

# Que es Acuaponía?



**PRODUCIDO POR EL SERVICIO DE EXTENSIÓN DE  
TEXAS A&M AGRILIFE**



# Soluciones de Extensión AgriLife

## TEXAS A&M AGRILIFE EXTENSION

### Que es Acuaponía?

**Escrito por:**

**Todd Sink, Ph.D.**

Profesor Asistente y Especialista de Extensión Pesquera  
Departamento de Wildlife and Fisheries Science  
Servicio de Extensión Agrilife de Texas A&M  
Texas A&M University

**Joseph Masabni**

Especialista en Hortaliza de pequeña superficie cultivada  
Departamento de Ciencias Hortícolas  
Servicio de Extensión Agrilife de Texas A&M  
Texas A&M Overton Research and Extension Center

**Traducido por:**

**Gabriela Wolf-González**

Servicio de Extensión Agrilife de Texas A&M  
Texas A&M University

# Soluciones de Extensión AgriLife

El termino *acuaponía*, es la combinación de dos palabras, acuicultura y hidroponía. Acuicultura es la ciencia de la crianza de peces y la hidroponía es la ciencia del cultivo de plantas en un medio sin tierra. La acuaponía, por tanto, la integración de las dos técnicas de producción de alimentos en soloun sistema.

La mayor parte de la producción mundial de la acuicultura se lleva a cabo en estanques de tierra o en caminos de rodadura, estos sistemas pueden ser estáticos o dinámicos. Peces en estos sistemas producen minerales nitrogenados y desechos que requieren una amplia filtración. En hidroponía, fertilizantes inorgánicos se utilizan como fuente de nutrientes para las plantas, lo que requiere la limpieza regular del sistema para reponer la solución de fertilizante o para eliminar la acumulación de sal en exceso. En un sistema de acuaponía, amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), excretados por los peces como producto de desecho del metabolismo de proteínas, es convertido en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) por bacterias nitrificantes para que pueden ser utilizado por las plantas. Las plantas actúan como un sistema de filtración del agua; absorben los minerales nitrogenados y los desechos; mejorando la calidad del agua para los peces. Los peces, bacterias nitrificantes, y las plantas se benefician mutuamente. Los peces son la fuente de nutrientes para las plantas, las bacterias



Figura1. Representación esquemática de un sistema de acuaponía.

nitrificantes convierten los productos de desecho de pescado a formas útiles para las plantas, cuales filtran los nutrientes del agua para el beneficio de los peces (Figuras 1 y 2).

Por tanto, la acuaponía es un sistema único dentro del sistema de producción alimenticia, donde los peces, baterías, y las plantas se benefician mutuamente. En otras palabras, la acuaponía es la combinación de la acuicultura intensiva y el sistema de producción hidropónica en un sistema de recirculación de agua.

Los beneficios inmediatos de la acuaponía es la reducción del costo de filtración del desecho



Figura 2. Modelo de acuaponía de patio con espacio para 12 plantas.

# Soluciones de Extensión AgriLife

de peces por medios convencionales, y más importante, los fertilizantes inorgánicos y los costos de manejo de fertilizante ya no son requeridos. Un sistema de acuaponía requiere los insumos siguientes: agua, alimento de pes, electricidad para las bombas de agua y aire, y luz. Las ventajas de tal sistema es que es 100% orgánico pues no se utilizan los químicos sintéticos, la producción es rápida y eficiente, hay bajo consumo de agua, y hay menos costos y equipo de filtración pues las plantas actúan como filtros. Otra ventaja es que las plantas cosechadas permanecen con vida porque las raíces no se cortan al tiempo de cosecharlas. Las plantas vivas duran más en el refrigerador, permaneciendo frescas y con buen sabor hasta dos semanas después (figura 3). Las plantas almacenadas en un refrigerador por 2 semanas se han sembrado en un jardín, y han crecido de nuevo, demostrando que la frescura se mantiene si se cosecha de esta manera.



Figura 3. Lechuga viva lista para almacenar

Puede ser fácil para los fabricantes de hidroponía para convertir un sistema hidropónico o un sistema acuaponía. La conversión de un sistema hidrónica significa la adición de un tanque, o más de filtración, un tanque de pes, tubería de PVC extra, y el sistema viejo se convierte en un sistema nueva de acuaponía.

