

Sistema Acuaponico Automatico

[Automatic Aquaponic System]

José L. Hernández, Julián M. Rodríguez, Jonny C. Reyes, Aldo R. Vegar, and Samuel C. Castillo

Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Universidad Tecnológica de Tlaxcala, Huamantla, Tlaxcala, Mexico

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The implementation of the automatic aquaponic system is projected as an innovative and sustainable project to be disseminated nationwide. Innovating the way in which our food is harvested, hoping to achieve a positive impact on the care of natural resources, achieving a 60% reduction in water consumption in agricultural activities thanks to our recirculation system and, on the other hand, eliminating 90% of the chemical fertilizers and 50% pesticides reducing the number of population that contracts diseases from the use of these chemicals in the conventional production of vegetables, hoping to have a good acceptance by the population, so that year after year more people use this system raising awareness of the importance of caring for and taking advantage of vital resources for human life. Being a project with many expectations that depend on the acceptance of the population, since it implies a radical change in the method of food production, which implies the substitution of conventional agriculture that is a source of work for many Mexicans so it would be impossible for everyone to make the transition from the conventional method to new innovative techniques such as the aquaponics system. On the other hand, the lack of economic resources is one of the main limitations since the infrastructure needed to achieve an impact requires a large initial investment.

KEYWORDS: Aquaponic, impact, expectations, innovative, system.

1 INTRODUCCIÓN

Muchas regiones del mundo han alcanzado el límite de aprovechamiento del agua, lo que las ha llevado a sobreexplotar los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos, creando un impacto negativo en el ambiente. En los países en los que se depende del agua subterránea para el riego, como es el caso de México, el exceso de extracción está provocando que los niveles freáticos de agua dulce estén descendiendo a un ritmo muy alarmante. Aunado a lo anterior, el 77% del agua concesionada en México es utilizada en la agricultura; por tal razón, es urgente incrementar la eficiencia en el uso del agua en este sector [1].

La acuaponía puede definirse como la combinación de un sistema de acuicultura recirculante, con la hidroponía, definiendo acuicultura como el cultivo de animales acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas en ambientes controlados, e hidroponía como el cultivo de plantas colocando las raíces en soluciones nutrientes [2], [3]. En términos generales se trata de generar un sistema en el cual los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático (generalmente peces) son convertidos, a través de la acción bacteriana, en nitratos, que sirven como fuente de alimento para plantas. Estas a su vez al tomar estos nitratos, limpian el agua para los peces actuando como filtro biológico [3]; [4]; [5]. Todo el sistema parte de la premisa según la cual los desechos de los peces son muy similares a los requerimientos de las plantas para crecer y desarrollarse (Racocy, comunicación personal).

La Acuaponía como sistema recirculante se utiliza como una fuente de producción de alimentos que incluye la incorporación de peces, plantas y bacterias, organismos de ambientes distintos que nunca se han combinado en un ambiente natural, por lo

cual se crea un medio en donde puedan habitar las tres especies diferentes a través de un proceso simbiótico beneficiándose mutuamente a favor de un interés productivo “peces y plantas” [6].

Los sistemas acuapónicos automáticos, son una innovadora idea que está enfocada en resolver los problemas que actualmente tiene el sector de la agricultura y la piscicultura, esto debido a la falta de interés que hay en México por crear nuevos métodos de producción que sean más eficaces y amigables con el medio ambiente, puesto que tristemente hoy en día se preocupan más por generar economía que por cuidar nuestros recursos, que en un futuro posiblemente nos harán falta, el desarrollo de proyectos que se basan en innovar un nuevo método de producción de frutas y verduras y carpas rojas, el cual tiene como objetivo resolver tres de los problemas más alarmantes de la agricultura y la piscicultura. El primer problema a resolver es el excesivo consumo de agua. El segundo problema es el aumento de terrenos con tierras infértiles y por último ayudar a reducir la explotación de pesca en ríos o lagos. Por lo tanto, este trabajo está basado en el desarrollo y experimentación de un nuevo método de producción y lo más importante es contribuir al cuidado de los recursos naturales y el medio ambiente.

