

**Evaluación del rendimiento de tres  
variedades de lechuga bajo el sistema NFT  
(Nutrient Film Technique) de hidroponía  
con dos soluciones de nutrientes**

**Segundo Serafín Garzón López**

**ZAMORANO**

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Noviembre, 2006

# **Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes**

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

**Segundo Serafín Garzón López**

El autor concede a Zamorano permiso  
Para reproducir y distribuir copias de este  
Trabajo para fines educativos. Para otras personas  
Físicas o jurídicas se reservan los derechos del autor.

---

**Segundo Serafín Garzón López**

**Honduras**  
Noviembre, 2006

**Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes**

Presentado por:

**Segundo Serafín Garzón López**

Aprobado:

---

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.  
Asesor principal

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Director Interino de la Carrera de  
Ciencia y Producción Agropecuaria

---

Hilda Flores, Ing. QQ.  
Asesor

---

George Pilz, Ph.D.  
Decano Académico

---

Alfredo Rueda, Ph.D.  
Coordinador de Área de Fitotecnia

---

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

## **DEDICATORIA**

A Dios sobre todas las cosas que me ha brindado.

A mi familia Garzón-López por todos estos años que me han dado su confianza.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por todas las bendiciones que he recibido.

A mi familia por todo el apoyo durante este tiempo.

A la Ing. Gloria de Gauggel por el conocimiento brindado y su confianza en mí.

A la Ing. Hilda Flores por su tiempo y paciencia.

A Jakie y Martha del Laboratorio de Suelos, por su colaboración en todo momento.

A Moshe y Marco que durante este tiempo han sido grandes amigos y grandes compañeros y lo seguirán siendo.

A S. Araya, R. Olmedo, A. Fernández por haber demostrado ser buenos amigos.

A Zamorano por las experiencias adquiridas.

## RESUMEN

Garzón, S. 2006. Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras, 25 p.

En Zamorano se han experimentado soluciones nutritivas de hidroponía para adaptación y crecimiento de lechuga, es así como surge encontrar la mejor solución para la etapa final de este cultivo en el sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique). Los objetivos fueron evaluar los rendimientos de tres variedades de lechuga (Verónica, Vulcan y Parris) cultivadas en el sistema hidropónico NFT, con dos soluciones nutritivas en la etapa final. El sistema NFT posee canales de PVC que están apoyados sobre una estructura de aluminio que los sostienen (mesas), con dimensiones variables de largo y ancho, son ocho mesas instaladas, para una capacidad de 1470 plantas. Estas tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de la solución nutritiva; también el sistema posee cuatro tanques con una capacidad de 378 L cada uno (un tanque para dos mesas). La producción en el sistema hidropónico se realizó en tres etapas: adaptación, crecimiento y etapa final, en el cual se evaluaron dos soluciones: Solución 1 con una concentración de nutrientes (N=143, P=27, K=159, Ca=39, Mg=16, Cu=0.02, Fe=3.75, Mn=0.38, Zn=0.38, B=0.38 ppm) y Solución 2 (N=190, P=36, K=212, Ca=53, Mg=21, Cu=0.02, Fe=5, Mn=0.5 Zn=0.5 B=0.5 ppm). La siembra de lechuga se realizó en medio Sunshine mix<sup>®</sup>, el 1 de junio de 2006, 15 días después fueron transplantadas al sistema hidropónico con solución adaptación, siete días después se cambió a la solución crecimiento y siete días después se cambió a la solución 1 (final) y solución 2 (final), las que fueron alternadas en el sistema hidropónico, dos tanques con solución 1 y dos tanques con solución 2. Se cosechó a los 36 DDT (Días Después de Transplante), la temperatura promedio fue de 28°C y la radiación promedio día fue 230 W/m<sup>2</sup>/día. Se utilizó un diseño de BCA (bloques completamente al azar). La variedad Parris obtuvo mayor rendimiento en peso (167 g/planta) con la solución 2, Vulcan y Verónica obtuvieron pesos muy bajos (72 g/planta y 52 g/planta) con las dos soluciones nutritivas. Se analizó cada solución en el laboratorio y se comprobó que las soluciones reales fueron menos de lo etiquetado, la solución 1 correspondió a N=72, P=15, K=70, Ca=42, Mg=10, Cu=1.4, Fe=2.9, Mn=3.1 Zn=1.3 y B=0.8 ppm y la solución 2 correspondió a N=89, P=26, K=125, Ca=31, Mg=13, Cu=1.1, Fe=2.3, Mn=2.5 Zn=1 y B=0.9 ppm. Con la solución 2, el consumo hídrico promedio fue de 5.7 L/planta/ciclo y el consumo de nutriente (kg/t) fue: N=4.05, P=0.60, K=3.11, Ca=0.97, S=0.45, Mg=0.41, Cu=0.05, Fe=0.02, Mn=0.07, Zn=0.04 y B=0.002.

**Palabras clave:** Consumo de nutrientes, consumo hídrico, etapas de cultivo, *Lactuca sativa*.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Hoja de firmas .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen .....	vi
Contenido .....	vii
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras .....	x
Índice de anexos .....	xi
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 MATERIALES .....</b>	<b>2</b>
2.1.1 Localización .....	2
2.1.2 Cultivo y variedades .....	2
2.1.3 Medio de crecimiento en semillero .....	2
2.1.4 NFT (Nutrient Film Technique) .....	2
2.1.5 Esponja de poliuretano .....	3
2.1.6 Fertilizantes .....	3
2.1.7 Soluciones nutritivas .....	3
2.1.8 Electrobomba.....	4
2.1.9 Tanques.....	4
2.1.10 Estación Meteorológica Motorola® .....	4
2.1.11 Otros materiales.....	4
<b>2.2 MÉTODOS.....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Siembra.....	5
2.2.2 Transplante .....	5
2.2.3 Ciclo de cultivo.....	6
2.2.4 Preparación de las soluciones nutritivas.....	6
2.2.5 Cálculo de fertilizantes .....	7
2.2.6 Monitoreo de la solución nutritiva .....	8
2.2.7 Consumo de agua y nutrientes.....	9
2.2.8 Tratamientos .....	9
2.2.9 Variables medidas .....	10
2.2.10 Niveles foliares.....	10
2.2.11 Diseño experimental.....	10
2.2.12 Análisis estadístico .....	10

<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	11
3.1 Evaluación de las dos soluciones nutritivas en etapa final .....	11
3.1.1 Soluciones nutritivas .....	11
3.1.2 Temperatura y radiación solar .....	13
3.1.3 Consumo de agua y nutrientes .....	13
3.1.4 Peso de plantas y producción .....	14
3.1.5 Mortalidad .....	14
3.1.6 Niveles foliares .....	15
<b>4. CONCLUSIONES</b> .....	17
<b>5. RECOMENDACIONES</b> .....	18
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	19
<b>7. ANEXOS</b> .....	20