El componente más crucial del sistema de acuaponía son la bacteria nitrificante. Conversión, o nitrificación, del amoniaco excretado por los peces, no ocurre automáticamente. Dos géneros, o tipos, de bacteria se usan en etapas para convertir los desechos de los peces. Mientras los peces producen el combustible para la función del sistema, la bacteria se considera el motor del sistema acuaponía. El mantenimiento diario gira en torno del mantenimiento de un ambiente optimo para la bacteria mientras que la calidad cotidiana del agua mide indirectamente la salud de la bacteria.

Los dos tipos de bacteria son, *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. *Nitrosomonas* convierten el amoniaco, que es muy toxico para los peces, a nitrito que es menos toxico para los peces. *Nitrobacter* convierte el nitrito en nitrato que es relativamente no-toxico para los peces y es la forma preferida y más fácilmente absorbida por las plantas. El amoniaco es un producto natural del metabolismo de proteína de los peces. Los peces de agua dulce excretan amoniaco por medios de sus branquias y sus heces. Altas concentraciones de amoniaco no ionizado en agua son tóxicos para los peces. La cantidad de amoniaco no ionizado depende en



Figura 4. El Ciclo de nitrógeno en un sistema de acuaponía

# Soluciones de Extensión AgriLife

el total de nitrógeno amoniacal (TAN) presente y el pH del agua, y la temperatura. El amoniacal no ionizado ( $\text{NH}_3$ ) es tóxico para la mayoría de peces en concentraciones de una parte por millón o menos. Conversión del amoniacal a nitrito por *Nitrosomonas* reduce ligeramente el riesgo de toxicidad para los peces. Sin embargo, nitrito no es una forma fácilmente utilizada para el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, *Nitrobacter* es esencial porque convierte el nitrito en nitrato, que no es tóxico para los peces, y en la forma de

nitrógeno



Figure 5. Representación esquemática de un sistema de acuaponía.

fácilmente absorbida por las raíces, y es necesaria para el crecimiento de las plantas.

Los componentes bióticos, o vivos, son los peces, las plantas, y los dos géneros de bacteria; todos trabajando en conjunto (Figura 4). Los componentes abióticos, o no-vivos, consisten de la(s) pecera(s), el clarificador o tanque de filtración de desechos sólidos, el filtro, los arriates, tanques o bebederos, una bomba de agua, y/o una bomba de aire (figura 5). Hay varios diseños que combinan uno o más de estos componentes básicos en producción. Algunos sistemas que usan métodos de densidad baja pueden consistir de solo una pecera y los tanques. Algunas, usando métodos de alta densidad, pueden consistir de todas las partes antes-mencionadas, más un lecho. En una escala comercial componentes adicionales a veces incluyen un tanque de "adición de base" para agregar enmiendas para prevenir la exposición inmediata a los cambios rápidos de pH u otros cambios de calidad del agua.

Las peceras, por cierto, son donde se alojan los peces. Un sistema de acuaponía que se ha construido adecuadamente debe incluir cuando menos dos peceras. Algunas operaciones comerciales grandes tienen cuatro tanques o más. Hasta para sistemas de patio se recomienda tener dos tanques para los peces. Hay muchos beneficios de tener dos tanques. La separación de peces de diferentes tamaños reduce el riesgo de canibalismo. Con solo un tanque, no se puede cosechar el tanque entero sin el riesgo del agotamiento de nutrientes para las plantas. Con dos peceras, todos los peces en un tanque se pueden cosechar rápidamente, eficientemente, y económicamente, con un suministro constante de nutrientes del otro tanque para las plantas. Una cosecha parcial e introducción de alevines aumenta el riesgo de pérdida canibal para



# Soluciones de Extensión AgriLife

muchas especies, pues para algunas especies no es posible tener solamente una pecera. La solución ideal es tener un mínimo de dos tanques para los peces.

Imagine que usted tiene dos peceras con alevines en uno, y peces medianos (1/2 lb) en el otro. Cuando los más grandes maduran y estén listos para venta o el consume, usualmente de 1lb., los alevines pesaran 1/2lb. Agregando alevines al tanque que se acabe de cosechar lo devolverá al inicio: un tanque con alevines, y el otro con peces medianos. Dependiendo del tamaño de su invernadero o en el tamaño de los bebederos, las peceras pueden tener un

