

Producción de tomate y tilapia en un sistema acuapónico con 50, 100, 150 y 200 ppm de nitrógeno

**Arquimedes Junier Barahona Pimentel
Johannys Aneth Castillo Del Cid**

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2011

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Producción de tomate y tilapia en un sistema acuapónico con 50, 100, 150 y 200 ppm de nitrógeno

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Arquimedes Junier Barahona Pimentel
Johannys Aneth Castillo Del Cid

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

Producción de tomate y tilapia en un sistema acuapónico con 50, 100, 150 y 200 ppm de nitrógeno

Presentado por:

**Arquimedes Junier Barahona Pimentel
Johannys Aneth Castillo Del Cid**

Aprobado:

Jeffery Pack, D.P.M.
Asesor principal

Abel Gernat, Ph.D.
Director
Carrera de Ingeniería Agronómica

Daniel Meyer, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Barahona Pimentel, A. J; Castillo Del Cid, J. A. 2011. Producción de tomate y tilapia en un sistema acuapónico con 50, 100, 150 y 200 ppm de nitrógeno. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 14 p.

La acuaponía es la combinación de acuicultura e hidroponía. En acuaponía, el excremento de los peces provee una fuente de nutrientes para la planta y las plantas proveen un filtro natural para el agua en que los peces viven. El objetivo del estudio fue evaluar en qué nivel de fertilización nitrogenada (50, 100, 150 y 200 ppm de N) se obtenía mayor producción de tomate y ganancia de peso en tilapias. Se utilizó un diseño experimental de Parcelas Divididas en espacio con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Dentro de cada pila o tratamiento se colocaron dos jaulas con 75 tilapias en cada una de aproximadamente 317 g y cuatro planchas de polietileno con seis plantas de tomate tipo manzano, variedad Alboran. Cada pila fue fertilizada con 200 ppm de potasio, 120 ppm de calcio y 2.5 ppm de hierro, siendo la variación la dosis de nitrógeno por pila. Se analizó el agua para nitrógeno, fósforo y potasio. Se midió la temperatura y la transparencia del agua semanalmente. Se evaluó la ganancia de peso de la tilapia, la longitud de las raíces, altura de las plantas de tomates, así como el número de racimos y flores por racimo. No se cosecharon tomates porque las altas temperaturas de 40 °C y poca ventilación dentro de la estructura afectaron la polinización. Las plantas fueron más altas, con sistemas radiculares más largos, mayor número de racimo y flores/racimo en el tanque con 150 ppm de N que en los otros tratamientos. El crecimiento de peces fue esencialmente igual en los cuatro ambientes.

Palabras clave: Acuicultura, fertilización complementaria, hidroponía.

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.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4. CONCLUSIONES.....	11
5. RECOMENDACIONES.....	12
6. LITERATURA CITADA.....	13
7. ANEXOS.....	14

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Kilogramos de fertilizantes aplicados para suplir las dosis recomendadas de NPK durante el ensayo. Zamorano, Honduras, 2011	4
2. Crecimiento vegetativo y floración en la producción de tomate en un sistema acuapónico con tilapias. Zamorano, Honduras, 2011	6
3. Ganancia de pesos en tilapia en un sistema acuapónico con tomate. Zamorano, Honduras, 2011	8
Figuras	Página
1. Concentración de NPK en el agua durante los primeros 14 y 28 días del estudio	7
2. Temperatura del aire dentro del invernadero en la etapa de floración y fructificación del tomate. Zamorano, Honduras, 2011	8
Anexos	Página
1. Imagen de la estructura utilizada para el estudio en la unidad de acuicultura en Zamorano, Honduras, 2011	13
2. Esquema de la aleatorización de las parcelas de un sistema acuapónico de tomates y tilapia. Zamorano, Honduras 2011.	14
3. Imagen de las canastas plásticas utilizadas para sostén de las plantas en la producción de tomate y tilapia en un sistema acuapónico. Zamorano, Honduras, 2011	14

1. INTRODUCCIÓN

Debido al incremento de la población mundial, la escasez de alimento, disminución de la producción pesquera y la necesidad de proteína barata de alta calidad han permitido que la acuicultura se considere una industria en crecimiento ya que actualmente produce cerca de la mitad del suministro total de pescado comestible. El departamento de pesca y acuicultura de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), señala que el sector pesquero es una fuente de ingresos y medio de subsistencia para millones de personas en todo el mundo (FAO, 2010).

