



Foto Flickr

LA ACUAPONÍA: UNA ALTERNATIVA ORIENTADA AL DESARROLLO SOSTENIBLE

AQUAPONICS: AN ALTERNATIVE FOCUSED ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Diego Ramirez¹, Daniel Sabogal¹

Pedro Jiménez Ph.D.²

Hernán Hurtado Giraldo Ph.D.^{3,4}

1 Estudiante Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar "Nueva Granada"
2 Docente Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar "Nueva Granada"
3 Docente Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar "Nueva Granada"
4 Autor para correspondencia: hhurtado@umng.edu.co

RESUMEN

En este trabajo se presentan los fundamentos de la acuaponía, considerada como la fusión de la acuicultura con la hidroponía. Se explican los principales tipos de sistemas acuapónicos, y se discute sobre las ventajas y desventajas de la acuaponía, especialmente considerada como una alternativa más "amigable" con el ambiente, en términos de utilización de recursos (especialmente el agua y la tierra), y en términos de la obligatoriedad de producción limpia en los sistemas acuapónicos.

Palabras claves: producción limpia, agricultura integral, acuicultura, hidroponía

ABSTRACT

In this paper, the main characteristics of aquaponics, considered as a fusion between aquaculture and hydroponics, are presented. Main types of aquaponic systems are explained, and advantages and disadvantages of aquaponics are discussed, in the frame of environmentally "friendly" alternatives, in terms of use of resources (land and water), and "clean" production in these systems.

Keywords: clean production, integral agriculture, aquaculture, hydroponics

INTRODUCCIÓN

Consideraciones generales

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 (Malcolm, 2005; Parker, 2002). 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 (Nelson, 2007; Parker, 2002; Van Gorder, 2000). 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 (Rakocy, comunicación personal).

En términos generales un sistema acuapónico consta de los siguientes elementos (Nelson, 2007) (Figura 1): tanque de peces (u otros organismos acuáticos), clarificador (o filtro de sólidos), desgasificador, biofiltro, cama(s) de crecimiento para plantas, sifón, sistemas de bombeo de agua y sistemas de aireación. Estos elementos se conectan de tal forma que el agua rica en nutrientes pasa del tanque de peces al clarificador, donde se eliminan la mayor parte de partículas disueltas, tanto grandes como pequeñas. Otra posible función del clarificador es servir como receptáculo para la adición de elementos tales como hidróxido de calcio, hidróxido de potasio, y quelatos de hierro, que sirven para mantener un pH cercano a 7, e incrementar la concentración de potasio y hierro, ya que en general los sistemas acuapónicos son deficientes en estos elementos (Lennard, 2004). Del clarificador se pasa al biofiltro, el cual tiene una gran superficie que le permite alojar una gran cantidad de bacterias (género *Nitrosomonas*. Rakocy, 2005),

que convierten el amonio en nitrito, y otras (género *Nitrobacter*. Rakocy, 2005, que convierten el nitrito en nitrato. (Se pueden adicionar cepas de bacterias nitrificantes comerciales con el fin acelerar la conversión de nitritos a nitratos y favorecer el aumento de estas bacterias en el sistema). Estas conversiones son vitales, ya que tanto el amonio como el nitrito son altamente tóxicos para los peces, incluso a concentraciones muy bajas, mientras que el nitrato solo lo es a concentraciones bastante altas. A continuación el líquido pasa a las camas de crecimiento que pueden tener grava, ser de tipo NTF, e incluso pueden ser camas flotantes (ver adelante). En estas camas se siembran las plantas, ya sea como semilla, o luego de un período variable de crecimiento en algún tipo de semillero. El agua puede ser enviada directamente de regreso al tanque de peces, o pasar primero por un sifón que colecta el agua proveniente de todas las camas de crecimiento, para luego ser llevada nuevamente al tanque de peces y reiniciar el ciclo. La conducción de agua se realiza utilizando tubería, que generalmente es de PVC, en la cual se incluyen válvulas que permitan aislar diferentes componentes del sistema para efectos de lavado. Adicionalmente es clave el mantenimiento de una buena aireación ya que todos los componentes biológicos del sistema requieren de un buen suministro de oxígeno: los peces de forma permanente, lo mismo que las bacterias, y las plantas en la noche cuando no llevan a cabo la fotosíntesis. La falta de aireación puede ocasionar una disminución del pH, y esta disminución puede generar estrés en los peces causándoles la muerte y si hay plantas sembradas también puede ocasionar un estrés en ellas.

Uno de los condicionantes más importantes en los sistemas acuapónicos es la dependencia de la energía (generalmente eléctrica) tanto para la aireación como para el flujo de agua. Esto puede ser un problema en regiones en las cuales el suministro de electricidad no existe, o es muy irregular. Esto es clave, ya que una interrupción del bombeo por períodos cortos, puede llevar (dependiendo de la densidad de peces) a un colapso total del sistema. Siempre debe tenerse una alternativa para estos casos (plantas eléctricas, bombas de gasolina, etc.). Una alternativa para ahorrar electricidad es la utilización de temporizadores que detienen el ciclo por algunos minutos cada cierto tiempo; esta puede ser una alternativa siempre y cuando en la noche existan bajas o nulas interrupciones de la circulación y bombeo del agua, ya que las plantas realizan respiración celular y pueden agotar rápidamente el oxígeno disuelto en el agua, generando a su vez alteraciones en el pH. (Malcom, 2005). Otra alternativa supremamente interesante, aunque inicialmente costosa es la acuaponía fotovoltaica. A ese respecto el reporte de Ostrye (2004) es bastante ilustrativo. Se utiliza un sistema "patio de atrás" con un tanque de peces de 500 galones, dos camas de crecimiento de 1.2mx2.4m y energía solar, para el bombeo, que proviene de dos paneles fotovoltaicos de 75 watts y 12 voltios c/u. Estos paneles se conectan a un banco de cuatro baterías de 46 voltios c/u, con un controlador de carga de 10 amperios. La bomba que lleva el agua desde el sifón hasta el tanque de peces es de 12 voltios y el sistema incluye un ventilador también de 12 voltios, para mejorar la circulación de aire en el invernadero. La bomba de agua que lleva el fluido desde el tanque de peces hasta las camas de crecimiento es una bomba

de ½ caballos y 115 voltios, por lo cual se incluye un inversor DC-AC conectado al banco de baterías. Incluso se puede trabajar con bombas DC, eliminando la necesidad del inversor.

Es importante que a la hora de planear este tipo de sistemas, se busque una recirculación con el mínimo de energía, la manera más fácil es utilizando la gravedad, ubicando el primer tanque, el cual contiene los peces, a una altura mayor a la del clarificador y degasificador y estos a su vez, más altos que las camas de crecimiento de plantas, para que finalmente una sola bomba pueda retornar el agua hacia el tanque de peces, ahorrando una buena cantidad de energía en el proceso.

DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO

En términos generales los sistemas acuapónicos utilizan principalmente tres tipos de camas de crecimiento para las plantas: sistemas flotantes, técnicas de película de nutrientes (Nutrient Film Technique), y camas de grava.

Una tabla comparativa permite ilustrar algunas ventajas y desventajas de estos sistemas (Harmon, 2003)

Daremos algunos ejemplos para ilustrar estos tres tipos de sistemas.

