

## ¿Qué es la Acuaponia?

La acuaponia es un sistema de producción cerrado que integra la técnica de la acuicultura con la [hidroponía](#), es decir, es una combinación de la producción de peces y la producción de hortalizas sin suelo por el medio común “agua”. Las plantas y los peces crean una sinergia, ya que los desechos metabólicos de los peces son aprovechados como nutrientes por los vegetales para crecer, mientras que las plantas limpian el agua y eliminan los compuestos tóxicos para los peces (principalmente amonio y nitritos), reduciendo la frecuencia de renovación del agua. Sin embargo, en este sistema también intervienen microorganismos que inciden en los procesos de mineralización y nitrificación; principalmente bacterias nitrificantes. Este sistema de producción intensiva sustentable requiere de condiciones ideales para que exista interacción entre peces, microorganismos y plantas.



**Figura 1. La acuaponia permite obtener hortalizas y peces en un solo sistema (hidroponía izquierda, acuicultura derecha).**

Fuente: Intagri/H.T.Cheng, 2015.

## Características del sistema acuapónico

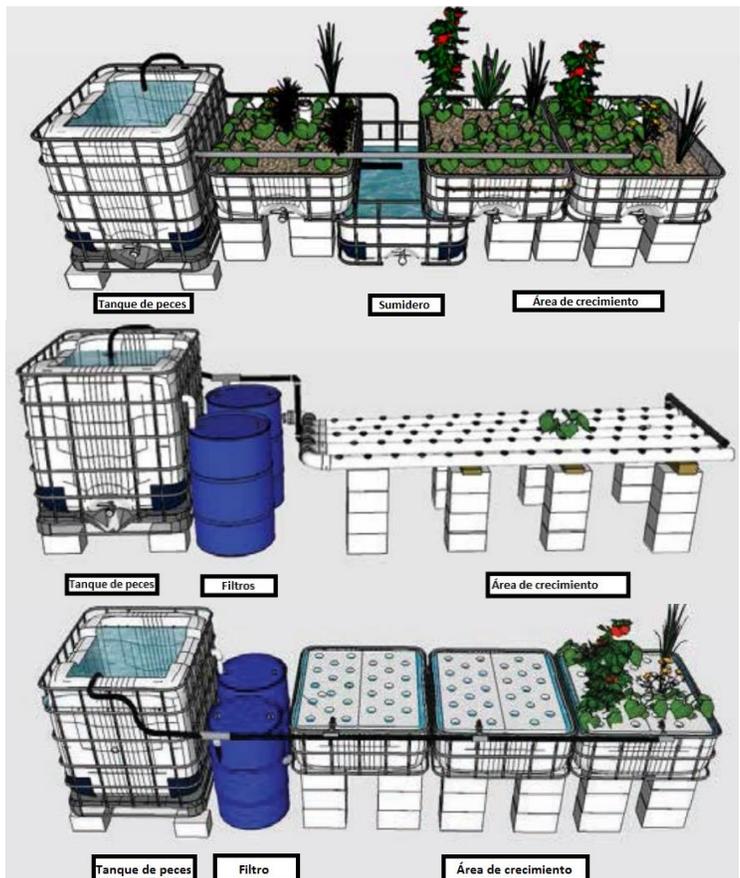
### Calidad de agua.

- *Oxígeno*: El primer parámetro a considerar es el oxígeno disuelto, ya que su ausencia puede causar muerte de los peces en pocas horas, disminuir el proceso de nitrificación y provocar asfixia de raíces. En este sentido, es importante tener un nivel de aireación adecuado en el sistema; el nivel adecuado está por encima de 3 mg/L, pero es deseable tener 5mg/L o más.
- *pH*: El pH interviene en la asimilación de nutrientes por parte de la planta y mantiene condiciones óptimas para los peces; el nivel ideal está determinado por el tipo de planta y pez a utilizar. En estos sistemas es muy común que el agua se acidifique, pero el problema de pH bajo no debe ser corregido con bicarbonato de sodio, porque tiende a acumular sales de sodio que son tóxicos para las plantas.
- *C.E.*: La conductividad eléctrica hace referencia a la salinidad del agua, misma que no debe rebasar los 1500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura

