

**Determinación de los efectos en  
rendimiento de la producción de lechuga  
hidropónica y convencional en condiciones  
de El Zamorano, Honduras.**

**Christopher Mario Cárdenas Castillo**

**EL ZAMORANO**

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria  
Diciembre, 2004

# **Determinación de los efectos en rendimiento de la producción de lechuga hidropónica y convencional en condiciones de El Zamorano, Honduras.**

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

Presentado por  
**Christopher Mario Cárdenas Castillo**

**El Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2004

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 de autor.

---

Christopher Mario Cárdenas Castillo

**El Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2004

**Determinación de los efectos en rendimiento de la producción de  
lechuga hidropónica y el convencional en condiciones de  
El Zamorano, Honduras.**

Presentado por:  
Christopher Mario Cárdenas Castillo

Aprobado:

---

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.  
Asesor Principal

---

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.  
Coordinador de la Carrera de Ciencia  
y Producción Agropecuaria

---

José M. Miselem Laca, M.Sc.  
Asesor

---

Aurelio Revilla, M.S.A.  
Decano Académico Interino

---

Freddy Arias, Ph.D.  
Asesor

---

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

## **DEDICATORIA**

A mi Dios por todas las oportunidades que me ha brindado

A la familia Cárdenas Castillo.

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS por guiarme en todo este tiempo.

A mis padres y hermanos por todo el apoyo que me han dado.

A La Ing. Gloria de Gauggel por su apoyo incondicional, sus consejos y sobretodo su paciencia.

Al Ing. José María Miselem, por su ejemplo de trabajo.

Al Dr. Freddy Arias por brindarme sus conocimientos.

A la Ing. Hilda Flores por sus enseñanzas y su tiempo .

Al Ing. Ulises Barahona por brindarme sus conocimientos.

Al Ing. Eduardo Gurdíán por su apoyo.

Al personal administrativo y de campo de la Sección de Horticultura de Zamorano por su apoyo, en especial a Marvin y Walter.

Al personal del Laboratorio de Suelos, por su colaboración en todo momento.

A la familia Revilla, por los consejos y las atenciones que me brindaron.

A la familia Flores Fukuda, por su cordialidad y consejos brindados.

A D. Romero, R. Calapuja, A. Coello, A. Arroyo, N. Chicaiza, M. Aspiazu, F. Cruz, P. Vilus, C. Rivera, L. tirado, J. Blanco por su amistad.

A la clase GENOMA por brindarme su amistad.

A Zamorano por las experiencias adquiridas.

## **AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES**

A la Fundación Nippón por el financiamiento de mis estudios en Zamorano.  
A mis Padres por su apoyo financiero.

## RESUMEN

Cárdenas Castillo. C. M. 2004. Determinación de los efectos en rendimiento de la producción de lechuga hidropónica y convencional en condiciones de El Zamorano, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 20p

El éxito de la producción hidropónica depende del conocimiento agronómico, clima, siembra, manejo de la solución nutritiva, control de plagas y enfermedades. En este estudio se tuvo como objetivo implementar el sistema de producción hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) o técnica de la película de nutrientes, en El Zamorano, Honduras. Se realizó un ensayo con dos variedades de lechuga y cuatro concentraciones de solución nutritiva para evaluar la respuesta de las plantas a dichas concentraciones. También se evaluaron tres medios de crecimiento de plántulas para mejorar la eficiencia al trasplante. Otro objetivo fue diseñar un sistema de fertilización de operatividad adecuada para lechuga en hidroponía, generar un balance de agua y nutrientes y comparar la producción y rentabilidad del cultivo de lechuga bajo los dos sistemas de producción. El estudio se realizó entre junio y julio de 2004. Para determinar el medio de crecimiento más efectivo al trasplante al sistema hidropónico, se usó un diseño completamente al azar y tres repeticiones. Para comparar la rentabilidad del sistema hidropónico NFT con el sistema convencional, se analizaron los costos para ambos sistemas de producción y se concluyó que tener un sistema hidropónico NFT no es suficiente para obtener buenos resultados. El conocer la fisiología de una planta en hidroponía es vital para la implementación de un sistema hidropónico. Además, se preparó la solución para ensayos posteriores y se diseñó un programa para el uso de la misma, dependiendo del estado fenológico de la planta. Se reconocieron puntos críticos de producción como: oxigenación y altas temperaturas, composición y reposición de la solución. Se determinó que la variedad Vulcán es más tolerante a la salinidad que la variedad Verónica. Además, el medio de crecimiento Sunshine mix<sup>®</sup> generó plantas de mayor altura (11.2 cm) y longitud de raíz (11 cm) que los medios de arena y Zamorano (5 partes de compost, 4 partes de casulla de arroz, 1 parte de arena) y resistieron mejor el cambio a hidroponía, ya que el porcentaje de daño por salinidad fue menor. Además, las plantas en hidroponía fueron más eficientes en el consumo de agua (6.2 L/ha/ciclo) que en el suelo (22 L/ha/ciclo). El consumo de nutrientes en el sistema hidropónico fue mejor que el sistema convencional con un 77% en nitrógeno, 80% en el fósforo, 60% en potasio, 76% en calcio, 70% en magnesio y 50% en hierro.