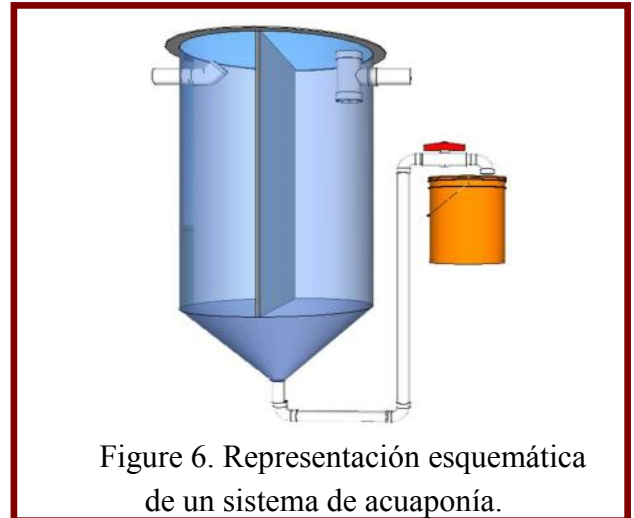


Figure 6. Representación esquemática de un sistema de acuaponía.



Figura 7. Dos tanques clarificadores conectados en serie. El primero depende de la gravedad para separar los sólidos, el Segundo depende en unas

rango de tamaño entre 100-galones y 1500-galones. La mayoría de negocios recién establecidos no consideran los peces como una parte del plan de negocio. La creencia que la acuaponía es más económico que la hidroponía es un mito común, esto no es cierto. Una tonelada de 32% alimento de pes cuesta casi de 485 USD y crea 305lb. de nitrato. Una cantidad similar de nitrato suministrado de urea cuesta solo 107 USD. Si usted piensa dirigir una operación comercial de acuaponía, se tiene que vender los peces para cubrir los costos de operación. Finalmente, algunos peces son malas opciones para la acuaponía. Ejemplos de tal son el bagre, el pez sol, carpa dorada, y otros peces no-comestibles con puntos de ventas limitadas. Las

opciones mejores son la tilapia, la lubina hibrida, y la trucha arcoíris en climas nortañas o como cultivo rotacional con tilapia en el verano y la carpa koi, pero solo donde haiga un punto de venta grande para la carpa koi.

El clarificador, o filtro de desechos sólidos, viene en varios tamaños o formas y bajo diferentes nombres tal como un filtro radial, espiral, tanque depositario de sólidos, o clarificador. La función principal del clarificador es la separación de desecho solido del agua rica en nutrientes (Figura 6). Las mayoridad de clarificadores se basan en una reducción de agua y gravedad para precipitar los desechos sólidos en el fondo del tanque para que se puedan drenar con regularidad.

# Soluciones de Extensión AgriLife

Algunos sistemas tienen dos tanques en serie (Figura 7) para remover la mayoría, si no todo, del



Figura 8. Lombrices en una cama de medios hecho de granito triturado, actuando como otro paso de filtración de desechos sólidos.

deshecho sólido. Este desecho no es totalmente un “desperdicio”. Todavía es rico en nutrientes y debe ser usada eficientemente en vez de ser tirada. El deshecho se puede airear por unos días, filtrar y el resultante “té de compost” se puede reintroducir al sistema de acuaponía. También se puede usar el té de compost como fertilizante en el jardín. Alternativamente, el desecho sólido se puede echar en un contenedor de vermicompost como fuente de comida para las lombrices de tierra (figura 8).

El biofiltro es donde poblaciones grandes de bacteria nitrificantes se alojan en un media inerte con grande superficie. El biofiltro es el sito principal de convección de amonio a nitritos y nitratos. Hay enfoques variados para la construcción de un biofiltro cuando haiga

una superficie grande de media inerte en contacto con el agua. Hay bastantes biofiltros comerciales que están disponibles. La conversión amoniaco se vuelve más eficiente con cada aumento de área superficial proveído por la media. Nylon o tubería PVC con malla para protección contra los pájaros, piedra de lava, almohadillas filtrantes de polietileno, almohadillas biomatrix, fibra de filtro poliéster, bolitas flotantes o de hundimiento, porcelana de fina-porosidad, y varios medios plásticos incluyendo bio-pelotas, bio-barriles, bio-estrellas, y bio-tubos se usan con fluencia. Cuando el sistema ya esté en operación y tiene bacteria nitrificante “madura” en cada superficie inerte expuesta a suficiente oxígeno y pocos restos orgánicos, incluyendo los bebederos de crecimientos, en las raíces de las plantas, en la tubería, y en todos los tanques. Todavía, la mayoría de biofiltración, o conversión de amoniaco, se llevará a cabo en el biofiltro. Existen unidades comerciales que combinan el clarificador y el biofiltro en una unidad, aunque es preferible separar los desechos solidos de las áreas que contienen la bacteria nitrificante. Algunas operaciones usan una cama de medios como digestión de bio-solidos (Figura 9). Las camas de



Figura 9. Cama de medios para filtración de desechos sólidos.