La acuaponía es un sistema para cultivo intensivo, su rendimiento es de 4 a 5 veces superior a los sistemas convencionales, por su constitución, el ahorro de recursos naturales, el ahorro de espacios y de agua, por ser este un sistema recirculante. Su producción se basa en peces para consumo y plantas (hortalizas). Este sistema tiene la ventaja de ahorrar recursos naturales. Debido al tipo de proceso este requiere de ciertas condiciones ambientales. Por lo cual, es fundamental la calidad del agua pues la dinámica de los compuestos nitrogenados, el carbono y demás nutrientes y su relación con las poblaciones bacterianas, peces y plantas se deben considerar estables con mínimas fluctuaciones o de lo contrario puede presentarse pérdidas gigantescas en el cultivo [7]. Las variables que se deben tener en cuenta es el pH, la temperatura, nitritos, nitratos, GH, KH, amonio y niveles de oxígeno. Si cualquiera de éstas llega a subir o bajar en niveles significativos se debe dar control de lo contrario se puede eliminar cualquiera de los tres organismos vivos del sistema (bacterias, plantas, peces) [8].

La propuesta que se presenta es para satisfacer las necesidades de consumo de una casa de 5 personas,

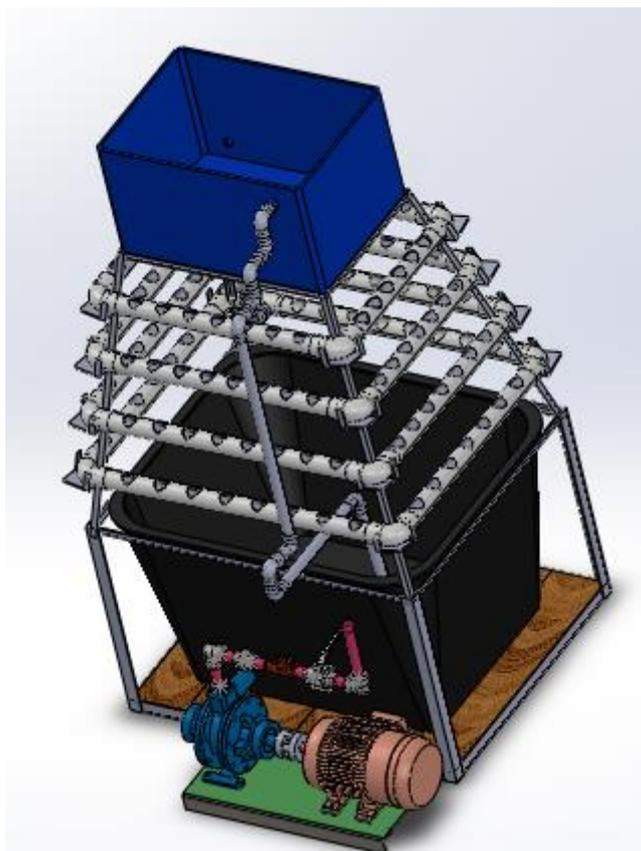


Fig. 1. Diseño en SolidWorks del Sistema Acuapónico

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO

El sistema acuapónico está compuesto por:

Un tanque, a este sistema lo complementan las tuberías y bomba para recirculado del agua, fraccionadores de espuma para la eliminación de los sedimentos sólidos y la materia orgánica en suspensión, un componente hidropónico, aquí el agua pasa y los nutrientes son absorbidos por las plantas, el amoniaco adicional y el nitrito son eliminados por bacterias que crecen en el tanque, el agua se almacena en un depósito adicional para devolverla al tanque de cultivo, donde se ubican los peces y se alimentan,

El Biofiltro y los componentes hidropónicos se combinan para mantener los sustratos de sujeción de las plantas tales como la grava y arena, estos a su vez funcionan como biofiltro. La hidroponía flotante, consiste en láminas de poliestireno y ollas de rejilla flotantes, su función es sujetar las plantas, proporcionando biofiltración.

2.2 CALIDAD DEL AGUA

La importancia la calidad del agua en el sistema acuapónico, se lo puede asemejar a la función de la sangre en el sistema circulatorio de un organismo animal, que provee y distribuye los nutrientes, el oxígeno y cumple, además con las funciones necesarias para el desarrollo saludable del mismo. El agua, provee los macros y micro nutrientes a los vegetales de cultivo, y es el medio por el cual los peces reciben además el oxígeno y donde emiten sus excreciones que luego se depurarán. Los cinco principales parámetros que definen la calidad del agua en un SRA son: temperatura, oxígeno disuelto, pH, compuestos nitrogenados y alcalinidad.