El sistema UVI de camas de crecimiento flotantes

La Universidad de las Islas Vírgenes, a llevado a cabo muchos trabajos para desarrollar la acuaponía a cielo abierto (Wilson, 2005^a; Rakocy, 2005b; Rakocy, 2006). El grupo liderado por el doctor James Rakocy a montado entre otros sistemas, el conocido como granja de entrenamiento que ocupa un área de alrededor de 500 m², con un área para el crecimiento de las plantas de unos 214 m², y un volumen de agua para todo el sistema de unos 110 m³ de agua. El aporte de alimento (concentrado para peces) es del orden de 60-100 g/m² de camas de crecimiento de plantas/día. Este sistema de entrenamiento consta de los elementos clásicos ya citados, que en detalle para este caso son:

- Cuatro tanques para peces, de 7800 litros c/u, con un tamaño de ___
- Dos clarificadores, de 3.8 m³ c/u
- Cuatro filtros, cada uno de 0.7 m³
- Un tanque para eliminación de gases de 0.7 m³, para eliminación de CO₂, N₂, metano y sulfuro de hidrógeno. Rakocy, 2005)

Sistema	Ventajas	Desventajas
NTF	Fácil de instalar Fácilmente expandible Comparativamente poco mantenimiento	La concentración de oxígeno y nutrientes se reduce al alejarse del tanque de peces el agua con los nutrientes
Camas flotantes	Fácil de operar Bueno para sistemas grandes	Los costos iniciales de instalación son altos, a menos que se estén reconviertiendo estructuras existentes como grandes tanques, o raceways
Camas en grava	Sirven como filtros biológicos y mecánicos Dan soporte a las raíces	En casos de alta carga de partículas orgánicas, las camas pueden taparse y generar ambientes anaerobios Generalmente se usa para sistemas muy pequeños (acuaponía casera)

- Seis camas de crecimiento (sistema flotante), de 11.3 m³ c/u
- Un sifón de 0.6 m³
- Un tanque para añadir soluciones (CaOH, KOH) y así regular el pH de 0.2 m³
- Sistemas de aireación conectados a difusores (22 difusores de 6 pulgadas en cada tanque de peces, y 144 en cada cama de crecimiento). Estos sistemas son operados por dos turbinas de aire (1 y 1.5 caballos de fuerza)
- Una bomba de agua con un flujo de 378 litros/minuto

Las bacterias nitrificantes se establecen en aproximadamente un mes, tiempo en el cual debe monitorearse el sistema con frecuencia. Es importante señalar que mientras no se estabilicen, la producción de nitrato es baja y pueden sufrir las plantas (Racocy, 2004)

En este sistema se plantean como ventajas los siguientes aspectos:

- Se puede cambiar el tamaño de los tanques, siempre y cuando se mantenga una buena relación biomasa de peces/plantas sembradas, Según James Rakocy (comunicación personal 2007), la proporción ideal para sistemas de balsa debe ser de 60 a 100g de comida para los peces por cada metro cuadrado de área destinada al crecimiento de plantas
- No se cubren las raíces con desechos orgánicos, ya que los clarificadores y los filtros los eliminan
- Ya que las camas de crecimiento son flotantes y de color claro, el agua en estas camas no sufre incrementos demasiado fuertes de la temperatura
- La cosecha, tanto de peces como de plantas es muy fácil de llevar a cabo
- Se puede generar un sistema escalonado, con

el fin de mantener una cosecha permanente a lo largo del año

- La cantidad de agua que debe añadirse diariamente es poco, alrededor de un 1.5% del volumen total

Se han descrito algunas desventajas como:

- Fuerte tendencia a la disminución del pH. Para resolver este problema se añade al sistema hidróxido de calcio e hidróxido de potasio, subiendo el pH hasta 7 (Racocy, 2004).
- Costo inicial de montaje del sistema
- Dependencia de una fuente de energía eléctrica
- Vulnerabilidad de las raíces a algunos organismos como caracoles, y zooplancton
- Necesidad de un nivel de capacitación mayor para la utilización de estos sistemas.

En el sistema desarrollado por la UVI, se utiliza preferencialmente la tilapia (nilótica o roja). En cuanto a las plantas, se han realizado ensayos con lechuga, orégano, albahaca, menta, tomate, y otras.

Variantes de este sistema se están utilizando en varios sitios, como por ejemplo en la Universidad de Guadalajara, México, en donde trabaja una planta piloto con un solo tanque de peces, añadiendo una laguna de oxidación e integrando tanques para el cultivo de cangrejo rojo (*Cherax quadricarinatus*) (Ramos, 2006)

Sistema NFT

El sistema NFT (del inglés Nutrient Film Technique) es un método que se utiliza de forma corriente en hidroponía. En este sistema las raíces de las plantas se mantienen en contacto con una muy delgada película de agua que contiene los nutrientes. La adaptación de este

sistema a la acuaponía implica tener en cuenta el efecto de la utilización de esa delgada capa de agua. Esto lleva a necesitar de un sistema de clarificación mucho más estricto ya que las partículas pueden taponar los canales y cubrir muy fácilmente las raíces, impidiendo la absorción de los nutrientes. Esto se logra incluyendo en el sistema un filtro de tambor, que remueva de forma bastante eficiente dichas partículas. Otra diferencia es que las camas de crecimiento ocupan un volumen menor y son más livianas. Finalmente una gran ventaja de este sistema es el hecho que los productores que trabajan ya en hidroponía utilizando técnica NFT, puede muy fácilmente pasarse a acuaponía, con una inversión bastante baja (Nelson, 2006). Por ejemplo en el caso de la lechuga, se realiza una germinación inicial, se llevan las plantas a los 14 días a los canales NTF, de manera que las raíces queden sumergidas en la película de solución proveniente del tanque de peces (Harmon, 2003).

Por ejemplo, el pequeño sistema NFT del Epcot center incluye los siguientes elementos:

- Un tanque de peces de 1975 litros
- Un filtro de 2 pies cubicos
- Esterilizadores UV de 80 watts
- Canales NFT (17)
- Bomba para el agua

En este sistema se cultivan pez gato del canal (*Ictalurus punctatus*) y lechuga (variedad capitata). El flujo de agua se trabaja a 75-95 l/minuto. En cada canal NTF se colocan 11 plantas, con un flujo por canal de aproximadamente 350 mls/minuto (Harmon, 2003). Los peces se alimentan con truchina al 38% de proteína, a una taza de 1.34 g/planta/día (menor que la recomendada por la UVI). En este sistema también

se añade hidróxido de calcio, hidroxido de potasio, y quelatos de hierro (2 mg/l de hierro). El crecimiento de las plantas se reporta similar al de un sistema hidropónico (Harmon 2003).

Sistemas con camas de grava

Estos sistemas son similares a los de cama flotante, solo que las plantas se siembran en grava. Pueden ser de flujo continuo o discontinuo (Lennard y Leonard, 2004).

