

**Efecto de dos tratamientos de agua en la
producción de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo
dos sistemas hidropónicos en piscicultura**

**Ernesto José Castilblanco Flores
Javier Aníval Hidalgo Rivas**

Zamorano, Honduras
Diciembre; 2009

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Efecto de dos tratamientos de agua en la
producción de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo
dos sistemas hidropónicos en piscicultura**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Ernesto José Castilblanco Flores
Javier Aníval Hidalgo Rivas

Zamorano, Honduras
Diciembre; 2009

Efecto de dos tratamientos de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo dos sistemas hidropónicos en piscicultura

Presentado por:

Ernesto José Castilblanco Flores
Javier Aníval Hidalgo Rivas

Aprobado:

Jeffery Pack, D.P.M.
Asesor principal

Miguel Vélez, Ph.D.
Director de la Carrera de
Ciencia y Producción Agropecuaria

Isidro A. Matamoros, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Daniel Meyer, Ph.D.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

Claudio Castillo, Ing. Agr.
Asesor

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador Área de Fitotecnia

RESUMEN

Castilblanco, E; Hidalgo, J. 2009. Efecto de dos tratamientos de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo dos sistemas hidropónicos en piscicultura. Proyecto Especial del programa de Ingeniero Agrónomo de la Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano. Honduras. 16 p.

La acuaponía utiliza los mismos principios tecnológicos de hidroponía, reemplazando fertilizantes sintéticos con agua enriquecida con alimentos y heces de los peces. Este estudio evaluó la producción de lechuga bajo dos sistemas hidropónicos NFT (Nutrient Film Technique) y raíces flotantes con dos niveles de fertilización de agua con nitrato de sodio. Plantas fueron colocadas en un sistema de raíces flotantes en planchas de polietileno de 0.8 m × 1.5 m, y en canales de NFT, con soporte de trozos de esponja. Un estanque fue fertilizando semanalmente con 1.85 kg de nitrato de sodio y el otro no. Se midió altura, mortalidad, longitud de raíces y el peso al finalizar el ciclo. Se hicieron tres mediciones de concentración de nutrientes en las aguas, (principio, mediados y final del experimento). Se utilizó un arreglo factorial (estanque × sistema) con parcelas divididas. Después de la semana dos (cuando falló una bomba) se usaron comparaciones sencillas entre los tratamientos NFT y raíces flotantes sin fertilizar y raíces flotantes en el estanque fertilizado. El crecimiento fue pobre, sin cosecha comercial al final del ciclo de producción. Ninguno de los estanques a los niveles necesarios de nutrientes para el desarrollo de lechuga. Sin embargo, se notaron algunas tendencias en el crecimiento de las plantas. Las plantas en el tratamiento NFT-Fertilizado tuvieron mejor desempeño en altura (6.7 cm), que los otros tres tratamientos que fueron similares entre sí ellos a la semana dos. Al comparar tipos de agua con el sistema de raíces flotantes, con el agua fertilizada la altura de las plantas y la longitud de raíces fue mayor ($P \leq 0.05$). Al comparar NFT vs raíces flotantes sin fertilizar no hubo diferencia ($P \geq 0.05$).

Palabras clave: Acuaponía, acuicultura, agricultura integral, NFT, raíces flotantes.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. LITERATURA CITADA.....	15
7. ANEXOS.....	16

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

1. Distribución de los tratamientos de acuerdo con el sistema de producción y fertilización.....	5
2. Cantidad de nutrientes (mg/L) existentes en los estanques comparados con los niveles de fertilización ideal de lechuga.....	8
3. Altura de plantas (cm) de lechuga por el efecto de los diferentes tratamientos (fertilización y sistema de producción).....	10
4. Longitud de las raíces (cm) de lechuga variedad Tudela a bajo condiciones hidropónicas en acuacultura.....	11

Figura

1. Nivel de pH ideal durante el ciclo del cultivo de lechuga en acuaponía comparado con los niveles obtenidos en los estanques de peces.....	8
2. CE durante el ciclo del cultivo de lechuga en acuaponía comparada con los resultados obtenidos en los estanques de peces.....	9
3. Altura de plantas de lechuga por el efecto de los diferentes tratamientos (fertilización y sistema de producción).....	10
4. Desempeño del crecimiento radicular de la variedad de lechuga Tudela bajo condiciones hidropónicas en acuacultura.....	11
5.	

Anexo

1. Caudal promedio de los canales NFT del estanque no fertilizado.....	16
2. Análisis de nutrientes, pH y CE de los estanques E9 (fertilizado) y E4 (no fertilizado) utilizados en el estudio. Laboratorio de Suelos y Aguas Zamorano.....	16

1. INTRODUCCIÓN

1.1 HIDROPONÍA

La hidroponía deriva de la palabra griega “hydro” (agua) y “ponos” (labor o trabajo) y significa literalmente trabajo en agua. La hidroponía es una ciencia que estudia la producción de cultivos sin tierra, usando un medio inerte, al cual se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos necesarios para el desarrollo normal de la planta. Puesto que muchos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo se les denomina “cultivos sin suelo”, mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero arte hidropónico (Rodríguez 1999).

