

**Evaluación de tres variedades de albahaca y  
dos dosis de fertilización en producción  
hidropónica y en suelo**

**Alejandro Contreras Valenzuela  
Celina de Jesús Gómez Vargas**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2008

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

# **Evaluación de tres variedades de albahaca y dos dosis de fertilización en producción hidropónica y en suelo**

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

Presentado por

**Alejandro Contreras Valenzuela**  
**Celina de Jesús Gómez Vargas**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2008

# **Evaluación de tres variedades de albahaca y dos dosis de fertilización en producción hidropónica y en suelo**

Presentado por:

Alejandro Contreras Valenzuela  
Celina de Jesús Gómez Vargas

Aprobado:

---

Gloria Arévalo de Gauggel, M. Sc.  
Asesor Principal

---

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

---

Jeff Pack, D.P.M.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph. D.  
Decano Académico

---

Abelino Pitty, Ph. D.  
Asesor

---

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

---

Abelino Pitty, Ph. D.  
Coordinador del Área de Fitotecnia

## ABSTRACT

Contreras, A. and Gomez, C. 2008. Evaluation of hydroponic and conventional production of three varieties of basil and two doses of fertilizer. Special Project Program of Agricultural Engineering, Zamorano, Honduras. 16 p.

Zamorano has carried out three experiments in hydroponic lettuce which resulted in a recommendation for a nutrient solution for the optimal development of the crop using the Nutrient Film Technique (NFT). From these studies, the project compared the growth and production of three varieties of basil (Aromaz, Genovesa and Nufar) under two rates of fertilization in two production systems, conventional and hydroponic. The study was conducted between June and July, 2008. Four stages of production, two weeks each, were evaluated for both systems, according to the phenology of the plants: Adaptation, growth, biomass production and pre-flowering. The change in fertilization compared treatments with 75% of a University of Florida recommended formulation in the 4<sup>th</sup> stage of production, meaning, using 90% of the total fertilizer with 100% of a University of Florida recommended dosage. A factorial, split plot design was used to determine the most efficient production fertilizer program. The plants in the conventional system showed significantly better results in terms of wet weight and leaf area per plant. There was no significant difference between treatments with different nutrient solutions, which ensures that implementation of the solution to 75% of the recommended dosage in the 4<sup>th</sup> stage does not affect the results in production. There were no significant differences in leaf area or weight between varieties, though the variety Nufar was taller. Leaks were detected in the NFT system which resulted in an overestimation of fertilizer. An economic analysis considering the costs of production for both systems concluded that the hydroponic system is 11% more expensive, not considering that irrigation was minimal in the conventional system because of the season in which the experiment was conducted.

**Keywords:** Constant movement, consumption of nutrients, herbs, nutrient solution, *Ocimum basilicum*.

## RESUMEN

Contreras, A. y Gómez, C. 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.

Zamorano ha determinado en tres experimentos en lechuga hidropónica una solución nutritiva óptima para el desarrollo del cultivo utilizando el sistema NFT (Nutrient Film Technique). A partir de estas experiencias se planteó esta investigación que tuvo como objetivo comparar el crecimiento y producción de tres variedades de albahaca (Aromaz, Genovesa y Nufar) bajo dos dosis de fertilización en dos sistemas de producción: en suelo e hidropónico. El estudio se realizó entre junio y julio de 2008. Se plantearon cuatro etapas del cultivo que se dividieron de acuerdo a la fenología de las plantas: Adaptación, crecimiento, formación de biomasa y producción (prefloración) de dos semanas cada una. Al cambio de etapa se modificó la dosis de fertilización aplicada que partió de una formulación para albahaca hidropónica. El cambio en fertilización consistió en comparar el 75% en la última etapa de la formulación recomendada con la dosis recomendada, utilizando solamente el 90% de fertilizante en la producción. Para determinar el sistema más eficiente en producción, la dosis de fertilizante con mejor respuesta y la variedad más adaptada en cada sistema se utilizó un arreglo factorial de los tratamientos con parcelas divididas. Se detectaron fugas de solución nutritiva en el sistema NFT, por lo cual se sobrestimó el fertilizante. En la producción en suelo se obtuvieron plantas significativamente mejores en cuanto a área foliar y peso húmedo por planta. No hubo diferencia significativa entre los tratamientos con diferentes soluciones nutritivas, lo que afirma que la aplicación de la solución al 75% en la última etapa de la dosis recomendada no afecta los resultados en producción. La variedad Nufar alcanzó mayor altura. No hubo diferencia significativa en área foliar ni peso entre las variedades. Se detectaron fugas de solución nutritiva en el sistema NFT, por lo cual se sobrestimó el fertilizante. Se realizó un análisis de costos en el que se consideraron los costos de producción para ambos sistemas y se determinó que el sistema hidropónico es un 11% más costoso, sin tomar en cuenta que el riego fue mínimo en el sistema de producción en suelo por la época en que se realizó el estudio.

**Palabras clave:** Circulación constante, consumo de nutrientes, electrobomba, hierbas aromáticas, *Ocimum basilicum*, solución nutritiva.

