía, que es una disciplina sostenida por la carrera de Mantenimiento industrial en el área de automatización y control.

Este proyecto es importante porque se pretende aplicar en zonas rurales de difícil acceso y proveerá de una fuente de ingresos a las personas, tanto por la comercialización de los peces, como de las plantas que se cultivan con el sistema hidropónico. También está planeado como una fuente de alimentación que garantice una correcta nutrición de las personas. Su valor agregado es la fuente de alimentación a base de energía solar. Las celdas fotovoltaicas proveerán de la suficiente energía eléctrica para alimentar las bombas y garantizar una correcta oxigenación del agua, de esta manera se puede tener la operación autónoma del sistema acuapónico.

Marco de referencia

La acuaponía tiene raíces antiguas, pero no hay un acuerdo en donde y cuando se originó. Los aztecas cultivaron islas agrícolas conocidas como "chinampas" y para algunos son consideradas como la primera forma de acuaponía para uso agrícola donde plantas fueron cultivadas en islas estacionarias (y ocasionalmente móviles) en partes no profundas de lagos, y los materiales de desecho fueron dragados de los canales chinamperos.

Al sur de China y Tailandia se cultivó arroz en arrozales en combinación con peces, esto es referido como ejemplos de acuaponía temprana. Estos sistemas policulturales de cultivo existieron en muchos países de Lejano Oriente y criaron peces como el Misgurno de Asia, anguilas de lodo, carpa común y carpa cruciana así como también caracoles de estanque en los arrozales.

La acuaponía consiste de dos partes principales: la acuicultura para criar animales acuáticos y la hidroponía para cultivar plantas. Los desechos acuáticos resultantes de alimentos no comidos o por criar animales como peces, se acumulan en el agua por el sistema cerrado de recirculación de la mayoría de los sistemas de acuicultura. Las aguas de descarga ricas en efluentes y en altas concentraciones pueden ser tóxicas para los animales acuáticos, pero éstos (effluents) son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Aunque primordialmente consiste de dos partes, los sistemas de acuaponía son comúnmente agrupados en diferentes componentes o subsistemas responsables de la remoción efectiva de desechos sólidos, de añadir químicos base para la neutralización de ácidos, ó de mantener el agua aireada y con oxígeno. Los componentes típicos incluyen:

- Tanque de crianza: el tanque donde crecen y se alimentan los peces;
- Remoción de sólidos: una unidad para quitar los alimentos no comidos y la biopelícula desprendida, y para sedimentos finos;
- Bio-filtro: un lugar donde la bacteria de nitrificación puede crecer y convertir amoníaco en nitratos, que son usados por las plantas;

- Subsistemas hidropónicos: la parte del sistema donde las plantas crecen absorbiendo el exceso de nutrientes del agua;
- Sump: el punto más bajo del sistema donde el agua fluye y es bombeado de regreso a los tanques de crianza.

Dependiendo en la sofisticación y costo del sistema acuapónico, las unidades de remoción de sólidos, la biofiltración y/o los subsistemas hidropónicos pueden ser combinados en una unidad o subsistema,¹ lo que evita que el agua fluya directamente de la sección de acuicultura a la sección del sistema de hidroponía.

Nitrificación

La nitrificación, la conversión aeróbica de amoníaco a nitratos, es una de las funciones más importantes en un sistema de acuaponía, ya que reduce la toxicidad del agua para los peces, y permite que los compuestos de nitrato resultantes sean eliminados por las plantas para su nutrición.¹ El amoníaco es desprendido constantemente en el agua por excreción y branquias del pez como un producto de su metabolismo, pero la mayoría debe ser filtrado del agua puesto que grandes concentraciones de amoníaco (comúnmente entre 0.5 y 1 ppm) puede matar al pez. Aunque las plantas, hasta cierto grado, pueden absorber amoníaco del agua los nitratos son más fácilmente asimilados, así eficazmente reduciendo la toxicidad del agua para los peces.¹ El amoníaco puede ser convertido en otros componentes nitrogenos a través de poblaciones saludables de:

- Nitrosomonas: bacteria que convierte amoníaco en nitritos, y
- Nitrobacteria: bacteria que convierte nitritos en nitratos.