En la hidroponía hay diferentes sistemas, pero en todos el principio es el mismo: las raíces de los cultivos reciben una solución nutritiva equilibrada de macro y micro nutrientes disueltos en el agua. El verdadero arte de la técnica es tener las soluciones de nutrientes adecuadas para cada cultivo en sus diferentes etapas.

La hidroponía tiene muchas ventajas comparada con los sistemas de producción convencionales, no depende de las estaciones del año ya que ésta se puede hacer en invernaderos; no depende del suelo que puede tener diferentes características o desbalances; se tiene un mejor control de plagas, parásitos, bacterias, hongos y virus; y permite un mejor uso del agua ya que en muchos casos ésta se recicla.

La hidroponía también tiene desventajas en conformación con una producción extensiva. La inversión inicial es relativamente alta y se requiere de un abastecimiento continuo de agua. También exige mucho conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de química orgánica, lo cual muchas veces es una limitante (Pérez 2007).

En hidroponía, tanto con o sin peces, denominado acuaponía o piscicultura, hay varios métodos que se pueden utilizar para lavar las raíces con la solución nutritiva. Dos métodos comúnmente usados que no utilizan sustrato son producción con raíces flotantes y NFT (Nutrient Film Technique). El sistema de raíz flotante es menos costoso, requiere menos trabajo y permite un uso más eficiente del agua comparado con el simple uso del agua para peces. Consiste en que las raíces estén permanentemente sumergidas en la solución, aisladas por una plancha de poliestireno perforada, ancladas a la plancha por un trozo de esponja, que actúa como soporte mecánico y flota sosteniendo un determinado número de plantas (Pérez 2007).

El sistema NFT consiste en la circulación constante de una lámina delgada de solución nutritiva que fluye a través de las raíces del cultivo; no existe pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, por lo que se constituye de un sistema cerrado (Carrasco *et al.* 2007). En el NFT se colocan plantas en huecos espaciados en (canales) tubos de PVC donde se hace pasar una lámina de solución nutritiva bombeada desde el estanque a los canales de NFT, donde pasa lavando las raíces y regresa al tanque.

En el área de olericultura de Zamorano se han realizado tres estudios para producir lechuga bajo un sistema hidropónico, tomando ideas de diferentes fuentes hasta plasmarlas en una sola metodología de producción (Raudales 2003; Cárdenas 2004; Ferrufino 2005) y un estudio con albahaca (Contreras y Gómez 2008). Con los de lechuga uno no se completó por razones sanitarias (Raudales 2003), otro no tuvo los resultados deseados porque la solución nutritiva no fue adecuada para el crecimiento de las plantas (Cárdenas 2004), el tercer experimento determinó la solución nutritiva necesaria para el crecimiento ideal de las lechugas (Ferrufino 2005). En el estudio con albahaca se concluyó que es mejor realizar la producción en campo abierto debido a que se incurre en menores costos y la producción por área es la misma y que en la etapa final del cultivo es posible aplicar el 75% de las recomendaciones de fertilización con un resultado similar.

1.2 ACUAPONÍA

La acuaponía es un sistema de agricultura integral que combina las técnicas de la acuicultura o cultivo de peces, con el cultivo de plantas.

Acuicultura es un término amplio que abarca los cultivos de cualquier tipo de organismo acuático, incluyendo peces, crustáceos, moluscos, algas y muchos otros organismos de agua dulce y salada; mientras que piscicultura solamente se refiere al cultivo de peces (Meyer 2009). Un cultivo acuapónico es un sistema bio-integrado que vincula la acuicultura con un cultivo permanente de vegetales hidropónicos de flores y/o hierbas. Los avances recientes de los investigadores y productores han convertido a la acuaponía en un sistema de producción de alimentos sostenible.

Mientras en la hidroponía las plantas se alimentan de nutrientes de sales sintéticas, en acuaponía los elementos utilizados precisan de los desechos de los peces disueltos en el agua. En ambos sistemas los nutrientes se distribuyen directamente a la planta por una solución líquida, permitiendo así el uso más eficiente del agua y en el caso de acuaponía, doble rendimiento al producir peces y cultivos a la vez.

1.3 LECHUGA

Lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una planta anual perteneciente a la familia Compositae y posee un sistema radicular profundo, poco ramificado. Sus hojas se disponen primero en roseta y después se aprietan una junto a otras, formando un cogollo más o menos consistente y apretado. Sus hojas pueden ser de forma redondeada, lanceolada o casi espatulada. La consistencia de las mismas puede ser correosa o blanduzca. El borde de los

limbos foliares puede ser liso, ondulado o aserrado, existiendo una amplia variabilidad varietal (Gómez *et al.* 2000; Molina 1990).