## CONTENIDO

Portadilla.....	ii
Página de firmas.....	ii
Abstract.....	iii
Resumen.....	iv
Contenido.....	v
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	vi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	2
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	10
<b>CONCLUSIONES</b> .....	13
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	14
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	15
<b>ANEXOS</b> .....	16

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Aplicación de nutrientes para albahaca en g/planta por hectarea por ciclo en campo y en hidroponia.....	5
2. Cantidad de nutrientes (mg/L) requerida para la solución usada para fertilizar albahaca en sistema hidropónico.....	6
3. Fertilizantes (g/L) utilizados en la preparación de cuatro soluciones nutritivas en hidroponía NFT.....	7
4. Fertilizantes (g/planta) aplicados en la producción en suelo de albahaca.....	7
5. Análisis de soluciones nutritivas restantes en tanques alimentadores determinado en el laboratorio de suelos.....	8
6. Distribución de tratamientos de acuerdo con el sistema de producción, variedad y solución nutritiva.....	8
7. Altura, área foliar, peso húmedo y peso seco de hojas y tallos del cultivo de albahaca en dos sistemas de producción.....	11
8. Altura, área foliar, peso húmedo y peso seco de hojas y tallos del cultivo de albahaca con dos dosis de fertilización.....	11
9. Altura, área foliar, peso húmedo y peso seco de hojas y tallos del cultivo de albahaca para tres variedades de albahaca.....	11
10. Costo de insumos por unidad en sistema de campo e hidropónico (NFT).....	12
11. Análisis de los costos de producción de albahaca (\$/ha) en sistema hidropónico (NFT) y en la producción en suelo. ....	12

Figura	Página
1. Registro de precipitación en el valle del Yeguaré del 8 de junio al 3 de agosto de 2008.....	2
2. Conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas en el sistema NFT durante la producción de albahaca.....	10

Anexo	Página
1. Aporte de elemento nutritivo (%) de cada fertilizante. Zamorano, Honduras, 2008.....	16
2. Contenido de iones en el agua utilizada en el experimento. Zamorano, Honduras, 2008.....	16

## INTRODUCCIÓN

En un mundo sobrepoblado con suelos erosionados e índices cada vez mayores de contaminación, clima cambiante y persistentes requerimientos ecológicos de la población, la hidroponía, por sus especiales características, brinda nuevas posibilidades donde los cultivos tradicionales están agotados como alternativa (Filippetti 2008). La hidroponía es una ciencia para cultivar las plantas sin tierra, en donde las raíces reciben una solución nutritiva con todos los elementos esenciales para el desarrollo de la planta disuelta en agua. Este, como cualquier otro sistema de producción, exige conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de química orgánica (Pérez 2007).

El crecimiento y futuro de la hidroponía en Latinoamérica dependerá mucho del desarrollo y adaptación de sistemas menos sofisticados de producción, lo cual se refiere a sistemas que no requieran una alta inversión inicial, pero que a la vez sean competitivos para el pequeño agricultor (Rodríguez 1999). Zamorano ha realizado tres estudios para producir lechuga bajo este sistema, tomando ideas de diferentes fuentes hasta plasmarlas en una sola metodología de producción exitosa. Solamente se ha trabajado este cultivo, para el cual se logró identificar la mejor solución nutritiva de acuerdo con las demandas nutricionales de la lechuga, según G. Gauggel en una entrevista realizada por Coello (2005).

La albahaca (*Ocimum basilicum*) es una planta aromática y medicinal que llega a alcanzar de 30 a 50 cm de altura. Las hojas miden de 2 a 5 cm, son suaves, oblongas, opuestas, pecioladas, lanceoladas y ligeramente dentadas (Vega s.f.). Se puede cultivar a pleno sol o a media sombra, pero no resiste heladas. Es una planta anual perteneciente a la familia de las labiadas. Se encuentra en forma silvestre en las regiones tropicales y subtropicales y se cultiva principalmente como hierba culinaria (Cuenca Rural 2003). La cosecha se realiza entre el día 60 - 90 del trasplante y se hace antes o en el momento en que empieza a florecer, ya que es en ese momento cuando la planta acumula más aceite (0.4%) (Vega s.f.). Su nombre genérico deriva de la palabra griega ókimon que se traduce como oloroso, por la fragancia de sus hojas. El nombre específico proviene de la palabra basilikon, que significa real, ya que en India, de donde es originaria, es considerada una planta sagrada.

Debido al incremento en demanda por hierbas frescas de cosecha durante los últimos años, se tomó la decisión de realizar este trabajo, con la idea de producir albahaca en medios hidropónicos para tener un control completo de la producción. El experimento tuvo como objetivo general comparar el crecimiento y producción de tres variedades de albahaca bajo dos dosis de fertilización en dos sistemas de producción, hidropónico y en suelo. Los objetivos específicos incluyeron: Comparación de la producción hidropónica con la producción en suelo. También, evaluar las dosis de fertilización para ambos sistemas y por último, determinar la variedad de albahaca que mejor se adapte al cultivo hidropónico.