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Concentraciones de elementos (ppm) de las soluciones nutritivas. Zamorano, Honduras, 2006.....	3
2	Solución nutritiva (ppm) macronutrientes utilizada por DICTA y micronutrientes propuesta por Hoagland y Arnon (1938). Tomado de Raudales Banegas 2003.....	4
3	Porcentaje de germinación y longitud de raíces de las tres variedades de lechuga en medio Sunshine mix <sup>®</sup> . Zamorano, Honduras, 2006.....	5
4	Fertilizantes (g/L) utilizados en la preparación de las cuatro soluciones nutritivas. Zamorano, Honduras, 2006.....	6
5	Concentración de nutrientes (ppm) requerido para preparación de la solución Nutritiva. Zamorano, Honduras, 2006.....	6
6	Cantidad de nutriente (mg/L) que aporta 0.12 g/L de Fetrilon combi 1. Zamorano, Honduras, 2006.....	7
7	Cantidad fertilizantes (g) para cinco litros (solución A) y cinco litros (solución B) para cuatro soluciones nutritivas. Zamorano, Honduras, 2006.....	8
8	Evaluación de la calidad de la solución nutritiva en ciclo de cultivo hidropónico. Zamorano, Honduras, 2006.....	12
9	Consumo de agua y nutrientes en las dos soluciones nutritivas. Zamorano, Honduras, 2006.....	13
10	Peso de plantas y producción en kg/m <sup>2</sup> obtenidos de las tres variedades de lechuga, con dos soluciones nutritivas en hidroponía. Zamorano, Honduras, 2006.....	14
11	Porcentaje de mortalidad de las tres variedades de lechugas en hidroponía. Zamorano, Honduras, 2006.....	15
12	Análisis foliar de las plantas de lechuga var. Parris y var. Vulcan con la solución 1 y solución 2 en hidroponía. Zamorano, Honduras, 2006.....	16

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Etapas del cultivo y monitoreo de las soluciones nutritivas. Zamorano, Honduras, 2006.....	9
2	Temperaturas (T. prom.) y Radiación solar promedios (R. prom.), durante el ensayo. Estación meteorológica Motorola <sup>®</sup> . Zamorano, Honduras, 2006.....	13

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Concentración de nutrientes de cada fertilizante.....	20
2	Aporte de elemento nutriente de cada fertilizante.....	20
3	Contenido de nutrientes en el agua utilizada en el experimento. Zamorano, Honduras, 2006.....	21
4	Consumo de nutrientes por planta (mg) en las dos soluciones de nutrientes (etapa final). Zamorano, Honduras, 2006.....	22
5	Estimación de consumo diario (mg) por planta/ciclo en etapa de adaptación y crecimiento. Zamorano, Honduras, 2006.....	23
6	Estimación de consumo diario (mg) por planta/ciclo en etapa de final (solución 1). Zamorano, Honduras, 2006.....	24
7	Estimación de consumo diario (mg) por planta/ciclo en etapa de final (solución 2). Zamorano, Honduras, 2006.....	25

# 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de plantas en agua o solución nutritiva es hidroponía (*hidro* = agua, *phonos* = labor). Hoy en día la técnica de hidroponía cumple un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura. La presión por el incremento de la población, los cambios en el clima, la erosión del suelo, la falta y contaminación de las aguas, son algunos de los factores que han influenciado la búsqueda de métodos alternos de producción de alimentos (Delfín 2001).

El sistema de cultivos hidropónicos es la forma más moderna y técnicamente más avanzada del mundo para producir vegetales, es el sistema que menos daña el medio ambiente y contribuye a la sustentabilidad de los recursos naturales, aportando a la conservación de los suelos y ofrece la posibilidad de aportar alimentos vegetales frescos a todos los habitantes (Arévalo 2005).

Zamorano ha realizado tres experimentos con lechuga hidropónica, uno no se completó por razones sanitarias (Raudales Banegas 2003) y otro no obtuvo los resultados deseados por carecer de una solución nutritiva adecuada para el crecimiento de las plantas (Cárdenas Castillo 2004) y al final se obtuvo la concentración deseada para el crecimiento y producción de lechuga, bajo el sistema de raíz flotante (Ferrufino Norori 2005).

El experimento tuvo como objetivo general evaluar los rendimientos de tres variedades de lechuga (Verónica, Vulcan y Parris) cultivadas en el sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique), con dos soluciones de nutrientes en la etapa final:

1. Solución 1 (N=143, P=27, K=159, Ca=39, Mg=16, Cu=0.02, Fe=3,75, Mn=0.38, Zn=0.38, B=0.38 ppm).
2. Solución 2 (N=190, P=36, K=212, Ca=53, Mg=21, Cu=0.02, Fe=5, Mn=0.5 Zn=0.5, B=0.5 ppm).

Como objetivos específicos se tuvieron determinar la mejor solución nutritiva (Etapa final) y variedad para producción de lechuga hidropónica bajo el sistema NFT instalado en Zamorano, evaluar el consumo de agua y nutrientes en ciclo de cultivo y establecer un registro de la radiación solar y temperatura media, en la producción de las tres variedades de lechuga hidropónica.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 MATERIALES**

#### **2.1.1 LOCALIZACIÓN**

El experimento se realizó en la unidad de Olericultura de zona tres, en el invernadero H con un área de 140 m<sup>2</sup>, infraestructura para protección contra lluvia; ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, situada a 30 km al Este de Tegucigalpa, Honduras. El sitio tiene una altura de 800 msnm, precipitación promedio anual de 1044 mm y la temperatura promedio anual de 25°C.

#### **2.1.2 CULTIVO Y VARIEDADES**

*Lactuca sativa*

1. Variedad Vulcan (Sakata, EEUU)
2. Variedad Parris (Seminis, EEUU)
3. Variedad Verónica (Sakata, EEUU)

#### **2.1.3 MEDIO DE CRECIMIENTO EN SEMILLERO**

Medio Sunshine mix<sup>®</sup> (Musgo, vermiculita y un compuesto humectante) de la casa comercial Sun Gro, Canadá.