Se seleccionó la lechuga ya que se cuenta con información de sobre estudios realizados anteriormente y porque tiene un ciclo de vida corto que permite realizar un análisis completo en poco tiempo.

La hidroponía se asocia generalmente con países desarrollados poseedores de alta tecnología, pero esto no es necesariamente cierto. El crecimiento y futuro de la hidroponía en Latinoamérica dependerá mucho del desarrollo y adaptación de sistemas menos sofisticados de producción, que no requieran una alta inversión inicial, pero que a la vez sean competitivos (Rodríguez 1999).

En 1999 se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana un Taller Internacional de Hidroponía en el cual se discutieron distintos temas de relevancia y “se demostró que la hidroponía funciona y que tiene muy buenas perspectivas en proyectos sociales; las fallas que ocurren se deben principalmente al desconocimiento de que la técnica depende más del conocimiento del manejo hortícola que del conocimiento del manejo de la técnica en sí” (Rodríguez 1999).

El experimento tuvo como objetivo comparar el crecimiento y desempeño de lechuga bajo dos sistemas de producción (NFT y raíces flotantes), con dos tipos de agua provenientes de un cultivo de peces uno fertilizado con nitrato de sodio y el otro sin ninguna fuente de fertilización.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN

El experimento se llevó a cabo en La Estación de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), ubicada a 32 km al este de Tegucigalpa, Honduras. A una altura de 800 msnm; con una precipitación anual promedio de 1100 mm. El ensayo se realizó durante junio y julio de 2009 en dos de los estanques experimentales de la unidad de 20 × 10 m.

2.2 CULTIVO

Se sembró lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Tudela que es de tipo romana o de hoja. Las semillas se sembraron en el área de propagación de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), en bandejas de 96 pilones con sustrato SUNMIX[®] donde permanecieron por 21 días. Se les proporcionó riego dos veces al día para prepararlas al trasplante. Después de 21 días, las plántulas se trasladaron a los estanques.

2.3 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En dos estanques utilizados para producción de peces se hicieron los tratamientos de agua y sistema de producción: agua enriquecida solamente con residuos de tilapia y alimento y con el agua fertilizada con nitrato de sodio, en los niveles utilizados en la unidad de acuicultura. En estos estanques se colocaron dos tecnologías de producción: NFT y raíces flotantes de polietileno.

En el sistema de raíces flotantes las plantas fueron colocadas en planchas de polietileno de 1.2 m × 0.8 m de ancho perforadas a una distancia de 0.20 cm en donde fueron ubicadas las plantas, sostenidas por esponjas. Cada plancha fue recubierta por abajo con mallas, para proteger las raíces de los peces y tortugas.

El sistema NFT contó con canales de 2 m de largo que fueron colocados con una pendiente de 15%.

En cada estanque se colocaron ocho canales de NFT y cuatro planchas de polietileno para ocho repeticiones, con 10 plantas en cada una de ellas, haciendo un total 32 de unidades experimentales y 320 plantas analizadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos de acuerdo con el sistema de producción y fertilización.

Tratamientos	Tipo de Agua	Sistema Hidropónico
1	Fertilizada	Raíces Flotantes
2	Fertilizada	NFT
3	No Fertilizada	Raíces Flotantes
4	No Fertilizada	NFT

2.4 FERTILIZACIÓN

El nitrato de sodio (16% N) de acuerdo a las prácticas de fertilización utilizadas normalmente en la unidad de acuicultura de 1.85 kg/semana Con esta aplicación se logró llegar a un aumento en la concentración de 1.5 ppm de N en el tanque.

2.5 VARIABLES ANALIZADAS

2.5.1 Nutrientes en el agua

Se hicieron tres análisis de agua. Para la producción de lechuga los niveles óptimos de los macronutrientes N, P, y K son 190, 36 y 212 mg/L, respectivamente (Ferrufino 2005). Las muestras de agua fueron recolectadas los días 0, 20 y 40 del ciclo de producción, fueron analizadas en el laboratorio de suelos y aguas de Zamorano. Los métodos utilizados para determinar los nutrientes en el agua fueron: Melich 3 para K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn; P por colorimetría; Walkley & Black para determinar el contenido de materia orgánica; el nitrógeno se calculó como el 5% de la materia orgánica y los demás elementos por absorción atómica (Anexo 2).

Se realizaron lecturas de CE y pH una vez por semana. Los niveles adecuados de pH para producir lechuga son 6.0 - 7.5 y la CE debe estar entre 1.3 y 2.6 mmhos/cm (Maroto *et al.* 2000).

2.5.2 Altura de la planta

Se midió una vez por semana por 7 semanas las plantas en cm.

2.5.3 Tamaño de raíces

Se tomaron medidas semanales de la longitud de las raíces.

2.5.4 Peso

Se pesaron todas las plantas al final del ciclo.

2.5.5 Mortalidad

Se registró la mortalidad de las plantas a lo largo del ciclo, observando los síntomas y para determinar las probables causas de muerte.