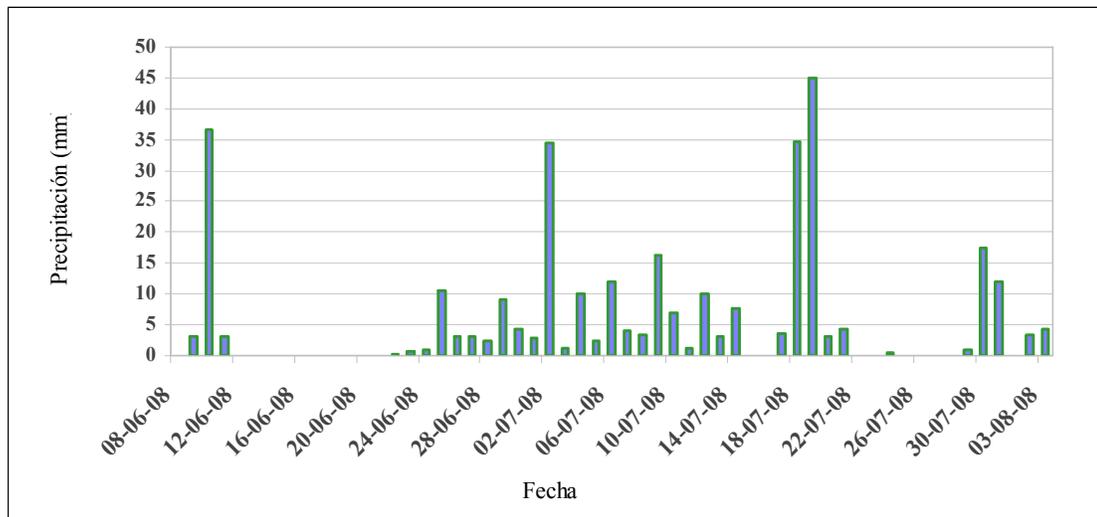
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El experimento se llevó a cabo en la Unidad de Olericultura (zona 3) en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. El lugar se encuentra 30 km al Este de Tegucigalpa, a una altura de 800 msnm con una precipitación promedio anual de 1200 mm. El ensayo se realizó en junio, julio y agosto de 2008 en un macro túnel con área efectiva de 8 m × 14 m para el caso hidropónico y en una parcela de 7 m × 10 m para la producción en suelo.

### Temperatura y precipitación

Los datos de temperatura se obtuvieron de la estación meteorológica de Zamorano manejada por la Unidad de Riego. Esta se midió diariamente a las 10:00 am. Se hizo una comparación entre la temperatura ambiental y la de la solución ya que con temperaturas elevadas las plantas tienen altas tasas de transpiración y por consiguiente las concentraciones de nutrientes en el tanque tienden a variar (Raudales Banegas 2003). Se regó sí el día anterior no hubo precipitación (Figura 1).



**Figura 1.** Registro de precipitación en el valle del Yeguaire del 8 de junio al 3 de agosto de 2008.

### Medio de crecimiento en semillero

Se utilizó el medio de crecimiento preparado PROMIX<sup>®</sup> a base de turba de sphagnum (55-65%), con un alto contenido de calcio (90 - 200 mg/L) y magnesio (20 - 60 mg/L) y los micronutrientes necesarios para la germinación.

### **Sistema Recirculante NFT (Nutrient Film Technique)**

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 en un sistema cerrado (Carrasco *et al.* 1996). El sistema consistió en 56 canaletas de PVC distribuidas sobre una estructura de aluminio. Cada estructura era una cama, cada una contaba con siete canaletas. Las camas se dividieron en tres sectores con el fin de colocar las tres variedades (Aromaz, Genovesa y Nufar) en cada una de ellas a una densidad de 90,000 plantas por hectárea.

Se utilizaron cuatro tanques con capacidad de 378 L cada uno. Cada tanque se encontraba a 0.60 m bajo el nivel del suelo. La manguera recolectora de agua recirculante se colocó a 0.30 m sobre el borde superior del tanque, para generar una caída que favoreciera la oxigenación de la solución nutritiva en los tanques. Se usaron cuatro aireadores, uno en cada tanque, con dos piedras difusoras cada uno, para inyectar oxígeno a los tanques. Para el funcionamiento del sistema se utilizaron cuatro bombas con capacidad de 0.5 HP para mantener el flujo laminar y la recirculación de la solución nutritiva, permitiendo el contacto de las raíces con la solución nutritiva y favoreciendo la oxigenación de las mismas. La importancia del oxígeno ha sido estudiada por la facultad de horticultura de la Universidad de Chiba Japón, y se ha llegado a la conclusión que el hacer las camas de NFT más cortas hay más oxigenación en la solución nutritiva permitiendo uniformidad de los cultivos y mejores rendimientos (Puerta *et al.* 2005).

Como sostén para las plantas, se utilizaron cubos de esponja de 5 cm × 5 cm × 2.5 cm, con una ranura en la parte superior de una pulgada de profundidad donde se introdujo el talluelo. Para disminuir el crecimiento de algas, que reducen el consumo de nutrientes y oxígeno para las plantas, se utilizó plástico de color negro para tapar los canales transversales de recolección de solución en cada cama.

### **Sistema de producción en suelo**

Se usó una parcela de 7 m × 10 m. Se sembraron ocho camas de 50 cm de ancho y 7 m de largo. Cada cama tenía dos hileras con un distanciamiento de 20 cm entre plantas y 30 cm entre hileras, para una densidad de 80,000 plantas por hectárea. Se realizaron actividades de mantenimiento como deshierbe y monitoreo de plagas. Se aplicó el insecticida Karate<sup>1</sup> para combatir *Spodoptera frugiperda*. Para la preparación de las soluciones nutritivas y para la siembra en campo se utilizaron fertilizantes solubles: nitrato de calcio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio, MAP (fosfato mono amónico) y Multiforte como fertilizante completo con fuente de micronutrientes con concentraciones comerciales (Anexo 1).