Mantenimiento

Para la manutención del sistema, de sus componentes y del funcionamiento general del mismo, es necesario tener algunas recomendaciones presentes (TImmons, 2002):

- Es necesario realizar chequeos semanales del comportamiento de los factores fisicoquímicos en especial el pH y los compuestos nitrogenados presentes en el agua. Esto se puede realizar a partir de la utilización de kit de fisicoquímicos, fácilmente adquiridos en tiendas especializadas en peces. Por otro lado el control de la oxigenación es fundamental, para controlar este factor, se puede utilizar un oxímetro, pero si se carece de uno, existen ciertas pistas que pueden ayudar a definir si existe una buena oxigenación en el agua del sistema: si los peces suben a la superficie y toman bocanadas de aire, se asume que hay una oxigenación deficiente, así como si a la hora de alimentar a los peces, estos no ingieren la comida, o no existe ningún interés de ellos hacia el alimento.
- Las tuberías deben revisarse y repararse en caso de poseer bloqueos, la periodicidad es dependiente de la utilización de las mismas, es necesario a la hora de la planeación del sistema, tener en cuenta la ubicación de válvulas

y de zonas que puedan ser desarmadas para poderles realizar un mantenimiento.

- En el caso de las bombas y oxigenadores, la principal actividad de mantenimiento es mantenerlos limpias las partes y en el caso de las bombas, mantenerlas libres de residuos que quedan atrapados dentro de los filtros.
- Dependiendo del tipo de sistema escogido, el mantenimiento en las camas de crecimiento de plantas puede ser muy sencillo o laborioso, por ejemplo en sistemas de camas flotantes el mantenimiento es muy poco comparado con sistemas con Camas de grava, donde es necesario revisar si la grava esta muy cargada de sedimentos y es necesario realizar una limpieza.
- También es necesario revisar constantemente si las plantas o los peces presentan síntomas de ataques de parásitos, o enfermedades, por esto es necesario que las personas que están a cargo de los sistemas, posean conocimientos de ambos organismos

PECES

Se pueden utilizar diversas especies de peces. Un principio básico, en términos de sostenibilidad, y hablando de peces para el consumo humano, es el tratar de usar especies herbívoras u omnívoras, y tratar de evitar las carnívoras. Una alternativa interesante desde el punto de vista comercial, es el uso de especies ornamentales de alto valor agregado, aunque aquí debe conjugarse también el lucro con la sostenibilidad

Tilapia

Es una de las especies preferidas en la acuaponía. Este pez tiene características que lo hacen

muy adecuado, para estos sistemas: carne de buen sabor, alevinos baratos, rápido crecimiento, buen nivel de desechos (que pueden generar buena cantidad de nitratos), resistencia tanto a bajas moderadas en la calidad del agua, como a fluctuaciones importantes de temperatura, buena aceptación en los mercados de muchos países, etc... (Nelson, 2004; Popma y Masser, 1999; Rosas, 2002; Van Gorder, 2000). Una característica particularmente interesante, cuando se piensa en los sistemas acuapónicos como herramientas para mejorar las condiciones alimenticias de poblaciones deprimidas, es su capacidad de utilizar alimentos que pueden obtenerse en una pequeña finca, tales como bore, azolla, arbol del pan, chachafruto y otros (Acero, 2002; Acero, 2005; Gómez y Acero, 2002; Ortiz, 2003). El crecimiento no es el mismo que utilizando concentrados, pero permite bajar los costos radicalmente. Adicionalmente, en Colombia existe mucha experiencia en tilapia de diversos tipos, tanto en cultivos tradicionales, como semi-intensivos e intensivos, lo cual hace aún más viable su utilización (De la Ossa y Botero, 2003).

Cachama blanca

Aunque no existen datos sobre la utilización de esta especie en sistemas acuapónicos, si se tiene algo sobre su cultivo en sistemas de recirculación (Trabajos UMNG). Teniendo en cuenta que es una especie autóctona, que en Colombia se cuenta con buena experiencia en su cultivo (Rosas, 2002, y que tiene buena aceptación en el mercado, se convierte en una alternativa que valdría la pena ensayar en acuaponía.

Koi

Este es un pez ornamental de gran aceptación en mercados internacionales, aunque no es muy

popular en Colombia. Ya se a cultivado en sistemas acuapónicos, con éxito (Racocy, 2003). Tiene la ventaja de mantenerse bien en aguas frías, por lo cual sería una alternativa interesante para la Sabana de Bogotá y regiones similares del país.

Goldfish

Los datos más concretos que tenemos sobre el uso de goldfish en sistemas acuapónicos, es el sistema-goldfish lechuga que se viene trabajando en la Facultad de Ciencias, Programa de Biología Aplicada de la Universidad Militar Nueva Granada. Los experimentos llevados a cabo hasta ahora han prescindido de la adición de CaOH, KOH, y quelatos de hierro. Bajo estas circunstancias, el ph se mantiene a niveles muy bajos (4-5), y las plantas presentan un crecimiento bastante pobre comparado con controles hidropónicos (Ramirez y Sabogal, comunicación personal). Aún falta optimizar la cantidad de peces, y también complementar el agua proveniente de los tanques de peces, con el fin de lograr crecimientos al menos semejantes a lo observado en la acuaponía.

Murray Cod

Es un pez nativo de Australia y se a experimentado mucho en ese país utilizando esta especie en sistemas acuapónicos. Puede llegar a tallas de hasta 1.8 m y pesar hasta 100 kg. Se comporta bien en sistemas de recirculación, tiene una tasa de crecimiento alta, y puede trabajarse a densidades de siembra relativamente elevadas. Sin embargo es más exigente en términos de proteína en la dieta que la Tilapia, lo cual lleva a un mayor costo. Esto a su vez, lleva a que una menor masa de peces, puede alimentar más plantas, ya que el mayor nivel de proteína, genera mayor cantidad de nitrato que el sistema

puede producir, suponiendo que cuenta con los biofiltros adecuados. En nuestro país, esta especie no se consigue, y seguramente nunca llegará, ya que se busca controlar la introducción de especies foraneas por los inconvenientes que puede causar su liberación al medio (Lennard, 2004)

El uso de invernaderos no es imprescindible en los sistemas acuapónicos, excepto en zonas en donde hay cambios de estaciones, para la protección de las plantas cultivadas contra insectos; también depende del tipo de planta que se esté cultivando, etc.

Sin embargo los tanques que contienen los peces, sí es aconsejable que estén cubiertos por un invernadero o por otro tipo de cubierta, que aseguren la máxima protección de los peces contra animales que los puedan cazar o plagas que los puedan estresar.

PLANTAS

En términos generales se deben preferir plantas verdes, cuya parte comercial no sea el fruto y que sean de ciclo corto. Esto es particularmente indicado para explotaciones comerciales, ya que debido a las características de los sistemas acuapónicos, no se puede aplicar ni insecticidas ni fungicidas químicos, ya que podrían matar a los peces. Esto no quiere decir que no se puedan obtener plantas de fruto como por ejemplo el tomate y el pimentón, pero requieren más tiempo y más cuidados.

Hasta el momento, las plantas que más se aconsejan para la acuaponía son las aromáticas tales como albahaca, menta, y orégano.

Albahaca

La albahaca es otra planta aromática que pertenece a la familia Lamiaceae, al igual que

la menta. A diferencia de la menta se reconoce una especie de albahaca: *Ocimum basilicum*. Esta es una hierba anual, que puede ser propagada por semilla o por estaca (Peter y Babu, 2004; Shylaja y Peter, 2004).