El cultivo moderno de tilapia (*Oreochromis niloticus*) es una realidad en muchas partes del mundo. La tilapia se reproduce con facilidad en la finca, posee hábitos alimenticios amplios, son resistentes a las enfermedades de parásitos, toleran agua pobre en oxígeno y su carne es de buen sabor y textura (Meyer, 2006).

La hidroponía se define como la ciencia del cultivo de plantas sin uso de tierra, en un medio inerte al que se le agrega una solución nutriente que contiene todos los elementos esenciales requeridos por la planta para su crecimiento normal. En la antigüedad hubo civilizaciones que la usaron como medio de subsistencia. Por ejemplo, los aztecas construyeron una ciudad en el Lago de Texcoco y cultivaban maíz (Barbado, 2005).

Muchos cultivos se pueden producir en sistemas hidropónicos, de estos los tomates son los más cultivados, debido a que su producción supera la producción en el suelo y es un cultivo valioso. Una planta de tomate en tierra produce de 5 a 8 kg pero en hidroponía puede producir entre 15 y 20 kg. En muchos lugares hay grandes extensiones de tierra cubiertas con polietileno apoyado en postes para formar una sola estructura continua donde se cultivan tomates hidropónicos (Alpizar Antillón, 2006).

Un sistema acuapónico combina los principios de acuicultura con hidroponía donde los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático, típicamente peces, son convertidos a través de la acción bacteriana en nitratos que sirven como fuente de nutrientes para las plantas. La acuaponía es una opción atractiva para lograr una producción sostenible de alimentos, siguiendo los principios del reúso de aguas residuales, e integrando sistemas agrícolas con acuícolas (Diver, 2006). La universidad de Islas Vírgenes ha reportado que por cada tonelada de pescado que se produce por acuaponía por año, se puede llegar a producir más o menos siete toneladas de lechuga. (CIESE, 2008).

En la Escuela Agrícola Panamericana se han realizado estudios acuapónicos con lechuga y tilapia. Arriaza Castañeda y Martínez Cabrera (2009) lograron la mayor producción de lechuga con una aplicación suplementaria del 100% de la cantidad recomendada de K y 0% de Fe, y reportaron una ganancia de peso de 1.24 g/pez/día, además de buenos rendimientos de lechuga. Jacho Yunga y Rosero Álvarez (2010) compararon dos sistemas de filtración para la producción de lechuga en un sistema acuapónico no encontrando diferencia en el porcentaje de producto comercial.

No se han evaluado cultivos diferentes a lechuga para su potencial en acuaponía en Zamorano. El tomate es un cultivo popular en la zona que tiene potencial en la producción acuapónica. Este ensayo evaluó el nivel de fertilización nitrogenada (50, 100, 150 y 200 ppm) en que se obtiene mayor producción de tomate y ganancia de peso en tilapias en un sistema acuapónico durante un periodo de 80 días.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, en la unidad de acuacultura. El lugar se encuentra a 800 msnm aproximadamente, posee una temperatura promedio de 24°C y cuenta con una precipitación promedio anual de 1100 mm. El ensayo se realizó del 27 de Junio al 14 de Septiembre de 2011, donde se presentaron condiciones climáticas variables.

Descripción de tratamientos: El experimento se realizó usando un diseño de Parcelas Divididas en espacio, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones para cada uno. Cada pila de concreto de 7 m de largo, 3 m de ancho y 1 m de profundidad, cubiertas con plástico transparente a 2 m de altura, llenadas con 7.5 m³ de agua (Anexo 1). Todas las parcelas estaban bajo las mismas condiciones de densidad de plantas, peces, cantidad de alimento y oxigenación. Los tratamientos consistieron en cuatro dosis de nitrógeno (50, 100, 150 y 200 ppm de NO₃-N) en diferentes pilas. La aleatorización se encuentra en el Anexo 2.