### **Siembra**

La siembra se realizó en el área de propagación de Zamorano. Se sembraron 400 semillas por variedad distribuidas en dos bandejas multiceldas de 0.62 m × 0.32 m con 200 celdas por bandeja, utilizando un total de nueve bandejas con el sustrato PROMIX<sup>®</sup>. Una vez sembrada la semilla, las bandejas fueron colocadas dos días en un cuarto oscuro para sincronizar el tiempo de germinación. Posteriormente se trasladaron a un macrotunel donde ocho días después se determinó el porcentaje de germinación. Las plántulas fueron regadas

---

<sup>1</sup> Ingrediente activo: Cihalotrina, la dosis utilizada fue 1 ml/L.

dos veces al día. Después de un mes fueron transplantadas a los sistemas de producción para iniciar la toma de datos.

### **Transplante**

Previo al transplante en el sistema hidropónico se removieron las plántulas de los medios de germinación, posteriormente se introdujo las raíces en agua para eliminar el residuo de sustrato. Se colocó una esponja que abrazaba cada plántula como sostén. El sistema hidropónico NFT fue desinfectado con una solución de cloro a 200 ppm antes de transplantar. El transplante al suelo se realizó en la misma fecha que el hidropónico, procedentes del mismo medio y de manera directa. Se ubicaron 21 plantas de cada variedad en cada cama.

### **Preparación de las soluciones nutritivas**

La solución nutritiva óptima para la producción de albahaca en hidroponía de acuerdo a la Universidad de Florida (UF) es (en mg/L) N- 150, P- 50, K- 200, Ca- 150, Mg- 80, S- 60, Fe-2.8, Cu- 0.2, Mn- 0.8, Zn- 0.3, B- 0.7, Mo- 0.05 (Hochmuth 2003). En Zamorano se determinó que la solución nutritiva adecuada para lechuga funciona mejor utilizando un 75% de la concentración de nutrientes recomendada en la literatura (Ferrufino Norori 2005). Por lo que este estudio probó seis tratamientos con la dosis de nutrientes planteada y otros seis manteniendo el 75% de la misma concentración en la última etapa del cultivo (semana 7 y 8), teniendo como dosis final un 90% de la dosis recomendada (en mg/L): N- 135, P- 45, K- 180, Ca- 135, Mg- 72, S- 54, Fe- 2.52, Cu-0.18, Mn- 0.72, Zn- 0.27, B- 0.63 y Mo- 0.045. Se determinó la concentración de nutrientes a aplicar en gramos por planta (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Aplicación de nutriente para albahaca en g/planta por hectárea por ciclo en campo y en hidroponía.

Fertilizante	g/planta	Aporte del elemento nutritivo (g/planta)											
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
Sulfato de Potasio	5.92	0	0	2.46	0	0	1.01	0	0	0	0	0	0
Sulfato de Magnesio	18.34	0	0	0	0	1.76	2.38	0	0	0	0	0	0
Fosfato monoamónico	3.8	0.38	0.82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrato de Calcio	1.4	0.22	0	0	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0
Multiforte	0.2	0.03	0.01	0.01	0	0	0	0.0002	0.0001	0.0001	0.0009	0.0002	0.00001
Total (g/planta)		0.63	0.82	2.47	0.26	1.76	3.39	0.0002	0.0001	0.0001	0.0009	0.0002	0.00001
Total (kg/ha) en campo		50.4	65.6	197.6	20.8	140.8	271.2	0.01	0.01	0.01	0.07	0.02	0.001

## Aplicación de nutrientes y ciclo del cultivo

La aplicación de nutrientes se dividió en cuatro etapas de acuerdo con la fenología de las plantas:

- Etapa 1- Adaptación: Semanas uno y dos
- Etapa 2- Crecimiento: Semanas tres y cuatro
- Etapa 3- Aumento de biomasa: Semanas cinco y seis
- Etapa 4- Producción (prefloración): De la semana siete hasta cosecha (semana ocho).

La solución nutritiva se suministró de acuerdo con la etapa del cultivo, por lo que en la etapa 1 se aplicó el 25% de la solución recomendada por la Universidad de Florida. En la etapa 2 se aplicó el 50% de la misma solución, y en la etapa 3 se aplicó 75% de la solución Florida. Hasta la etapa 3 la nutrición fue la misma en todas las unidades experimentales. A partir de la etapa 4 el tratamiento se diferenció en que a la mitad de las unidades experimentales se les aplicó el 100% de la solución recomendada por la Universidad de Florida y al resto la solución al 75% de concentración, para evaluar la diferencia entre aumentar la dosis y mantenerla constante y determinar el efecto en la producción. En campo se aplicó la dosis equivalente en las mismas etapas consideradas para hidroponía.

Para la preparación de las soluciones se realizó un balance de cationes y aniones tomando en consideración el contenido de iones en el agua determinado en el laboratorio de suelos y aguas de Zamorano (Anexo 2). Luego de determinar la concentración de nutrientes a aplicar, se le restó el aporte de nutrientes del agua para calcular lo requerido (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Cantidad de nutrientes (mg/L) requerida para la solución usada para fertilizar albahaca en sistema hidropónico.