2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se usó un diseño de parcelas divididas, donde las subparcelas estaban constituidas primero por el nivel de fertilización (sí, no) y segundo por el sistema hidropónico utilizado (NFT vs raíces flotantes). Se hizo una separación de medias cuando fue necesario, con una probabilidad exigida de $P \leq 0.05$. Los datos fueron analizados con los programas estadísticos MINITAB y SAS[®] 2003 utilizando el método Tukey para análisis de varianza (ANDEVA).

En las primeras dos semanas se utilizó un diseño factorial evaluando los cuatro tratamientos entre ellos. En la semana 3 un tratamiento fue eliminado (por una falla de una bomba en NFT en el estanque fertilizado), lo que obligó a realizar comparaciones sencillas entre los tratamientos: raíces flotantes en ambas aguas (fertilizado vs no fertilizado) y entre sistemas en el estanque fertilizado (NFT vs raíces flotantes).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS DE AGUA

La fertilización no suplió los niveles óptimos de la mayoría de los elementos nutricionales. En particular el nivel adecuado de nitrógeno es de 190 ppm, de fósforo 36 y de potasio 212 ppm y el agua utilizada, sin importar fertilización tuvo un máximo de N 4.4, P 2.84 y K 14 ppm. En el caso de Ca, Mg, Cu, Mn y Zn, el agua tampoco suplió las exigencias del cultivo. Los únicos elementos que tuvieron un nivel adecuado fueron el hierro y el boro ya que se encontraban con concentraciones de 0.7 mg/L y 0.03mg/L, respectivamente. El sodio y azufre se encontraron con niveles superiores a los aceptados con 45 y 8 mg/L, respectivamente, y lo recomendado en el caso del sodio es 0 mg/L y en azufre 0.02 mg/L, o sea llegando a niveles tóxicos (Rodríguez 1999).

El pH a lo largo del experimento se mantuvo en niveles aceptables y los rangos de CE estuvieron siempre inferiores a lo requerido (Maroto *et al.* 2000) (Figuras 1 y 2).

Según los análisis de agua realizados en el laboratorio de suelos y aguas de Zamorano, las aguas utilizadas en el estudio, se catalogan como excelentes en los parámetros de fertigación (C1-S1) por su bajo contenido de sales. En ambos estanques hubo una densidad de 2.5 peces/m³ y la densidad recomendada para acuaponía en tilapia del Nilo es 77 peces/m³ y con tilapia roja es 154/m³ (Rakocy *et al.* 2004).

Cuadro 2. Cantidad de nutrientes (mg/L) existentes en los estanques comparados con los niveles de fertilización ideal de lechuga.

Estanque	pH	CE	N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
No Fertilizado – Inicio	7.70	0.35	1.8	0.10	14	13	4	37	8	0	0.2	0.1	0	0.03
No Fertilizado – Medio	6.65	0.26	1.7	0.14	13	6	3	63	6	0	1.1	0.04	0	0.04
No Fertilizado – Final	6.22	0.26	0.8	1.74	13	8	3	21	6	0	1.5	0	0	0.01
Fertilizado – Inicio	8.63	0.40	1.9	0.32	14	22	5	38	8	0	0.2	11	0	0.01
Fertilizado – Medio	7.08	0.34	4.4	0.27	12	15	4	75	5	0	0.0	0.03	0	0.01
Fertilizado – Final	6.53	0.26	0.4	2.84	14	10	3	30	6	0	0.7	0	0	0.03
Requerimiento	6.5-7.0	2.6	190	36	212	53	21	0	0.02	5	0.5	0.5	0.5	0.01
Estado	med	bajo	=	=	=	=	=	±	±	=	±	=	=	±

Fuente. Rodríguez 1999, Ferrufino 2005, adaptado por el autor.

= = Deficiente; ± = Adecuado.