**Palabras clave:** Cultivo sin suelo, nutrición vegetal, solución nutritiva, sustratos.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	xi
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>2</b>
<b>MATERIALES.....</b>	<b>2</b>
Ubicación y Área.....	2
Sistema de producción NFT.....	2
Sistemas de producción.....	2
Variedades.....	3
Fertilizantes.....	3
Medios de crecimiento.....	3
<b>MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>SISTEMA HIDROPÓNICO.....</b>	<b>4</b>
Soluciones nutritivas.....	4
Transplante de plántulas.....	5
Metodología de producción.....	6
<b>SISTEMA CONVENCIONAL.....</b>	<b>7</b>
Análisis económico.....	7
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>HIDROPONÍA.....</b>	<b>8</b>
Solución nutritiva.....	8
Concentración de sales.....	9
pH.....	10
Temperatura.....	10

Consumo de agua y nutrientes.....	11
Medio de crecimiento en vivero.....	12
<b>SISTEMA CONVENCIONAL.....</b>	<b>14</b>
Consumo de nutrientes en el sistema convencional.....	14
<b>COMPARACIONES ENTRE LOS DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN (HIDROPONÍA VS CONVENCIONAL).....</b>	<b>14</b>
Consumo de agua y nutrientes.....	14
Variables agronómicas.....	15
Variables económicas.....	16
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>20</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>21</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1. Solución nutritiva: Macronutrientes de DICTA (Raudales 2003) y micronutrientes elaborada por Hoagland y Arnon (Benton Jones, 1997). El Zamorano, Honduras, 2004.....	4
2. Cantidad de fertilizantes utilizados en las cinco soluciones. El Zamorano, Honduras, 2004.....	4
3. Porcentajes de concentración solución nutritiva usadas en los medios de crecimiento. El Zamorano, Honduras, 2004.....	6
4. Secuencia de los fertilizantes en la preparación de la solución hidropónica, con su respectivo aporte en la salinidad. El Zamorano, Honduras, 2004.....	8
5. Análisis de las soluciones nutritivas. El Zamorano, Honduras, 2004.....	8
6. Consumo de agua y nutrientes por planta y por ciclo en el sistema hidropónico. El Zamorano, Honduras, 2004.....	11
7. Concentración de nutrientes durante todo el ciclo del cultivo hidropónico. El Zamorano, Honduras, 2004.....	12
8. Tamaño promedio de raíz y de hoja más larga, en diferentes medios de crecimiento al transplante de lechuga, El Zamorano, Honduras, 2004.....	12
9. Tiempo en lavar y hacer el transplante de una bandeja de 96 plántulas de lechuga al sistema hidropónico NFT. El Zamorano, Honduras, 2004.....	13
10. Aporte y consumo de nutrientes de la planta en el sistema convencional. El Zamorano, Honduras, 2004.....	14
11. Eficiencia y consumo de agua por planta y por hectárea por ciclo en el sistema hidropónico y convencional. El Zamorano, Honduras, 2004.....	14
12. Eficiencia y consumo de nutrientes por planta y por hectárea por ciclo en el sistema hidropónico y convencional. El Zamorano, Honduras, 2004.....	15
13. Comparación de datos agronómicos entre el sistema hidropónico y Convencional. El Zamorano, Honduras, 2004.....	16
14. Análisis de costos por hectárea en el sistema hidropónico (US \$). El Zamorano, Honduras, 2004.....	16
15. Análisis de costos por hectárea en el sistema convencional (US \$). El Zamorano, Honduras, 2004.....	17
16. Utilidad por hectárea en el sistema hidropónico y convencional (US \$). El Zamorano, Honduras, 2004.....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Comportamiento en diferentes porcentajes de la solución nutritiva en el ciclo de la lechuga en el sistema NFT. El Zamorano, Honduras. 2004.....	9
2. Comportamiento de pH en diferentes porcentajes de la solución hidropónica durante el ciclo del cultivo en el sistema NFT. El Zamorano, Honduras. 2004.....	10
3. Temperaturas máximas (T max) y mínimas (T min) durante el ensayo. El Zamorano, Honduras, 2004.....	11