<b>Parámetros</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>	<b>Mo</b>
Nutriente Requerido	150	50	200	150	80	60	0.2	2.8	0.8	0.3	0.7	0.1
Aporte del agua	2	0	9	32	4	12	0.0	0	0	0	0	0
Solución nutritiva	150	50	191	45.4	80	256	0.3	0	1.1	0.1	0.7	0.8
Aporte de la solución final	152	50	200	77.4	84	268	0.3	0	1.1	0.1	0.7	0.8

La cantidad total de fertilizante a aplicar se calculó según la capacidad de litros de los cuatro tanques (1512 L). Se prepararon dos soluciones madre de 5 L cada una para evitar precipitaciones por incompatibilidad de nutrientes. La primera solución consistió en la mezcla de sulfato de potasio y sulfato de magnesio. La segunda solución consistió en una mezcla de nitrato de calcio y MAP. La cantidad de fertilizante usada en cada caso se calculó de acuerdo con la concentración de cada solución nutritiva (25%, 50%, 75% y 100% de la UF) (Cuadro 3). Estas soluciones de 5 L se diluyeron en los cuatro tanques alimentadores del sistema de manera proporcional, diluyendo primero la solución de los sulfatos. La fertilización en campo se aplicó semanalmente en medio de cada hilera de plantas y de acuerdo con cada etapa del cultivo (Cuadro 4).

Los micronutrientes se aplicaron foliarmente con el producto Multiforte. La dosis usada fue de 2.5 ml en 1.0 L de agua. La bomba se calibró con 5 L de agua para diluir 12.5 ml de Multiforte en cada sistema.

**Cuadro 3.** Fertilizantes (g/L) utilizados en la preparación de cuatro soluciones nutritivas en hidroponía NFT.

<b>Fertilizante</b>	<b>Concentración de la solución (%)</b>			
	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
Sulfato de Potasio	0.11	0.21	0.32	0.43
Sulfato de Magnesio	0.33	0.66	0.99	1.32
Fosfato monoamónico (MAP)	0.07	0.14	0.21	0.27
Nitrato de Calcio	0.03	0.05	0.08	0.10

**Cuadro 4.** Fertilizantes (g/planta) aplicados en la producción en suelo de albahaca.

<b>Fertilizante</b>	<b>Etapa del cultivo (g/planta)</b>						
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4<sup>a</sup></b>		<b>Total<sup>a</sup></b>	
				<b>75%</b>	<b>100%</b>	<b>90%</b>	<b>100%</b>
Sulfato de Potasio	0.30	0.59	0.89	0.89	1.18	5.33	5.92
Sulfato de Magnesio	0.92	1.83	2.75	2.75	3.67	16.50	18.34
Fosfato monoamónico (MAP)	0.19	0.38	0.57	0.57	0.76	3.42	3.80
Nitrato de Calcio	0.07	0.14	0.21	0.21	0.28	1.26	1.40

<sup>a</sup>Solución al 75 y 100%, respectivamente. <sup>b</sup>Porcentaje de fertilizante aplicado.

### Efectividad de la solución nutritiva

Para comprobar el efecto de la solución nutritiva se realizó un ensayo en otro sistema hidropónico (sistema de raíz flotante) con las mismas dosis de fertilización. Se transplantó durante la segunda etapa del cultivo una parte de las plantas del sistema NFT para comparar el desempeño de las raíces. En una semana, las plantas mostraron mejor desarrollo radicular en el sistema de raíz flotante.

### Monitoreo de la solución

Se muestrearon las cuatro soluciones nutritivas al final de cada etapa. Las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos y aguas de Zamorano, en donde se determinó la concentración de los nutrientes (Cuadro 5):

- N determinada por el Método de Kjeldahl.
- K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: determinados por Absorción atómica.
- P: determinado por espectrofotométrica (colorimetría).

**Cuadro 5.** Análisis de soluciones nutritivas restantes en tanques alimentadores determinado en el laboratorio de suelos.

Solución (%)	pH	mg/L									
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
25	4.3	28	16.6	57.5	39	23	46.58	0.0	0.0	0.0	0.2
50	3.8	29	62.0	144	24	118	147.9	0.0	0.1	0.0	0.4
75	3.9	40	92.1	159	38	95	144.0	0.0	0.1	0.2	0.4
100	3.9	43	97.1	168	45	103	152.4	0.0	0.1	0.0	0.4

## TRATAMIENTOS

Se realizaron 12 tratamientos, en los cuales se relacionaban tres variedades albahaca con cada una de las soluciones en cada uno de los sistemas de producción (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Distribución de tratamientos de acuerdo con el sistema de producción, variedad y solución nutritiva.

Tratamiento	Sistema de producción	Solución nutritiva	Variedad
HNU <sup>¶</sup>	Hidroponía NFT	UF <sup>∞</sup>	Nufar
HNU90		90% de UF	
HGU		UF	Genovesa
HGU90 <sup>¶</sup>		90% de UF	
HAU		UF	Aromaz
HAU90		90% de UF	
CNU	Suelo	UF	Nufar
CNU90		90% de UF	
CGU		UF	Genovesa
CGU90		90% de UF	
CAU <sup>¶</sup>		UF	Aromaz
CAU90		90% de UF	

<sup>∞</sup>UF= Solución Nutritiva Universidad de Florida.