Cada uno de estos parámetros físicos y químicos influyen directamente en los tres componentes principales del sistema: peces, plantas y bacterias; motivo por el cual debe alcanzarse una calidad de agua compatible en lo posible, con los rangos de tolerancia específicos.

2.2.1 TEMPERATURA

La temperatura es el factor que determinará la tasa metabólica de los peces, mantenerla en rangos para obtener el buen crecimiento de la especie seleccionada y no deberá sólo "ajustarse" simplemente a rangos de sobrevivencia. Dentro de los rangos de temperatura que toleran las especies de peces, las tasas de crecimiento aumentan a medida que la temperatura aumenta, hasta alcanzar la óptima de cada una. Sobre esta temperatura, los procesos metabólicos y requerimientos energéticos se incrementan al igual que las conversiones de alimento en carne (Factor Relativo de Conversión Alimentaria-FCR), perjudicando la rentabilidad.

2.2.2 OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno es el parámetro químico que incide en forma determinante sobre la calidad del agua, dado que, en su ausencia, es cuando más rápidos y drásticos efectos produce (los peces pueden morir en horas), así como también a bajas concentraciones, puede disminuir considerablemente el proceso de nitrificación, no llegando a completarse. El garantizar concentraciones altas de oxígeno en el sistema, es vital para los peces, los vegetales y también, de manera especial, para los distintos grupos de bacterias presentes en el sistema; que lo utilizan en los procesos claves (oxidación de los compuestos nitrogenados y en descomposición de la materia orgánica). La propuesta está diseñada para crear un sistema de aereación por caída.

Cada uno de estos parámetros físicos y químicos influyen directamente en los tres componentes principales del sistema: peces, plantas y bacterias; motivo por el cual debe alcanzarse una calidad de agua compatible en lo posible, con los rangos de tolerancia específicos.

2.2.3 PH DEL AGUA

El pH tiene una concentración de iones de hidrógeno en el agua (H⁺). Se presenta en una escala logarítmica negativa (mayores valores=menores concentraciones de H⁺), con valores que van en una escala del 1 al 14. Al ser la escala de tipo logarítmica, cada punto de diferencia representa concentraciones 10 veces mayores o menores; 2 puntos 100 veces, 3 puntos 1000 veces, y así sucesivamente. El punto medio, valor 7, se considera neutral (H⁺=OH⁻), los valores menores representan

acidez ($H^+ > OH^-$) y los valores mayores, basicidades ($H^+ < OH^-$). Cada uno de estos parámetros físicos y químicos influyen directamente en los tres componentes principales del sistema: peces, plantas y bacterias; motivo por el cual debe alcanzarse una calidad de agua compatible en lo posible, con los rangos de tolerancia específicos. Los valores cercanos a la neutralidad ($pH = 7$) son recomendables y deseables para el sistema.

2.2.4 DUREZA

Expresa la medida de iones positivos (cationes) en el agua, compuestos principalmente por Calcio (Ca^{+2}) y Magnesio (Mg^{+2}), y en menor medida por Hierro (Fe^{+2}). La dureza de los Carbonatos, o alcalinidad, es una medida de los carbonatos (CO_3^{--}) y bicarbonatos (HCO_3^-) presentes y disueltos en el agua, y se miden en mg/l de Carbonato de Calcio ($CaCO_3$). Tanto el Calcio como el Magnesio (al igual que otros micronutrientes como el hierro y el potasio), son nutrientes esenciales para las plantas, las que los toman directamente del agua, por lo que la dureza general es importante para el sistema acuapónico; pero la alcalinidad tiene una relación particular y determinante con el valor de pH del agua.

2.2.5 ALCALINIDAD

Los Carbonatos y Bicarbonatos, representan una medida de amortiguación de la alcalinidad del agua, también conocido como el poder "buffer" del agua, contra los potenciales descensos de la misma y sus consecuencias. La razón del poder neutralizante, es que estos compuestos poseen carga negativa y capturan los iones hidrógenos (H^+) liberados al agua, producto del proceso de nitrificación u otro proceso que aumente la acidez. La nitrificación, es un proceso que produce ácido nítrico y consume alcalinidad, por esta razón comúnmente, se deben agregar bases para mantener valores estables en el pH del agua.

