

Investigación y ciencia

La Acuaponía como alternativa de producción agropecuaria sostenible ¿Una posibilidad para tener en casa?

Dra. Rosario Martínez Yáñez

División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato

Correo electrónico: rosario.mtzy@gmail.com

Se puede considerar que la acuaponía nació en Xochimilco, México, hace más de 2,500 años. Las chinampas aztecas son reconocidas como agroecosistemas tradicionales de donde se puede obtener una alta y variada cantidad de productos, siendo un ejemplo de agricultura sostenible. Estas islas artificiales, utilizan sedimentos y agua como fuentes primarias para la producción y donde en el agua donde se ubica, habitan diversos organismos acuáticos. La acuaponía, es la suma de la **acuacultura** y la **hidroponía**. Es un sistema de recirculación acuícola (SRA) donde los desechos producidos por algún organismo acuático; generalmente peces o crustáceos, son convertidos por medio de acción bacteriana en nutrientes necesarios para el crecimiento de plantas, además de tener la ventaja de un menor consumo de agua que los sistemas acuícolas convencionales, sistemas de cultivo hidropónico y cultivos en tierra a cielo abierto. Al mismo tiempo, se disminuye significativamente el impacto al ambiente, ya que el sistema es cerrado por lo cual, se minimizan las descargas y con esto se optimizan los recursos mano de obra, agua, alimento balanceado para peces y nutrientes para las plantas.

Actualmente en el mundo, se desarrollan dos escalas diferentes de acuaponía: de menor escala, casera o de traspatio (autoconsumo) y de mayor escala (comercial). Entre las ventajas podemos mencionar que es factible su instalación en pequeños espacios, la construcción es sencilla y pueden utilizarse hasta contenedores de reciclaje, además, la producción es constante a lo largo del año debido a que se trabaja bajo el esquema de agricultura protegida, se cosechan fácilmente animales y plantas, se reportan mayores producciones que la hidroponía con un consumo menor de agua, no se utilizan fungicidas o plaguicidas, y se obtienen dos fuentes de alimentos, plantas y organismos acuáticos. Además, este tipo de sistemas puede llevarse a escala de traspatio para el autoconsumo o a nivel comercial y ser operado por mujeres, jóvenes o personas de la tercera edad. De sus desventajas se destaca que este tipo de sistemas tiene una fuerte dependencia a la energía eléctrica, sin embargo, actualmente se buscan alternativas de fuentes de energía de menor costo. Se requiere de una inversión mayor a un cultivo hidropónico normal, pero ligeramente más alto al recurso



necesario para la instalación de un SRA convencional. También es necesaria mano de obra calificada, sin embargo, no es difícil la capacitación en su manejo. Una vez establecido y equilibrado un sistema, la operación es sencilla al igual que su cuidado, sin embargo, al igual que cualquier otra alternativa de producción, siempre hay que estar pendientes de cualquier cambios que plantas, animales o el agua presenten.

El principio biológico se basa en que los nutrientes requeridos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, son muy similares a los desechos producidos por los organismos

acuáticos. Existen dos grupos bacterianos benéficos esenciales para que los sistemas acuapónicos funcionen de forma correcta, los géneros *Nitrosomona* y *Nitrobacter*. Los peces y otros organismos acuáticos desechan amoníaco, y éste amoníaco en el agua se convierte en amonio. Los restos de alimento que no fue consumido por los peces se degradan, y también liberan amonio al agua. El amonio es convertido en nitritos por las bacterias *Nitrosomonas*. Los nitritos a su vez, son transformados en nitratos por las bacterias *Nitrobacter*. Posteriormente, estos nitratos son absorbidos directamente por las plantas, limpiando el agua que regresa a los peces, permitiendo

a estos últimos vivir en un medio adecuado para su crecimiento y desarrollo. De esta manera, las plantas sirven como filtros biológicos en el sistema, depurando el agua que regresa al estanque de los peces. El amonio (en menor cantidad) y los nitratos (principal molécula utilizada), son necesarios para que las plantas puedan crecer y producir hojas y/o frutos. Estas transformaciones (proceso de nitrificación) son básicas, debido a que tanto el amonio como el nitrito son altamente tóxicos para los peces, incluso a concentraciones muy bajas y deben ser controlados especialmente en sistemas cerrados de cultivo como la acuaponía, mientras que el nitrato solo lo es a concentraciones muy elevadas. El amonio y el nitrito presente en el agua fuera de los límites normales o esperados, pueden producir daño a nivel de branquias, hígado, sangre y aparato circulatorio, provocando alteraciones y muerte de los organismos, con las consecuentes pérdidas.