De la albahaca se consumen principalmente las hojas (Peter, 2001). Estas son consumidas frescas y secas, y ambas formas han sido utilizadas para la extracción de aceites esenciales. El principal componente de su aroma y sabor es el D-Linalool, como secundarios tenemos: Metilchavicol, linalool, y metil eugenol (Peter, 2001). La actividad de sus aceites esenciales, así como aplicaciones de hojas secas trituradas, sobre bacterias, hongos e insectos, respectivamente, ha sido evaluada resultando en inhibición del crecimiento de las bacterias *Aeromonas hydrophilla*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. aeruginosa*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Lactobacillus plantarum*, los hongos *Ascophæra apis*, *Aspergillus niger*, *Candida albicans*, y los insectos *Sitophilus granaricus*, *Callosobruchus maculatus* (Shylaja y Peter, 2004).

Como a otras hierbas aromáticas se le han atribuido propiedades medicinales, quizás la más impresionante es la de inhibir la agregación plaquetaria inducida por colágeno (Potty y Kumar, 2001). Sin dejar de lado las tradicionales tónico, antiséptico, estimulante y digestivo (Shylaja y Peter, 2004).

Respecto a su cultivo, en el sitio: <http://www.jardineriadigital.com/plantas/cultivo-de-albahaca.php> proponen (para cultivos en tierra) un requerimiento alto de humedad, pero sin tolerar encharcamientos, y el pH ideal está entre 5,5-6,5. Sus requerimientos de luz son variables, pues aunque prefiere lugares soleados

puede tolerar sitios ligeramente sombreados. Los climas fríos no son adecuados para este cultivo pues las hojas se ponen negras al entrar en contacto con la escarcha, por ello necesitan instalaciones que las protejan de las inclemencias del clima. El riego puede aplicarse tres veces por semana para plantas expuestas al sol, y semanalmente para aquellas que se encuentren a la sombra. Por último, se recomienda abonar antes de plantar las semillas con refuerzos empleando abono orgánico. El abonado con nitrógeno debe ser cuidadoso pues favorece la producción de hojas pero, en exceso, afecta su sabor.

Aún cuando es necesario permitir a la planta alcanzar una cierta altura para comenzar a cosechar las hojas, esta especie puede cosecharse varias veces al año. Esta práctica, además de resultar provechosa para la planta hace su cultivo altamente rentable, por los rendimientos por hectárea que ofrece. Adicionalmente, el producto cosechado puede ser comercializado fresco, seco, o su aceite esencial, lo cual permite flexibilidad en el manejo en el caso de tener material fresco en exceso.

En el sitio http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/aromatic_albahaca.htm se discute la rentabilidad basada en la proposición de sembrar 100.000 plantas. ha⁻¹, explotadas a un ritmo de 4 cortes al año, lo cual proponen debe permitir rendimientos de 15 Ton ha⁻¹ en fresco. Este material al ser deshidratado rendiría 8 Ton ha⁻¹ y casi 80 kg ha⁻¹ de aceite esencial. Este cálculo debe ser comparado con el propuesto en la página: http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/hor/ip_005.htm donde se proponen rendimientos de 25 a 29 ton ha⁻¹ de material fresco, mientras que en aceite esencial entre 2,4 y 8 kg

ha⁻¹, sin embargo debemos destacar que estas cifras no se compadecen con los rendimientos reportados en el sitio (0,02 a 0,07 % para plantas frescas y 1,0 a 1,5% para material seco).

En cualquier caso, parece bastante claro que estos rendimientos pueden mejorarse bajo las condiciones de acuaponía, lo cual haría muy atractiva la explotación de albahaca bajo este sistema para personas con poco terreno. De hecho, se reporta que una de las plantas que mayor éxito a mostrado en los cultivos acuapónicos es la albahaca, que presenta rápido crecimiento, elevada densidad de siembra (24 plantas/m²), y demanda de nutrientes relativamente baja (Nelson, 2005). Se pueden sembrar plántulas de dos semanas, y aproximadamente a las 5 semanas se pueden cortar partes de planta, y seguir cada 1-2 semanas, durante unos 2-3 meses. El rendimiento en sistemas tipo UVI se reporta como 23.4 kg/m²/año (Racocy, 2004).

La menta

La menta, es posiblemente la especie más representativa de la familia botánica Lamiaceae, donde también ocurren muchas otras de las denominadas hierbas aromáticas, por ejemplo albahaca y orégano. Es una de las hierbas aromáticas más populares y utilizadas, debido a la facilidad de su cultivo, así como los múltiples usos que se le han dado (Shylaja y Peter, 2004).

La menta es una hierba perenne y, a pesar de su popularidad, el nombre ha sido utilizado para nombrar varias especies diferentes, entre ellas: *Mentha arvensis*, *M. citrata*, *M. piperita*, *M. spicata*, cada una de las cuales llega a tener usos particulares (Shylaja y Peter, 2004). Su sabor y aroma es debido a diferentes sustancias, dependiendo de la especie. En el caso de

la *M. spicata* tenemos la L-carvona como principal componente, y terpenos, carveol, y acetato de dihidrocarveol como secundarios. En el caso de *M. piperita*, el principal componente es el mentol, seguido de mentona, alfa y beta pineno y otros (Shylaja y Peter, 2004). Interesantemente, los alfa y beta pinenos han sido reconocidos como conservantes de alimentos (Tassou et al., 2004). En América del Sur, Argentina y Brasil han sido reportados como los mayores productores de *M. piperita*, y *M. spicata* (Shylaja y Peter, 2004).

Además de sus aplicaciones como aromáticas, los aceites esenciales de *M. piperita*, y *M. spicata* han sido probados por su actividad sobre insectos y sobre el crecimiento de algunas bacterias y hongos. Ha sido mostrado su efecto repelente sobre los insectos: *Sitophilus granarius*, *Drosophila melanogaster* y *Callosobruchus anales* y de inhibidor del crecimiento de las bacterias *Agrobacterium tumefaciens*, *Ralstonia solanacearum*, *Erwinia carotovora*, *Staphylococcus aureus*, y *Escherichia coli*, y de los hongos *Candida albicans*, *Aspergillus niger* y *A. ochraceus* (Shylaja y Peter, 2004; Tassou et al., 2004). Aún cuando la eficacia de los aceites esenciales resulta mayor en las pruebas *in vitro* que las pruebas *in vivo* o *in situ* (Tassou et al., 2004) esta propiedad abre posibilidades interesantes de uso en casos de producciones agrícolas orgánicas.

La producción de menta puede lograrse por los métodos tradicionales o utilizando métodos como la hidroponía o la acuaponía. En todos los casos, el crecimiento de la planta debe controlarse pues puede llegar a convertirse en una invasora agresiva (http://gardening.about.com/od/herbsspecificplants1/p/Growing_Mint.htm; <http://herbgardening.com/growingmint.htm>).

Se pueden utilizar diversas especies de peces. Un principio básico, en términos de sostenibilidad, y hablando de peces para el consumo humano, es el tratar de usar especies herbívoras u omnívoras, y tratar de evitar las carnívoras.

La menta puede propagarse por semilla o por esqueje (<http://www.planetnatural.com/site/xdpy/kb/growing-mint.html>), este último parece ser el más recomendable para la producción acuapónica pues permite un establecimiento rápido, y más homogéneo, de la plantación (http://gardening.about.com/od/herbsspecificplants1/p/Growing_Mint.htm).