2.3 METODOLOGÍA

La instalación acuapónica mostrada en la figura 2 corresponde al tipo "Baja Densidad" (de peces). Se elige este por la sencillez en el manejo y operación del sistema. Presenta las siguientes características:

- Un tanque para peces con capacidad de 1000lts
- Un decantador
- Un biofiltro
- Tuberías de PVC de 4 pulgadas
- Bomba con entrada de 1 pulgada y salida a $\frac{3}{4}$ de pulgada
- Sistema de control automático con aplicación de una tarjeta Arduino

2.3.1 FUNCIONAMIENTO

El circuito de agua sigue un flujo de recirculación continuo, por la tubería de PVC, consiste en la salida de agua desde el tanque de peces, pasando por el decantador (depósito cilíndrico), de este al filtro biológico (depósito cilíndrico), toda esta conducción por gravedad, al bombear el agua hasta el tanque de peces, donde se reparte su caudal en un 20% a la tubería de PVC y 80% al tanque de peces (tilapias rojas), estos peces se seleccionaron por ser una especie altamente filtradora.

La selección de hortalizas Es el sistema que aportará la mayor cantidad de ganancias debido al corto tiempo para cosecha en comparación con la acuicultura. A diferencia de los cultivos hidropónicos, las plantas producidas en acuaponía pueden obtener certificación orgánica puesto que los nutrientes son suministrados por los desechos de los peces. Las plantas que más se recomiendan en este sistema son las hortalizas de hoja (lechuga) y las plantas aromáticas (albahaca, menta, orégano), debido a que son cultivos de ciclos cortos.

Las plantas seleccionadas para ser producidas en acuaponía pueden obtener certificación orgánica puesto que los nutrientes son suministrados por los desechos de los peces. Las plantas que más se recomiendan en este sistema son las hortalizas de hoja (lechuga) y las plantas aromáticas (albahaca, menta, orégano), debido a que son cultivos de ciclos cortos.

Tabla 1. Requerimientos de los vegetales para el sistema acuapónico

Especie	pH	Planta/m ²	Tiempo de crecimiento (semana)	Temperatura	Exposición solar
Albaca	5.5-6.5	8 – 40	5 - 6	20 – 25	Moderada - Alta
Lechuga	6.0–7.0	20 - 25	4 – 5	15 - 22	Moderada – Alta
Pepino	5.5–6.5	2 – 5	7 – 9	18 – 26	Alta
Morrón	5.5–6.5	3 - 4	8 – 12	15 - 25	Alta
Tomate	5.5–6.5	3 - 5	8 – 12	15 - 25	Alta
Brócoli	6.0–7.0	3 - 5	8 - 12	10 - 20	Moderada-Alta

El sistema de filtración propuesto está constituido por un material filtrante (esponja foamex) que atrapa las partículas gruesas, las partículas finas son atrapadas (lana de perlón), la filtración biológica (canutillos de cerámica o biobolas de cuarzo), la filtración química se realiza con el carbón activado, estos elementos son colocados conforme se fueron mencionando para cumplir con su función, como se observa en la figura 2.



Fig. 2. Componentes del sistema de filtrado

La elaboración de la estructura se nombró sistema de cama de cultivo por vasos comunicantes, tomando como base un sistema de Hidroponía, de esta manera, se realizó el diseño de la estructura que permitirá aprovechar al máximo el espacio y no solo eso, sino que se conseguirá una simbiosis entre la hidroponía y la acuicultura. Para su construcción se utilizaron cinco tubos de PVC de 4pulgadas, 12 codos de 90grados, 4 T.

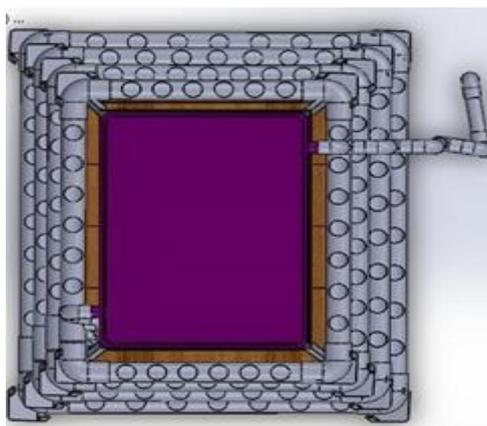


Fig. 3. Sistema de tuberías y ubicación de vegetales

El sistema eléctrico lo componen una regleta para conexiones, caja de conexiones, una bomba de agua de caudal regulable de 1500-3000Lt/h, un aireador con capacidad de 400Lt/h, una tarjeta Arduino, 4 sensores de temperatura, un relé para control. La fig. 4 muestra el diagrama de conexión de la bomba y el control de temperatura con Arduino.