# Soluciones de Extensión AgriLife

medios también se pueden sembrar para no desperdiciar el espacio valioso.

El tanque de base-adicional sirve el propósito de una fuente adicional para agregar productos de enmienda del agua cuando se ajusta el pH del sistema de acuaponía. La alcalinidad y el pH del agua en un sistema de acuaponía tienen tendencia de bajar con el tiempo debido al consumo y el uso de carbonatos durante el proceso bacteriano y durante el crecimiento de las plantas. Las disminuciones en el pH pueden ser rápidas, especialmente después que un evento de lluvia agrega un volumen grande de agua al sistema. El pH del agua debe ser monitoreada regularmente y ajustada con el aumento de un base para tender el pH lo más

cerca posible a un neutral,  $\text{pH}=7$ . Las bases químicas como el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), y el bicarbonato de potasio, ( $\text{KHCO}_3$ ) son disponibles. Los caparazones de muslos triturados, como una forma de carbonato de calcio, también se



Figura 10. Tanque de inundación y drenaje llenado con arcilla expandida (izquierda) o granito triturado (derecho).

usan con popularidad en las operaciones de pequeña escala, o con los propietarios individuales. Los caparazones en una bolsa de malla sumergida en el tanque actuarán como un buffer y lentamente y continuamente ajustará el pH del agua, pero quizás solo no será suficiente.

Los surcos de cultivos o tanques son donde ocurre la producción de plantas. Actualmente hay tres tipos de tanques usados en el acuaponía. Camas de medios llenados con un medio, como los gránulos de arcilla expandida, o piedra con un pH neutral, y se operan ocasionalmente usando el método de inundación y drenaje (Figura 10). La cama de medios está ajustada para llenar en intervalos de 20



Figura 11. Varios cultivos crecen en un sistema NFT



# Soluciones de Extensión AgriLife

minutos, luego una válvula de flotador invertida, un sifón invertida, u otro mecanismo de drenaje se activa y el agua se drena sobre un periodo de 10 minutos. Este ciclo continuo de inundación y drenaje garantiza que las raíces de las plantas nunca se secan o se mojan por mucho tiempo. La arcilla expandida es cara y muchos cultivadores tratan de usar otro material como gravilla u el granito triturado. Es importante usar una piedra alternativa con pH neutral. Para afirmar si la piedra tiene pH neutral, agrega vinagre a una parte pequeña de la piedra y si empieza a burbujear, la piedra no es apto para un sistema de acuaponía, sin importar que tan bien este lavado antes de usarlo. La ventaja de una cama de medio es que plantas u hortalizas grandes se pueden cultivar en el medio. La arcilla expandida actúa como un soporte para las raíces de las plantas grandes. La desventaja de una cama de medios es que las áreas grandes se pueden obstruir, creando un área anódica, pues el aseo frecuente del medio será requerido.

El segundo tipo de tanque usa la técnica de lámina de nutrientes (Nutrient Film Technique, NFT) que se ha adoptado en actualidad en los sistemas de hidroponía. Tubería PVC, canaletas, o materiales similares se pueden usar para la construcción del sistema (Figura 11). En este sistema una capa pequeña de agua corre continuamente por la tubería y las raíces de las plantas son expuestas continuamente al agua rica en nutrientes. No se requiere aeración adicional. Este sistema es adecuado para las plantas de tamaño pequeño como las verduras de hoja verde. Las plantas más grandes tendrán raíces grandes que podrán tapar la tubería o las canaletas. Una desventaja del NFT es que la temperatura del agua puede subir fácilmente debido al volumen reducido y las capas delgadas del agua. Sin embargo, con la adición de enfriadores de agua, la producción de lechugas usando NFT se puede practicar durante el año entero.

