



**PRODUCCION HIDROPÓNICA Y ACUAPÓNICA DE ALBAHACA
(*Ocimum basilicum*) Y LANGOSTINO MALAYO (*Macrobrachium
rosenbergii*)**

**[HYDROPONIC AND AQUAPONIC PRODUCTION OF SWEET BASIL
(*Ocimum basilicum*) AND GIANT RIVER PRAWN (*Macrobrachium
rosenbergii*)]**

**Marisol Ronzón-Ortega, Martha Patricia Hernández-Vergara* y Carlos
Iván Pérez-Rostro**

*Instituto Tecnológico de Boca del Río, División de Estudios de Posgrado e
Investigación. Laboratorio de Crustáceos Nativos. Km. 12 Carr. Veracruz-
Córdoba, CP. 94290, Boca del Río, Veracruz, México.*

**Autor para correspondencia: mphv1@yahoo.com.mx*

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia productiva del cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum*) en un sistema hidropónico (SH) vs. un sistema acuapónico (SA) asociado al cultivo semiintensivo de postlarvas de langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*). La producción de albahaca se realizó en dos tanques rectangulares de geomembrana plástica (4.0 m largo x 0.80 m ancho y 0.30 m alto), divididos en dos secciones; en la primera las plántulas se fijaron sobre un sustrato de arena sílica y tezontle, y en la segunda se sembraron en contenedores plásticos usando el mismo sustrato. Las plantas del SA obtuvieron sus nutrientes a partir de metabolitos derivados del cultivo de 800 postlarvas de langostino en dos tanques circulares de 25 m³ (16 organismos m⁻²) (Estanque 1: peso inicial 0.13 g, Estanque 2: 2.19 g), mientras que en el SH se usó una solución nutritiva comercial (1.5 g/L). Las plantas del SH tuvieron inicialmente mayor supervivencia (90%), altura y número de hojas por planta ($p < 0.05$), en comparación con las del SA, que tuvieron supervivencia del 25%. Sin embargo, las plantas del SA mejoraron su crecimiento al incrementarse la biomasa de langostinos en los estanques y la consecuente producción de metabolitos. En conclusión, es factible el cultivo de albahaca asociado con cultivo de langostino en un sistema de recirculación, donde además se mejora la calidad del agua de los estanques a partir de la absorción de metabolitos nitrogenados por las plantas.

Palabras clave: Sustentabilidad; acuaponia; albahaca; langostino, cultivo intensivo.

INTRODUCCIÓN

La acuaponia es la combinación de dos sistemas de producción derivados de la acuicultura y la hidroponía, que tiene como propósito principal generar

SUMMARY

The present study evaluated the production efficiency of basil (*Ocimum basilicum*) cultivation in a hydroponic system (SH) vs. an aquaponic system (SA) associated with the semi-intensive cultivation of Malaysian prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). The basil was cultivated in two plastic geomembrane rectangular tanks (4.0 m long x 0.80 m wide and 0.30 m high) that were divided in two sections: in the first section the seedlings were set on a substrate of silica sand and volcanic rock, and in the second section the seedlings were planted into plastic containers using the same substrate. The SA plants obtained their nutrients from the metabolites derived from the cultivation of 800 prawn postlarvae in two circular tanks of 25 m³ (16 organisms m⁻²) (Pond 1: initial weight 0.13 g, Pond 2: 2.19 g), whereas in the SH a commercial nutritive solution (1.5 g L) was used. The SH plants had initially higher survival rate (90%), height and number of leaves per plant ($p < 0.05$) compared to SA plants, which had a survival rate of 25%. However, the SA improved their growth as the biomass of prawns in the ponds increased with the resulting production of metabolites. In conclusion, it is feasible to cultivate basil associated with prawn farming in a recirculation system, where also the quality of the water in the ponds is improved as a result of the absorption of nitrogen metabolites by the plants.

Key words: sustainable; aquaponics; sweet basil; prawn, intensive cultivation.

alimento de alta calidad para consumo humano directo (Parker, 2002; Malcolm, 2005), y aprovechar los desechos de los organismos acuáticos previo a su descomposición bacteriana, para convertirlos en los nutrientes que requieren las plantas para su desarrollo.

La acuaponía tiene grandes beneficios sociales y ambientales, entre los que destacan el uso sustentable de los recursos energéticos asociados con la actividad, la disminución en los costos de operación por el transporte de agua, y la producción de vegetales y hortalizas a partir de prácticas acuícolas eficientes, rentables y amigables con el ambiente, debido a que no se utilizan fertilizantes químicos o insecticidas durante el cultivo (Bogash, 1997; Diver, 2006). Sin embargo, es importante considerar la cantidad de nutrientes que se producen en el sistema acuícola, dado que las plantas deben cubrir sus requerimientos a partir de las descargas, por lo que es necesario evaluar qué plantas pueden asociarse con los cultivos acuícolas de acuerdo con las condiciones climáticas, el tamaño de los sistemas, la biomasa en cultivo y la producción de nutrientes.