En un sistema de acuaponía, la bacteria responsable de este proceso forma una biopelícula en todas las superficies sólidas que estén en constante contacto con el agua. Las raíces sumergidas de los vegetales combinadas tienen un área grande de superficie, permitiendo que muchas bacterias se acumulen ahí. Juntos con la salinidad del amoníaco y los nitratos del agua, el área de la superficie determina la velocidad con la que la nitrificación se lleva a cabo. El cuidado de estas colonias de bacterias es importante para regular la asimilación completa de amoníaco y nitrato. Es por esto que la mayoría de los sistemas de acuaponía incluye una unidad de biofiltración, que ayuda a facilitar el crecimiento de éstos microorganismos. Típicamente, después de que un sistema haya estabilizado los niveles de amoníaco en un rango entre 0.25 a 2.0 ppm; el rango del nivel de nitrato entre 0.25 a 1 ppm, y niveles de nitrato entre 2 a 150 ppm. Puede que durante la iniciación del sistema, la presencia de mayores concentraciones en los niveles de amoníaco (hasta 6.0 ppm) y de nitrato (hasta 15ppm) ocurra, con los niveles de nitrato alcanzando posteriormente durante la fase de inicio. Puesto que el proceso de nitrificación acidifica el agua, bases no-sódicas como lo es el hidróxido de potasio o el hidróxido de calcio pueden ser añadidas para neutralizar el pH del agua si es que cantidades insuficientes están presentes en el agua para proveer un colchón contra la acidificación. Además, nutrientes y minerales selectos como lo es el hierro pueden ser añadidos en suma a los desechos de los peces que sirve como la principal fuente de nutrición a las plantas.

Una buena forma de tratar con la acumulación de sólidos en la acuaponía es el empleo de gusanos, pues licuifican la materia orgánica sólida para que pueda ser utilizada por las plantas y/o animales.

Subsistemas hidropónicos

Las plantas son cultivadas como en sistemas hidropónicos con sus raíces inmersas en el agua afluyente que está llena de nutrientes. Esto les permite filtrar el amoníaco que es tóxico para los animales acuáticos o sus metabolitos. Después que el agua haya pasado por el subsistema hidropónico, es limpiada y oxigenada, y puede regresar a los vasos acuicultores, éste ciclo es continuo. Aplicaciones acuapónicas comunes de sistemas hidropónicos incluyen:

- Balsa acuapónica de aguas más profundas: balsas de poliestireno extruido flotan en agua para acuicultura relativamente profunda.
- Acuaponía recirculante: material sólido como lo es la grava o pedacitos de barro contenidos en un recipiente que es inundado con agua de la acuicultura. Éste tipo de acuaponía también se le conoce como "acuaponía de circuito cerrado".
- Acuaponía recíproca: la materia sólida en un contenedor que es alternamente inundado y vaciado utilizando diferentes tipos de sifones de desagüe. Éste tipo de acuaponía también es conocido como "acuaponía de inundación y drenaje" ó "acuaponía de flujo y reflujo".
- Otros sistemas usan torres que alimentan en una forma vertical, de arriba a abajo, canales de técnica de película nutriente, tubería plástica (PVC) horizontal con hoyos para las macetas, barriles plásticos cortados a la mitad con gravas o con balsas. Cada forma tiene sus propios beneficios.

La mayoría de los vegetales de hoja verde crecen bien en subsistemas hidropónicos, aunque algunas variedades de col china, lechuga, jitomates, oca, melón y pimiento reditúan más. Otras especies de vegetales que crecen bien en un sistema de acuaponía incluyen: frijoles, chícharos, rábano, fresas, cebollas y hierbas. Ya que las plantas en diferentes etapas de su crecimiento requieren de diferentes minerales y nutrientes, la cosecha de plantas es intercalada con crecidos/cultivos tiernos al mismo tiempo que plantas maduras. Con esto se asegura de que haya un contenido estable de nutrientes en el agua por la continua limpieza simbiótica de toxinas del agua.