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Página</b>
1. Balance de cationes y aniones. Zamorano, Honduras, 2004.....	22
2. Análisis de Agua. El Zamorano, Honduras, 2004.....	23
3. Concentración de nutrientes propuesta por la Universidad Agraria La Molina, para solución hidropónica de lechuga ((Rodríguez <i>et al</i> 2001).....	24
4. Estimación de consumo diario de nutrientes. El Zamorano, Honduras, 2004.....	25
5. Análisis de suelo del lote 28 en zona 3, El Zamorano, Honduras, 2004.....	26
6. Descripción del suelo del lote 28 en zona 3, El Zamorano, Honduras, 2004.....	27

## INTRODUCCIÓN

La hidroponía es una técnica que permite producir plantas sin la utilización de suelo. Con esta técnica de cultivo se logran hortalizas de muy buena calidad y además se optimiza el uso del agua. En la actualidad esta técnica permite obtener mejores rendimientos por unidad de área que en el suelo. Hoy en día la hidroponía es el método más intensivo de producción hortícola, aunque por lo general incurre en la adquisición de altas tecnologías y la inversión de un fuerte capital. Las perspectivas para el futuro de este sistema de cultivo son grandes, debido a que en la horticultura intensiva se presentan problemas como la escasez de recursos hídricos y presencia de suelos progresivamente salinos y contaminados.

En Latinoamérica, es una alternativa que se está considerando cada día más y ha hecho que la hidroponía sea una interesante alternativa de producción ya que permite el aprovechamiento de suelos no aptos para la agricultura tradicional. Esta técnica es apropiada en zonas donde hay escasez de agua, ayudando a la producción intensiva, permitiendo tener un mayor número de cosechas por año.

Para introducirse a este sistema de producción es importante conocer el manejo agronómico del cultivo. Desafortunadamente, los fracasos que han ocurrido en países como EEUU superan a los éxitos, debido a la inexperiencia o a la falta de apoyo técnico y científico, para evitar estos inconvenientes es mejor hacer pequeños ensayos y con la experiencia obtenida desarrollar un sistema hidropónico de producción intensiva.

El éxito de la producción hidropónica depende más del conocimiento agronómico (clima apropiado para el cultivo, siembra, solución nutritiva, control de plagas y enfermedades, etc.) que del conocimiento de la técnica en sí. La falta de experiencia en el manejo de las soluciones nutritivas puede alterar la composición y afectar significativamente la apariencia y calidad de las plantas (Rodríguez *et al* 2001).

Una de las técnicas de hidroponía es el NFT. El término NFT son las iniciales de Nutrient Film Technique que traducido al español significa "la técnica de la película nutriente". También se le conoce como sistema de recirculación continua (Resh 1997).

En este experimento se tuvo como objetivo implementar el sistema de producción hidropónico NFT en la sección de Horticultura de Zamorano. Este primer objetivo implica conocer tanto el sistema hidropónico como el conocimiento agronómico, para poder aplicarlo exitosamente en condiciones de Zamorano. Además, diseñar un sistema de fertilización de operatividad adecuada para lechuga (*Lactuca sativa*) en hidroponía y generar un balance de agua y nutrientes para los dos sistemas de producción y comparar la producción y rentabilidad del cultivo de lechuga bajo los dos sistemas de producción: Hidroponía en invernadero y el sistema convencional en suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### MATERIALES

#### Ubicación y Área

El proyecto se realizó en Zamorano, Honduras, a 30 km al Este de Tegucigalpa a una altura de 800 metros sobre el nivel del mar; donde hay una precipitación promedio anual de 1100 mm. El ensayo de lechuga hidropónica se realizó durante los meses de mayo y Julio bajo un macrotúnel perteneciente a la Sección de Horticultura, con un área de 140 m<sup>2</sup>. Esta infraestructura proporcionó al cultivo exclusivamente protección contra lluvia ya que estaba cubierto únicamente el techo. El cultivo de campo se ubicó en el lote 28 de zona 3, con un área de 783 m<sup>2</sup>. La elaboración y análisis de la solución hidropónica y los análisis del suelo se realizaron en el laboratorio de suelos de Zamorano.