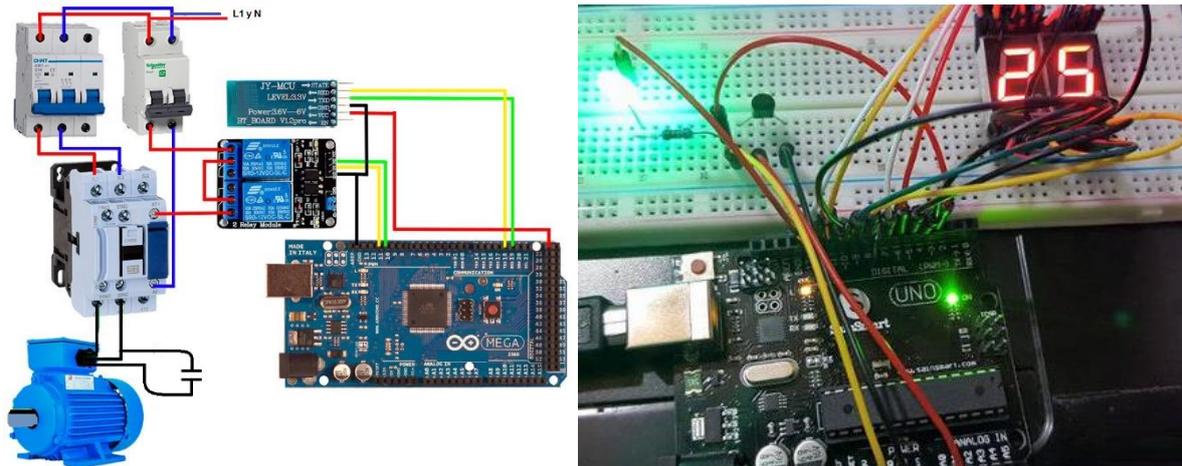


Fig. 4. Control de la bomba y control de temperatura con Arduino

En la imagen a continuación se muestra el sistema acuapónico terminado el cual está dividido en tres etapas la primera es la etapa de filtración en donde se lleva a cabo el procesamiento del agua para convertirla en agua rica en nutrientes para los vegetales, la segunda etapa son los tubos de cultivo en donde recircula agua con nutrientes y al mismo tiempo se limpia para regresar sin amoniaco al tanque evitando que intoxicación de las tilapias y por último se encuentra la etapa de producción de alevines de tilapias.



Fig. 5. Sistema acuapónico

3 RESULTADOS

Durante las pruebas del sistema acuapónico la temperatura se mantuvo entre los 20 y 30 °C, como se aprecia en la Fig. 6, con una temperatura media de 25 °C que es la adecuada para la producción tanto de los vegetales como de las tilapias.

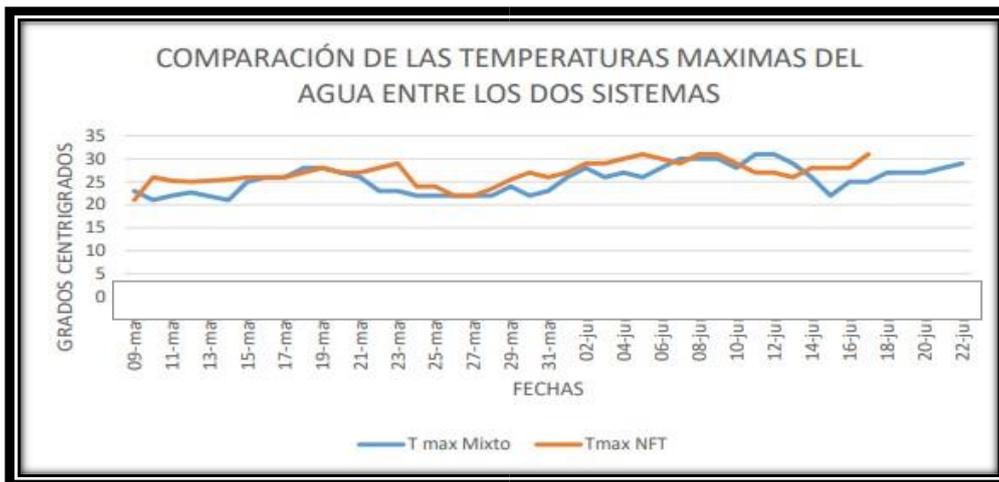


Fig. 6. Comportamiento de la temperatura del agua

El crecimiento que se observó en las plantas corresponde al nivel uno, que es la sección más baja del sistema, el nivel 2 corresponde al medio y el nivel tres al más alto.