El tercer, y más popular, tipo de cultivación es el sistema de cultura de balsa en agua profunda (Deep wáter raft culture system, DWRC) (Figura 12). En este sistema, una tabla rígida de celda cerrada de poli-estireno extruido en la superficie de tanques con profundidad relativamente más grande que se llenan continuamente con agua, y las plantas que han empezado a crecer se instalan en los hoyos de la tabla de espuma para que los raíces son sumergidas en agua. Aeración suplementario de las piedras de y bomba de aire es absolutamente vital para los tanques de plantas usando el sistema DWRC. Los tanques pueden ser de poca profundidad hasta 6 pulgadas y tan profundos como 24 pulgadas, aunque el estándar es de 18 pulgadas. Los tanques no tienen que estar en el piso, se



Figura 12. Sistema de cultura de balsa en agua profunda (Deep wáter raft culture system, DWRC) con lechuga en diferentes etapas de crecimiento.

# Soluciones de Extensión AgriLife

pueden construir en una banca o mesa, pero debe haber precaución porque el peso del agua es substancial. El sistema DWRC es muy popular en las operaciones comerciales que se especializan en verduras de hojas como las lechugas y la col rizada.

En un sistema típica, los tanques de pez están en el nivel más alto en términos de nivel del agua. El agua baja de los tanques, a él/los clarificador(es), al biofiltro, al tanque de aeración suplementar, al tanque de crecimiento (Figura 13).

La adición de base se localiza en o cerca de la bomba de regreso al fin de los tanques de cultura, que es el nivel más bajo del sistema. Una bomba de agua se necesita para empujar el agua hasta el tanque de peces. Normalmente es la única bomba de agua necesaria en un sistema de acuaponía, aunque los sistemas de transporte aéreo (airlift) no necesitan una bomba. Los sistemas de transporte aéreo utilizan un ventilador que suministra aire a los peces y la plantas para regresar el agua a los tanques de pez. Cuando este comprando una bomba de agua, recuerde que la calificación de flujo es para el esfuerzo horizontal. Si la bomba necesita mover el agua verticalmente, la calificación de la bomba baja significativamente. Por ejemplo, una bomba tiene calificación de 500 gph puede mover el agua en una elevación de 3 pies con esfuerzo de solo 300 gph. Por esto es que las bombas tienen un gráfico de caudal en galones por hora versus altura. Cuando escoge una bomba de agua, seleccione una que puede circular el volumen entero de agua en el sistema a lo mínimo de 3 veces por día. Por ejemplo, en un sistema de 1000 galones de agua total, y un esfuerzo de bomba de 500gph empujando 300gph a un nivel de 3 pies, usted puede tener una rotación completa cada 3.3 horas, o 7.2 veces por día.



Figura 13. Flujo de agua en cascada de las peceras a los bebederos (no mostrados).

Una bomba de aire, o ventilador, es la única otra parte que utiliza electricidad. La bomba de aire debe estar conectada por tubería de presión a las piedras difusoras localizadas al fondo del tanque de los peces y de crecimiento.

Un componente final, que no se considera típicamente en la construcción de un sistema de hidroponía pero que es te suma importancia en un generador de reserva. En caso de un apagón, las raíces de las plantas pueden sobrevivir por 12- 24 horas sin daño considerable. Pero, los peces se pueden sofocar en tan poco que 30 minutos a 4 horas dependiendo de la carga ganadera después del apagón.

En sumisión, la acuaponía ofrece muchas ventajas el propietario de casa o productor comercial. La acuaponía tiene dos propósitos, la producción de alimentos para plantas y peces. Las plantas en

sistemas de acuaponía tunden crecer más rápido que en los campos abiertos y utilizan 10% del agua necesaria. Lo más importante es que acuaponía produce hortalizas saludables que no se han tratados con pesticidas químicos o con fertilizantes inorgánicos. La acuaponía no es restringida a las operaciones



Figura 14. Sistema de patio usando barriles como camas de crecimiento (izquierda) y un sistema con

comerciales. Muchos dueños de casa disfrutan de un sistema casera para su propia diversión y consumo (Figura 14).

**Crédito de la fotografía.**

Rex Byrns. Megan’s Gardens. Victoria, TX

Adam Cohen. Green Phoenix Farms. [www.greenphoenixfarms.com](http://www.greenphoenixfarms.com)

Jack Ikard. Aquasprouts Co. [www.aquasprouts.com](http://www.aquasprouts.com)

John Jifon. Associate Professor. Texas A&M Weslaco Research and Extension Center.

Clint Kripki. Mercury Weather LLC. [www.emeraldaquaponicfarm.com](http://www.emeraldaquaponicfarm.com)

Daniel Leskovar. Resident Director and Professor. Texas A&M Uvalde Research and Extension Center.

Joe Masabni. Extension Small-Acreage Vegetable Specialist. Texas A&M Overton Research and Extension Center.