#### Sistema de producción hidropónica NFT

Conocido como sistema de recirculación continua. El principio del sistema consiste en recircular continuamente la solución por una serie de canales de PVC de forma rectangular y de color blanco, llamados canales de cultivo. En cada canal hay agujeros donde se colocan las plantas. Los canales están apoyados sobre mesas que tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de la solución. La solución es recolectada y almacenada en un tanque de 378 litros de capacidad.

Una electrobomba funciona continuamente las 24 horas del día. Por los canales circula una película o lámina de apenas 3 a 5 ml de solución nutritiva. La recirculación mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y un suministro adecuado de nutrientes minerales para las plantas.

En El Zamorano se encuentran ocho mesas, donde cada mesa cuenta con siete canales de PVC, de las cuales tres mesas tienen tamaños diferentes, pero a modo de hacer los cálculos se tomó en cuenta las medidas de las cuatro mesas, que son de 6.2 × 1.9 m.

#### Sistemas de producción

- **Sistema hidropónico NFT.-** Con un espaciamiento entre agujeros de 0.21 m y un distanciamiento entre los canales de PVC de 0.27 m, con una distancia entre mesas de 1 m en promedio. De acuerdo a este arreglo el total de plantas fue de 75,323 plantas por hectárea.
- **Parcela de campo.-** Incluye sistema de riego por goteo, con emisores espaciados a 0.30 m, con una descarga de 1.1 L/h. El distanciamiento entre

camas es de 1.8 m, con un espaciamento de 0.30 m entre plantas, con cuatro hileras por cama, para obtener una densidad de 74,074 pl/ha.

### **Variedades**

- *Lactuca sativa* Var Verónica y Vulcán.

### **Fertilizantes**

Se utilizaron: Nitrato de amonio, Nitrato de calcio, Hidróxido de Potasio, MAP (fosfato mono amónico), Sulfato de potasio, Sulfato de magnesio y micronutrientes.

### **Medios de Crecimiento**

#### **Primer ensayo**

El medio utilizado fue el Sunshine mix<sup>®</sup> (Musgo, vermiculita y un compuesto humectante. Para sostener las plantas en el sistema NFT se utilizaron cubos de esponja de poliuretano de 810 cm<sup>3</sup> (9 × 9 × 10).

#### **Segundo ensayo**

Los medios utilizados fueron: Sunshine mix<sup>®</sup>, medio Zamorano (cinco partes de compost, cuatro partes de casulla, una parte de arena), arena y esponja de poliuretano cortado en cubos de dimensiones de 3 × 2 × 2, que sería 12 cm<sup>3</sup>, cortados en la parte superior linealmente aproximadamente un cm para el depósito de semilla. Para sostener las plantas en el sistema NFT se utilizaron contenedores de plásticos (Picos de botellas invertidos). Los resultados en los medios de crecimiento fueron analizados estadísticamente.

#### **Tratamientos**

Los tratamientos analizados fueron: Sunshine mix<sup>®</sup>, medio Zamorano y arena.

#### **VARIABLES MEDIDAS**

Las variables fueron el tamaño de raíz y longitud de la hoja más grande en plántulas

#### **Diseño experimental**

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) en el que se analizaron tres tratamientos con 60 repeticiones y 180 unidades experimentales.

#### **Análisis estadístico**

Se utilizó el programa “ Statistical Analysis System<sup>®</sup> ” (SAS, 1999) y se realizó un análisis de Varianzas (ANDEVA) usando un modelo lineal (GLM) y una separación de medias “Tukey” y el nivel de significancia exigido fue de 0,05.

## MÉTODOS

### SISTEMA HIDROPÓNICO

#### Soluciones Nutritivas

##### Primer ensayo

Se realizó la primera solución nutritiva (Solución 1), basada en la solución establecida por la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA) adaptada por Raudales (2003) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Solución nutritiva: Macronutrientes de DICTA (Raudales 2003) y micronutrientes elaborada por Hoagland y Arnon (Benton Jones, 1997). El Zamorano, Honduras, 2004.