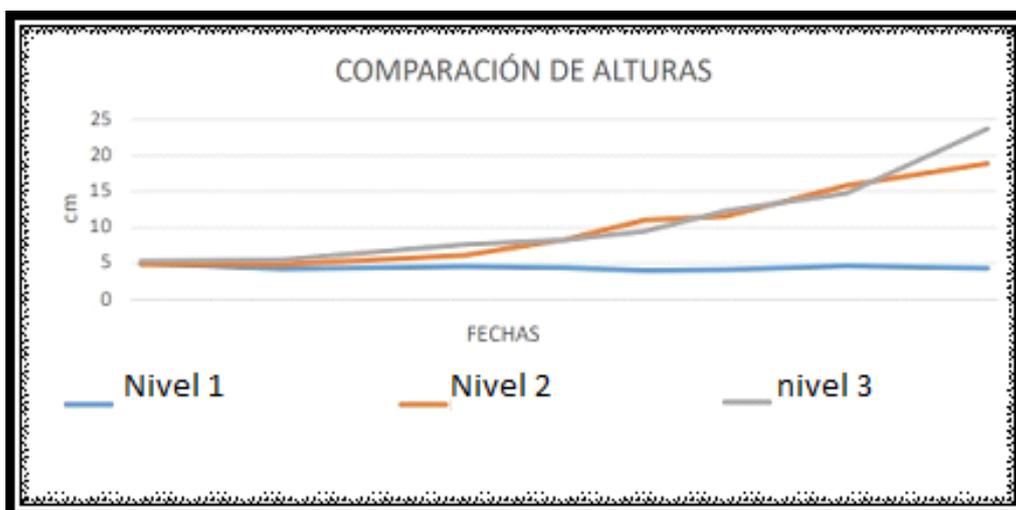


Fig. 7. Altura de las plantas por niveles

4 CONCLUSIÓN

1. En general, el proceso de montaje de las instalaciones resultó sencillo para operarios no especializados, siendo fácil localizar y adquirir los materiales necesarios.
2. Los resultados muestran una elevada supervivencia de pez y plantas de lechugas con densidades de cultivo de peces cercanas a 0,86 Kg/m³ para el sistema mixto y 1,4 Kg/m³.
3. La producción de lechugas en el sistema ha alcanzado valores próximos al sistema hidropónico convencional. Por lo tanto, podemos decir que más del 85% de las plantas recolectadas son consideradas comercializables.
4. Los sistemas propuestos en este proyecto, con baja densidad de peces, han resultado más interesante para la producción de vegetales principalmente, debido a la baja tasa de crecimiento de una especie.
5. Las plantas de lechugas sólo presentaron deficiencias de hierro y potasio durante el ensayo, síntomas habituales en los sistemas acuapónicos, y que fueron corregidos mediante aplicaciones foliares de Sulfato potásico y adicción al agua del circuito acuapónico.

REFERENCIAS

- [1] R. Salazar-Moreno and A. Rojano-Aguilar and I. L. López-Cruz “La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada”, *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. V, núm. 2, pp. 177-183, 2014.
- [2] Malcolm J. Backyard aquaponics. A guide to building an aquaponic system. Joel Malcolm, Western Australia. 2005.
- [3] Parker R. Aquaculture science. Second edition. Delmar. Albany, NY. USA. 2002.
- [4] Nelson RL, Pade JS. Nutrient film technique aquaponics’. *Aquaponics Journal*. Número 42, pp18-21, 2006.
- [5] Van Gorder SD. Small scale aquaculture. The Alternative Aquaculture Association. Breinigsville, PA, USA. 2000.
- [6] Rakocy J. Questions and Answers. *Aquaponics Journal*. Número 34: 28-30, tercer trimestre. 2004.
- [7] Erazo, E. S, Orduz. Análisis de las características físico-químicas De aguas y suelos de cultivos acuícolas Inte nocivos y super intensivos. 2009.
- [8] Yanyong, R. Fish Health management considerations in recirculating aquaculture systems. Part 2: pathogens. University of Florida, IFAS extensión. Circular 121. 2003.obb.