Preparación de las pilas y manejo de peces: Las pilas se prepararon dos semanas antes del trasplante de las plántulas de tomate, llenándolas con agua potable para tener condiciones homogéneas. Esta agua se dejó ocho días antes de empezar el estudio para bajar el porcentaje de cloro ya que la tilapia se ve gravemente afectada por excesos de este. El agua de cada pila recibió aireación continua a través de difusores de 1.5 m de largo conectados por medio de tubos de PVC con diámetro de 25 mm a un soplador de aire.

Los peces fueron tomados de jaulas ubicadas en la laguna de la unidad de acuacultura de Zamorano. Se sembraron en grupos de 20 ejemplares hasta completar 150 peces en cada pila, con un peso promedio por pez de 317 g. Fueron divididos en dos grupos de 75 peces dentro de jaulas de forma cilíndrica fabricadas de malla Vexar[®]; para la flotación en el agua estas jaulas tienen en la parte superior un marco de tubo de PVC de 50 mm de diámetro. Los peces se alimentaron dos veces al día *ad libitum* utilizando alimento para tilapia, fabricado por la Compañía de Alimentos Concentrados Nacionales S.A, con 28% de proteína en forma de pellets flotantes. El consumo promedio fue de 454 g por pila/día a lo largo del ensayo.

Los peces fueron sexados antes de colocarlos en los tratamientos, pero como el sexado no asegura un 100% de machos, se colocaron dos guapotes, *Parachromis managuensis* por cada pila fuera de las jaulas de las tilapias. Los guapotes son cíclidos carnívoros depredadores de tilapias que no causan daño a las raíces (Loiselle 1980).

Siembra y trasplante: Se hizo una siembra de 150 semillas de tomate tipo manzano, variedad Alboran, en el área de plántulas de Zamorano. Al trasplante las plántulas tenían 27 días de edad y una altura de 10 a 12 cm. Se trasplantó a una densidad de 6 plántulas/m² sobre láminas de polietileno expandido, que tenían orificios a 30 cm. En estos orificios se colocaron canastas plásticas que sirven de sostén a la planta (Anexo 3). Se seleccionaron plántulas de tamaño uniforme y se colocaron con el pilón entero para evitar daños a la raíz.

Tutorado y poda: Con el fin de permitir mejor aireación durante el crecimiento vegetativo del tomate, facilitar las prácticas fitosanitarias y evitar el contacto del follaje con el agua (Nuez, 2001), se realizó un tutorado convencional y un sistema de poda dejando solo el tallo principal. El tutorado consistió en sustentar un entramado con cabuya desinfectada a la estructura del invernadero. Se ató la planta con una cabuya en la parte inferior y se unió con el entramado en la parte superior.

El tomate Alboran es un cultivar vigoroso de crecimiento indeterminado que puede alcanzar longitudes hasta de 10 m por lo cual fue necesario realizar una poda para cortar todos los brotes axilares del tallo principal y la eliminación de hojas senescentes. Para cada poda se desinfectó la tijera y manos al pasar de una planta a otra, para evitar propagación de patógenos.

Fertilización complementaria: La fertilización utilizada en los tratamientos se definió según la recomendada para el cultivo de tomate hidropónico por la Universidad de Florida (150 ppm de nitrógeno, 200 ppm de fósforo, 120 de potasio y 2.5 ppm de hierro) (Hochmuth, 2008; Hochmuth y Hochmuth, 2001). A partir de esta dosis se disminuyó la concentración de nitrógeno en 33 y 67% y se aumentó un 33%. Los demás fertilizantes (P, K, Fe) se aplicaron en todos los tratamientos según la dosis recomendada. Para conocer las concentraciones de los nutrientes NPK y mantenerlos en la dosis recomendada, se realizaron dos análisis de agua, a los 14 y 28 días después del trasplante. A partir de estos resultados, se corrigieron las concentraciones de cada elemento en las pilas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Kilogramos de fertilizantes aplicados para suplir las dosis recomendadas de NPK durante el ensayo. Zamorano, Honduras, 2011.