#### **2.1.4 NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)**

Conocido como el sistema de recirculación continua, este sistema posee canales de PVC que están apoyados sobre una estructura de aluminio que los sostiene (mesas), con dimensiones variables de largo y ancho: dos mesas con 3.90 × 1.80 m, una mesa con 4.90 × 1.80 m y cinco mesas con 6 × 1.80 m, en total son ocho mesas instaladas para una capacidad de 1470 plantas. Estas tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de la solución nutritiva, la cual es recolectada y almacenada en un tanque con una capacidad de 378 L, para dos mesas. Los canales de PVC contienen agujeros con diámetro de 0.07 m, distanciados a 0.16 m y el espacio entre canales de 0.27 m.

### 2.1.5 ESPONJA DE POLIURETANO

Se utilizaron cubos de esponja de poliuretano (ESPUMAR S.A.) como medio de sostén de la planta al momento del trasplante al sistema NFT, con dimensiones largo, ancho y espesor:  $7 \times 6 \times 3.50$  cm.

### 2.1.6 FERTILIZANTES

Para la preparación de la solución nutritiva se utilizaron fertilizantes solubles (FENORSA) (Anexos 1 y 2): nitrato de amonio, nitrato de potasio, nitrato de calcio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio, MAP (fosfato mono amónico) y Fetrilon combi 1 como fuente de micronutrientes.

### 2.1.7 SOLUCIONES NUTRITIVAS

Se utilizaron soluciones nutritivas (Cuadro 1) preparadas, a partir de la solución adaptada por Raudales Banegas 2003, Cárdenas Castillo 2004 y Ferrufino Norori 2005, que se basaron en la establecida por la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA) y por Hoagland y Arnon (1938) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Concentraciones de elementos (ppm) de las soluciones nutritivas. Zamorano, Honduras, 2006.

Solución nutritiva	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
Solución ( <b>adaptación</b> )	48	9	53	13	5	18	0.005	1.25	0.13	0.13	0.13	0.003
Solución ( <b>crecimiento</b> )	95	18	106	27	11	35	0.010	2.50	0.25	0.25	0.25	0.005
Solución 1 ( <b>final</b> )	143	27	159	40	16	53	0.015	3.75	0.38	0.38	0.38	0.008
Solución 2 ( <b>final</b> )	190	36	212	53	21	70	0.020	5.00	0.5	0.5	0.5	0.010

Cuadro 2. Solución nutritiva (ppm) macronutrientes utilizada por DICTA y micronutrientes propuesta por Hoagland y Arnon (1938). Tomado de Raudales Banegas 2003.

Solución	Macronutrientes						Micronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
DICTA	190	36	212	53	21	70						
Hoagland y Arnon							0.02	5	0.5	0.5	0.5	0.01

### 2.1.8 ELECTROBOMBA

Se utilizó la electrobomba modelo MD1ME025 (Kripsol S.A.) con una capacidad de 0.5 HP, para mantener la recirculación de la solución nutritiva en el sistema, ya que las raíces deben permanecer en contacto con la solución nutritiva y favorecer la oxigenación de las mismas y un suministro adecuado de nutrientes para la planta (Cárdenas Castillo 2004).

### 2.1.9 TANQUES

El sistema NFT posee cuatro tanques, cada uno con capacidad de 378 L. Cada tanque se instaló bajo el nivel del suelo, con profundidad de 0.60 m y la manguera recolectora a una altura de 0.30 m sobre el borde superior del tanque. Esto para generar una caída y oxigenar la solución nutritiva.

### 2.1.10 ESTACIÓN METEOROLÓGICA MOTOROLA®

El registro de la temperatura y radiación solar se monitoreó con el sistema Motorola® (MOTOwi4™), ubicada en el invernadero M de la Unidad de Olericultura de zona tres en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

### 2.1.11 OTROS MATERIALES

Se utilizó malla de color negro (Saran) para tapar cada uno de los tanques, y evitar el crecimiento de algas, que afectan el consumo de nutrientes y oxígeno.

## 2.2 MÉTODOS

### 2.2.1 SIEMBRA

La siembra se realizó el 1 de junio de 2006 en bandejas multiceldas con dimensiones largo y ancho de:  $0.62 \times 0.32$  m con 200 celdas/bandeja y se usó como medio de crecimiento Sunshine mix<sup>®</sup>. Una vez sembrada la semilla se regó hasta humedecer el sustrato y se colocó en el cuarto oscuro por dos días. Posteriormente, las bandejas se trasladaron al macrotúnel de la sección de propagación, donde permanecieron 13 días. Durante este tiempo se regó mediante aspersion dos veces al día, utilizando como criterio mantener el medio húmedo; se aplicó fertilizante triple 20 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O). Al final de esta etapa se midió el porcentaje de germinación y longitud de las raíces (Cuadro 3) en cada variedad de lechuga.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación y longitud de raíces de las tres variedades de lechuga en medio Sunshine mix<sup>®</sup>. Zamorano, Honduras, 2006.

Variedad	Germinación (%)	Longitud de raíces (cm)
Parris	98	8.5
Vulcan	96	8.6
Verónica	95	8.0

### 2.2.2 TRANSPLANTE

Se transplantó al sistema NFT el 16 de junio de 2006; para ello se desnudaron las raíces sumergiendo el pilón en agua abundante para evitar stress de la raíz. Una vez limpia la raíz se envolvió la base de la planta con la esponja, como medio de sostén, dejando libre la raíz para asegurar el contacto con la solución adaptación. Esta solución se utilizó como medio acuoso salino, en el cual permaneció por siete días (Etapa 1).

### 2.2.3 CICLO DE CULTIVO

Una vez que se completó el período de adaptación, se cambió a la solución crecimiento con el doble de nutrientes, por siete días más (Etapa 2). Transcurridas las etapas anteriores, se cambiaron a las dos soluciones finales (Etapa final): solución 1 (final) y solución 2 (final). Esta etapa final tuvo una duración de 22 días, durante la cual se monitoreó el consumo y reposición de la solución nutritiva hasta la cosecha que se realizó el 21 de julio de 2006.

### 2.2.4 PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Para preparar las cuatro soluciones nutritivas, se calculó la cantidad en g/L requerida de cada fertilizante (Cuadro 4). Se tomó en consideración el contenido de nutrientes del agua (Anexo 3) determinado en el laboratorio de suelos y aguas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, posteriormente a partir de la concentración de nutriente requerido en la solución, se restó lo que aporta el agua, para calcular el faltante (Cuadro 5). Se calculó la cantidad total de fertilizantes a usar en el experimento, según la capacidad de litros de los cuatro tanques y se preparó una solución madre concentrada.

Cuadro 4. Fertilizantes (g/L) utilizados en la preparación de las cuatro soluciones nutritivas. Zamorano, Honduras, 2006.