Sistemas de acuicultura

Los peces de agua dulce son los animales acuáticos que se crían más comúnmente utilizando acuaponía, aunque también pueden emplearse cangrejos de río y langostinos. En la práctica, la tilapia es el pez más popular para proyectos caseros y comerciales para el consumo alimenticio, aunque también se usa el barramundi, perca plateada *Bidyanus bidyanus*, *Tandanus tandanus* o el pez gato *tandanus* (siluriformes), perca jade y *Maccullochella peelii peelii* (Murray cod) también se usan. Para climas templados cuando no hay necesidad de mantener la temperatura del agua, el *Lepomis macrochirus* (bluegill) y el pez gato⁷ son buenas opciones para un sistema casero. El Koi y el carpín (o pez dorado)⁹ también pueden ser usados si los peces no son para consumo humano.

Operaciones normales

Los sistemas acuapónicos generalmente no descargan o intercambian agua bajo operaciones normales, pero en lugar, recirculan y reutilizan el agua muy eficazmente.

El sistema se apoya en la relación entre los animales y las plantas para mantener un medioambiente acuático estable que viva un mínimo de fluctuación en niveles de oxígeno y ambiente nutriente. Se añade agua solo para rellenar la pérdida de agua a causa de la absorción y transpiración de las plantas, y por la evaporación del agua superficial, por el desbordamiento del sistema a causa de la lluvia y la remoción de biomasa como lo es el desecho sólido del sistema. Como resultado, la acuaponía utiliza aproximadamente 2% del agua que una granja convencional requiere para irrigar para la misma producción de vegetales. Esto permite la producción acuapónica de ambas: cosecha y pescado en áreas donde el agua ó tierra fértil son escasas. Los sistemas acuapónicos también pueden ser usados para replicar las condiciones controladas de tierras aguadas (wetland) que son útiles para tratamiento de agua al reclamar el agua potable del agua de desecho común de casa. El agua llena de nutrientes que se derrame puede ser acumulada en tanques receptores y reutilizada para acelerar el crecimiento de la hortaliza plantada, o puede ser bombeada de regreso al sistema acuapónico para rellenar a tope el nivel de agua.

Las tres entradas principales al sistema son: agua, alimentación dada a los animales acuáticos, y la electricidad para bombear el agua entre los subsistemas de acuicultura y los sistemas de hidroponía. Se puede añadir frezapa para reemplazar los peces ya crecidos que van a ser sacados del sistema para mantenerlo estable. En términos de resultados, un sistema acuapónico ha de brindar continuamente plantas como vegetales crecidos en hidroponía y especies de animales acuáticos comestibles criados en acuicultura.

Desarrollo del proyecto**Desarrollo del prototipo**

El primer paso para poder realizar el prototipo es la elaboración de una estructura o base hecha con ángulo con las medidas 40x70*90 respectivamente la cual se utilizara para poder colocar encima el primer recipiente que contendrá las plantas. La base tendrá en la parte inferior solo 3 soportes ya que en un lado se colocara el otro recipiente en donde se encontraran los peces, toda la estructura será soldada mediante arco eléctrico.

Para poder comenzar la elaboración del prototipo fue necesaria una lista de materiales que se nombran a continuación:

1. Recipientes de plástico de 30 lt
2. Tubos pvc 1/2" cedula 40
3. Bomba sumergible
4. Angulo 1/2" x 3/16"
5. Grava o arena
6. Sifón
7. Cople macho y hembra 1/2" pvc
8. Codos 90 pvc
9. Llave de paso

Al tener la base lista se proseguirá a perforar una de las tapas de los recipientes para colocarla en la parte superior de la base y se pueda colocar encima el recipiente ya que al contener las plantas necesitara un buen soporte en el cual se distribuya el peso adecuadamente.

En el recipiente que contendrá las plantas se deberá hacer una perforación en la parte media inferior con un sacabocados de 7/8" en el cual se colocara un cople macho con un cople hembra, al cople macho se le acoplara un pedazo de tubo de 20 cm aproximadamente sobre el cual se colocara el sifón.

En el cople hembra se colocara un pedazo de tubería con dos codos uno para el cople y otro para la caída de agua al recipiente de los peces.

El sifón es de plástico y consta de un tubo con una tapa superior que tiene una manguera que funciona como indicador de nivel mediante el cual el sifón funcionara cuando el nivel de agua sea demasiado alto y necesite reducir el nivel.

Un sifón es un dispositivo hidráulico que se utiliza para trasvasar un líquido de un recipiente a otro.