- *Dureza*: Por último, la dureza ayuda a contrarrestar la acidez de los procesos de nitrificación. Esta se debe balancear para mantener un pH adecuado y evitar estrés en peces y plantas; el nivel adecuado fluctúa entre 60-140 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

**Tanque para acuicultura.** Es el espacio en donde se desarrollará la mitad del sistema y requiere un tamaño adecuado para el crecimiento y movimiento horizontal de los peces. Para el caso de la acuaponía no es recomendable el uso de estanques subterráneos, además, se prefieren los materiales plásticos por su durabilidad, aunque se pueden reseca cuando la incidencia del sol es directa. El color puede influir de dos maneras: al ser un material claro ayuda a visualizar mejor el estado general pero la incidencia de luz provoca crecimiento de algas; la coloración externa puede captar más (color blanco) o menos (color negro) energía solar generando calor.



**Figura 2. Esquema general de un sistema acuapónico (adaptado de FAO).**

Fuente: FAO, 2007

### Sistema hidropónico.

- *Camas de Sustrato*: son las más populares para proyectos de baja-mediana escala por su bajo costo, manejo y simplicidad. El sustrato tiene la función de sostener las raíces de la planta y también funciona como filtro biológico y mecánico; su principal desventaja es que presenta mayor evaporación que las otras técnicas y generalmente se usa para sistemas muy pequeños.
- *Película Nutritiva (NFT)*: es el más conocido de la hidroponía por su versatilidad de ensamblaje y el poco gasto de agua en comparación con los otros métodos. Es el indicado para hortalizas de hoja, ya que no requieren una gran cantidad de sustrato.
- *Balsas Flotantes*: en este sistema las raíces están sumergidas en el agua por lo que el cuidado de la oxigenación es importante. Es el más adecuado para producciones con espacio suficiente y que produzcan hortalizas de hoja únicamente.

**Aireación.** El oxígeno disuelto en el agua se logra a través de la aireación y los peces lo requieren para su sobrevivencia y desarrollo, además las plantas se ven beneficiadas ya que previene muerte de raíces por estar sumergidas. Esta parte del sistema debe estar funcionando de manera constante sin interrupciones.

**Recirculación.** El movimiento del agua es fundamental para conservar ambos sistemas en funcionamiento; este es realizado por una bomba de agua que normalmente es sumergible. Se programa por medio de un timer (temporizador) y se recomienda que el agua circule al menos dos veces por hora, por ejemplo: si en total se tienen 1000 litros en el sistema acuapónico, esta debe dar dos vueltas a todo el sistema en una hora. Las capacidades y características de las bombas en el mercado son muy extensas y la más adecuada depende del número de tanques, camas y cantidad de agua a usar.

### Manejo del sistema acuapónico

**Peces.** Son los primeros que deben ser establecidos en el sistema, de manera seguida, las bacterias que nitrificarán los desechos y por último las plantas. Para la selección de la especie acuática se define el objetivo de la producción, misma que puede ser ornamental o comestible por su mayor adaptabilidad. Los más comunes son la tilapia y la trucha por el rango de temperatura que toleran (**Cuadro 1**) y su disponibilidad en muchos lugares. La selección de la especie se debe definir a través del seguimiento de un asesor experimentado en estos sistemas.

**Cuadro 1. Niveles de temperatura, nitrógeno, oxígeno disuelto y requerimiento de proteína para especies acuáticas usadas en acuaponia.**

Fuente: Somerville, 2014.