Fertilizantes	Fertilizantes (g/L) de las cuatro soluciones nutritivas			
	Solución adaptación	Solución crecimiento	Solución 1 final	Solución 2 final
Sulfato de potasio	0.08	0.15	0.23	0.30
Sulfato de magnesio	0.04	0.08	0.11	0.15
Fosfato mono amónico	0.04	0.07	0.11	0.14
Nitrato de potasio	0.06	0.11	0.17	0.23
Nitrato de amonio	0.07	0.15	0.22	0.30
Nitrato de calcio	0.07	0.14	0.21	0.28
Fetrilon combi 1	0.03	0.06	0.09	0.12

Cuadro 5. Concentración de nutrientes (ppm) requerido para preparación de la solución Nutritiva. Zamorano, Honduras, 2006.

Parámetros	Nutriente											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
Solución Nutritiva	190	36	212	53	21	70	0.02	5	0.5	0.5	0.5	0.01
Aporte del Agua			2.3	1.5	0.6	5.1		0.2		0.01		
Requerido	190	36	209.7	51.5	20.4	64.9	0.02	4.8	0.5	0.49	0.5	0.01

## 2.2.5 CÁLCULO DE FERTILIZANTES

Se calculó cada fertilizante a partir del nutriente requerido, comenzando por los fertilizantes compuestos. En este caso se partió del Fe, que contiene el Fetrilon combi 1:

- Fe requerido: 4.8 ppm = 4.8 mg/L = 0.0048 g/L
- Aporte de Fe por el Fetrilon combi 1 = 4 g/100 g = 4%
- Cantidad requerida de Fetrilon combi 1 es:

$$\begin{array}{r}
 100 \text{ g Fetrilon combi 1} \text{-----} 4 \text{ g Fe} \\
 x \text{-----} 0.0048 \text{ g/L} \\
 \hline
 x = 0.12 \text{ g/L}
 \end{array}$$

Debe tener en cuenta que con esta cantidad aporta Cu, Fe, Mn, Zn, B, Mo y Mg (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cantidad de nutriente (mg/L) que aporta 0.12 g/L de Fetrilon combi 1. Zamorano, Honduras, 2006.

Parámetros	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo	Mg
Aporte	1.8	4.8	4.8	1.8	0.6	0.1	6.5
Requerido	0.02	4.8	0.5	0.5	0.5	0.01	20.4
Diferencia	1.78	0	4.3	1.3	0.1	0.11	<b>-14.0</b>

Con el aporte de 0.12 g/L de Fetrilon combi 1 se suple los microelementos requeridos e incluso más de cada uno, con excepción del Magnesio. El Magnesio faltante se completó con Sulfato de Magnesio que se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{array}{r}
 100 \text{ g MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \text{-----} 9.6 \text{ g Mg} \\
 x \text{-----} 0.014 \text{ g/L} \\
 \hline
 x = 0.15 \text{ g/L}
 \end{array}$$

Hecho el cálculo anterior se suple la diferencia de Magnesio; de la misma forma se obtuvo la cantidad requerida del resto de los fertilizantes que se utilizaron.

Durante la preparación y para evitar mezclar compuestos que pudieran precipitar por incompatibilidad, la solución madre se dividió en dos soluciones A y B (Cuadro 7). Los fertilizantes se disolvieron en cinco litros de agua (solución A) y cinco litros (solución B), de tal manera que al agregar 1200 mL de cada una de las soluciones A y B a cada tanque de 378 L, se obtiene la concentración deseada.

Cuadro 7. Cantidad fertilizantes (g) para hacer cinco litros de solución A y cinco litros de solución B para cuatro soluciones nutritivas. Zamorano, Honduras, 2006.

	Solución (g)			
	Adaptación	Crecimiento	Final 1	Final 2
<b>Solución concentrada</b>				
<b>Solución A</b>				
Sulfato de potasio	118	236	354	473
Sulfato de magnesio	60	120	180	239
Fosfato mono amónico	55	110	165	221
Nitrato de potasio	89	179	268	358
Nitrato de amonio	116	232	348	465
<b>Solución B</b>				
Nitrato de calcio	47	95	142	189
Fetrilon combi 1	111	223	334	446

### 2.2.6 MONITOREO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Una vez preparada cada solución se tomó muestra de ella para determinar la concentración de cada nutriente y por comparación con la teórica, se determinó el % de cumplimiento. Se realizaron muestreos de las cuatro soluciones nutritivas, al inicio y final de cada etapa, para determinar el consumo de nutrientes por planta (Anexo 4); el primero a los 15 días de la solución adaptación, siete días después se muestreo la misma solución al final e inicio de la solución crecimiento y siete días después se hizo la misma solución de crecimiento al final e inicio de la solución 1 y solución 2 al inicio de la etapa final. 22 días después se muestreo el final de estas soluciones (Figura 1). Cuando el nivel de la solución bajaba considerablemente se rellenaba con agua los tanques hasta el nivel inicial 378 L y se agregaban 1200 mL de solución nutritiva A y 1200 mL solución nutritiva B.

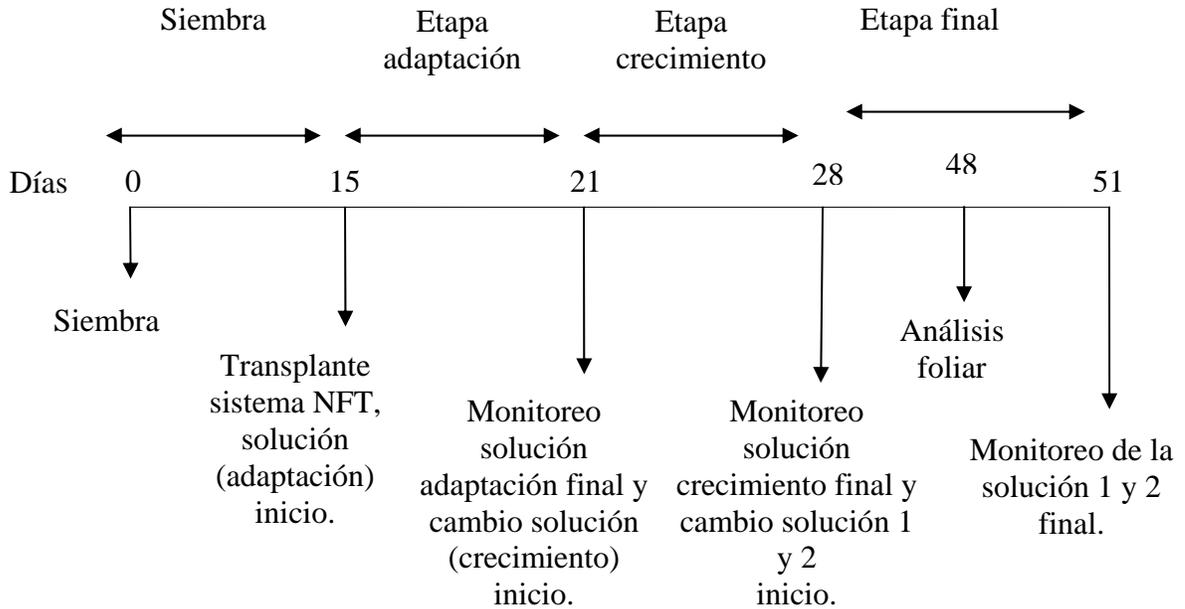


Figura 1. Etapas de cultivo y monitoreo de las soluciones nutritivas. Zamorano, Honduras, 2006.