<sup>¶</sup>H= Hidroponía, N= Variedad Nufar, U= Solución Universidad de Florida al 100%.

<sup>¶</sup>G= Variedad Genovesa, U90= Solución Universidad de Florida al 90%.

<sup>¶</sup>C= Campo, A= Variedad Aromaz.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un arreglo factorial de los tratamientos con un diseño de parcelas divididas en dos sistemas de producción, dos dosis de fertilización y tres variedades. Se realizaron cuatro repeticiones por cada tratamiento para un total de 48 unidades experimentales; cada unidad experimental contó con 21 plantas.

## **VARIABLES MEDIDAS**

- Semanalmente, altura de la planta (cm/planta) de la base del tallo al meristemo apical con la ayuda de un metro.
- Análisis de las soluciones (pH, CE, N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, B) previo a los cambios de dosis de fertilización cada dos semanas.
- Conductividad eléctrica y temperatura de la solución, medida a las 10:00 am, diariamente.
- Área foliar, por cada 16 plantas es decir una unidad experimental se defoliaron completamente cuatro plantas. Se utilizó un scanner para obtener los datos que posteriormente fueron analizados con el programa Winhrizo.
- Peso húmedo y seco de biomasa al final de la cosecha (60°C por 24 horas).

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó el programa estadístico Statistix 8.1<sup>®</sup>. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) usando un modelo lineal y la diferencia mínima significativa (LSD) para comparar las variables. El nivel de significancia exigido fue de 0.05.

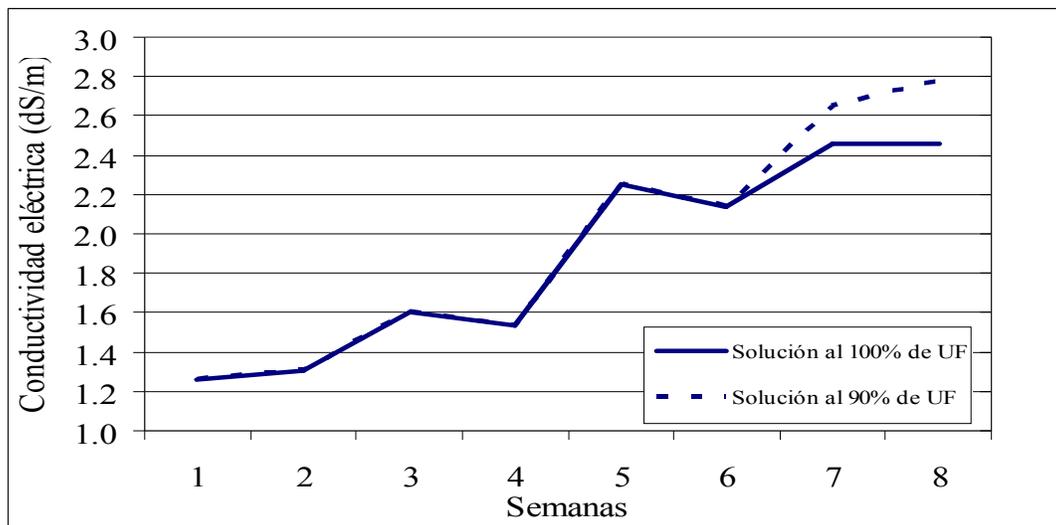
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Temperatura

La temperatura varió entre 16 y 32°C. La temperatura promedio fluctuó entre 21 y 24°C. La temperatura de la solución nutritiva osciló entre 17 y 25°C. Sin embargo, la temperatura de la solución siempre se mantuvo por debajo de la temperatura ambiental, pero en el rango óptimo para cultivos hidropónicos de 18 a 25°C (Rodríguez 1999).

### Conductividad eléctrica y pH de las soluciones nutritivas en el sistema NFT

La conductividad eléctrica se mantuvo en un rango entre 1.20 y 1.60 dS/m hasta la cuarta semana. Posteriormente fluctuó entre 2.00 - 2.56 y 2.00 - 2.78 dS/m en las soluciones nutritivas al 90 y 100%, respectivamente (Figura 2). El pH de las soluciones al final de cada etapa fue bajo y fluctuó entre 3.78 y 4.25.



**Figura 2.** Conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas recomendadas por la Universidad de Florida (UF) en el sistema NFT durante la producción de albahaca.

### Comparación entre sistemas de producción

En la producción en suelo las plantas fueron tuvieron mas área foliar y mayor peso húmedo ( $P < 0.05$ ), pero en el peso seco no hubo diferencia (Cuadro 7). La diferencia en productividad se atribuye a las condiciones del equipo NFT de Zamorano que no cuenta con suficiente aireación.

**Cuadro 7.** Altura, área foliar, peso húmedo y peso seco de hojas y tallos del cultivo de albahaca en dos sistemas de producción.

Sistema	Altura de la planta (cm)	Área foliar de la planta (cm <sup>2</sup> )	Peso (g/planta)		Peso (kg/ha)
			Húmedo	Seco	Húmedo
Hidroponía, NFT	21.6	901.4 b <sup>∞</sup>	48.2 b	14.5	4,339.8 b
Suelo	23.3	2,002.7 a	135.3 a	22.0	10,826.4 a

<sup>∞</sup> Valores en columnas con letras distintas, difieren entre sí. (P<0.05).