Tratamiento (ppm N)	Nitrógeno			Fósforo			Potasio		
	1 ddt	14 ddt	28 ddt	1 ddt	14 ddt	28 ddt	1 ddt	14 ddt	28 ddt
50	4.8	2.7	3.3	14.2	8.3	3.6	3.0	2.2	1.8
100	9.6	4.5	6.0	14.2	7.8	5.5	3.0	1.8	1.6
150	14.4	5.2	7.8	14.2	7.9	4.9	3.0	1.7	1.6
200	19.2	4.9	7.1	14.2	6.8	4.4	3.0	2.0	1.3

ddt = días después del trasplante de tomate.

Solo el hierro se aplicó de forma foliar; los demás fueron diluidos en recipientes con agua y aplicados de manera uniforme en toda la pila. Para suplir los diferentes elementos se usó nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)$ como fuente de N, muriato de potasio (KCL) como fuente de K, sulfato de hierro al 5% según la dosis recomendada por el fabricante de 1.42 L /ha Pentamins[®] Fe y Biofos[®] (21% de P), todos siendo fuentes solubles. Es importante considerar la composición química de los fertilizantes, ya que las fuentes de nitrógeno en forma de nitritos y nitratos no resultan tóxicas para el pez como las composiciones amoniacales.

Monitoreo de la calidad del agua: El análisis de potasio se hizo en una cámara de absorción atómica (spectrAA 220FS[®]), el fósforo por espectrofotometría con Thermo spectronic Genesys 20[®] y Spectronic 20+[®] y el porcentaje de nitrógeno total por el método de Kjeldahl modificado. Todos se realizaron en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana.

Se midió el pH de las pilas por el método colorimétrico de Hach, la transparencia del agua (penetración de la luz solar) con el disco Secchi semanalmente, de acuerdo a la metodología implementada en la Escuela Agrícola Panamericana (Meyer, 2006). En las pilas se monitoreó la temperatura del agua dos veces al día con un medidor de oxígeno y temperatura YSI 55[®]. Se midió tres veces la temperatura dentro del invernadero, la primera medición se realizó antes de la floración. Durante la floración del tomate se hicieron dos mediciones, antes y después de abrir las ventanas en el plástico.

Toma de datos: Los peces se pesaron en grupos de 20 ejemplares al inicio del ensayo y fueron colocados en cada pila. Al final del ensayo se pesaron de igual forma, independiente de que jaula fueran dentro de cada tratamiento.

El tamaño de la planta y raíz del tomate se midió con una cinta métrica al finalizar el ensayo. La altura de la planta se tomó desde la base del tallo hasta la punta apical. La longitud de raíces se midió desde la base de la canasta en la cual se colocaron al trasplante hasta la punta final.

Análisis estadístico: Los datos de los tomates (altura de plantas, longitud de raíces, número de racimos por planta y número de flores por racimo) fueron analizados con un modelo lineal (GLM) y separación de medias con la prueba de Tukey, con el programa Statistical Analysis System (SAS, 2007)[®] con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Los pesos de peces (final, cambio y ganancia) se analizaron con estadística descriptiva por falta de repeticiones en las diferentes pilas como fue limitado en el mismo diseño del experimento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Monitoreo del agua: Durante las 12 semanas del estudio, la temperatura del agua se mantuvo en un rango de 24 a 31°C. Meyer (2006) expone que el rango óptimo para el cultivo de tilapia es de 25 a 32°C.

Al iniciar el estudio, el pH del agua fue de 5.0 a 5.5, siendo este desventajoso para el desarrollo del cultivo de tomate y tilapia, así que se aplicó cal a cada pila para subir el pH hasta la neutralidad. Luego de esto, el pH se mantuvo en 6.5 durante el resto del ensayo.