La albahaca (*Ocimum basilicum*) es una planta aromática de crecimiento rápido tanto en sistemas hidropónicos como en tierra, con un amplio rango de tolerancia ambiental, y que se emplea como ingrediente en medicina tradicional, aromaterapia y en la preparación de alimentos. La albahaca es una de las especies más resistentes en cultivos acuapónicos con tilapia (Nelson, 2005), pero ha sido poco estudiada en sistemas asociados a la producción de crustáceos. La popularidad de las plantas orgánicas cada vez es mayor debido a los beneficios para la salud, así como al sabor, olor y composición de ácidos grasos que se les atribuyen (Biesiada y Kus, 2010; Dzida, 2010), lo que incrementa su demanda y por consiguiente el precio.

Por otro lado, debido a la contaminación ambiental y sobreexplotación de zonas de captura de langostinos, las poblaciones naturales del recurso son cada vez menores y se pone en riesgo la permanencia de algunas especies en el medio natural (CNP, 2010), y por consiguiente los volúmenes que demanda el mercado. Una alternativa para compensar la captura y el consumo internacional de crustáceos es el cultivo de especies como el langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*), con amplia presencia en zonas tropicales y subtropicales del mundo, de la cual se conoce la tecnología para su cultivo semiextensivo en ciclo cerrado. Sin embargo, en esta especie se requiere mayor estudio con respecto a su producción en condiciones controladas y semiintensivas, que permitan incrementar la densidad de cultivo, disminuir la superficie destinada a la producción, y por consiguiente los volúmenes de agua que se usan durante el cultivo extensivo (Valenti y New, 2000). Los langostinos se consideran productos de alto valor comercial, con un nicho de mercado bien establecido y con amplia aceptación en el gusto del consumidor derivada de su tamaño, sabor y calidad nutricional. Así, una alternativa para el sector acuícola es el cultivo de albahaca y langostino en un sistema de

recirculación, donde los productos metabólicos de los langostinos se puedan aprovechar por la albahaca y se mejore a su vez la calidad del agua del sistema, disminuyendo con ello los recambios de agua durante la producción.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia productiva del cultivo de albahaca en un sistema hidropónico (SH) vs. un sistema acuapónico (SA) asociado al cultivo semi-intensivo de postlarvas de langostino malayo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El bioensayo se realizó en una nave tipo invernadero de 15 m de largo x 10 m de ancho, con una estructura metálica cubierta de malla sombra de 90% de cobertura de luz, en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA), Veracruz, México, localizado a 19°07' Latitud Norte y 96°06' Longitud Oeste, a una altura de 10 m sobre el nivel del mar, con clima cálido-húmedo regular, atemperado por las brisas marinas.

Se realizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos: un sistema acuapónico (SA), un sistema hidropónico (SH) y dos métodos de fijación (en contenedores plásticos o directo en el sustrato), que permanecieron bajo las mismas condiciones ambientales, y con los que se evaluó la supervivencia, crecimiento (cm), número de hojas, y producción total en peso fresco y seco (g) de 80 plántulas de albahaca por tratamiento.

Cultivo de albahaca

El cultivo de albahaca se llevó a cabo en dos estanques rectangulares (Estanque 1, SA; Estanque 2, SH) de geomembrana plástica (4.0 m de largo x 0.8 m de ancho y 0.3 m de alto), con un soporte a base tubo de PVC 2", reforzado con seis T de 2" y cuatro codos de 2", que se dividió longitudinalmente en dos secciones (A y B) con geomembrana plástica para evaluar la eficiencia de fijación de las plántulas en los dos métodos de fijación. En la sección A se mantuvo el cultivo de albahaca en un sustrato fijo, que consistió de una capa de 5 cm de espesor de grava y 5 cm de arena sílica previamente lavada y desinfectada con una solución de hipoclorito al 5%, y secadas directamente al sol, que posteriormente se colocó dentro del estanque, y sobre la cual se sembraron 80 plántulas de albahaca (Rodríguez, 2002; Vega *et al.*, 2004). En la sección B se sembraron ocho plántulas por contenedor en 10 contenedores plásticos calados de 27 cm alto x 24 cm diámetro, en los que se colocó previamente una capa de 15 cm de espesor de grava y una capa de 10 cm de arena sílica, además de una malla plástica alrededor para evitar la pérdida de arena, previo a la siembra de las plántulas. Las plántulas del SH

obtuvieron sus nutrientes a partir de un fertilizante inorgánico (solución nutritiva para hortalizas Hydro Environment S.A.), diluido en el agua a una concentración de 1.5 g.L^{-1} . La solución nutritiva no alteró el pH del agua, por lo que no fue necesario hacer ajustes al respecto, y se mantuvo en circulación en el SH mediante una bomba sumergible de $\frac{1}{2}$ HP conectada a un tanque de almacenamiento de 250 L (López, 1998; Enciso, 2004).