### Dosis de fertilización

No se encontró efecto (P<0.05) de las dosis de fertilización en las variables de altura, área foliar, peso húmedo ni peso seco de la planta (Cuadro 8), lo que confirma que con una dosis al 90% de la recomendada se logra la misma producción.

**Cuadro 8.** Altura, área foliar, peso húmedo y peso seco de hojas y tallos del cultivo de albahaca con dos dosis de fertilización.

Fertilización	Altura de la planta (cm)	Área foliar de la planta (cm <sup>2</sup> )	Peso (g/planta)	
			Húmedo	Seco
Completa UF	22.6	1,412.7	86.4	18.6
90% UF	22.2	1,491.4	97.1	17.9

UF= Dosis de fertilizante recomendada para albahaca por la Universidad de Florida.

### Evaluación de las variedades

Hubo diferencia (P<0.05) entre variedades debido a la morfología de cada una. La variedad de mayor altura fue la Nufar (26 cm) y la más baja la Genovesa (18.8 cm). No hubo diferencia (P<0.05) en área foliar o peso (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Altura, área foliar, peso húmedo y peso seco de hojas y tallos del cultivo de albahaca para tres variedades de albahaca.

Variedad	Altura de la planta (cm)	Área foliar de la planta (cm <sup>2</sup> )	Peso (g/planta)	
			Húmedo	Seco
Nufar	26.0 a <sup>∞</sup>	1,352.0	90.3	21.5
Aromaz	22.5 b	1,564.4	96.2	16.4
Genovesa	18.8 c	1,439.7	88.9	16.9

<sup>∞</sup> Valores en columnas con letras distintas, difieren entre sí (P<0.05).

## ANÁLISIS DE COSTOS

El costo de los insumos varió según el sistema utilizado y la dosis de fertilizante aplicado (Cuadro 10). El costo de producción por hectárea fue 11% mayor en el sistema hidropónico debido al mayor costo de plántulas por la mayor densidad de siembra, el uso de energía para las bombas y el mayor consumo de agua. El costo de aplicaciones sanitarias fue menor en el sistema hidropónico ya que solamente se realizaron dos aplicaciones de insecticida para controlar el cogollero, detectado a los 21 días de transplantado el cultivo, mientras que el sistema en campo recibió aplicaciones cada 15 días debido al ataque de insectos. Los costos de fertilizante fueron los mismos ya que se fertilizó una vez por semana en ambos sistemas con las mismas dosis. En el costo de la mano de obra se incluyó el desmalezado, la aplicación de fertilizante y el monitoreo de cada sistema por lo que la producción en suelo tuvo mayores costos en este rubro debido a los requerimientos de mantenimiento en el campo (Cuadro 11). Sin embargo, se debe considerar que el experimento se realizó en la época de lluvia por lo que el costo de agua en el sistema en suelo fue menor pero esta premisa cambia si la producción depende del riego

**Cuadro 10.** Costo de insumos por unidad en sistema de campo e hidropónico (NFT).

Insumos	Unidad	Costo (\$)	NFT		Campo	
			UF	90% UF	UF	90% UF
Plántula	Unidad	0.26	504	504	504	504
Sulfato de Potasio	Kg	0.759	5.92	4.44	5.92	4.44
Sulfato de Magnesio	Kg	2.356	18.34	13.75	18.34	13.75
Fosfato monoamónico	Kg	0.488	3.8	2.85	3.8	2.85
Nitrato de Calcio	Kg	0.178	1.4	1.05	1.4	1.05
Mano de obra	Hora	0.57	4	4	12	12
Energía	Watt	0.003	30,064	30,064	0	0
Aplicación sanitaria	Litro	28.95	0.01	0.01	0.02	0.02
Agua	Litro	0.003	12,096	12,096	700	700
Total			269.49	263.82	168.67	163.01

UF = Dosis de fertilizante recomendada para albahaca por la Universidad de Florida.

En Honduras la albahaca fresca se vende a un precio de \$ 6.95/ kg. No se estimó el beneficio de la cosecha ya que se cosechó la planta completa (tallo y hojas).

**Cuadro 11.** Análisis de los costos de producción de albahaca (\$/ha) en el sistema hidropónico (NFT) y en la producción en suelo.

Insumos	NFT		Suelo	
	UF <sup>‡</sup>	90% UF	UF	90% UF
Agua	230.3	230.3	42.1	42.1
Energía	821.5	821.5	0.0	0.0
Mano de obra	319.4	319.4	815.8	815.8
Fertilizantes	4,109.6	3,697.5	4,109.6	3,697.5
Costo aplicaciones sanitarias	9.6	9.6	37.6	37.6
Plántulas	1,231.5	1,231.5	1,094.7	1,094.7
Total /ha	6,721.9	6,309.8	6,099.8	5,687.7

<sup>‡</sup>La tasa de cambio está dada a L 19/\$.

<sup>‡</sup>UF= Dosis de fertilizante recomendada para albaca por la Universidad de Florida.