### 2.2.7 CONSUMO DE AGUA Y NUTRIENTES

Se determinó con base en la concentración de nutrientes reportado por el análisis de laboratorio. Cada solución nutritiva en las tres etapas, se analizó al inicio y al final; con estos datos calculó la cantidad de mg/L total aplicada en todo el ciclo del cultivo y por diferencia de concentraciones se obtuvo el consumo de nutrientes por planta/ciclo, el cual se dividió por el número de días por etapa del cultivo para determinar el consumo diario de nutriente por planta (Anexo 5, 6 y 7).

La cantidad de agua absorbida se calculó por diferencia de volúmenes, midiendo la cantidad total de agua agregada y restando agua no absorbida en cada una de las etapas, se dividió entre el número de plantas para obtener el consumo de agua por planta/ciclo.

### 2.2.8 TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron dos (Etapa final): Solución 1 (N=143, P=27, K=159, Ca=39, Mg=16, Cu=0.02, Fe=3,75, Mn=0.38, Zn=0.38, B=0.38 ppm) y Solución 2 (N=190, P=36, K=212, Ca=53, Mg=21, Cu=0.02, Fe=5, Mn=0.5 Zn=0.5, B=0.5 ppm).

### **2.2.9 VARIABLES MEDIDAS**

Se analizó el peso por planta en gramos de cada variedad, rendimiento en  $\text{kg/m}^2$  y el porcentaje de mortalidad.

### **2.2.10 NIVELES FOLIARES**

Se realizó análisis foliares a los 36 DDT (Días después del transplante), se tomó dos hojas maduras jóvenes por planta. Con los análisis foliares se determinó el contenido de macronutrientes y micronutrientes, los métodos utilizados para la extracción de los elementos fueron para el N: Método de Kjeldahl, P: Digestión húmeda con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$ , determinado por espectrofotometría (colorimetría), en caso del K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: Digestión húmeda con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$ , determinados por absorción atómica y B, S por digestión seca con  $\text{MgNO}_3$ , determinados por espectrofotometría (colorimetría). La determinación se hizo en el laboratorio de suelos y aguas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Se utilizaron datos de niveles foliares de lechuga Romaine para la variedad Parris y se realizó un promedio de los rangos foliares óptimos de la lechuga Boston Type (Ferrufino Norori 2005) para la variedad Vulcan, y se comparó con el resultado obtenido.

### **2.2.11 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizó bloques completamente al azar (BCA) en el que se analizaron dos tratamientos (Etapa final), con dos bloques (cada bloque consta: dos mesas largas y dos mesas cortas), dos repeticiones y tres variedades de lechuga para un total de 24 unidades experimentales.

### **2.2.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó el programa Statistical Analysis System<sup>®</sup> (SAS<sup>®</sup>) y se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) usando un modelo lineal (GLM) y una separación de medias “Duncan”.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 EVALUACIÓN DE LAS DOS SOLUCIONES NUTRITIVAS EN ETAPA FINAL**

##### **3.1.1 SOLUCIONES NUTRITIVAS**

Se analizaron las dos soluciones nutritivas y se calculó el porcentaje de cumplimiento por elemento, en N fue de -49% es decir que hubo una pérdida del 49% en la solución 1; con respecto a la solución 2 fue de -53%. En el caso de P, K, S hubo más pérdidas en la solución 2; el Ca, Mg, Fe hubo más pérdidas en la solución 2 y con el Cu, Mn, Zn y B estuvieron por arriba de lo esperado (Cuadro 8). Las variaciones de los elementos entre lo calculado y lo obtenido se debió, en el caso de N por volatilización, en el caso de los demás elementos (Cu, Mn, Zn, B) el fertilizante contenía más nutrientes de los que se utilizaron en el cálculo y en otros elementos la concentración de los elementos en los fertilizantes era menor de lo enunciado. Pudo haber precipitación de Ca, ya que el contenido de Mg y S fue menor en las dos soluciones (alrededor de 35% menos).

Cuadro 8. Evaluación de la calidad de la solución nutritiva en ciclo de cultivo hidropónico. Zamorano, Honduras, 2006.

Solución nutritiva	pH	mmhos/cm	mg/L										
	(H <sub>2</sub> O)	C.E.	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Solución (adaptación)Teórica			48	9	53	13.3	5.3	17.5	0.01	1.3	0.1	0.1	0.1
Solución (adaptación) Inicial													
15 <sup>§</sup> DDT	5.57	0.61	49	12	57	21	7	30	0.6	0.8	1.4	0.7	0.4
% cumplimiento			<b>2</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>58</b>	<b>24</b>	<b>73</b>	<b>5900</b>	<b>-38</b>	<b>1300</b>	<b>400</b>	<b>300</b>
Solución (crecimiento)Teórica			95	18	106	26.5	10.5	35	0.01	2.5	0.25	0.25	0.25
Solución (crecimiento) Inicial													
23 DDT	5.15	0.99	78	21	100	28	11	41	0.8	0.7	1.9	0.9	0.7
% cumplimiento			<b>-17</b>	<b>17</b>	<b>-6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>7900</b>	<b>-72</b>	<b>660</b>	<b>260</b>	<b>180</b>
Solución 1 (final)Teórica			142.5	27	159	39.75	15.75	52.5	0.015	3.75	0.375	0.375	0.375
Solución 1 (final) Inicial													
30 DDT	5.59	1.02	72	15	70	42	10	33	1.4	2.9	3.1	1.3	0.8
% cumplimiento			<b>-49</b>	<b>-45</b>	<b>-56</b>	<b>6</b>	<b>-35</b>	<b>-37</b>	<b>9233</b>	<b>-22</b>	<b>727</b>	<b>673</b>	<b>113</b>
Solución 2 (final)Teórica			190	36	212	53	21	70	0.02	5	0.5	0.5	0.5
Solución 2 (final)Inicial													
30 DDT	4.84	2.05	89	26	125	31	13	48	1.1	2.3	2.5	1.0	0.9
% cumplimiento			<b>-53</b>	<b>-27</b>	<b>-41</b>	<b>-42</b>	<b>-38</b>	<b>-32</b>	<b>5250</b>	<b>-54</b>	<b>392</b>	<b>100</b>	<b>70</b>

<sup>§</sup>DDT= Días después de transplante

### 3.1.2 TEMPERATURA Y RADIACIÓN SOLAR

En condiciones de invernadero, la temperatura promedio fue de 28°C y la radiación solar promedio fue de 230 W/m<sup>2</sup>/día (Figura 2), las plantas se tornaban flácidas al medio día debido a la alta temperatura (32°C).