Es un cultivo altamente rentable, sobre suelo se ha planteado que pueden sembrarse 100.000 plantas por hectárea las cuales, bajo un esquema de 4 cortes al año, deben permitir unos rendimientos de más de diez toneladas de hojas frescas or hectárea. En lo referente a los aceites esenciales, bajo las condiciones adecuadas de fertilización, deben rendir entre 25 y 75 k/ha/año (http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/aromatic_yerbabuena.htm)

Resulta casi evidente que la menta, o mentas, poseen un potencial muy interesante en las condiciones de Colombia, y que la explotación de sus características puede resultar en una actividad económica importante. Existen breves citas en la literatura que consideran esta planta como "ideal" para la acuaponía (Cuthbert, 2008).

El orégano

El orégano, es un nombre que se aplica a una gran cantidad de especies diferentes en el mundo (Bernath, 1996; Kokkini, 1996; Kintzios,

2004). En general parece haber acuerdo en que el nombre debe ser aplicado a las especies del género *Origanum*, el cual pertenece a la familia Lamiaceae (Kintzios, 2004). Es muy interesante revisar que otras familias poseen especies que también han recibido el nombre de orégano, por ejemplo: Verbenaceae (géneros *Lanata* and *Limpia*, de uso común en América hispano parlante), Rubiaceae, Scrophulariaceae, Apiaceae y Asteraceae, estas 4 últimas de menor importancia, sin embargo géneros de esas familias se encuentran con frecuencia como orégano (Bernath, 1996; Kokkini, 1996).

El orégano es una hierba perenne, caracterizada por tallos leñosos, hojas opuestas, pecioladas, y con pequeñas glándulas que contienen el aceite responsable por su característicos aroma y sabor (Kokkini, 1996). Estos aceites en general varían en composición y cantidad producida por especie y planta, así se pueden encontrar desde trazas hasta 8 ml/100 g de peso seco. Kokkini, 1996, resalta el hecho de que el patrón de variación de los aceites esenciales en una especie varía cuantitativa y cualitativamente dependiendo de factores como su distribución geográfica o el momento en el cual la planta fue cosechada. En cualquier caso, este es un género que ha sido extensamente estudiado y, aún cuando existen divergencias en cuanto a su composición en aceites esenciales, parece estar

claro que presenta principalmente carvacrol, timol, y compuestos de tipo p-cimeno y g-terpino, una mas exhaustiva lista de los productos naturales identificados en *Origanum* puede ser encontrada en Kintzios, 2004. Esto ha afectado los procesos de selección de materiales pues se han seleccionado aquellos materiales que contienen entre 0,5 y 1,5% de contenido oleoso, y este contenido posee como principales componentes el carvacol y el tmol (Kokkini, 1996).

En el sitio http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/aromatic_oregano.htm se propone una rentabilidad basada en la siembra a una densidad de 40.000 plantas. ha⁻¹, explotadas a 3 cortes por año, lo cual permitiría rendimientos de 15 Ton ha⁻¹ en fresco. Una vez deshidratado ese material rendiría 3 Ton ha⁻¹ y cerca de 150 kg ha⁻¹ de aceite esencial.

Considerando la utilización del orégano a nivel mundial, su producción con estos rendimientos, y considerando la relativa estabilidad climática de Colombia, se presenta como un cultivo promisorio para ser explotado con sistemas conservadores del agua y que ocupan poco terreno, como el acuapónico.

Otras plantas que se han utilizado en acuaponía son:

Lechuga

Es una de las plantas que más se han utilizado en sistemas acuapónicos, con bastante éxito si se mantienen adecuadamente los niveles de luz, pH, potasio y hierro requeridos por estas plantas (Rakocy, 2007)

Tomates

Aunque las plantas con fruto son más difíciles de obtener, si se puede cultivar tomate en estos

sistemas. El ciclo es más largo que en una lechuga o la albahaca, pero con la adición adecuada de quelatos de hierro, y un buen control de plagas, se puede tener una buena cosecha de tomates. Evidentemente este control debe ser biológico para no afectar a los peces (Rakocy, 2007)

Cohombro

Se han reportado pequeños ensayos utilizando cohombros, con buenos resultados en sistemas acuapónicos con camas de crecimiento en grava, y con tilapias como peces (León, 2004).

También se reportan cultivos de muchas otras especies, con variados niveles de éxito (Rokocy, 2007).

ES VIABLE LA ACUAPONÍA?

La revista Business Week en el número del 11 de Octubre de 2005, planteó "A medida que la población de Asia incrementa sus ingresos, la demanda global por proteínas está en via de sobrepasar la cantidad de comida necesaria para levantar todos los pollos y ganado vacuno que se necesitarán. Los peces son una mejor idea: necesitan menos comida para generar cada libra de carne. Sin embargo, debido a la falta de cooperación global, a menudo los peces son capturados hasta que quedan muy pocos para seguir manteniendo dichas capturas" (traducción del autor). Según dicha revista una solución es la acuicultura urbana, en la cual los mercados son cercanos y los costos de transporte son menores. Adicionalmente esta revista también predice que un elemento importante en el futuro será la idea de los techos verdes. Es interesante ver como una revista tan importante en el mundo de los negocios, le da tanta

importancia para el futuro a los dos elementos que unidos constituyen el corazón de la acuaponía (acuicultura e hidroponía) (Wilson, 2005). Otro aspecto a tener en cuenta es la extensión del concepto del follaje verde hidropónico (Pade, 2004). No se si existen ensayos de producción de forraje verde acuapónico, que resultaría en una alternativa para disminuir los costos y el impacto de producción de carne bovina, porcina o aviar. Existe otra razón para utilizar la acuaponía y es el de tratar de invertir o al menos mitigar el impacto de la acuicultura sobre las poblaciones naturales de peces. Para el año 2000 las estadísticas indicaban que el incremento de la acuicultura, se a logrado a expensas (en parte) de la reducción de dichas poblaciones naturales, y que esta tendencia podría llegar a ponerlas en peligro (Naylor et al, 2000). Aunque el impacto de la acuicultura en el ambiente es muy discutido, si se piensa que las especies carnívoras si generan un impacto importante. Varias propuestas se han planteado para solucionar estos problemas, y todas son aplicables a la acuaponía: utilizar peces principalmente herbívoros, disminuir el componente de harina de pescado en los concentrados, nuevamente buscando trabajar con herbívoros, utilizar sistemas integrados de producción, como por ejemplo los sistemas tilapia cachama, y mejor aún los acuapónicos (Wurts, 2000; Naylor et al, 2000)

Uno de aspectos más interesantes presentados en la Conferencia Internacional para cultivos sin suelo llevada a cabo en Singapore en el año 2005 (Wilson, 2005b) fue la comparación desde el punto de vista productivo, con la hidroponía. Un sistema acuapónico que no halla desarrollado completamente su población bacteriana, y por lo tanto sus capacidades de biofiltración no

sean las adecuadas, muestra una producción baja comparada con platas crecidas utilizando sistemas hidropónicos orgánicos. Sin embargo, si se deja el tiempo suficiente (en el caso reportado, unos seis meses), la acuaponía genera una producción mayor que la hidroponía. Un aspecto particularmente importante para nuestro país es el hecho que esta comparación se llevó a cabo bajo invernadero, lo cual podría aplicarse a regiones como la Sabana de Bogotá. Adicionalmente, experimentos llevados al aire libre durante varios años por el grupo del doctor Rakocy, de la Universidad de las Islas Vírgenes, muestran que la acuaponía bajo esas condiciones también muestra elevados niveles de productividad. No debe olvidarse que fuera de las plantas, en la acuaponía se genera otro producto (por ejemplo, los peces), que dependiendo de la especie empleada puede incrementar los ingresos que se perciben utilizando este sistema.