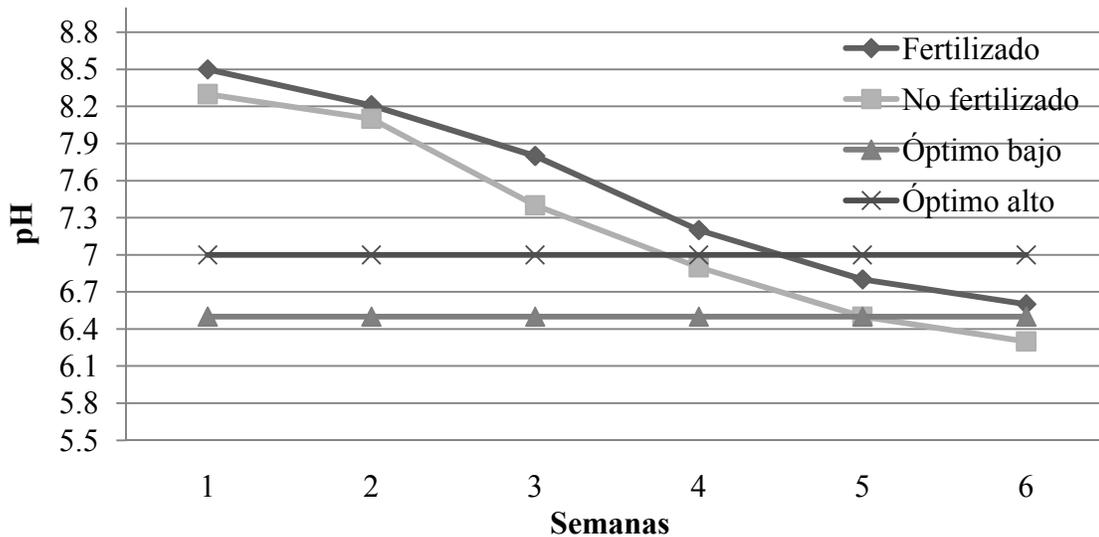


Figura 1. Nivel de pH ideal durante el ciclo del cultivo de lechuga en acuaponía comparado con los niveles obtenidos en los estanques de peces.

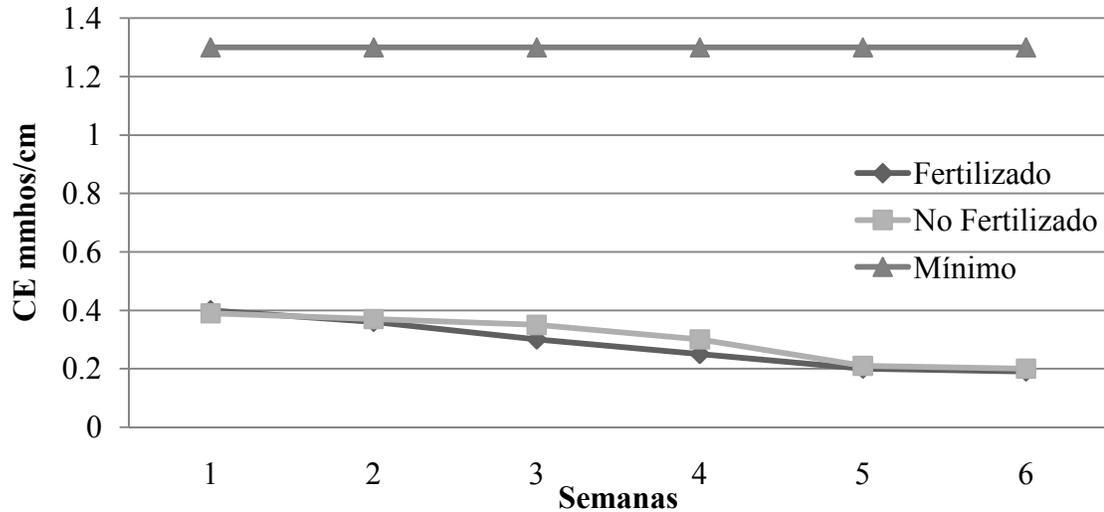


Figura 2. CE durante el ciclo del cultivo de lechuga en acuaponía comparada con los resultados obtenidos en los estanques de peces.

3.2 ALTURA

Hasta la semana dos las plantas colocadas en el estanque fertilizado en el sistema NFT tuvieron mayor altura (6.7 cm) que los demás tratamientos, NFT no fertilizado, raíces flotantes fertilizado y no fertilizado con 5.6, 5.8 y 5.4 cm, respectivamente (Cuadro 3, Figura 3).

La diferencia en altura se debe a que el tratamiento NFT fertilizado tuvo una agua más rica en nutrientes y una mejor aireación de raíces en comparación con los demás tratamientos. Las raíces de las plantas en los sistemas NFT tuvieron menor acumulación de materia orgánica que las raíces de las plantas del sistema de planchas de polietileno. Esto se debe posiblemente a que las mismas eran constantemente lavadas por la lámina de agua, mientras que las del otro sistema no.

Los caudales en los canales a lo largo del experimento oscilaron entre 120 y 270 ml/min, la diferencia entre estos caudales no tuvo efecto sobre el desarrollo de las plantas, ya que la altura fue la misma en todo el estudio. Esto indica que el flujo de agua no tuvo importancia en el desempeño de las mismas, sino, la falta de nutrientes en la fuente de agua. El canal 2 del sistema NFT del estanque sin fertilización no recibía el agua, lo que resultó en la muerte de las plantas (Anexo 2).

Al final del ciclo la altura de las plantas fue diferente ($p < 0.05$), siendo el tratamiento de raíces flotantes en el estanque fertilizado el que tuvo la altura máxima de 11 cm, mientras que el NFT no fertilizado llegó a una altura máxima promedio de 10.5 cm y la altura de las plantas del tratamiento de raíces flotantes no fertilizadas fue de 9.5 cm (Cuadro 3, Figura 3).