Durante las tres primeras semanas del ensayo, la penetración de la luz fue igual a la profundidad de la pila, debido al uso del agua potable. Desde la cuarta semana hasta el final del ensayo se observaron pocas algas en las pilas con 50 y 150 ppm de N; sin embargo en los tratamientos de 100 y 200 ppm de N la presencia de algas fue mayor, obteniendo penetración de la luz de 30 a 40 cm, que son datos normales en pilas con engorde de peces (Meyer 2006). Según Rackoy (1997), el crecimiento de algas en un sistema acuapónico puede interferir con el normal desarrollo de las plantas.

Plantas: Al finalizar el ensayo las plantas de tomate sobrevivieron en 100%. La pila con 50 ppm de N tuvo raíces significativamente más largas (0.54 m) que los demás tratamientos. La pila con 50 ppm de N tuvo menor crecimiento (0.25 m) (Cuadro 2).

La altura de las plantas en la pila con 150 ppm de N (1.43 m) fue significativamente superior, seguido del tratamiento de 50 ppm de N y por último los tratamientos de 100 y 200 ppm de N. No se encontró diferencia significativa para el número de racimos por planta, independientemente del tamaño de las plantas. La pila con 150 ppm de N tuvo significativamente mayor número de flores por raimo (6.7) comparado con el resto de los tratamientos.

Cuadro 2. Crecimiento vegetativo y floración en la producción de tomate en un sistema acuapónico con tilapias. Zamorano, Honduras, 2011.

Tratamiento (ppm N)	Longitud raíz (m)	Altura planta (m)	Racimos/planta	Flores/racimo
50	0.25 c	1.29 b	5.5 a	4.2 b
100	0.28 b	1.14 c	6.0 a	4.8 b
150	0.54 a	1.47 a	7.7 a	6.7 a
200	0.36 b	1.13 c	5.7 a	3.8 b

Valores en columnas con diferentes letras son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Las raíces continuamente se llenaban de sedimentos, heces y comida residual lo que causaba condiciones anóxicas y limitaba la absorción de oxígeno por las plantas. A diario se removían sedimentos, pero no fue lo adecuado para asegurar un crecimiento activo y sano de las plantas. Jacho Yunga y Rosero Álvarez (2010) evaluaron un sistema acuapónico utilizando filtro de bolas y un tanque sedimentador, obteniendo raíces limpias y sanas. Por falta de bombas no se pudo instalar un sistema de recirculación o filtrado.

Con los resultados del análisis de agua de cada pila, se hicieron las aplicaciones de los fertilizantes sintéticos al día 14 y 28, para subir las concentraciones a las iniciales (Figura 1).