El agua es el principal factor a considerar al momento de pensar en iniciar un sistema acuapónico, debido a que es el elemento en constante contacto con los peces y las plantas a producir. De preferencia se debe utilizar agua de pozo, ya que el agua potable suministrada puede contener cloro, siendo éste altamente tóxico para las bacterias benéficas y los peces. Sin embargo, de contar sólo con agua clorada, no hay problema ya que es posible eliminar este elemento con sustancias (anticloros) que se pueden adquirir en casas comerciales. En el caso de usar agua de pozo, se recomienda ampliamente realizar un estudio para determinar si contiene alguna sustancia no deseada como los metales pesados o bacterias dañinas (ej. coliformes), que nos indiquen contaminación mineral o fecal. En particular el cobre es muy tóxico, debido a ello, no se recomienda utilizar este material en las líneas de conducción de agua. Algunos parámetros físico-químicos del agua deben ser medidos en forma diaria



(temperatura, oxígeno disuelto, pH y sólidos suspendidos totales), mientras que otros pueden ser medidos de manera periódica (amonio, nitritos y nitratos).

OTROS FACTORES SON:

Oxígeno disuelto

Este gas, debe mantenerse por encima de 3 mg/L, siendo preferible una concentración igual o mayor a 5 mg/L. De encontrarse disminuido el oxígeno en el sistema, no se realizará una buena nitrificación; restando desechos metabólicos sin filtrar y acumulándose en concentraciones tóxicas para los peces. Los peces y plantas ante la ausencia de oxígeno, dejan de crecer, y en el caso particular de los peces, pueden dejar de alimentarse y morir.

Temperatura

Los límites de temperatura varían de acuerdo a la especie animal a producir, sin embargo, en climas extremos es importante cubrir los estanques para evitar cambios bruscos de este parámetro en cortos períodos de tiempo.

pH

El pH es un factor que interviene en varios procesos. El primero, es el mencionado con anterioridad, llamado nitrificación. Este puede ocurrir en un rango muy variado de pH como 6 a 9, pero algunos autores sostienen que el rango óptimo se encuentra entre 7.2 a 7.8. También interviene en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que nutrientes esenciales como el hierro, manganeso, cobre, zinc y boro, se encuentran menos disponibles para las plantas a pH mayores de 7.5;

mientras que la solubilidad del fósforo, calcio y magnesio, disminuye con pH menor a 6. Por último, el pH debe ser adecuado para la especie de pez que se desee cultivar, siendo en general, valores dentro de un rango de 7 a 7.5, para la generalidad de las especies. Mantener en nuestro sistema acuapónico un pH de 7 hará que el mismo funcione en forma correcta. No obstante, no se debe dejar de tener en cuenta que una precisa nitrificación, resultará en ácido carbónico, que hará que el sistema tienda a disminuir su pH. Normalmente, en sistemas de recirculación ello se resuelve añadiendo bicarbonato de sodio, pero en un sistema acuapónico, no debe ser utilizado. La acumulación de Sodio, combinado con la presencia de Cloro, es tóxica para las plantas. El descenso de pH en sistemas acuapónicos puede ser subsanado con Hidróxido de Calcio, Hidróxido de Potasio, Carbonato de Calcio o Carbonato de Potasio, según la conveniencia del productor. Sin embargo, aguas duras con alto contenido de carbonatos y pH altos (mayores de 8.0), es posible su disminución con el manejo de ácido nítrico y fosfórico, pero éstos debe ser utilizados y manejados con extrema precaución para no dañar al operario, peces y plantas.

Conductividad eléctrica del agua

Es realmente una medida de la salinidad, es decir, de la cantidad de sales disueltas en la misma (provenientes del alimento de los peces). Altos niveles excesivos de salinidad pueden afectar a las plantas. Mientras que la conductividad eléctrica del agua es una buena medida de la salinidad total, todavía no proporciona ninguna información sobre la composición de iones en el agua. Las unidades comúnmente utilizadas para medir la con-

ductividad eléctrica del agua son: $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microSiemens/cm) o dS/m (deciSiemens/m), cuando: $1000 \mu\text{s}/\text{cm} = 1 \text{dS}/\text{m}$. Por lo general, en sistemas acuapónicos se deben manejar conductividades mayores a $1000 \mu\text{s}$.

Este tipo de sistemas pueden ser tan simples o complicados como se quiera fabricar, sin embargo, se puede mencionar que los elementos básicos de un sistema de acuaponía son: Estanque de organismos acuáticos, Sistema de filtrado, Camas de crecimiento de plantas, Líneas de conducción de agua, Sistema de bombeo, Sistema de aireación e Invernadero.