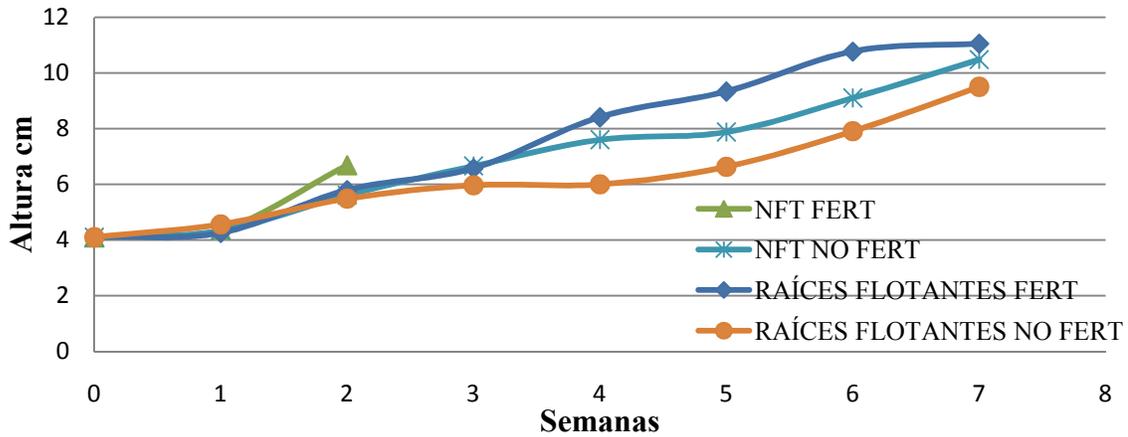


Figura 3. Altura de plantas de lechuga por el efecto de los diferentes tratamientos (fertilización y sistema de producción).

Cuadro 3. Altura de plantas (cm) de lechuga por el efecto de los diferentes tratamientos (fertilización y sistema de producción).

Tratamientos	Semanas						
	1	2	3	4	5	6	7
Raíces Flotantes Fert	4.3	5.8 ^b	6.6	8.4	9.3	10.7	11.0 ^a
NFT Fert	4.4	6.7 ^a	-	-	-	-	-
Raíces Flotantes No Fert	4.5	5.5 ^b	5.9	5.9	6.6	7.9	9.6 ^b
NFT No Fert	4.3	5.6 ^b	6.6	7.6	7.9	9.1	10.5 ^b

^{a,b} = Valores en columnas con letras diferentes difieren entre sí, (P<0.05).

Fert= Fertilización

Al final del tratamiento las plantas en el sistema con fertilización tuvieron mejores alturas (Cuadro 3).

La comparación entre sistemas en el estanque sin fertilizar no mostró diferencias de altura de las lechugas. Se supone que no existió diferencia en la altura debido a la falta de nutrientes en el agua (CE < 2.6 mg/L) y no al pH ya que éste se encontró en los niveles aceptables para este cultivo (6.8-7.4) (Maroto *et al.* 2000) (Cuadro 3, Figura 3).

3.3 LONGITUD DE RAÍCES

Las raíces, fueron abundantes, muy sanas y de muy buen crecimiento en ambos estanques. En el tratamiento raíces flotantes en el estanque fertilizado se obtuvieron mejores resultados debido a la fuente de agua comparado con el estanque no fertilizado. Aunque la diferencia de nutrientes fue mínima, tuvo un efecto significativo (p<0.05) en el crecimiento de las raíces de las plantas (Cuadro 4).

El tamaño de las raíces en la semana dos osciló entre 15 y 20 cm en los estanques fertilizados, entre 8 y 10 cm en el estanque sin fertilizar.

Al finalizar el ciclo del cultivo la longitud de las raíces osciló entre 30 y 40 cm en el estanque fertilizado en el sistema de raíces flotantes (Cuadro 4, Figura 4). En el estanque que no tuvo fertilización, el tamaño de las raíces se vio severamente afectado, con 8 a 15 cm y al final eran más pequeñas que las del otro estanque e incluso con menor tamaño en las semanas anteriores. Se supone que se debió a la falta de nutrientes y a falta de oxígeno en el agua que resultó en puntos de crecimiento radiculares muertos. El sistema de NFT donde las plantas tienen mejor oxigenación no hubo reducción en el tamaño de las raíces.

En ambos estanques e independientemente del sistema de producción las raíces se mostraron cubiertas de materia orgánica, que se fue acumulando en el transcurso del ciclo. Esto tuvo un efecto negativo en el crecimiento de las mismas ya que no dejó que estas tomaran del agua el oxígeno ni los nutrientes necesarios, impidiendo su desarrollo. Las plantas colocadas en el estanque fertilizado tuvieron un mejor crecimiento de raíces, se cree que esto se debe a una mayor concentración de nutrientes.