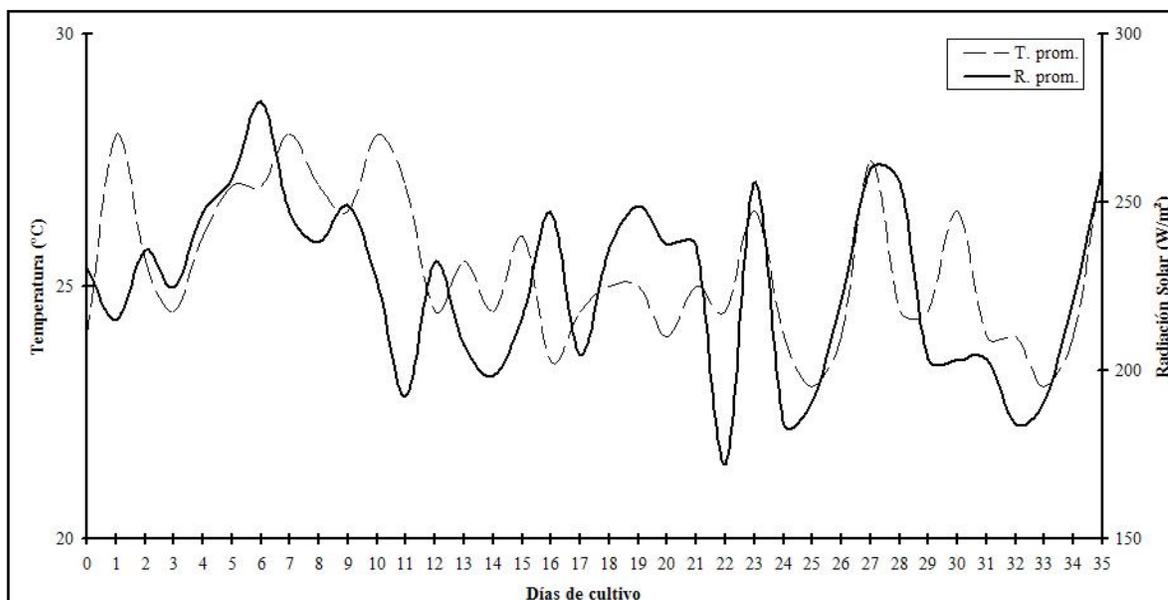


Figura 2. Temperaturas (T. prom.) y Radiación solar promedios (R. prom.), durante el ensayo. Estación meteorológica Motorola®. Zamorano, Honduras, 2006.

### 3.1.3 CONSUMO DE AGUA Y NUTRIENTES

Durante el ciclo de cultivo (Etapa final), el consumo de agua y nutrientes varió en las dos soluciones nutritiva. El mayor consumo se observó con la solución 2 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Consumo de agua y nutrientes en las dos soluciones nutritivas. Zamorano, Honduras, 2006.

Tratamiento	Agua L/planta/ciclo	mg/planta/etapa final										
		N	P	K	Ca	S	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Solución 1	5.3	105	22	118	10	40	10	0.4	4	1	0.05	0.04
Solución 2	5.7	676	100	519	161	75	69	8.0	3	12	6.00	3.00

### 3.1.4 PESO DE PLANTAS Y PRODUCCIÓN

En la etapa final la variedad Parris que estuvo con la solución 2 y las variedades Vulcan, Parris con la solución 1, mostraron diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), la variedad Verónica no mostró diferencia significativa con los dos tratamientos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Peso de plantas y producción ( $\text{kg/m}^2$ ) obtenidos de las tres variedades de lechuga, con dos soluciones nutritivas en hidroponía. Zamorano, Honduras, 2006.

Variedad	Tratamiento	Peso/planta (g)	Producción ( $\text{kg/m}^2$ )
Parris	Solución 2	167a <sup>¶</sup>	0.92a
	Solución 1	108b	0.59b
Vulcan	Solución 1	98c	0.52c
	Solución 2	72d	0.38d
Verónica	Solución 1	52e	0.20e
	Solución 2	55e	0.22e

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

### 3.1.5 MORTALIDAD

Al final del experimento se calculó la mortalidad de las tres variedades (Cuadro 11), las causas fueron por el taponamiento de las mangueras, donde circulaba la solución nutritiva en los canales de PVC, provocando la muerte por sequía, y pocas veces por falta de oxígeno. Una adecuada oxigenación genera masa de raíces blancas y gruesas; en el sistema NFT las plantas obtienen oxígeno de la solución nutritiva y quizás algo del aire donde la masa de raíces no está sumergida (Morgan 2001). La variedad más susceptible es la Verónica, ya que la mortalidad fue de 37%, comparando con Parris y Vulcan que estuvo alrededor de 15%.

Cuadro 11. Porcentaje de mortalidad de las tres variedades de lechugas en hidroponía. Zamorano, Honduras, 2006.

Variedad	Mortalidad
Verónica	37a <sup>¶</sup>
Vulcan	16b
Parris	14b

<sup>¶</sup>Valores en columnas con letras distintas, difieren entre si (P<0.05)

### 3.1.6 NIVELES FOLIARES

No se realizó análisis foliar de la variedad Verónica, ya que carecía de 12 hojas maduras con los dos tratamientos, la variedad Parris con la solución 2 los niveles de Ca y Mg fueron bajos en comparación con la solución 1 los niveles del K, Ca y Mg fueron bajos. La variedad Vulcan con el resto de elementos, con excepción del K, Ca y Mg, estaban en niveles óptimos con los dos tratamientos, Fe y Mn estuvieron siempre altos con los tratamientos y Zn alto en Vulcan con la solución 1 (Cuadro 12). Estos datos fueron superiores a los obtenidos por Cárdenas Castillo 2004 y Ferrufino Norori 2005.

Cuadro 12. Análisis foliar de las plantas de lechuga var. Parris y var. Vulcan con la solución 1 y solución 2 en hidroponía. Zamorano, Honduras, 2006.