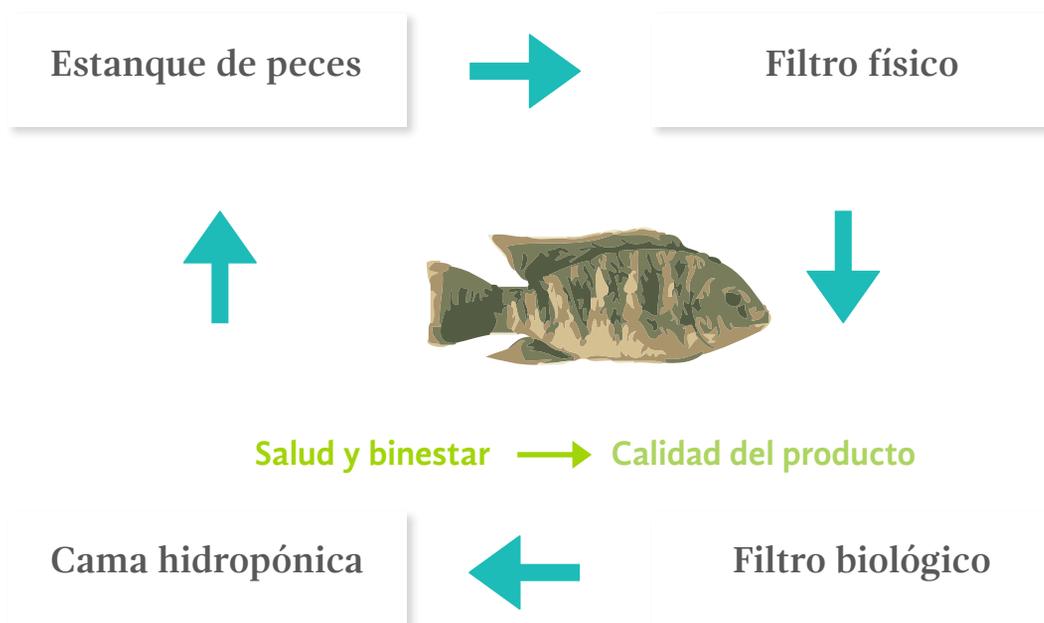
Estanque de organismos acuáticos

Su función es albergar a los animales a producir, dependiendo de la especie y cantidad de peces a producir, es el tipo y tamaño de estanque. Se recomienda que tanto piso como paredes sean lisos y de un material posible de lavar y desinfectar, por ello, las cubiertas plás-

ticas (como la geomembrana) son la primera opción en este tipo de sistemas. También pueden usarse materiales de reuso como tambos o botes plásticos, sobre todo, si la intención es cultivar especies de talla pequeña. Pueden ser circulares o rectangulares.

Sistema de filtrado

Este debe estar constituido de filtro(s) físico(s) y filtro(s) biológico(s). Cada uno cumple una función sumamente importante y no puede faltar ninguno. La función del filtro físico es eliminar la mayor proporción posible de partículas suspendidas en el agua como excretas y alimento no consumido, estos elementos no solo enturbian el agua sino que pueden alterar la calidad de la misma. La función del filtro biológico es dar alojamiento a las bacterias benéficas, que mencionamos anteriormente, encargadas del proceso de nitrificación. Se recomienda que sean hechos de materiales lisos y de fácil lavado y desinfección. Un punto importante a



destacar es el tiempo y manejo en el proceso de *maduración* (carga de bacterias adecuada) de los filtros biológicos, lo que permitirá a todo el sistema funcionar correctamente.

Camas de Crecimiento de Plantas

Su función es alojar a las plantas a producir, y se considera la última parte del filtro biológico, ya que son las plantas las que absorben los nitratos removiéndolos finalmente del agua. Dependiendo de la especie(s) y cantidad de plantas a producir, es el tipo y tamaño de las camas. Se construyen de diversos materiales como plástico, fibra de vidrio, madera recubierta de plástico o geomembrana. Pueden o no tener material de soporte para las plantas (tutoreo). Se recomienda que tanto piso como paredes sean lisos y de un material posible de lavar y desinfectar.



Líneas de Conducción de Agua

Su función es la de llevar el agua circulante a las diferentes partes del sistema acuapónico.

Deberá ser de material que no se oxide y no pueden ser o contener cobre ya que este es altamente tóxico para los peces. Existen varias opciones como el PVC, CPVC y PP-R.