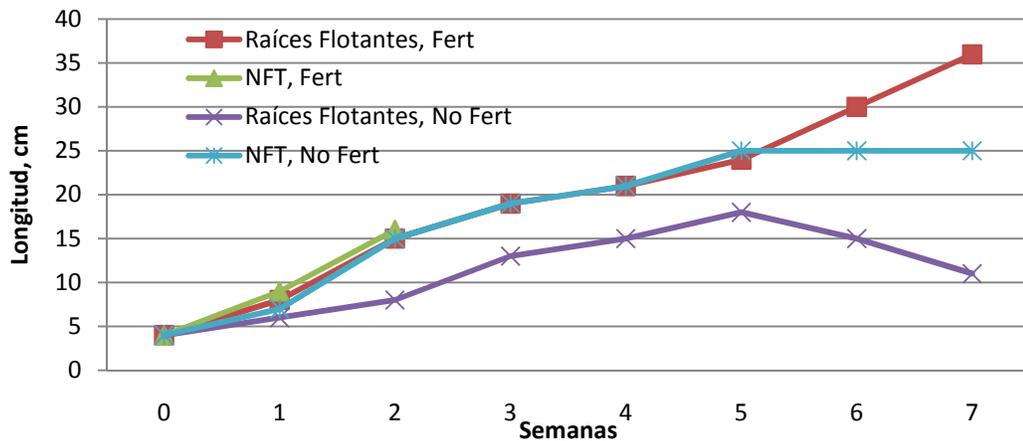


Figura 4. Desempeño del crecimiento radicular de la variedad de lechuga Tudela bajo condiciones hidropónicas en acuicultura.

Cuadro 4. Longitud de las raíces (cm) de lechuga variedad Tudela a bajo condiciones hidropónicas en acuicultura.

Tratamiento	Semana							
	0	1	2	3	4	5	6	7
NFT Fertilizado	4	10	18 ^a	-	-	-	-	-
Raíces Flotantes Fertilizado	4	8	15 ^b	19	21	24	30	36 ^a
NFT No Fertilizado	4	7	15 ^b	19	21	25	25	25 ^b
Raíces Flotantes No Fertilizado	4	6	8 ^c	13	15	18	15	11 ^c

^{a,b,c} = Valores en columnas con letras diferentes difieren entre sí, (P<0.05).

3.4 PESO Y RENDIMIENTOS

No se encontraron diferencias significativas en el peso fresco de las plantas al final del experimento en ningún tratamiento. Al finalizar el ciclo no se llegó a peso comercial por la falta de nutrientes en el agua.

El nivel de fertilidad del agua jamás fue el requerido por el cultivo (Cuadro 2). Además de la carencia de nutrientes en el agua las plantas debilitadas se encontraron con manchas de tipo bacterial en el follaje probablemente de *Xanthomonas campestris* (Maroto *et al.* 2000). La enfermedad pareció afectar más a las plantas ubicadas en el sistema de raíces flotantes.

3.5 MORTALIDAD

El porcentaje de mortalidad de las plantas fue alto 80%. Esto se atribuye posiblemente a la baja densidad de peces en el agua, lo que resulta en una escasez de nutrientes en la misma debido a que no había suficientes heces que fertilizaran el estanque y a la poca aplicación de nitrato de sodio como fuente de nitrógeno.

4. CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones de este estudio la tecnología NFT brinda mejores condiciones a las plantas que las planchas de polietileno.
- Sin fertilización, los sistemas no tienen diferencia alguna.
- La diferencia entre los caudales de NFT, no influyó en el desarrollo de las plantas.
- El pobre desarrollo de las plantas se debe a la mala nutrición que tuvieron las mismas, con aguas catalogadas como excelentes para riego, o sea, no aportan nada por su bajo contenido de sales.
- El agua fertilizada favoreció a un mejor crecimiento de las plantas.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar diferentes densidades de peces en el sistema para tener aguas suficientemente ricas de nutrientes para permitir la producción de lechuga.
- Evaluar métodos de oxigenación y filtración para evitar sedimentación de materia orgánica en las raíces y asegurar niveles adecuados de oxígeno para la producción.
- En las planchas de polietileno es necesario sellar cualquier posible salida del oxígeno proveniente de los difusores.
- Evaluar diferentes tipos de protección para evitar pérdidas de producción a causa de peces y o tortugas que se alimentan de las plantas.
- Reducir el área de producción para tener más nutrientes en el agua.
- Evaluar diferentes niveles de fertilización en la producción hidropónica de lechuga u otros cultivos en piscicultura, para así conocer los niveles ideales en este tipo de sistemas.

6. LITERATURA CITADA

Carrasco, G., P. Ramírez, y H. Vogel. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. *Idesia* 25 (2):59-62.

Contreras Valenzuela, A. y C Gómez Vargas. 2008. Evaluación de tres variedades de albahaca y dos dosis de fertilización en producción hidropónica y en suelo. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 16 p.

Ferrufino Norori, E.J. 2005. Determinación de la concentración de la solución nutritiva para el crecimiento y producción de lechuga var. Verónica en hidroponía. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 20 p.