El cultivo de las plantas inició a partir del germinado de las semillas de albahaca en dos charolas de polietileno de 54.6 cm de largo x 27.9 cm de ancho y 4.4 cm de alto, con 98 cavidades para la siembra de las semillas (previamente hidratadas en agua), y con una salida de agua por charola. Las charolas se cubrieron con una mezcla de tierra para jardín con hojas de bambú, hojas de almendro y zacate (Enciso, 2004; Martínez, 2007), y posteriormente se colocaron las semillas a 1.0 cm de profundidad del sustrato (Rodríguez, 2002). Una vez que las plántulas alcanzaron una longitud promedio de 5 cm y raíz ramificada, se trasplantaron a las unidades experimentales en SA y SH. El trasplante se realizó durante la mañana (8:00 h) para evitar deshidratación. Una vez que se adaptaron las plantas, cada 10 días se determinó su longitud, considerando la medida inicial a partir del tallo saliente del sustrato hasta el ápice germinal; también se determinó la supervivencia, el número de hojas y ramas por planta, por tratamiento y sección (A, B).

Los resultados de crecimiento (longitud de tallo en cm) y producción de albahaca (número de hojas por planta y biomasa fresca y seca en g), se compararon entre tratamientos mediante un ANOVA de una vía (95% de confianza). Los análisis estadísticos se realizaron con ayuda del software Statistica v.7.0. Así mismo, se graficó la curva de crecimiento (incremento en longitud [cm] y peso [g]) de los langostinos durante los meses de cultivo.

Cultivo de postlarvas de langostino malayo

El sistema para el cultivo de postlarvas de langostino malayo consistió de dos estanques circulares de geomembrana plástica de 25 m^3 (6 m diámetro x 1 m alto), soportadas por una estructura hecha de malla metálica y un espejo de agua de 0.8 m. Se sembraron 400 postlarvas de langostino malayo por estanque a una densidad de 16 organismos m^{-2} , que se obtuvieron de la reproducción controlada y producción en el Laboratorio de Mejoramiento Genético y Producción Acuícola del ITBOCA. Lo anterior facilitó la aclimatación de los organismos durante la siembra en los estanques de cultivo. Para el estudio se seleccionaron organismos con longitud promedio de 2.7 cm, y peso promedio de 0.65 g.

El sistema hidráulico para el SA se diseñó para transportar 10% del agua de los estanques de cultivo de langostinos a través de tubería de PVC de $\frac{1}{2}$ ", mediante un soplador de 2 HP (S-45 Product Sweetwater®). El agua pasó por gravedad a un sedimentador de 200 L, un filtro biológico de 150 L a base de conchas de ostión enteras, y posteriormente a un tinaco de 450 L con un sustrato plástico para la fijación de bacterias, y a un reservorio de 450 L. El flujo del agua se mantuvo constante con una bomba sumergible Beckett de $\frac{1}{8}$ HP (W600, 115V, 6A 60 HZ), y otra de 1 HP (5 MSPmacosplash 127 V, 60 HZ 5.8 A) que se colocó en la salida del SA, para regresar el agua al cultivo acuícola. El flujo de agua en el sistema fue lineal e inverso al flujo de entrada, por lo que en el tubo de descarga se colocó una malla sintética para evitar perder arena sílica. Los SA y SH contaron con aireación adicional al flujo de agua, que se generó mediante un soplador (Sweetwater® S-45). El aire se suministró a través de tubería de PVC de $\frac{1}{2}$ " y se distribuyó a las unidades experimentales mediante tubos con orificios de 5 mm de diámetro para asegurar una distribución homogénea y oxigenación eficiente de las raíces de las plantas durante el cultivo.

Durante el estudio, a los langostinos se les proporcionó alimento comercial para camarón con 32% de proteína cruda (El Pedregal®, Silver Cup) dos veces al día (8:00 y 16:00 h). La cantidad de alimento que se proporcionó se definió en función de la biomasa total estimada de las postlarvas, y se inició con el 4%, que se ajustó posteriormente de acuerdo con el consumo y crecimiento de los langostinos, con base en los resultados de las biometrías. Al inicio del estudio se determinó el peso promedio (g) de un lote de 10 organismos en conjunto (debido a su peso inicial) y se midieron individualmente con un vernier (cm). Cada 15 días se realizaron biometrías de 10 langostinos por unidad experimental para determinar individualmente la longitud total (cm), medida con una regla de 30 cm desde la punta del rostrum hasta la punta del telson, así como el peso total (g), evaluado con una balanza electrónica (Ohaus-Scout-Pro SP 202, 200 x 0.1g).

Cada 15 días se midieron los parámetros de calidad del agua del sistema experimental a las 12:00 h, mediante una muestra de los estanques 1 y 2, así como del reservorio del SA y del SH. Se determinó el valor del pH con un potenciómetro (Hanna instruments), y los niveles de amonio (NH_4), nitritos (NO_2), nitratos (NO_3), fosfatos (PO_4) y calcio (Ca) en mg L^{-1} , mediante pruebas colorimétricas (Hagen). La temperatura se determinó diariamente con un termómetro de escala mínimos y máximos (0 a 50 °C) en la superficie del estanque, y a 30 cm de profundidad en los estanques donde se cultivó el langostino.