Solución	mg/l											
	Macronutrientes						Micronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
DICTA	190	36	212	52	21	35						
Hoagland y Arnon							0,5	0,02	5	0,5	0,01	0,5

Para su preparación se realizó un balance de cationes y aniones (Anexo 1), teniendo en cuenta la calidad del agua (Anexo 2) y el aporte de nutrientes. La preparación se hizo siguiendo el orden de adición de los fertilizantes, diluyendo primero el que se ocupa en mayor cantidad y así sucesivamente; esta solución se designó como solución 1 (Cuadro 2).

La solución se analizó en el laboratorio y dado que no coincidía la concentración esperada con la obtenida, se realizó otra solución ajustando en el pH a 5.5 con hidróxido de potasio. Así se obtuvo la solución 2. Esta solución se probó en el primer ensayo.

##### Segundo ensayo

Con base en la apariencia del cultivo en el primer ensayo la concentración de nutrientes se redujo a la mitad, diseñando la solución 3 (Cuadro 2). Para preparar la solución se siguió la metodología descrita por Resh (1997), aplicando los fertilizantes en el siguiente orden: Sulfato de potasio, Sulfato de Magnesio, Fosfato Mono amónico, Nitrato de Potasio, Nitrato de Calcio y Micronutrientes.

Con esta solución se observó que el cultivo venía creciendo bien hasta los 14 días, por lo que se consideró que el cultivo podía recibir una mayor concentración de sales, al día 14 se decidió colocar la solución 2 (Cuadro 2), el cultivo no respondió a este cambio y mostró síntomas de quemaduras, por esta razón, 3 días después se regresó a usar la solución 3 (Cuadro 2). En esta etapa el cultivo mostró síntomas de deficiencias de nutrientes y se observó estrés en las plantas cuando la temperatura y luminosidad fueron elevadas, se decidió subir la concentración de la fertilización en tres de los

tanques (solución 4) (Cuadro 2), dejando un tanque a una concentración menor (solución 5) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cantidad de fertilizantes utilizados en las cinco soluciones. El Zamorano, Honduras, 2004.

Fertilizantes	Concentración (%)				
	100	100	50	75	25
	Sol 1	Sol 2	Sol 3	Sol 4	Sol 5
<b>Macronutrientes (g/l)</b>					
Nitrato de amonio	0.76	0.76	0.38	0.57	0.19
Nitrato de calcio	0,24	0,24	0.12	0.18	0.06
Hidróxido de Potasio	&	0.04	0.02	0.03	0.01
MAP (fosfato mono amónico)	0.13	0.13	0.07	0.1	0.03
Sulfato de potasio	0.83	0.83	0.41	0.62	0.21
Sulfato de magnesio	0.22	0.22	0.11	0.16	0.05
<b>Micronutrientes (mg/l)</b>					
B	0.023	0.023	0.012	0.017	0.0058
Fe	0.092	0.092	0.046	0.069	0.0230
Mn	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0003
Mo	0.010	0.010	0.005	0.008	0.0025

&: no se aplicó.

Sol: Solución.

## Transplante de plántulas

### Primer ensayo

La siembra se realizó en el mes de abril y a los 21 días se trasladaron las plántulas al sistema hidropónico NFT y se lavaron las raíces de las plántulas provenientes del vivero. Luego se las envolvieron en esponja de poliuretano que a su vez sirvió como sostén a cada planta. Ante la presencia mínima de luz se observó la presencia de algas.

Con el lavado de la raíz se observaron desperdicios del medio de crecimiento al transplante, por lo que en el segundo ensayo se probaron otros medios de crecimiento, para que al transplante la pérdida del material del sustrato no implique un costo adicional y ayude a que el costo del transplante sea más sostenible y eficiente.

### Segundo ensayo

La siembra se realizó en el mes de mayo y se transplantó a los 21 días, siguiéndose la misma metodología del primer ensayo, solo que en lugar de esponja se probó usar contenedores de plásticos (Picos de botellas invertidos) para cada planta desde el transplante.

## Metodología de producción

### Primer ensayo

El sistema hidropónico NFT fue desinfectado con una solución de cloro a 200 ppm y solo se utilizó un par de mesas con su respectivo tanque.

Para el trasplante, las raíces se despojaron del medio de crecimiento. Una vez realizado el trasplante se inició la etapa de monitoreo, llevando un control del pH y CE de la solución hidropónica. Estos valores se tomaron entre las cuatro y seis pm.