Maroto, J. M. Gómez, B. Soria. 2000. *La Lechuga y La Escarola*. Ed. Mundi-Prensa. España. 107. 219 p.

Meyer, D.E. 2009. *Introducción a la acuicultura*. Tegucigalpa, Honduras. Academic Press. 159 p.

Molina, E. 1990. Lechuga (*Lactuca sativa* L) Agrícola vergel. p 327-330.

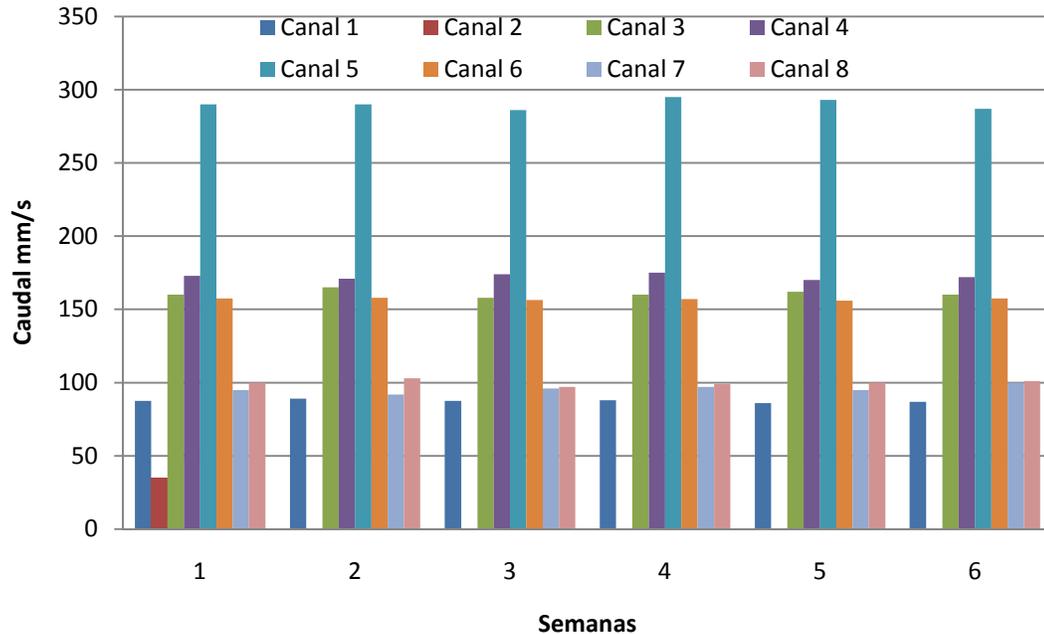
Pérez, L. 2007. *Hidroponía en casa*. 1ra ed. Costa Rica. Editorial Corazón verde. 54 P.

Rakocy, J., S. Donald, R. Bailey, S. Charlie, y E. Thoman. 2004. Update on tilapia and vegetable production in the uvi aquaponic system. 15 p.

Raudales Banegas, R.E. 2003. Determinación de la causa y los factores que afectan la severidad del daño en raíz en la lechuga hidropónica. Zamorano. Honduras. Proyecto especial para optar al título de Ingeniero en Ciencia y Producción Agropecuaria en el grado de licenciatura. 19 p.

Rodríguez, A. 1999. Red Hidroponía, Boletín Informativo No. 3. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Perú (en línea). Consultado el 15 de noviembre 2008, Disponible en:
www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin1_5/boletin3.html/

7. ANEXOS



Anexo 1. Caudal promedio de los canales NFT del estanque no fertilizado.

Anexo 2. Análisis de nutrientes, pH y CE de los estanques E9 (fertilizado) y E4 (no fertilizado) utilizados en el estudio. Laboratorio de Suelos y Aguas Zamorano.

		Nutrientes en el agua de los estanques														
# Lab.	Muestra	pH	mmhos/cm					mg/L								
			C.E	N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
09-A-1205	Estanque E4, 9 /06/09	7.70	0.35	1.8	0.10	14	13	4	37	8	0	0.2	0.10	0	0.03	
09-A-1206	Estanque E9, 9 /06/09	8.63	0.40	1.9	0.32	14	22	5	38	8	0	0.2	0.11	0	0.01	
09-A-1318	Estanque E9, 27 /06/09	6.65	0.26	1.7	0.14	13	6	3	63	6	0	1.1	0.04	0	0.04	
09-A-1319	Estanque E9, 27 /06/09	7.08	0.34	4.4	0.27	12	15	4	75	5	0	0.0	0.03	0	0.10	
09-A-1788	Estanque E4, 30 /07/09	6.22	0.20	0.8	1.74	13	8	3	21	6	0	1.5	0	0	0.01	
09-A-1789	Estanque E9, 30/07/09	6.53	0.26	0.4	2.84	14	10	3	30	6	0	0.7	0	0	0.03	