Variedad	Tratamiento	%					ppm			
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Parris	Solución 1	3.00	0.50	3.74	0.32	0.22	19	113	507	230
	Niveles foliares	B <sup>§</sup>	O	B	B	B	O	A	A	O
	Solución 2	3.61	0.66	5.64	0.48	0.31	17	145	582	201
	Niveles foliares	O	O	O	B	B	O	A	A	O
Rango óptimo		3.5- 4.5	0.45-0.8	5.5-6.2	2-2.8	0.6-0.8	5-20	40-100	11-250	20-250
Vulcan	Solución 1	3.02	0.59	3.33	0.38	0.24	18	112	694	278
	Niveles foliares	B	O	B	B	B	O	A	A	A
	Solución 2	3.76	0.54	3.93	0.31	0.21	22	120	413	169
	Niveles foliares	O	O	B	B	B	O	A	A	O
Rango óptimo		3.5-5.5	0.4-1	5.5-9	1.5-3.5	0.36-0.8	5-25	40-100	11-250	20-250

<sup>§</sup> B= Bajo, O=Óptimo, A=Alto

## 4. CONCLUSIONES

Se validó la recomendación de usar el transplante a los 15 días después de siembra, colocar las plantas en el sistema NFT con una solución de adaptación (N=49, P=12, K=57, Ca=21, Mg=7, Cu=0.6, Fe=0.8, Mn=1.4 Zn=0.7 y B=0.4 ppm) por siete días.

La variedad Parris obtuvo el mayor peso (167 g/planta) con la solución 2 en la etapa final (N=89, P=26, K=125, Ca=31, Mg=13, Cu=1.1, Fe=2.3, Mn=2.5 Zn=1 y B=0.9 ppm), las variedades Vulcan (72 g/planta) y Verónica (52 g/planta) obtuvieron pesos muy bajos.

La producción de lechuga hidropónica bajo el sistema NFT (ha), fue de 10.85 t/ha de variedad Parris, 4.56 t/ha de variedad Vulcan y 2.47 t/ha de variedad Verónica.

El consumo de agua (L/planta) y nutrientes (kg/t) fue: Solución 2 5.7 (N=4.05, P=0.60, K=3.11, Ca=0.97, S=0.45, Mg=0.41, Cu=0.05, Fe=0.02, Mn=0.07, Zn=0.04 y B=0.002) y Solución 1 5.3 (N=0.63, P=0.13, K=0.71 Ca=0.06, S=40, Mg=10, Cu=0.4, Fe=4, Mn=1, Zn=0.05 y B=0.04).

En condiciones de invernadero las plantas se tornaban flácidas al medio día debido a la alta temperatura (32°C).

## **5. RECOMENDACIONES**

Para la producción de lechuga hidropónica variedad Parris bajo el sistema NFT, establecer tres etapas: 15 días trasplante al sistema NFT. Etapa de adaptación: Solución adaptación (N=49, P=12, K=57, Ca=21, Mg=7, Cu=0.6, Fe=0.8, Mn=1.4 Zn=0.7 y B=0.4 ppm) 15 a 21 días. Etapa de crecimiento: Cambiar solución crecimiento (N=78, P=21, K=100, Ca=28, Mg=11, Cu=0.8, Fe=0.7, Mn=1.9 Zn=0.9 y B=0.7 ppm) 21 a 28 días. Etapa final: solución 2 (N=89, P=26, K=125, Ca=31, Mg=13, Cu=1.1, Fe=2.3, Mn=2.5 Zn=1 y B=0.9 ppm) de 28 a 51 días.

Ajustar las mesas del sistema NFT con 210 plantas/mesa, para 1,680 plantas, que equivale a 75,600 plantas/ha.

Realizar pruebas en época de invierno (Diciembre-Febrero) en Zamorano.

Probar con otros cultivos adaptados a condiciones de Zamorano.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Arévalo, G. 2005. Producción de lechuga hidropónica. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. (en línea). Consultado 28 ago. 2006. Disponible en <http://www.zamorano.edu/zamonoticias1/Versiones/septiembre05/entrevista.htm>

Cárdenas Castillo, C. 2004. Determinación de los efectos en rendimiento de la producción de lechuga hidropónica y convencional en condiciones de El Zamorano, Honduras. Tesis. Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 20 p.

Delfín, A. 2001. Hidroponía: Perspectivas y futuro (en línea). México DF, FCQ (Facultad de Ciencias Químicas). Consultado 5 oct. 2005. Disponible en <http://www.fcq.uach.mx/educontinua/hidroponia/perfuturo.htm>

DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, HN), 2002. Guía de producción de lechuga hidropónica (en línea). Consultado 5 jun. 2006. Disponible en <http://www.colprocah.com/secciones/nuevas20tecnologías/biotecnología/Hidroponia.htm>

Ferrufino Norori, E. 2005. Determinación de la concentración de la solución nutritiva para crecimiento y producción de lechuga var. Verónica en hidroponía. Tesis. Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 20 p.

Hoagland, D. y Arnon, D. 1938. Composición de la solución de micronutrientes (ppm) (en línea). Consultado 28 ago. 2006. Disponible en <http://members.fortunecity.es/jalvarezg/colab/alberto/soluciones.htm>

Morgan, L. 2001. La importancia del oxígeno en hidroponía. El oxígeno disuelto es algunas veces el ingrediente que olvidamos en la solución nutritiva (en línea). Lima, UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina). Consultado 28 ago. 2006. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin11.htm>

Raudales Banegas, R. 2003. Determinación de la causa y los factores que afectan la severidad del daño en raíz en lechuga hidropónica. Tesis. Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 15 p.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Concentración (%) de nutrientes de cada fertilizante.

Fertilizante	Fórmula	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	50	0	0	17						
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0	0	0	0	16	13						
Fosfato mono amónico	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	12.0	60	0	0	0	0						
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	13.5	0	46	0	0	0						
Nitrato de amonio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	34.0											
Nitrato de calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	15.5			26.3								
Fetrilon combi 1						15		1.5	4	4	1.5	0.5	0.1

Anexo 2. Aporte de elemento nutriente (%) de cada fertilizante.

Fertilizante	Fórmula	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	41.5	0	0	17						
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0	0	0	0	9.6	13						
Fosfato mono amónico	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	12.0	26	0	0	0	0						
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	13.5	0	38	0	0	0						
Nitrato de amonio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	34.0											
Nitrato de calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	15.5			18.8								
Fetrilon combi 1						9		1.5	4	4	1.5	0.5	0.1

Anexo 3. Contenido de nutrientes en el agua utilizada en el experimento. Zamorano. Honduras, 2006.