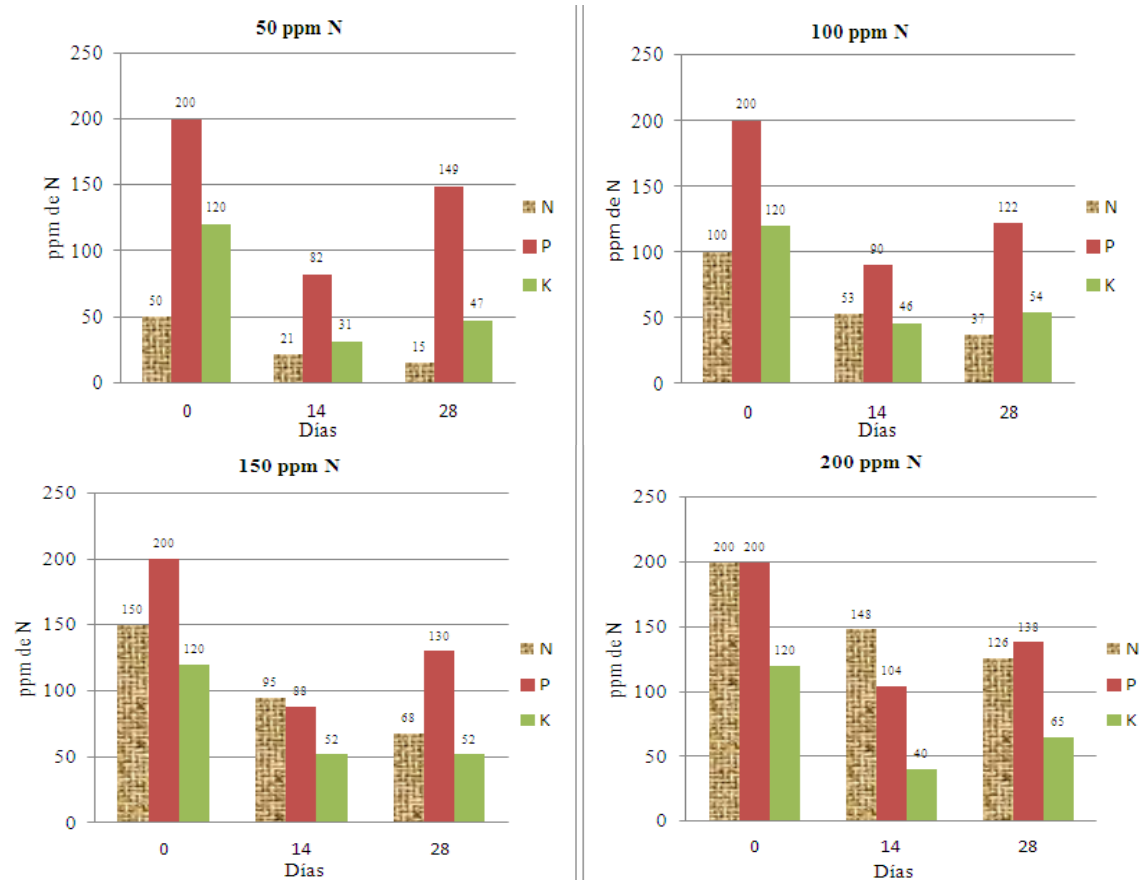


Figura 1. Concentración de NPK en el agua durante los primeros 14 y 28 días del estudio.

Durante la floración, la temperatura del aire aumentó de 24 a 40 °C dentro de la estructura. Para mejorar la ventilación y disminuir la temperatura, en ambos extremos se abrió en el plástico una ventana de 80 × 80 cm. Esto mejoró la ventilación y la temperatura bajó a 36 °C (Figura 2). Estas condiciones probablemente causaron estrés en las plantas y se observó aborto floral y poco cuaje de frutos. Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo de tomate oscilan entre los 28 – 30 °C durante el día y 15 – 18 °C durante la noche. Temperaturas de más de 35 °C y menos de 10 °C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto en tomate (Corpeño 2004).

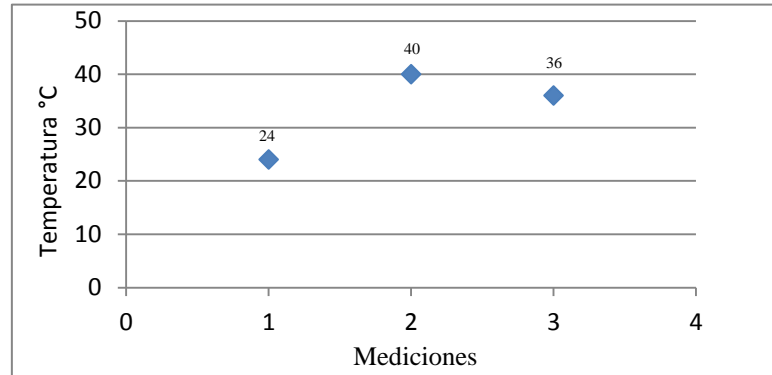


Figura 2. Temperatura del aire dentro del invernadero en la etapa de floración y fructificación del tomate. Zamorano, Honduras, 2011.

Peces: El peso promedio total de los peces por pila fue de 48 kg inicialmente y finalmente de 56 kg. El trasladar los peces de la laguna a las pilas de concreto para realizar el estudio pudo ocasionar un estrés y una reducción en el consumo de alimento. Durante la tercera semana del ensayo, ocurrió un desabastecimiento de electricidad, dejando de funcionar los difusores de oxígeno y provocando la muerte de 200 peces, 72 de la pila con 50 ppm, 38 de 100 ppm, 40 de 150 ppm y 50 de 200 ppm de N. Considerando el peso y número de peces muertos se hizo una resiembra de 200 peces con un peso promedio de 334 g/pez.