Uno de los países que muestra un gran interés en la acuaponía es Australia. El caso de la granja Minnamurra muestra cifras muy interesantes (Lennard, 2006): las proyecciones (relativamente conservadoras) indican que para una inversión de unos 30.000 dólares, se pueden obtener una ganancia en el primer año de alrededor de 20.000 dólares. Claro que en este caso se elimina parte de la inversión inicial ya que esta granja trabajaba anteriormente con sistemas de recirculación en acuicultura.

Otro país que esta invirtiendo en aquaponía es Canada. En este caso el Centro para la diversificación de cultivos en Alberta (Wilson, 2006a), donde se están realizando ensayos que han llevado a recomendar a los productores que utilizan sistemas hidropónicos a reconvertirse a la aquaponía. La investigación en esta área está

Foto Flickr



recibiendo apoyo estatal, con un proyecto de 6.6 millones de dólares. Es interesante señalar que en este proyecto se contará con la asesoría del doctor James Racocy, de la Universidad de las Islas Vírgenes, creador del sistema UVI de camas flotantes, y probablemente de algunas universidades australianas. Es decir que los países con mayor tradición en acuaponía están estableciendo redes de cooperación para acelerar el desarrollo de ésta (Wilson, 2006)

Es claro que la acuaponía como industria es aún muy joven. Las diferencias entre países ricos y pobres llevan a que en los primeros se plantean sistemas altamente complejos como invernaderos mecanizados controlados por computador, monitoreo de parámetros vitales, sistemas de aireación y bombeo muy refinados, elementos de construcción costosos, etc... Sin embargo, uno de los aspectos más interesantes de la acuaponía es el hecho de poder construir sistemas relativamente sencillos, a diferentes escalas, sin requerir

toda la parafernalia requerida por ejemplo en la acuicultura intensiva (en sistemas de recirculación), o la hidroponía de alto nivel (Pade, 2004)

IMPACTO DE LOS SISTEMAS ACUAPÓNICOS

Primero que todo debe partirse del hecho que la acuaponía constituye una práctica amigable con el ambiente ya que permite el reciclaje de desechos generados por los peces, y los utiliza para generar plantas, utilizando una cantidad comparativamente pequeña de agua, y produciendo muy pocos desechos (Rahman, 2005; Wilson, 2006b). Una comparación de gasto de agua hecho para el año 2006, mostró como la cantidad de agua utilizada en cultivos es ligeramente mayor en hidropónicos (600 litros para 100 dólares de lechuga) que en acuapónicos (500 litros para 100 dólares de lechuga), con la gran diferencia que en los sistemas acuapónicos se genera doble producto. Sin embargo

Un aspecto importante de la acuaponía (a futuro) es la posibilidad de generar al mismo tiempo peces y plantas orgánicos. Para esto se requiere reemplazar el concentrado que se utiliza normalmente en acuicultura, por alimentos de tipo orgánico.

debe aclararse que la cantidad de agua que utiliza un sistema acuapónico para producir un valorado de plantas y/o peces, puede variar dependiendo del tipo de peces y plantas que se utilizan. Por ejemplo, para Australia existen reportes según los cuales para el orégano se utilizan casi 180 litros de agua para 100 dólares de orégano) (Wilson, 2006b). Es decir que la acuaponía bien manejada se integra en la filosofía de la sostenibilidad. Adicionalmente, debido a la imposibilidad de utilizar fungicidas o insecticidas por el efecto nefasto que tendrían sobre los peces, la acuaponía lleva a la producción limpia e incluso orgánica si se utilizan elementos de esa naturaleza para alimentar a los peces. Esto incrementa la calidad de los alimentos producidos en estos sistemas (Lennard, 2004)

Existen varios ejemplos que indican como la acuaponía bien manejada, puede generar un impacto importante en la calidad de vida de los individuos y las comunidades. Los conceptos de la acuaponía urbana (patio de atrás, azotea, etc..) y de la "aldea" acuapónica son particularmente ilustrativos. En el caso de la acuaponía urbana,

estudios hechos en Canada, específicamente para la ciudad de Toronto, indican que el sistema de techos verdes podría tener impacto benéfico en la ciudad en términos de reducción de los costos de la energía, reducción de los niveles de dióxido de carbono y óxido nitroso (Wilson, 2006). En ese mismo sentido, un proyecto piloto en la Universidad Central de Queensland, en Australia, plantea utilizar la acuaponía de tejados, buscando entre otros efectos, la reducción de dióxido de carbono y metano, reducción de la temperatura en la ciudad llevando a una disminución del consumo de energía en refrigeración, reducción de los costos del transporte de comida, reducción de la epidemia de la obesidad, reducción de la dependencia de la pesca de especies de peces del medio natural, creación de nuevas oportunidades de negocios (Wilson, 2006).

El caso del orfanato de Reynosa en México muestra como los sistemas acuapónicos permiten generar alimentos de buena calidad: tilapias y bananos. Un aspecto adicional muy importante en este caso es la utilización de lentejas de agua y de lechugas de agua dentro de los sistemas para generar parte del alimento de peces, disminuyendo así la cantidad de concentrado (costoso) para alimentar los animales (Range y Range, 2005)

Teniendo en cuenta la tendencia existente tanto en Estados Unidos como en algunos países europeos a buscar alimentos de tipo orgánico, otro aspecto importante de la acuaponía (a futuro) es la posibilidad de generar al mismo tiempo peces y plantas orgánicos. Para esto se requiere reemplazar el concentrado que se utiliza normalmente en acuicultura, por alimentos de tipo orgánico. Este es un desafío aun sin resolver completamente. Sin embargo ya se cuenta con algunos elementos interesantes en este

sentido: la utilización de lombrices de tierra como alimento de los peces, la utilización de algunas plantas que se pueden cultivar en condiciones limpias, tales como lentejas de agua, bore, árbol del pan, chachafruto, y similares, que pueden ser utilizadas por peces omnívoros como la tilapia, las carpas, y probablemente la cachama blanca (Acero, 2002; Acero, 2005; Gómez y Acero, 2002; Ortiz, 2003; Range y Range, 2006)

Algunas cifras publicadas para sistemas acuapónicos "patio de atrás" muestran niveles de producción muy interesantes. Esto implica necesariamente trabajar con sistemas escalonados, que permiten una producción continua (Nelson, 2003). Además, es importante decir que aunque en los sistemas acuapónicos el nivel de desechos es bajo, estos sin lugar a dudas se producen. Sin embargo, pueden utilizarse para fertilizar cultivos tradicionales, jardines, huertas, etc... (Racocy 2005)