La cosecha se clasificó en material comercial y no comercial, el producto comercial es aquel que no tiene hojas dañadas, y el desecho son hojas con daños que se quitan de cada planta.

### Segundo ensayo

Al igual que el primer ensayo se desinfectó el sistema NFT y se utilizó las ocho mesas con cuatro tanques. Para el trasplante, las raíces se despojaron del medio de crecimiento y se colocaron las plántulas en contenedores (picos de botella, cortados invertidos en su posición), previamente desinfectado. Una vez realizado el trasplante se inició la etapa de monitoreo, llevando un registro del pH y CE de la solución nutritiva. Estos valores se tomaron entre las cuatro y seis pm.

En este estudio se muestran los resultados de dos mesas y un tanque que contenían las plantas procedentes del medio Sunshine mix<sup>®</sup>; las plantas provenientes de otros medios fueron colocados en diferentes mesas, las plantas provenientes del medio Sunshine mix<sup>®</sup>, Medio de Arena y esponja, fueron sometidas a las mismas concentraciones de sales. Únicamente el medio Zamorano tuvo un cambio de concentración 25 días después de ser transplantado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentajes de concentración de la solución nutritiva usadas en los medios de crecimiento. El Zamorano, Honduras, 2004.

Días	Medio Sunshine mix <sup>®</sup>	Medio Esponja	Medio Arena	Medio Zamorano
0-14	50	50	50	50
14-16	100	100	100	100
17- 23	50	50	50	50
24 –35	75	75	75	25

Las temperaturas máximas y mínimas se registraron mediante el sistema Motorola instalado en el invernadero M de la unidad de Horticultura de El Zamorano, para relacionarlo con la producción hidropónica de lechuga. Además, se hicieron observaciones sobre el desarrollo de las plantas en cada mesa procedente de diferente medio.

## **SISTEMA CONVENCIONAL**

En la misma fecha del sistema hidropónico se transplantaron en el campo las variedades Verónica y Vulcán, procedentes del medio de crecimiento Sunshine mix<sup>®</sup>. A estas plantas se les realizó las diferentes actividades de mantenimiento y se monitorearon los siguientes aspectos: volúmenes, frecuencias de riego y fertilización.

La fertilización consistió en nitrógeno, con una cantidad de 90 kg /ha por ciclo del cultivo que se aplicó en la primera semana el 20%, en la segunda el 30% y en la tercera el 50%. Además se realizó un análisis químico de suelo y tres calicatas, para describir el tipo de suelo.

Se realizó semanalmente un monitoreo de la mortalidad, también se monitorearon las plagas día de por medio y la cosecha se clasificó en material comercial y no comercial, el producto comercial es aquel que no tiene hojas dañadas, y el desecho son hojas con daños que se quitan de cada planta.

## **ANALISIS ECONÓMICO**

Este análisis se realizó para comparar los costos del sistema de producción hidropónica y el sistema de producción convencional.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### HIDROPONÍA

#### Soluciones nutritivas

##### Primer ensayo

La solución se preparó y analizó en el laboratorio (solución 1) (Cuadro 2) y en primera instancia no se encontró igualdad, por lo que se preparó otra solución (Solución 2) (Cuadro 2) de la manera indicada en el capítulo de métodos.

Se ajustó la preparación siguiendo el orden indicado en el cuadro 4 y se mantuvo el pH en 5.98 utilizando hidróxido de potasio, encontrándose de esta manera relación entre lo preparado y lo esperado (Cuadro 5).

Cuadro 4. Secuencia de los fertilizantes en la preparación de la solución hidropónica, con su respectivo aporte en la salinidad. El Zamorano, Honduras, 2004.

Orden	Fertilizante	Concentración de sales al adicionar el fertilizante	
		ppm	dS/m
1	Sulfato de Potasio	430	0.6
2	Sulfato de Magnesio	610	0.9
3	Fosfato Mono amónico	760	1.1
4	Nitrato de Potasio	1010	1.5
5	Nitrato de Calcio	1540	2.3
6	Micronutrientes	1540	2.3

Nota: El pH fue regulado a 5.5 con hidróxido de potasio.  
dS/m: Decisiemens por metro.

Cuadro 5. Análisis de las soluciones nutritivas, El Zamorano, Honduras, 2004.