RESULTADOS

El desempeño productivo de las plantas de albahaca mantenidas en el SA en ambos sistemas de fijación fue menor en comparación con las plantas del SH, las

cuales mantuvieron un crecimiento progresivo y constante durante el estudio, incluso a partir del día 45 de cultivo las plantas del SH-sección A incrementaron 100% la longitud del tallo, por lo que se procedió a cosechar (Figura 1).

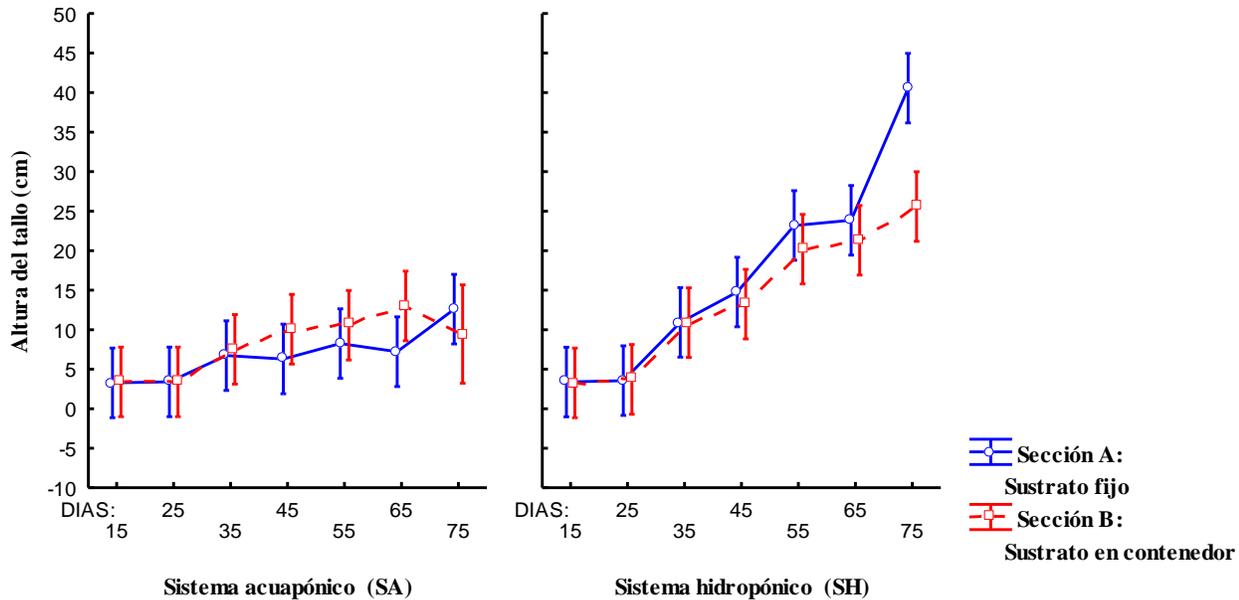


Figura 1. Crecimiento de plantas de albahaca (*Ocimum basilicum*) en sistema acuapónico con organismos de langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) y en sistema hidropónico con sales nutritivas comerciales.

A partir del día 65 de cultivo, las plantas de albahaca del SH en el sustrato fijo (sección A) incrementaron significativamente su crecimiento, en comparación con las plantas de la sección B del mismo tratamiento (Figura 1).

Al igual que el crecimiento, la supervivencia de las plantas del SH fue significativamente mayor (90%) en comparación con las plantas del SA (25%) para ambos sustratos de fijación, donde la mayor mortalidad se presentó durante los primeros 25 días posteriores al trasplante a los sistemas experimentales. Una vez que se eliminaron las plantas muertas en ambos sistemas, el crecimiento se mantuvo constante, por lo que se incrementó la velocidad de crecimiento y el número de hojas por planta (Figura 2).

Al igual que la supervivencia, el crecimiento final (15 cm) y la producción de hojas en promedio (8 hojas) de las plantas del SA fue significativamente menor, en

comparación con las del SH, las cuales presentaron en promedio 35 cm de tamaño y 58 hojas por planta.

A diferencia de lo anterior, en ambos tipos de sustratos probados en el SH (secciones A y B) se mantuvo una producción continua de hojas, y se pudieron hacer dos cosechas parciales a partir de los 45 días después del trasplante, la primera de 850 g y la segunda de 1.10 kg, ambas en peso fresco. Después de las cosechas, la supervivencia de las plantas fue de 100%, lo que permitió que continuaran su crecimiento después de finalizada la etapa experimental.

Con respecto a los parámetros de calidad del agua y a la producción de metabolitos nitrogenados durante el cultivo de langostinos, se mantuvieron valores promedio constantes y dentro de los rangos de tolerancia para la especie, aunque significativamente menores a los presentes en la solución nutritiva (Cuadro 1).