Especie	Temperatura (°C)		Nitrógeno amoniacal total (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Proteína cruda en alimentos (%)
	Vital	Óptima				
Carpa común	3-34	25-30	<1	<1	>4	30-38
Tilapia del nilo	14-36	27-30	<2	<1	>4	28-32
Pez gato	5-34	24-30	<1	<1	>3	25-36
Trucha arcoíris	10-18	14-16	<0.5	<0.3	>6	42

El aprovechamiento productivo del cultivo de peces se puede planear de dos maneras:

- *Secuencial:* se tienen en el mismo estanque peces de distintas edades de manera estratégica para mantener la constancia en cuanto a la cosecha, se retiran los que alcanzan la madurez y se siembran nuevos. Tiene desventajas como la de suministrar alimentos para cada etapa en un mismo lugar donde se puede generar competencia o que se ingiera el alimento inadecuado. También se presenta estrés por cosechas continuas y rezago de algunos peces que no alcanzan el tamaño adecuado.

- *Escalonado*: se siembran los peces de la misma edad en contenedores separados a distintas fechas, así se programa que haya un tiempo definido entre cosechas. Este tipo permite suministrar el alimento específico para cada etapa y la cosecha es constante cuando se planea correctamente. Sin embargo, requiere distintos contenedores por etapa y tamaño; en las primeras etapas de desarrollo los contenedores deben ser pequeños para evitar perder espacio útil.

La alimentación en casos de escala pequeña es fácil, ya que en el mercado existen alimentos balanceados en pellets que contienen los requerimientos para cada especie. Para el caso del sistema acuapónico es muy importante no sobrealimentar, pues el alimento sobrante provoca que se eleven los niveles de amonio y nitrito a un nivel tóxico. También puede tapar los filtros mecánicos pero se puede evitar removiendo el alimento sobrante no consumido de la superficie después de 30 minutos de aplicado.

**Plantas.** 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.

**Cuadro 2. Condiciones para la producción de plantas usadas en acuaponía.**

Fuente: Somerville: 2014

Especie	pH	Planta/m <sup>2</sup>	Tiempo de crecimiento (semanas)	Temperatura (°C)	Exposición solar
Albahaca	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	15-30	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

Las plagas y enfermedades no deben ser controladas con plaguicidas debido a que estos compuestos llegan a afectar a los peces. Lo más recomendable para el control de fitopatógenos es el manejo integrado:

*Métodos físicos*: el plástico del invernadero, las mallas sombra o mallas anti-áfidos reducen la incidencia de plagas actuando como barrera física.

*Trampas*: se recomienda el uso de trampas adhesivas de colores; las de color azul atraen estados adultos de trips, mientras que las amarillas atraen las moscas blancas o voladores pequeños.

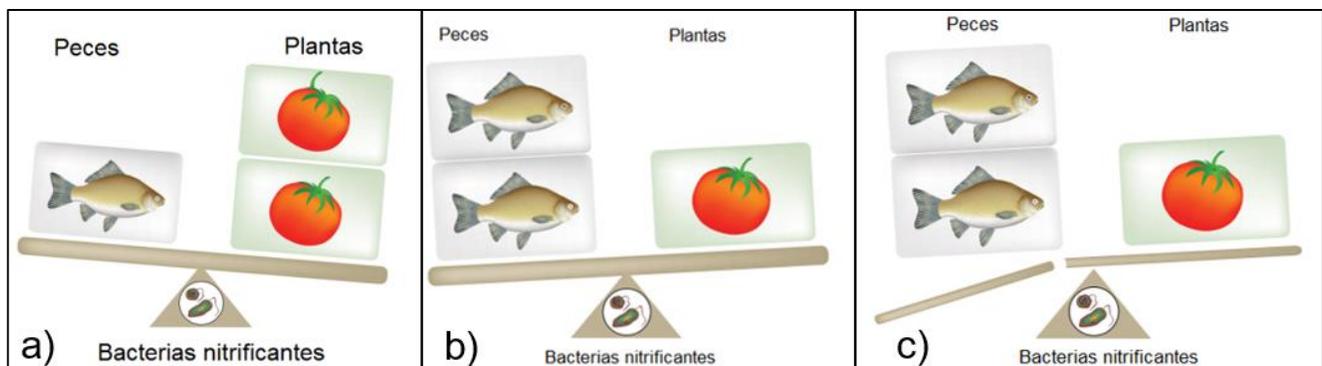
**Biopesticidas:** son organismos o sustancias de origen natural derivados de animales, plantas, microorganismos y minerales. Los más comunes son los [biopesticidas vegetales](#) y se elaboran a base de extractos de cebolla, ajo y chile, mismos que son efectivos para repeler y controlar plagas y enfermedades. Por su manera de aplicación no contaminan la solución nutritiva, pues se aplican el mismo día de su elaboración y pierden efectividad con el poco tiempo.