Los peces de resiembra también fueron tomados de la laguna, lo que nuevamente ocasionó una reducción en el consumo total de alimento en todos los tratamientos durante 10 días aproximadamente, mayormente en las pilas con 50 y 200 ppm donde murieron más peces, siendo esto un factor determinante en los valores de ganancia de peso total de estas dos pilas (Cuadro 3). Las ganancias típicas de peso en tilapias en fincas de producción bien manejadas es de 1.2 a 2.8 g/pez/día (Saavedra Martínez 2006), siendo las ganancias obtenidas por debajo de lo normal.

En dos ocasiones, en las pilas con 100 y 150 ppm de N se escaparon tres peces de las jaulas, se tuvieron que capturar rápidamente ya que la tilapia por definición es un omnívoro y podría causar daños a las raíces de las plantas (Meyer 2006).

Cuadro 3. Ganancia de pesos en tilapia en un sistema acuapónico con tomate. Zamorano, Honduras, 2011.

Tratamiento (ppm N)	Peso Inicial Total (kg)	Peso Final Total (kg)	Diferencia (kg)	Ganancia de peso/pez/día (g)
50	48.18	51.36	3.18	0.3
100	46.36	58.18	11.82	1.0
150	48.18	60.91	12.73	1.1
200	47.73	55.00	7.27	0.6

4. CONCLUSIONES

- Los tomates con el tratamiento de 150 ppm de nitrógeno presentaron un mayor desarrollo radicular, crecimiento de planta, número de racimos y número de flores por racimo.
- La muerte y resiembra de peces durante el ensayo afectó la ganancia diaria de pesos de los peces, principalmente en los tratamientos con 50 y 200 ppm de N que presentaron ganancias de 0.3 y 0.6 g/pez/día respectivamente. Los tratamientos con 100 y 150 ppm de N presentaron ganancias esencialmente igual de 1 g/pez/día.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar los estudios bajo protección o invernadero, tomando en cuenta la altura del techo, ventilación y también la variedad de tomate y su crecimiento ya sea determinado o indeterminado para asegurar condiciones adecuadas para su desarrollo.
- Bajo las condiciones de nuestro estudio, utilizar más de dos difusores de oxígeno por plancha de polietileno, para aumentar la concentración de oxígeno disuelto en el agua, que favorece el crecimiento de peces y plantas
- Realizar el estudio en épocas donde los cortes de energía sean mínimos o de lo contrario contar con una planta eléctrica.

6. LITERATURA CITADA

Alpizar Antillón, L. 2004. Hidroponía cultivo sin tierra. Editorial Tecnológica de Cartago. Costa Rica 108 p.

Arriaza Castañeda, A. y Martínez Cabrera, J. 2009. Producción hidropónica de lechuga integrada con el cultivo de tilapia con tres niveles de potasio y hierro. Tesis Ing Agr. Tegucigalpa Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 27 p.

Barbado, L. 2005. Microemprendimiento, Hidroponía I. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. 155 p.

CIESE, México. 2008. Pioneros en acuaponía. Consultado el 15 de diciembre del 2010. Disponible en: <http://gaceta.cicese.mx/ver.php>.

Corpeño, B. 2004. Manual del cultivo de tomate. Fintrac. Centro de inversión desarrollo y exportación de agronegocios. El Salvador. 31 p.

Diver, S. 2006. Aquaponics - Integration of Hydroponics with Aquaculture. Consultado el 15 de diciembre del 2010. Disponible en: www.attra.ncat.org/attra-pub/aquaponic.html

FAO, Italia. 2010. El Estado mundial de la pesca y la acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, Roma, Italia.

Grande Zometa, E. y Luna Vega, P. 2010. Comparación de la producción de lechuga a 6, 12 y 18 plantas/m² con 40 y 70 ppm de nitrógeno total en acuaponía con tilapia. Tesis Ing. Agr. Tegucigalpa Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 15 p.