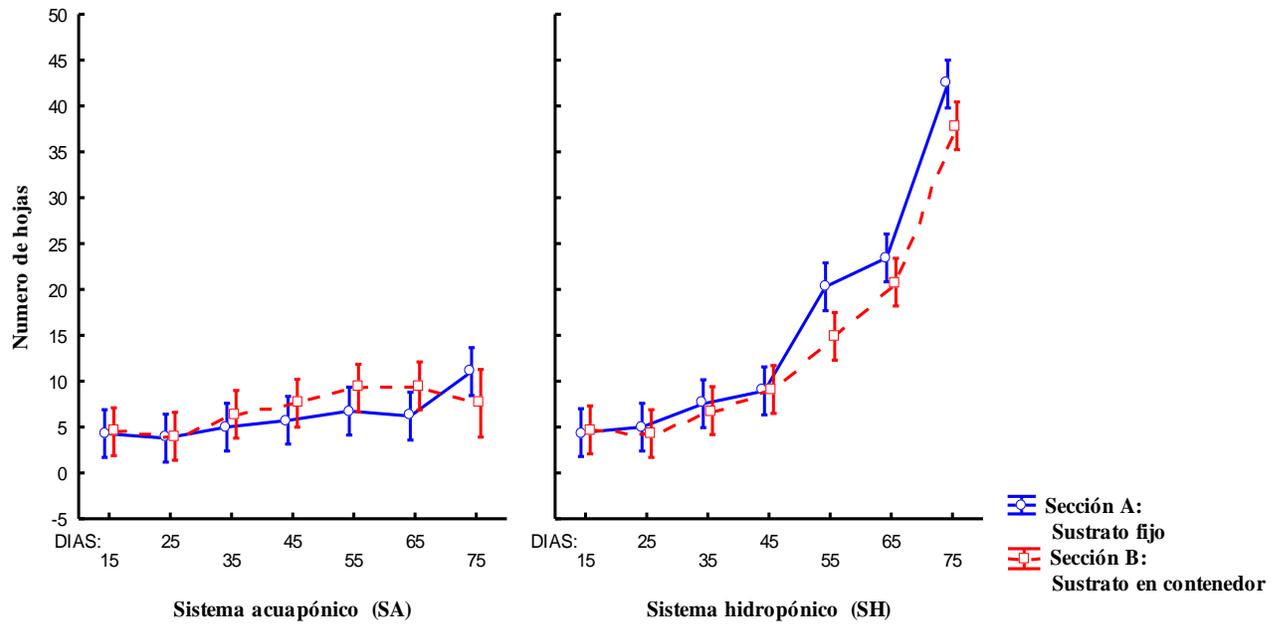


Figura 2. Número promedio final de hojas por planta de albahaca (*Ocimum basilicum*) en sistema acuapónico con cultivo de langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) y sistema hidropónico con sales nutritivas comerciales.

Cuadro 1. Valores promedio de nutrientes presentes en sistema hidropónico y sistema acuapónico durante el estudio y porcentajes de absorción de las plantas de albahaca a partir del día 35 de cultivo.

	EH	SH	EA	SA	Total de absorción en SH	Total de absorción en SA
NH ₃ (mg/L)	2.4	0.3	0.1	0	87.50%	100%
NO ₃ (mg/L)	110	5	110	0	95.45%	100%
NO ₂ (mg/L)	3.3	1.6	0.1	0	51.51%	100%
Ca (mg/L)	180	60	60	40	66.66%	33.3%
PO ₄ (mg/L)	5.0	1.0	2.5	1	80.0%	40%
pH (mg/L)	8.4	7.4	8.6	8.1	---	---

EH: Entrada de agua del sistema hidropónico; SH: Salida de agua del sistema hidropónico; EA: Entrada del sistema acuapónico; SA: Salida del sistema acuapónico.

La absorción de los derivados nitrogenados en el sistema acuapónico fue del 100%, lo que propició la eliminación de los productos que pueden considerarse tóxicos para especies acuáticas, y permitió que la calidad del agua se mantuviera a pesar de que únicamente se tuvo 10% de recirculación de agua del sistema acuapónico al día.

Con respecto al crecimiento de los langostinos, se observó un incremento constante. En el Estanque 1 se obtuvieron organismos con peso promedio individual final de 8.10 g y tasa de supervivencia de 93.4%, mientras que en el Estanque 2 los langostinos alcanzaron peso final de 9.20 g y tasa de supervivencia del 77.2% (Figura 3).