Una vez que la base y el primer recipiente se encuentran listos se proseguirá a realizar la tubería de succión la cual estará ubicada en el recipiente de los peces que se encontrara en la parte inferior, se utilizara una bomba sumergible a la cual se le colocara un cople macho para poder acoplarle el tubo y realizar la red.

Esta tubería contara con una llave de paso para poder regular la velocidad con la cual fluirá el agua del recipiente de los peces al de las plantas. Esta tubería contara con dos codos en la parte superior para que se pueda hacer que quede dentro del recipiente de las plantas.

Todo será unido mediante un pegamento para pvc. La tubería debe ser asegura con alambre o cinchos a la tapa para que esta no se mueva de lugar y ocasione un derrame.



Figura 1 Construcción del prototipo.

Estos son los últimos pasos para que el prototipo quede listo para funcionar, se colocara la grava o en este caso piedra pómez en el recipiente que contendrá las plantas de manera que queden a un cierto nivel, evitando sacar de su lugar el sifón.

Las plantas se distribuirán por toda la superficie asegurándose que las raíces no se encuentren en un lugar en el cual no les llegue el agua con los nutrientes. En el recipiente inferior se deberán verter aproximadamente 40 litros de agua para los peces a los cuales se deberán alimentar al menos 2 veces al día con un alimento adecuado para que los peces produzcan los nutrientes suficientes para que las plantas puedan crecer de una forma adecuada.

Por último se deberán poner los peces en su recipiente adecuado y poner en marcha la bomba, esta deberá funcionar las 24 horas para que los peces cuenten con una buena oxigenación.



Figura 2 Ajustes del prototipo del Sistema Acuapónico.

Resultados

Como resultado de nuestras primeras pruebas se obtuvo una tabla de experimentación que representa la variabilidad de planta y especie encontrados en el equipo de experimentación llamado sistema acuapónico, con una muestra de 5 peces a lo largo de 6 semanas.

Análisis

Dado que ya se han tenido pruebas y ensayos de diversas fuentes, con experimentos de hidroponía y acuicultura y se ha observado que diversas especies han perecido dado que no se han encontrado y controlados las diversas variables que sostiene su crecimiento y su evolución, así como su aportación para poder iniciar las bases que nos dé origen a una implantación de este sistema para su reproducción a un mercado dirigido y sostenido es decir para su fase de venta y mercadeo.

La mayoría de las especies han perecido y por otro lado sostener la reciclación de agua es muy costoso al menos en la región donde ese encuentra el experimento (en la universidad).

Semana 1,2 y 3

Planta	pez	dimensión	peso
perejil	Robalo rojo(huachinango o carpa)	3.1 cm	8 gr.

Planta	pez	dimensión	peso
Cilantro	tilapia	3.3 cm	7 gr.

Planta	pez	dimensión	peso
Lechuga	Mojarra(gris)	3.4 cm	8 gr.

Semana 4,5 y 6

Planta	pez	dimensión	peso
perejil	Robalo rojo(huachinango o carpa)	3.5 cm	10 gramos

Planta	pez	dimensión	peso
Cilantro	tilapia	3.7 cm	10.0 gramos

Planta	pez	dimensión	peso
Lechuga	Mojarra(gris)	3.8 cm	11 gramos

Tabla 1 Tabla de experimentación y crecimiento de plantas y peces.



Figura 3 Sistema Acuapónico en pruebas.

Interpretación

También por experiencia en otros métodos iniciamos este experimento para que al diseñar este equipo se pueda controlar las primeras variables que son aireación alimentación con una investigación de aporte vitamínico en el tipo de alimento. Un análisis en el tamaño y peso de la especie y una tabla para analizar después de 5 semanas cuales son las conclusiones de dicho experimento.

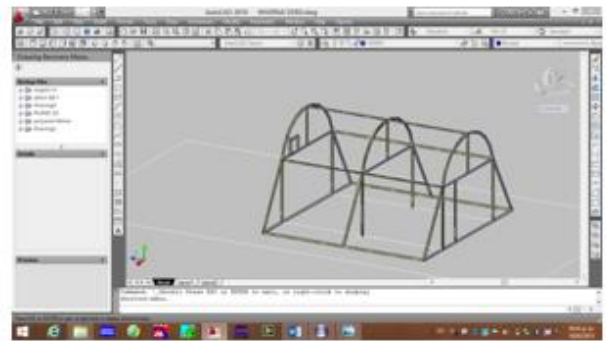


Figura 4 Inicio del diseño del Sistema Acuapónico en tamaño real.