Sistema de Bombeo

Su única función es mantener el agua en circulación constante 24 horas al día 365 días del año. Este es el corazón de los sistemas acuapónicos y por lo tanto debe trabajar siempre. Al igual que la tubería no puede ser o contener cobre ni debe estar hecha de material oxidable, existen equipos de bombeo especialmente diseñados para sistemas de acuicultura cuyo consumo de energía es bajo y su potencia alta y cubren los requerimientos de materiales no tóxicos para los peces.

Sistema de Aireación

Su función en los sistemas acuapónicos es la de proporcionar aire que nos asegure el intercambio de oxígeno por dióxido de carbono en el agua, recuerden que tanto peces, plantas y bacterias necesitan el oxígeno para poder desarrollarse y en sistemas RAS la cantidad disuelta de oxígeno es un factor importante.

Invernadero

Esta parte del sistema puede considerarse como opcional, aunque en algunas partes del país se debe considerar como indispensable. Su tipo dependerá no solo de las condiciones climáticas, sino también de las actividades primarias que existan en la región y por lo tanto las especies vegetales que se deseen producir. Por ejemplo si queremos establecer un sistema acuapónico en una región cuyo clima es

benevolente con las plantas no hay heladas las lluvias no son severas lógicamente podríamos pensar más que en un invernadero cerrado tal vez en únicamente una cubierta para las plantas, sin embargo si tenemos que en esta zona se ha cultivado constantemente es probable que debemos pensar en un invernade-

ro cerrado para evitar plagas provenientes de los campos de cultivo cercano. Y así para cada lugar hay consideraciones que hacer antes de decidir, si construir y el tipo de invernadero, independientemente de esto los estanques de organismos acuáticos deberán estar siempre protegidos de las inclemencias del tiempo.



Entre las especies dulceacuícolas que se pueden cultivar en Acuaponía, se encuentran la Tilapia (*Oreochromis niloticus*), también llamada Tilapia del Nilo, Mojarra Tilapia o Blanco del Nilo; el Bagre o Bagre de Canal (*Ictalurus punctatus*); la Langosta de agua dulce, también conocida como Langosta australiana o Cherax (*Cherax quadricarinatus*); la Mojarra Castarrica, mojarra colorada, mojarra criolla, mojarra rayada o mojarra latinoamericana (*Cichlasoma urophthalmus*); o cualquier pez

de agua dulce de ornato, ya sea de aguas cálidas, templadas o frías como japonés, carpa koi, guppy, moly común o de velo, pez ángel, gurami, platy, danio cebra, espada, monja, cíclidos, tetras, oscar, barbos, plecos, bettas, etc.

En cuanto a los vegetales, prácticamente, cualquier planta se puede adaptar a éste tipo de sistemas, sin embargo, las plantas que responden mejor son los vegetales de hojas verdes, pues con ellas se obtienen más plantas por metro cuadrado cultivado y más cosechas por año. Las especies que nuestro equipo de trabajo ha logrado producir son hortalizas como lechuga, acelga, apio, espinaca, brócoli, calabacita y pepino; y hierbas aromáticas como menta, albahaca, hierbabuena, perejil y cilantro. Sin embargo, existen ya experiencias en el cultivo de jitomate y chiles. Para finalizar, considero que esta alternativa de producción a escala de autoconsumo es altamente viable y fácil de operar, además de ser un elemento decorativo hermoso, que puede ser instalado en cualquier hogar.

REFERENCIAS

- Chalmers G. A. Aquaponics and Food Safety. Alberta, Canadá; 2004 [Citado en diciembre 2013]. disponible en: www.hawaiiiaquaponicsworkforce.com/uploads/2/9/2/3/2923138/reading_aquaponics_food-safety.pdf
- McMurtry MR, Sanders DC, Cure JD, Hodson RG, Haning BC, St. Amand EC. Efficiency of water use of an integrated fish/vegetable co-culture system. *Journal of the World Aquaculture Society*. 1997;28: 420-428.
- Navarro I, Gutiérrez J. Respiración y excreción. En: Castelló OF, Acuicultura marina: Fundamentos de la producción. España: Universidad de Barcelona; 1993. p. 309.199.
- Timmons MB, Ebeling JM. *Recirculating Aquaculture*. 2da. ed. New York: Cayuga aqua ventures; 2010.
- Van-Gorder SD. Small scale aquaculture. Alternative Agriculture Association, Breinigsville; 2000.
- Watten BJ, Busch RL. Tropical production of tilapia (*Sarotherodon aurea*) and tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in a small-scale recirculating water system. *Aquaculture*. 1986;41: 271-283.