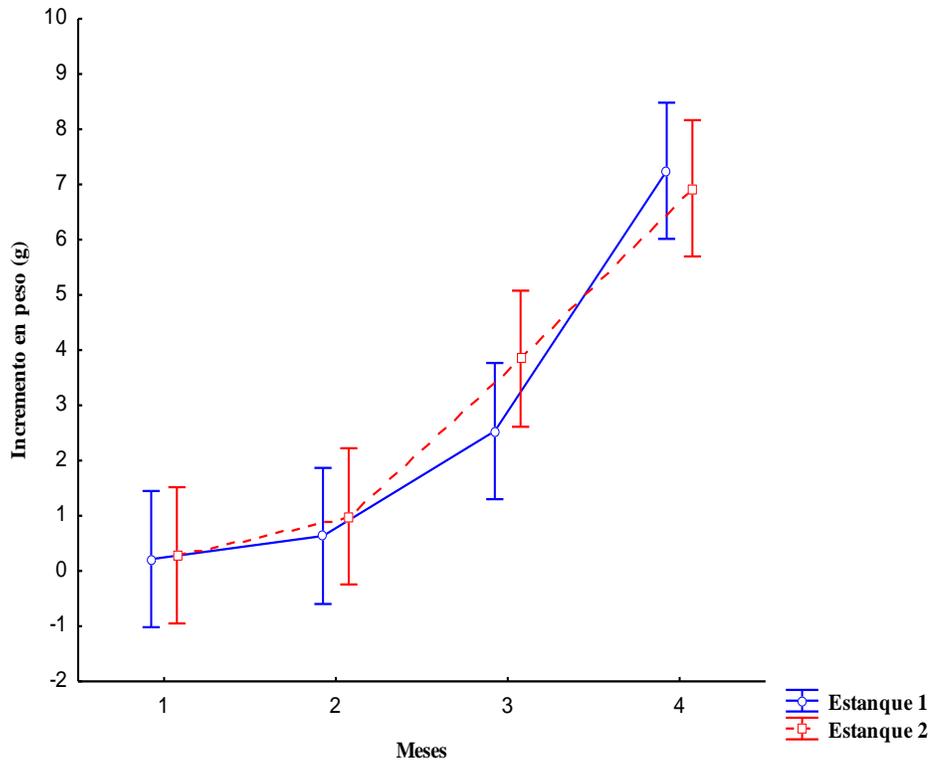


Figura 3. Incremento de peso del langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) cultivado en dos estanques en un sistema de acuaponia.

DISCUSIÓN

El desempeño productivo de las plantas que se mantuvieron en el SA fue menor en comparación con las plantas del SH, debido a que al inicio del estudio la biomasa de los estanques de acuacultura era baja, lo anterior asociado con la talla inicial de las postlarvas, por lo que el alimento suministrado no producía altas cargas de derivados nitrogenados que pudieran transformar las bacterias nitrificantes del filtro biológico, y que a su vez absorbieran las plantas. Lo anterior se presentó durante el cultivo, a pesar de que se mantuvo una densidad de langostinos superior a la que se usa en sistemas comerciales semi-intensivos (Valenti y New, 2000). Después de 45 días de cultivo se incrementaron los metabolitos derivados de la alimentación de los langostinos, debido a que obtuvieron una ganancia de peso del 200%, aunque no fue suficiente para generar los nutrientes que requerían las plantas para sobrevivir y crecer, por lo que únicamente sobrevivieron el 25% de las plantas del sistema acuapónico.

Lo anterior contrasta con los resultados de Bernstein (2011), quien indica que después de seis meses de mantener activo un sistema de producción de albahaca acuapónica, se puede obtener hasta 20% más biomasa

en comparación con la de un cultivo hidropónico, lo que coincide con otros autores (Sánchez, 1988; Rakocy, 1999; Vincent, 2003), lo anterior siempre y cuando el sistema biológico esté maduro, ya que el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas dependerá de la eficiencia de las bacterias nitrosomonas y nitrobacter para hacer biodisponibles los derivados metabólicos de la acuacultura, incluso si son escasos, ya que algunas plantas como la albahaca no tienen requerimientos significativamente altos de nutrientes, pero es fundamental que antes de la siembra de plantas las bacterias colonicen completamente los filtros, ya que algunos sistemas biológicos de más de dos años de funcionamiento tienen la capacidad de autoregular y balancear los nutrientes en disolución (Savidov, 2004).

Es importante considerar que el SA en el que se realizó el presente estudio tenía dos meses de funcionamiento, por lo que posiblemente la colonización y actividad de las bacterias no eran suficientes para utilizar y transformar los nitritos y amonio en nitratos, para que las plantas de albahaca los aprovecharan como nutrientes, de ahí la alta mortalidad inicial. En contraste, en el SH la concentración de nutrientes permitió un crecimiento constante de las plantas, incluso no se aprovechaban

en su totalidad, ya que los resultados indican que después de pasar la solución nutritiva por las plantas aún quedaban nutrientes, por lo que se regresó el agua al reservorio para una segunda recirculación, además de que se hizo un ajuste en la cantidad de nutrientes con la que se preparó la solución, por lo que la mortalidad que se presentó (25%) se considera que fue debido únicamente al manejo durante el trasplante y la adaptación de las plantas al sistema de cultivo.