Conclusiones

Como conclusión tenemos un sistema experimental, puesto en ejecución con un equipo de aproximadamente 20 litros de agua, con una extensión de 2 metros cúbicos con una área de 60cm cuadrados con 17 peces en experimentación de diversas especies como robalo, guachinango y tilapia, dichas especies se han puesto del misma tamaño y edad, de tres centímetros de longitud. Su tiempo de crecimiento es de 4 semanas en su habitat, el agua se intercambia cada 8 días y solo se recupera de 2 a 3 litros de agua, lo demás se evapora. Las plantas que se experimentan son perejil, lechuga y cilantro hasta el momento de este reporte se observa que por sistema de aireación solo se airea de 7am a 8pm debido a que la universidad apaga su energía eléctrica.

Por otro lado se ha observado que no se han extinguido las especie por aireación y la alimentación se lleva a cabo cada dos días y se observa que las plantas han adquirido un color amarillento, esto es debido a que no se les ha colocado directamente en la luz solar, ya que este proyecto se ha desarrollado siempre bajo techo.

Se observa que la temperatura ha aumentado hasta 5 grados en este sistema y por eso el agua tiende a evaporarse más, pero las plantas recuperan su color original paulatinamente. Hasta el momento se observa que las plantas crecen a aproximadamente medio centímetro por semana o semana y media, y los peces se han medido y pesado y por cada 3 semana pesan como tres gramos aproximadamente o 5 cada cinco días.

Recomendaciones

Se recomienda que durante el desarrollo de este experimento no se sumerja las manos directamente en el agua, debido a la toxicidad de la grasa que nuestro cuerpo posee y que puede afectar el proceso y contaminar a los peces. Por otro lado se recomienda un caudal de agua uniforme que permita que la bomba no se obstruya y se pueda forzar y quemar, por otro lado siempre se debe estar al pendiente de girar las plantas en el sustrato para que constantemente no se doblen por gravedad y se puedan deteriorar por descomposición o por exceso de agua y solo exista el agua suficiente para que la humedad las nutra.

Este sistema obtuvo gran éxito dado que los peces no han matado a las plantas, también mantienen su crecimiento, sin embargo, no se ve que las plantas crezcan mayormente y los peces no suben mucho de peso por el momento, pero se está en proceso esa investigación para determinar cuáles serán las modificaciones que se llevarán a cabo entre la temperatura y el alimento.

El tipo de especie se continuará investigando y experimentando y se colocará el sistema de control de temperatura y, por otro lado, controlaremos la iluminación solar por medio de filtro solares y se dividirán las especies así como se implementará diversas combinaciones de alimento para peces y tamaño de peces.

Estos experimentos se realizan cada semana y se espera involucrar un mayor número de alumnos de la misma área, para fomentar en ellos el gusto por la investigación en sistemas acuapónicos automatizados.

Referencias

Organización Bofish. (2014). Carpeta de Proyectos. 2014, de Acuaponia Sitio web: http://www.acuaponia.com/informacion_tecnica_pdfs/SERVICIOS_BOFISH.pdf

Calo, P. (2011). Introducción a la Acuaponia. CENADAC. 2014, de Minagri Sitio web: http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/06_publicaciones/_archivos/130423_introducci%C3%B3n%20a%20la%20acuaponia.pdf

Colagrosso, A. (2014). Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala. Obtenido el día 10 de diciembre del 2014 de: <http://www.akuadulza.net/wp-content/uploads/2014/09/Manuale-Alessandro-Colagrosso-ES.pdf>

Falcón, E. (s.f) Más vida en el desierto. Obtenido el día 5 de diciembre del 2014 de: http://cmsdata.iucn.org/downloads/mas_vida_en_el_desierto__erick_falcon__es_1.pdf

Segovia, M. (s.f). Desarrollo de acuaponia en México. Obtenido el día 13 de noviembre del 2014 de: http://cmsdata.iucn.org/downloads/mas_vida_en_el_desierto__erick_falcon__es_1.pdf