**Control biológico:** se introducen depredadores naturales en el ambiente para controlar las infestaciones, para esto se debe conocer la plaga y su depredador natural. Algunas de las ventajas son: ausencia de residuos, no desarrolla resistencia en las plagas, económicamente viable (en proyectos a gran escala) y es ecológico. También el uso de [entomopatógenos](#) es seguro; los más comunes son [Beauveria bassiana](#) y [Bacillus thuringiensis](#).

### Balance del sistema acuapónico

Como se mencionó, el mayor ingreso es proporcionado por el aprovechamiento de las plantas (66-90 %), ya que su ciclo de cosecha es más corto, por lo tanto se debe mantener el equilibrio entre los individuos dentro del sistema (**Figura 3**). La relación puede variar por muchos factores, los más importantes son:

- Capacidad del sistema
- Método de producción (NFT, recirculante, cama de sustrato)
- Pez (nivel de actividad, tamaño)
- Alimentación del pez (requerimientos)
- Tipo de planta (fruto u hoja)
- Ambiente y condiciones de agua
- Método de filtración.



**Figura 3. Esquema de desbalances en el sistema acuapónico.**

Fuente: Sommerville *et al.*, 2014.

Los desbalances más comunes son: a) cuando existe un exceso de plantas y pocos peces, lo cual lleva a que el alimento transformado no sea suficiente para cubrir la demanda nutricional de las plantas y se necesitan más peces; b) cuando hay más peces y el alimento transformado en nutrientes es más de lo que las plantas pueden consumir, se eleva la cantidad de nitratos y se necesitan más plantas; y c) los peces exceden la capacidad del biofiltro y además de nitrato, se concentra el amonio que es perjudicial para los peces.

Ejemplos del sistema acuapónico balanceado tomando en cuenta los requerimientos:

- Para 1 m<sup>2</sup> de cultivos de hojas (lechugas, acelgas, espinacas, etc.)..... 40 - 50 gramos de alimento/día.
- Para 1 m<sup>2</sup> de cultivos de frutos (tomate, pepino, fresa, etc.)..... 50 - 80 gramos de alimento/día.

En el **6to Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas** de Intagri, el Dr. Joel Pineda de la Universidad Autónoma Chapingo dictará su más reciente proyecto de investigación “Dinámica Nutrimental en un Sistema Acuapónico para la Producción de Peces Y Hortalizas”.



**Figura 4. Dr. Joel Pineda, Conferencista de 6to Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas de Intagri.**

### **Cita correcta de este artículo**

INTAGRI. 2017. Acuaponia para la Producción de Plantas y Peces. Serie Horticultura Protegida Núm. 32. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p.

### **Literatura consultada**

- Somerville, C.; Cohen, M.; Pantanella, E.; Stankus, A. & Lovatelli, A. 2014. Small-scale Aquaponic Food Production. Integrated Fish and Plant Farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Roma, FAO. 262 p.
- Gómez, M.F.C.; Ortega, L.N.E.; Trejo, T.L.I.; Sánchez, P.R.; Salazar, M.E.; Salazar, O.J. 2015. La Acuaponía: Alternativa Sustentable y Potencial para Producción de Alimentos en México. Agroproductividad 8(3):60-65.
- H.T. Cheng, 2015. Oreochromis. Recuperado de <http://www.inaturalist.org/photos/1918961>.