Rakocy (1999) indica que además del buen funcionamiento del filtro biológico o clarificador, es importante la cantidad de alimento que se suministra en el sistema acuícola, ya que para mantener 24 plantas en cultivo acuapónico es necesario integrar al sistema al menos 57 g de alimento. Sin embargo, durante el presente estudio se agregaban únicamente en promedio 10 g de alimento al día por estanque, lo anterior con base en la biomasa inicial de las postlarvas de langostino, por lo que se debe considerar la falta de nutrientes para las plantas, ya que en el sistema se tenían al inicio del estudio 160 plantas, de las que después de 35 días sobrevivieron únicamente 40, las cuales mantuvieron un crecimiento posterior constante aunque no llegaron a talla de cosecha (40 cm de altura). De acuerdo con el INCAP (2008) y Ramírez *et al.* (2008), durante un ciclo de cultivo de albahaca en acuaponía se pueden obtener hasta cuatro cortes después de cinco semanas de cultivo, con rendimientos y calidad variables, de acuerdo con la frecuencia de riego y absorción de nutrientes (Biesiada y Kus, 2010; Dzida, 2010). Putievsky (1993) menciona que los rendimientos de albahaca pueden variar entre 10 g planta⁻¹ hasta 29 g planta⁻¹ con base en el programa de cortes continuos y de si se cosechan las plantas verdes o totalmente secas, así como también puede variar el poder germinativo de la semillas producidas, que es superior en las plantas cortadas 100% secas.

Por otro lado, los resultados obtenidos en la tasa de crecimiento (Estanque 1: 8.104 g y Estanque 2: 9.2 g) y la supervivencia (77.2%) de los langostinos durante el presente estudio son alentadores, principalmente considerando la alta densidad de siembra (16 organismos m⁻²), pues autores como Valenti y New (2000) reportan supervivencia de 50% en sistemas extensivos y semiintensivos. Valores similares de supervivencia (66.5 a 73.2%) obtuvieron Sandifer *et al.* (1982) en estanques de concreto y con densidades de 32 organismos m⁻², incrementando el área de contacto de los langostinos en los estanques mediante sustratos artificiales, de manera similar al presente estudio, lo que permite incrementar la supervivencia. Esto indica que la producción de langostino malayo en sistemas de recirculación puede ser una alternativa para los productores, con lo que se optimiza el espacio en las granjas de producción acuícola, y se pueden adaptar técnicas acuapónicas asociadas al cultivo

semiintensivo de langostinos. En este sentido, Rhodes (2000) indica que es importante evaluar los mecanismos para optimizar el cultivo de langostino a partir de la incorporación de prácticas económicamente eficientes que lo promuevan, tales como los policultivos y los sistemas integrados.

De acuerdo con los resultados del presente estudio, es importante destacar que las prácticas de cultivo en acuaponía presentan varias ventajas sobre los sistemas convencionales de producción de alimentos, entre las que destacan la reducción de la cantidad de nitrógeno tóxico en las descargas, así como la disminución del gasto de agua por su reutilización, dado que durante este estudio únicamente se recuperó el agua perdida por evaporación o fugas en los sistemas y que fue menor al 10% mensual, lo que genera menores costos de operación por acarreo de agua. Entre otras ventajas se encuentra la obtención de vegetales a bajo costo de producción pero con valor agregado si se consideran "productos de la acuicultura sustentable", en los cuales se elimina el uso de plaguicidas y fertilizantes (Diver, 2000; Mateus, 2004; Magallón y Villareal, 2007).

La acuaponía además de producir alimento es una herramienta de carácter didáctico, pues permite aprender a aprovechar los subproductos de la acuicultura para la producción de plantas como la albahaca, asociada a diversas especies además de la tilapia, que es por tradición una de las especies preferidas para acuaponía. Sin embargo, los resultados del presente estudio indican que el cultivo de langostino puede diversificar la actividad, ya que se pueden mantener altas densidades durante el cultivo, a diferencia de los cultivos extensivos y monoespecíficos (5 organismos m⁻²) (Tidwell y D'Abramo, 2000; Valenti y New, 2000), siempre que se tengan suficientes refugios artificiales que sirvan como escondites a los organismos para disminuir las agresiones, además de que es fundamental esperar a que el sistema de filtración esté maduro para que sea capaz de transformar los metabolitos nitrogenados en los nitratos necesarios para el desarrollo de las plantas en acuaponía. Lo anterior permite que sea más rentable la actividad, dado que el langostino puede alcanzar precios de venta cuatro veces superiores al de la tilapia en los mercados regionales.

CONCLUSIÓN

El cultivo de langostino malayo asociado a la producción de albahaca es una alternativa para los productores acuícolas interesados en integrar prácticas agrícolas a su actividad, sin afectar su economía. Sin embargo, es importante considerar que para el éxito de la actividad acuapónica se requiere que el sistema acuícola produzca suficientes metabolitos nitrogenados para la nutrición de las plantas, y que se

inicie el cultivo de las plantas cuando se tenga una colonia madura de bacterias, de lo contrario, su rendimiento será menor al esperado.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación forma parte de los objetivos del Proyecto 127647 del Fondo Mixto Veracruz-CONACYT 2010-3, por lo que los autores agradecen el apoyo para su realización.