Elemento	Concentración	
	ppm	cmol/L
<b>CATIONES</b>		
Calcio	1.5	0.075
Magnesio	0.6	0.05
Potasio	2.3	0.06
Sodio	6.2	0.27
Boro	0	0
Cobre	0	
Hierro	0.02	
Manganeso	0	
Zinc	0.01	
Relación C.E. /suma de cationes:	156	
<b>ANIONES</b>		
Cloruros	3.5	0.1
Sulfatos	15.4	0.32
Carbonatos	0	0
Bicarbonatos	3	0.05
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0
Relación C.E. /suma de aniones:	151	
pH.		4.66 Muy Acido
C.E.(conductividad eléctrica)		0.071 dS/cm. No salina.
Sales totales (mg/L)		32.5
Presión osmótica (atm.)		0.026
RAS		1.1 Sin riesgo de alcalinización.
Grados Hidrotimétricos Franceses		0.62 Agua muy dulce.
Normas Riverside Blasco, Rubia		
C1		baja salinidad
S1		bajo contenido en sodio
Fitotoxicidad Boro		No hay problema.
Fitotoxicidad Cloro		No hay problema.
Fitotoxicidad Sodio		Sin problema en riego por aspersión

Anexo 4. Consumo de nutrientes por planta (mg) en las dos soluciones nutritivas (etapa final). Zamorano, Honduras, 2006.

Etapas	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Etapa 1 (mg/planta)											
Solución (adaptación)											
Nutriente aplicado	145	37	169	62	21	90	1.90	2.49	4.21	1.96	1.30
Nutriente no absorbido	96	36	166	58	20	87	1.76	2.47	3.94	1.25	1.26
Nutriente absorbido	49	1	3	4	1.0	3	0.14	0.02	0.27	0.71	0.04
Etapa 2 (mg/planta)											
Solución (crecimiento)											
Nutriente aplicado	176	48	224	62	24	92	1.89	1.62	4.21	2.03	1.68
Nutriente no absorbido	168	47	210	59	23	89	1.77	1.16	3.97	1.37	1.62
Nutriente absorbido	8	1	14	2	1	4	0.12	0.46	0.23	0.66	0.05
Etapa final (mg/planta)											
Solución 1											
Nutriente aplicado	205	42	198	120	29	95	4.04	8.34	8.82	3.78	2.19
Nutriente no absorbido	100	20	72	113	20	54	3.56	4.67	7.67	3.60	2.12
Nutriente absorbido	105	22	126	7	10	41	0.48	3.67	1.16	0.18	0.07
Total absorbido	163	25	143	14	12	47	0.7	4.15	1.66	1.55	0.16
Etapa final (mg/planta)											
Solución 2											
Nutriente aplicado	929	175	873	249	106	211	10.96	9.42	18.79	9.26	5.36
Nutriente no absorbido	253	74	346	88	37	135	3.04	6.00	7.00	2.85	2.42
Nutriente absorbido	676	101	527	161	69	76	7.92	3.42	11.79	6.41	2.94
Total absorbido	733	103	544	167	72	82	8.18	3.9	12.29	7.78	3.03

Anexo 5. Estimación de consumo diario (mg) por planta/ciclo en etapa de adaptación y crecimiento. Zamorano. Honduras, 2006.

Tanque	Etapa	Fecha	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
A-B		Jun-16	6.74	0.20	0.38	0.15	0.04	0.24	0.01	0.00	0.03	0.07	0.004
C-D	Adaptación	17	6.74	0.20	0.38	0.15	0.04	0.24	0.01	0.00	0.03	0.07	0.004
		18	6.74	0.20	0.38	0.15	0.04	0.24	0.01	0.00	0.03	0.07	0.004
		19	6.74	0.20	0.38	0.15	0.04	0.24	0.01	0.00	0.03	0.07	0.004
		20	6.74	0.20	0.38	0.15	0.04	0.24	0.01	0.00	0.03	0.07	0.004
		21	6.74	0.20	0.38	0.15	0.04	0.24	0.01	0.00	0.03	0.07	0.004
		22	6.74	0.20	0.38	0.15	0.04	0.24	0.01	0.00	0.03	0.07	0.004
	Total		47.18	1.4	2.66	4.0	0.4	1.68	0.07	0.02	0.21	0.49	0.04
A-B	Crecimiento	Jun-23	1.49	0.17	3.19	0.53	0.30	0.80	0.03	0.10	0.05	0.15	0.01
C-D		24	1.49	0.17	3.19	0.53	0.30	0.80	0.03	0.10	0.05	0.15	0.01
		25	1.49	0.17	3.19	0.53	0.30	0.80	0.03	0.10	0.05	0.15	0.01
		26	1.49	0.17	3.19	0.53	0.30	0.80	0.03	0.10	0.05	0.15	0.01
		27	1.49	0.17	3.19	0.53	0.30	0.80	0.03	0.10	0.05	0.15	0.01
		28	1.49	0.17	3.19	0.53	0.30	0.80	0.03	0.10	0.05	0.15	0.01
		29	1.49	0.17	3.19	0.53	0.30	0.80	0.03	0.10	0.05	0.15	0.01
	Total		10.43	1.19	22.33	3.71	2.1	5.6	0.21	0.7	0.35	1.05	0.07

Anexo 6. Estimación de consumo diario (mg) por planta/ciclo en etapa de final (solución 1). Zamorano, Honduras, 2006.

Tanque	Etapa	Fecha	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
A-C	Final	Jun-30	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		Jul-01	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		2	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		3	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		4	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		5	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		6	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		7	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		8	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		9	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		10	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		11	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		12	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		13	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		14	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		15	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		16	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		17	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		18	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
		19	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002
20	5.01	1.07	5.63	0.46	0.46	1.90	0.018	0.17	0.06	0.003	0.002		
Total			105.21	22.47	118.23	9.66	9.66	39.9	0.38	3.57	1.26	0.63	0.042

Anexo 7. Estimación de consumo diario (mg) por planta/ciclo en etapa de final (solución 2). Zamorano, Honduras, 2006.

Tanque	Etapa	Fecha	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
B-D		Jun-30	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		Jul-01	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		2	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		3	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		4	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		5	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		6	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		7	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		8	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		9	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
	Final	10	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		11	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		12	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		13	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		14	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		15	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		16	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		17	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		18	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
		19	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14
20	32.18	4.78	24.70	7.69	3.29	3.58	0.38	0.14	0.56	0.31	0.14		
Total			675.8	100.38	518.7	161.5	69.1	75.2	8	2.94	11.76	6.51	2.94