Un desarrollo interesante en lo referente al impacto social de la acuaponía es el concepto de la "Aldea acuapónica", definido como un sistema acuapónico utilizado para proveer nutrición (peces y vegetales) a una comunidad, que vive en los alrededores del sitio donde se ubica el sistema (Pade, 2005). Una empresa acuapónica, localizada cerca, o incluso dentro de un pueblo, podría producir por ejemplo, peces y vegetales frescos, con posibilidad de producción continua, generando cosechas semanales, e inclusive producir flores (Wilson, 2005). En los países en vías de desarrollo, una preocupación que puede atravesarse en el camino hacia la acuaponía es el costo de la infraestructura, y los problemas de suministro de energía eléctrica. Una propuesta en ese sentido, y aplicable esencialmente a la acuaponía "patio de atrás", es la acuaponía de barril. Este sistema utiliza 3 tanques de plástico

de 55 galones, un área de crecimiento de plantas de 10.8 m², sifones, tubería de PVC, y una bomba de bajo consumo (Hugley, 2005)

LA ACUAPONÍA COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA

La acuicultura intensiva utilizando sistemas de recirculación ha sido utilizada como herramienta de educación: un sistema de este tipo puede utilizarse en diferentes áreas de las ciencias (Caldwell, 1998) En diversas escuelas en Estados Unidos, se están utilizando pequeños sistemas acuapónicos como herramientas para enseñar diferentes aspectos de la ciencia, tales como matemáticas, botánica, zoología, química, fisiología, ecología, economía, etc..., buscando incrementar el interés de los jóvenes en las carreras y actividades científicas (http://csip.cornell.edu/Curriculum_Resources/CEIRP/aquaponics.asp, Aldrich, 2006; Kinner, 2001; Wardlow et al, 2002). La interacción de los niños con seres vivos en sistemas pequeños, de fácil montaje, que requieren tomar mediciones de diferentes tipos, y conectar diferentes fenómenos que normalmente no son relacionados por ellos, lleva a una integración y mejor comprensión de algunos fenómenos (Nelson, 2004)

¿CÓMO PUEDE INFLUIR LA ACUAPONIA EN LA CULTURA Y DESARROLLO DE COLOMBIA?

La aplicación de este tipo de tecnologías en Colombia, puede tener resultados supremamente positivos, entre ellos se encuentra, la disminución en los costos de los alimentos, la mayor disponibilidad de los mismos y más aún en las zonas menos asequibles; y a las personas mas

afectadas por problemas como la desnutrición, ya sea en los campos o ciudades.

Actualmente se está desarrollando en el Jardín Botánico José Celestino Mutis de la ciudad de Bogotá el Proyecto de Agricultura Urbana: Sostenibilidad Ambiental Sin Indiferencia para Bogotá del Centro de Investigación y Desarrollo Científico (<http://www.jbb.gov.co/web/home.php?pag=section&id=27>), el cuál busca fomentar la producción de especies alimenticias, medicinales, agroindustriales y de jardinería de tipo orgánico, promoviendo el mejoramiento del hábitat y siendo desarrollado por los habitantes urbanos y suburbanos especialmente de estratos bajos que por lo general muestran dificultad para adquirir los alimentos debido a sus altos costos.

Si entidades gubernamentales, quisieran interesarse en promover la investigación de este tipo de sistemas, podrían hacer parte de programas como los desarrollados actualmente como "Bogota Sin Hambre" (en la ciudad de Bogota) o la tan mencionada "Agricultura Urbana". La idea de la agricultura urbana es enseñarle a la gente cómo de una forma sencilla se pueden establecer pequeños cultivos o huertas en las casas solucionando en parte los problemas de hambre y económicos que presentan a diario las familias con escasos o medianos recursos. Se ha demostrado que estos sistemas pueden llegar a ser fácilmente manejados, económicos y que pueden ser instalados hasta en el patio trasero de una casa, lo cual lo convierte en una herramienta útil en un país que según un informe del programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), un 13.6 % de la población (cerca de 6 millones de personas) sufren desnutrición crónica.

¿Cómo puede ayudar la acuaponía para solucionar en parte dicho problema alimenticio y económico? Mediante la capacitación a las personas sobre este tipo de sistema de cultivo, se podrían reunir familias que estuvieran dispuestas a desarrollar el sistema acuapónico y prestarles una completa asesoría en donde ellos pudieran verse beneficiados de los productos que están cultivando, ya sean tanto peces como plantas y posteriormente enseñarles que esa podría ser también una fuente de ingresos para cada una de sus familias.

Con este tipo de sistema de cultivo se estaría contribuyendo a resolver algunos de los problemas sociales que presentan las personas de bajos recursos que son: primero solución a los problemas alimentarios y segundo obtener una fuente de empleo para solventar en parte los problemas económicos.

Para conocer más

Algunos sitios útiles para profundizar en esta tecnología son:

www.aquaponics.com (página web donde se encuentran enlaces hacia la revista aquaponics journal <http://rps.uvi.edu/AES/Aquaculture/aquaponics.html> (pagina web de acuaponía de la Universidad de las Islas Vírgenes. Contiene un enlace que lleva a la página de los cursos cortos en acuaponía ofrecidos por el doctor James Racocy y sus colaboradores de esta universidad.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Acero LE. Guía para el cultivo y aprovechamiento del Chachafruto o Balú *Erythrina edulis* Triana ex Micheli

- 2- Acero LE. Guía para el cultivo y aprovechamiento del árbol del pan *Artocarpus altilis* (Park.) Fosberg. Convenio Andrés Bello, Serie Ciencia y Tecnología. Bogotá, Colombia
- 3- Aldrich D. 2006. Class plunges into aquaponics; Greenwood High School grows tomato plants in waste from fish tank. The Patriot-News. December 13, pg W.01
- 4- Bernath, J. 1996. Some scientific and practical aspects of production and utilisation of oregano in central Europe. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano CIHEAM, Padulosi, S. (ed.) Italy.
- 5- Caldwell J. 1998. Why use aquaculture as an educational tool? The Conservation Fund.
- 5- Gómez ME, Acero LE. 2002. Guía para el cultivo y aprovechamiento del Bore *Alocasia macrorrhiza* (Linneo) Schott. Convenio Andrés Bello. Serie Ciencia y Tecnología. Bogotá, Colombia
- 6- Cuthberg K. 2008. A South African system. Backyard Aquaponics, Número 2: 5-9. Segundo trimestre.
- 7- De la Ossa J, Botero LM. 2003. Guía para la cría, manejo y aprovechamiento sostenible de algunas especies animales promisorias y otras domésticas. Convenio Andrés Bello, Serie Ciencia y Tecnología. Bogotá, Colombia
- 8- Harmon T. 2003. NFT aquaponic systems: a closer look. Aquaponics Journal. Número 31:8-11, cuarto trimestre
- 9- Hugley T. 2005. Aquaponics for developing countries. Aquaponics Journal. Número 38:16-18, tercer trimestre
- 10- Kinner DL. 2001. Students at Ferdinanda Beach High study interaction of fish and plants to help them in... Learning life lessons Ferninada Beach: aquaponics project lets students cultivate tilapia and plants. Florida Times Union, March 3, pg 1
- 11- Kintzios SE. 2004. Oregano. In: Handbook of herbs and species. Vol. 2. Peter K.V. (ed). Woohhead Publishing in Food Science and Technology. England
- 12- Kokkini S. 1996. Taxonomy, diversity and distribution of *Origanum* species. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano CIHEAM, Padulosi, S. (ed.) Italy.
- 11- Lennard WA. 2004. Aquaponics research ar RMIT university, Melbourne Australia. Aquaponics Journal. Número 35:18-24, cuarto trimestre
- 12- Lennard WA, Leonard BV. 2004. A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. Aquaculture International 12:539-553
- 13- Lennard WA. 2006. Minnamurra Aquaponics. A commercial aquaponic farm in Victoria, Australia. Aquaponics Journal. Número 40:22-25, primer trimestre
- 14- León C. 2004. Aquaponics Journal. Número 34:20-21, tercer trimestre
- 15- Malcolm J. 2005. Backyard aquaponics. A guide to building an aquaponic system. Joel Malcolm, Western Australia
- 16- Naylor RL, Goldberg RJ, Primavera JH, Kautsky N, Beveridge MC, Clay J, Folke C, Lubchenco J, Mooney H, Troell M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature. 405:1017-1024