REFERENCIAS

- Bernstein, S. 2011. Aquaponic gardening. A step by step guide to raising vegetable and fish together. New Society Publishers, Canada.
- Biesiada, A., Kus, A. 2010. The effect of nitrogen fertilization and irrigation of yielding and nutritional status of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus. 9:3-12.
- Bogash, S. 1997. The Freshwater Institute Natural Gas Powered Aquaponic System-Design Manual. The Conservation Fund Freshwater Institute. Hephherdstown, West Virginia, USA.
- CNP. Carta Nacional Pesquera. 2010. Segunda Sección. Diario Oficial. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- Diver, S. 2000. Aquaponics. Integration of Hydroponics with Aquaculture. ATTRA (Appropriate Technology Transfers for Rural Areas. www.attra.ncat.org. (Consultado en enero de 2011).
- Diver, S. 2006. Hydroponics integration with aquaculture, NCAT. <http://en.engormix.com/MA-aquaculture/news/aquaponics-integration-hydroponics-aquaculture-t14068/p0.htm> (Consultado en enero de 2011).
- Dzida, K. 2010. Biological value and essential oil content in sweet basil (*Ocimum basilicum* L) depending on calcium fertilization and cultivar. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus. 9:153-161.
- INCAP. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. 2008. Huertos hidropónicos como una alternativa de producción de hortalizas y vegetales en las escuelas. Panamá.
- Enciso, A.J. 2004. Producción y comercialización de plantas aromáticas y especies desecadas. www.almeriscan.com/apéndices/default.htm. oct.ISO 9001. (Consultado en marzo de 2011).
- López, M.A. 1998. Cultivo de plantas medicinales: ¿Una alternativa? Revista de Plantas Medicinales para la Salud, CETAAR. 8:5-6.
- Magallón, F., Villareal, H. 2007. Desarrollo sustentable de la acuicultura en México. Orientaciones Estratégicas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Baja California Sur, México. pp. 13-57.
- Mateus, J. 2004. Hidroponia y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos. Centro de Investigación Tibaitatá-CORPOICA Colombia. Red Hidroponia, Boletín No. 44. Lima Perú. pp. 7-10.
- Malcolm, J. 2005. Backyard aquaponics. A guide to building an aquaponic system. Joel Malcolm (Ed.) Western Australia.
- Martínez, P.J. 2007. Albahaca. Especificaciones Técnicas 4210200, Murcia, España.
- Nelson, R.L. 2005. Basil. A hardy and profitable crop for aquaponic farming. Aquaponics Journal. 39:24-25.
- Parker, R. 2002. Aquaculture Science. 2nd Ed. Delmar. Albany, NY. USA.
- Putievsky, E. 1993. Seed quality and quantity in sweet basil as affected by position and maturity. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. 2:15-20.
- Rakocy, J. 1999. The status of aquaponics, part 1. Aquaculture Magazine. 25:83-88.
- Ramírez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., Hurtado, H.G. 2008. La acuaponia: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. 4:32-51.
- Rodríguez, S. 2002. Hidroponia: una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 9. Lima, Perú. pp.17-21.
- Rhodes, R.J. 2000. Economic and Business Management. En: New, M.B., Valenti, W.C. (eds.). Freshwater Prawn Culture. The Farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science. Oxford, England, Blackwell Science. pp. 369-389.

- Sánchez, C.F.L. 1988. Hidroponia. Universidad Autónoma Chapingo. Editorial AGT Editor, S.A. México.
- Sandifer, P.A., Smith, T.I.J., Stokes, A.D., Jenkins, W.E., 1982. Semi-intensive grow-out of prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): preliminary results and prospects. In: Giant prawn farming New, M.B. (ed.). Developments in Aquaculture and Fisheries Science. 10:161-172.
- Savidov, N. 2004. Evaluation and development of aquaponic production and product market capabilities in Alberta. Ids Initiatives Fund Final Report. Project #679056201, August 17, 2004. Crop Diversification Centre South. Brooks, Alberta, Canada.
- Tidwell, J., D'Abramo, L.R. 2000. Grow-out systems-culture in temperate zones. En: New, M.B., Valenti, W.C. (eds.). Freshwater Prawn Culture. The Farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science. Oxford, England, Blackwell Science. pp. 177-186.
- Valenti, W.C., New, M.B. 2000. Grow-out systems-monoculture In: New, M.B. and Valenti, W.C. (eds.). Freshwater Prawn Culture. The Farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science. Oxford, England, Blackwell Science. pp. 157-173.
- Vega, G.M., Escandón, M.C., Soto, R., Mendoza, A. 2004. Instructivo técnico para el cultivo de la albahaca (*Ocimum basilium* L) en Cuba. Estación experimental de aceites esenciales, <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5178/albahaca.pdf>
- Vincent, W.C. 2003. Promising alternatives in agri-technology: Aquaponic, Magazine 2003. pp. 17-18.

Submitted March 28, 2012 – Accepted July 09, 2012
Revised received September 26, 2012