## CONCLUSIONES

- Los mejores resultados en producción de biomasa se obtuvieron en producción en suelo comparado con el sistema hidropónico de Zamorano.
- Es igual fertilizar con la dosis propuesta para albahaca o utilizar el 90% del fertilizante reduciendo la dosis al 75% en la última etapa en los dos sistemas.
- No hay diferencia de producción de biomasa entre las variedades.
- La producción en suelo tiene menor costo de inversión y logró una mayor productividad bajo las condiciones de operación del equipo NFT de Zamorano, y sin tomar en cuenta el costo de riego ya que el ensayo se realizó en periodo de lluvia.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda sembrar albahaca en suelo ya que es más productivo comparado con el sistema NFT.
- La dosis de fertilizante que se recomienda equivale a la solución nutritiva con una concentración (mg/L) durante la última etapa de: ): N- 135, P- 45, K- 180, Ca- 135, Mg- 72, S- 54, Fe- 2.52, Cu-0.18, Mn- 0.72, Zn- 0.27, B- 0.63 y Mo- 0.045., ya que es más económico, no afecta el crecimiento de la planta y en el caso de la producción en suelo (kg/ha): N-45.36, P-59.04, K-177.84, Ca-18.72, Mg-126.72, S-244.08, Cu-0.009, Fe-0.009, Mn-0.009, Zn-0.063, B-0.018, Mo-0.0009.

## BIBLIOGRAFÍA

Carrasco, G, Ramirez, P. y Vogel, H. (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.

Coello, B. 2005. Zamorano lanza la producción de lechugas hidropónicas. *Entrevistas Zamorano*. Honduras. Consultado 15 de mayo 2008. Disponible en <http://www.zamorano.edu/Zamonoticias1/Versiones/septiembre05/entrevista2.html/>

Cuenca Rural. 2003. El cultivo de la albahaca (en línea). Consultado 22 de mayo 2008. Disponible en [http://www.cuencarural.com/frutihorticultura/aromaticas/el\\_cultivo\\_de\\_albahaca](http://www.cuencarural.com/frutihorticultura/aromaticas/el_cultivo_de_albahaca)

Ferrufino Norori, E. 2005. Determinación de la concentración de la solución nutritiva para crecimiento y producción de lechuga var. Verónica en hidroponía. Zamorano. Honduras. Proyecto especial para optar al título de Ingeniero en Ciencia y Producción Agropecuaria en el grado de licenciatura. 22 p.

Filippetti, V. 2008. Que es la hidroponía? (en línea). Consultado 15 de mayo 2008. Disponible en [http://hidroponia.gcaconsultora.com.ar/info\\_hidrop.html/](http://hidroponia.gcaconsultora.com.ar/info_hidrop.html/)

Hochmuth, R. 2003. Evaluation of Organic Nutrient Sources in the Production of Greenhouse Hydroponic Basil. Research report 08,IFAS-NFREC. Consultado 14 de feb. 2008. Disponible en [http://nfrec-sv.ifas.ufl.edu/ReportsPDF/2003-08%20Report.pdf/](http://nfrec-sv.ifas.ufl.edu/ReportsPDF/2003-08%20Report.pdf)

Pérez, L. 2007. *Hidroponía en casa*. 1ra edición. Costa Rica. Editorial Corazón Verde. 54 p.

Puerta, A. Sato, S. Sinohara, Y. Maruo, T. 2005. A Modified Nutrient Film Technique System offers a more uniform nutrient supply to plants. *Hortecchnology* 17(2): 227- 232.

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. 24 p.

Rodríguez, A. 1999. Red Hidroponía, Boletín Informativo No. 3. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Perú (en línea). Consultado 19 de mayo 2008, Disponible en [www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin1\\_5/boletin3.html/](http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin1_5/boletin3.html/)

Vega, G. s.f. Instructivo técnico del cultivo de la albahaca (en línea). Consultado 22 de mayo 2008. Disponible en <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5178/albahaca.pdf>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Aporte de elemento nutritivo (%) de cada fertilizante. Zamorano, Honduras, 2008.

<b>Fertilizante</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>	<b>Mo</b>
Sulfato de Potasio	0.0	0.0	41.5	0.0	0.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sulfato de Magnesio	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fosfato monoamónico	10.0	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrato de Calcio	15.5	0.0	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Multi forte	15.0	3.5	5.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0

**Anexo 2.** Contenido de iones en el agua utilizada en el experimento. Zamorano, Honduras, 2008.

<b>CATIONES</b>	<b>mmol/L</b>	<b>meq/L</b>	<b>ANIONES</b>	<b>Mmol/L</b>	<b>Meq/L</b>
Calcio	0.80	1.60	Cloruros	0.30	0.30
Magnesio	0.165	0.33	Sulfatos	0.39	0.78
Potasio	0.22	0.22	Carbonatos	0	0
Sodio	0.89	0.89	Bicarbonatos	1.89	1.89
Boro	0.003	0.01	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.14	0.14
Suma	2.07	3.05	Suma	2.72	3.11

Relación C.E. /suma de cationes: 104.6

Relación C.E. /suma de aniones: 102.6

pH	6.95 Ligeramente ácido
C.E.	0.319 mmhos/cm. No hay problema de salinización.
Sales totales (mg/L)	237
Presión osmótica (atm.)	0.12
SAR	0.9 Sin riesgo de alcalinización.
Grados Hidrotimétricos franceses	9.7 Agua dulce.
Fitotoxicidad por boro	No hay problema.
Fitotoxicidad por cloro	No hay problema.
Fitotoxicidad por sodio	Sin problema en riego por aspersión. No hay problema en riegos por superficie.