- 17- Nelson RL. 2003. Build a backyard float system. *Aquaponics Journal*. Número 33:24-30, cuarto trimestre.
- 18- Nelson RL. 2004. Tilapia. Fast growing, hardy and tasty. *Aquaponics Journal*. Número 35:16-17, cuarto trimestre.
- 19- Nelson RL. 2005. Basil. A hardy and profitable crop for aquaponic farming. *Aquaponics Journal*. Número 39:24-25, cuarto trimestre.
- 20- Nelson RL, Pade JS. 2006. Nutrient film technique acuaponics. *Aquaponics Journal*. Número 42:18-21, tercer trimestre.
- 21- Nelson RL. 2007. Acuaponía. Nelson/Pade Multimedia. Montillo, WI. USA.
- 22- Ortiz CD. 2003. Guía para alimentación animal y elaboración de concentrados. Convenio Andrés Bello, Serie Ciencia y Tecnología. Bogotá Colombia.
- 23- Ostrye M. 2004. Photovoltaic aquaponics. *Aquaponics Journal*. Número 33:13-17, Segundo trimestre.
- 24- Pade J. 2004. Hydroponic green forage. *Aquaponics Journal*. Número 33:18-19, segundo trimestre.
- 25- Pade J. 2004. As I see it. *Aquaponics... an industry on its own*. *Aquaponics Journal*. Número 34:42-43, tercer trimestre.
- 25- Pade JS. 2005. Village acuaponics. *Aquaponics Journal*. Número 37:44-45, segundo trimestre.
- 26- Parker R. 2002. *Aquaculture science*. Second edition. Delmar. Albany, NY. USA
- Peter K V. 2001. Introduction. In: *Handbook of herbs and species Vol 1*. Peter K.V. (ed). Woohhead Publishing in Food Science and Technology. England.
 - Peter KV, Babu K. 2004. Introduction. In: *Handbook of herbs and species Vol 2*. Peter K.V. (ed). Woohhead Publishing in Food Science and Technology. England.
- Popma T, Masser M. 1999. *Tilapia. Life history and biology*. SRAC Publication No. 283.
- Potty SN, Kumar KK. 2001. Majoran. In: *Handbook of herbs and species Vol 1*. Peter K.V. (ed). Woohhead Publishing in Food Science and Technology. England.
- 27- Racocy J. 2003. Questions and Answers. *Aquaponics Journal*. Número 31:32-34, cuarto trimestre
- 28- Racocy J. 2004. Questions and Answers. *Aquaponics Journal*. Número 32: 27-29, primer trimestre
- 29- Racocy J. 2004. Questions and Answers. *Aquaponics Journal*. Número 34:28-30, tercer trimestre
- 30- Racocy J. 2005. Questions and Answers. *Aquaponics Journal*. Número 36:8-11, Primer trimestre
- 31- Racocy J. 2005 Questions and Answers. *Aquaponics Journal*. Número 39:10-12, cuarto trimestre
- 32- Racocy J. 2005. Questions and Answers. *Aquaponics Journal*. Número 37:8-10, Segundo trimestre
- 33- Racocy J. 2006. Questions and Answers. *Aquaponics Journal*. Número 41:8-11, Segundo trimestre
- 34- Rahman MF. 2005. As I see it. Futuristic environment-friendly technologies for growing plants. *Aquaponics Journal*. Número 39:44-45. cuarto trimestre.
- 35- Ramos CL. 2006. *Acuaponics Guadalajara*. *Aquaponics Journal*. Número 40:12-13, primer trimestre.
- 36- Range P, Range B. 2005. *Aquaponics helps to feed students, staff at orphanage in Reynosa, Mexico*. *Aquaponics Journal*. Número 39:18-19, cuarto trimestre

37- Range P, Range B. 2006. Homemade and alternative fish feed. *Aquaponics Journal*. Número 40:18-20, primer trimestre

38- Rosas A. 2002. *Granja Integral Dimensional*. Rojas Eberhard Editores. Bogotá, Colombia.

- Shylaja MR, Peter KV. 2004 .The functional role of herbal species. In: *Handbook of herbs and species*. Vol. 2. Peter K.V. (ed). Woohed Publishing in Food Science and Technology. England

- Tassou CC, Nychas GJE, Skandamis P. N. 2004. Herbs and species and antimicrobials. In: *Handbook of herbs and species*. Vol. 2. Peter K.V. (ed). Woohed Publishing in Food Science and Technology. England

39- Van Gorder SD. 2000. *Small scale aquaculture*. The Alternative Aquaculture Association. Breinigsville, PA, USA

40- Wardlow GW, Johnson DM, Mueller CL, Hilgenberg CE. 2002. Enhancing student interest in the agricultural sciences through aquaponics. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, 31:55-59.

41- Wilson G. 2005a. As I see it. *Business Week* backs urban fish farms, rooftop gardens, but misses the aquaponics connection. *Aquaponics Journal*. Número 36:43, primer trimestre

42- Wilson G. 2005b. UVI presents aquaponics at soilles conference in Singapore. *Aquaponics Journal*. Número 39:20-23, cuarto trimestre

43- Wilson G. 2005c. Greenhouse aquaponics proves superior to inorganic hydroponics. *Aquaponics Journal*. Numero 39:14-17, 4th Quarter

44- Wilson G. 2005d. An aquaponic investmente in

every small town?. *Aquaponics Journal*. Número 38:4243, tercer trimestre

45- Wilson G. 2006a. Canadian R&D should inspire hydroponic growers to convert to aquaponics. *Aquaponics Journal*. Número 40:26-28, primer trimestre

46- Wilson G. 2006b. Aquaponics miserly water use. *Aquaponics Journal*. Número 40:14-17

47- Wilson G. 2006c. Brisbane's rooftop aquaponics will recycle urban food wastes. *Aquaponics Journal*. Número 41:20-26, segundo trimestre

48- Wilson G. 2006d. Canada invests further in aquaponics R&D. *Aquaponics Journal*. Número 42:30-31, tercer trimester

49- Wurts AW. 2000. Sustainable aquaculture in the twenty-first century. *Rev. Fish. Sci.* 8:141-150

CONSULTA VIRTUAL

http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/aromatic_albahaca.htm

http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/aromatic_oregano.htm

http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/aromatic_yerbabuena.htm

<http://www.planetnatural.com/site/xdpy/kb/growing-mint.html>

http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/hor/ip_005.htm

http://gardening.about.com/od/herbsspecificplants1/p/Growing_Mint.htm;

<http://herbgardening.com/growingmint.htm>