Hochmuth, G. J. y R. C. Hochmuth. 200. Nutrient solution formulation for hydroponic (perlite, rockwool, NFT) tomatoes in Florida. Universidad de Florida, publicación de extensión #Hs 796.edi.ifas.ufl.edu/cv216. (Última consulta 4 de Nov. 2011).

Hochmuth, G. J. 2008. Fertilizer management for greenhouse vegetables Florida greenhouse vegetable production handbook, vol.3. Universidad de Florida, publicación de extensión #Hs787, edis.ifas.ufl.edu/cv265.(última consulta 4 de Nov.2011).

Jacho Yunga, J. y Rosero Álvarez, S. 2010. Comparación del uso de un filtro de bolas y un tanque sedimentador para la producción de lechuga en un sistema acuapónico. Tesis Ing. Agr. Tegucigalpa Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 19 p

Losivelle, P. 1980. The Cichlid room companion. Consultado el 1 de noviembre del 2011. Disponible en: <http://www.cichlidae.com/article.php?id=92&lang=es>.

Meyer, D. 2006. Acuicultura manual de prácticas. 3^{era} Edición. Tegucigalpa, Honduras. 110 p.

Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 793 p.

Rakocy, J. 1997. Integrating Tilapia Culture with Vegetable Hydroponics in Recirculating Systems. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. pp 163-184.

Resh, H. 2001. Cultivos hidropónicos. Ediciones Mundi-Prensa. 5^a Edición. Madrid, España. 558 p.

Saavedra Martínez, M. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. USAID. Managua, Nicaragua. 21 p.

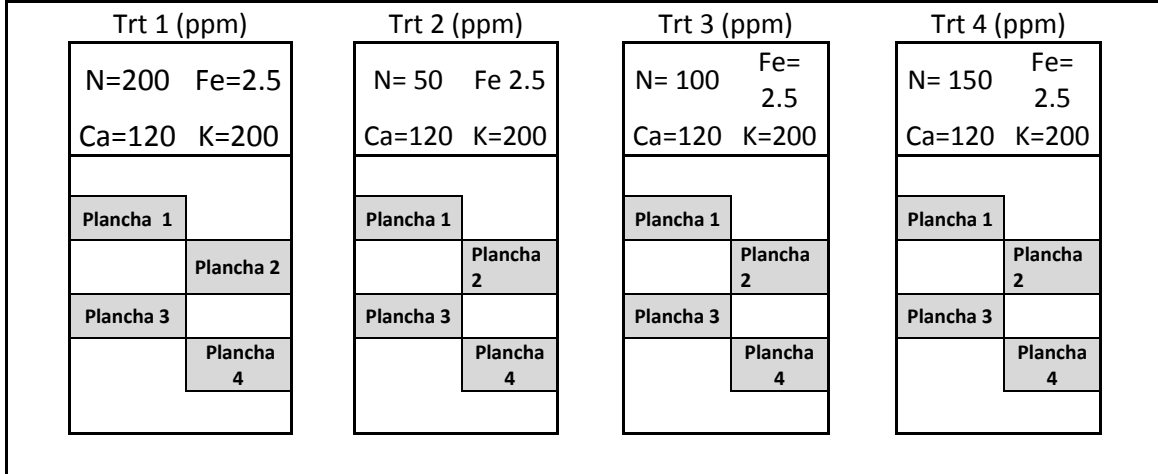
SAS. 2007. SAS User's Guide. Statistics. Version 5, SAS Institute Inc., Cary, NC., U.S.

7. ANEXOS

Anexo 1. Imagen de la estructura utilizada para el estudio en la unidad de acuicultura en Zamorano, Honduras, 2011.



Anexo 2. Esquema de la aleatorización de las parcelas de un sistema acuapónico de tomates y tilapia. Zamorano, 2011.



Anexo 3. Imagen de las canastas plásticas utilizadas para sostén de las plantas en la producción de tomate y tilapia en un sistema acuapónico. Zamorano, Honduras, 2011.