Muestra	pH	C E (Mmhos/cm)	ppm								
			N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Referencia			190	36	212	53	21	0.02	5	0.5	0.5
Solución 1	5.49	2.34	102	46	287	146	47	0.19	0.81	0.62	0.53
Solución 2	5.98	2.70	181	64	367	48	26	0.37	5.40	1.01	0.69

CE: Conductividad eléctrica.

En este primer ensayo no hubo un desarrollo adecuado de las plantas, ya que la solución nutritiva proporcionaba gran cantidad de sales, alcanzado un valor de 2176 ppm (CE= 3.4); esto conllevó a muerte de raíces y síntomas de quemadura foliar.

### Segundo ensayo

La solución nutritiva que se usó fue la solución 2 y la concentración varió como se explicó en el cuadro 3.

#### Concentración de sales

La concentración de sales fluctuó entre 570 y 1250 ppm a lo largo del ciclo y dependió de la concentración de la solución suministrada y el consumo de las plantas (Figura 1).

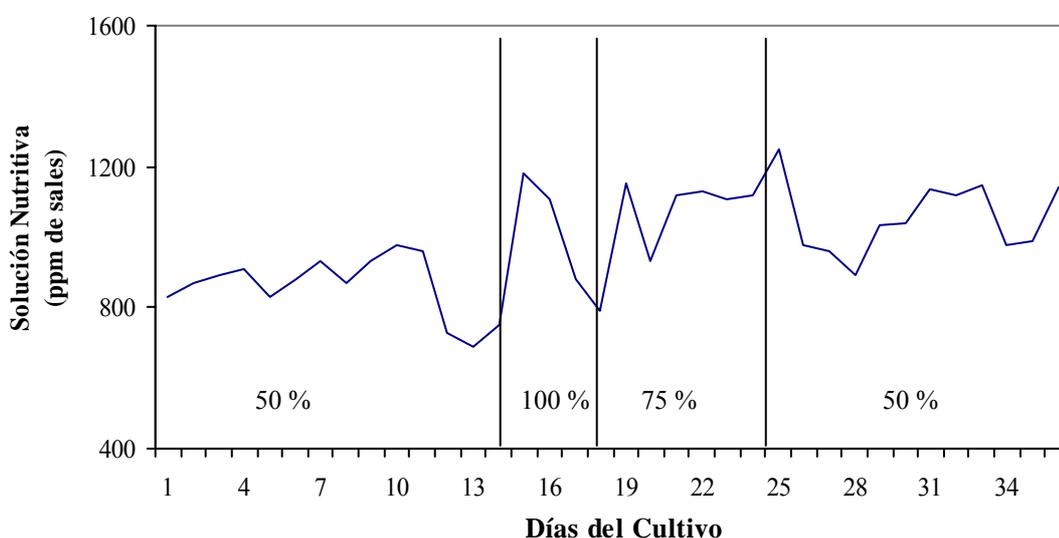


Figura 1. Comportamiento en diferentes porcentajes de la solución nutritiva durante el ciclo de la lechuga en el sistema NFT. El Zamorano, Honduras, 2004.

En este ensayo se observó que las concentraciones de sales se acumulaban progresivamente en la solución nutritiva, de ello se deduce que las plantas absorbieron ciertos nutrientes con mayor rapidez que otros, dejando que otros se acumulen.

La variación en la concentración de sales en la solución nutritiva permitió observar:

- La solución al 50% mantiene una concentración suficiente para la primera etapa de crecimiento o 14 días.
- Subir esta concentración de sales hasta el 100% en la siguiente etapa de crecimiento no es conveniente, ya que las plantas no toleran esta salinidad.
- Al aumentar la concentración al 75% la planta mostró su primera apariencia de estrés, mientras que al reducirla al 25% su apariencia mejoró notablemente.

Las plantas reaccionaron siempre de una manera negativa a las altas concentraciones de sales en la solución nutritiva, la mejor apariencia de las plantas se obtuvo con la solución 5 (25%) (Cuadro 2). Sin embargo, se debe considerar que estudios realizados por la Universidad Nacional Agraria la Molina (2004), proponen una concentración de nutrientes diferente a la que se usó (Anexo 3).

## pH

El pH fluctuó entre 4.6 y 6.2 presentando los valores más bajos entre los días 18 y 22 del cultivo con la solución al 50% y los más altos entre los días uno a once del cultivo. En los controles que pH se observaron fluctuaciones debidas al cambio de concentración de la solución (Figura 2).

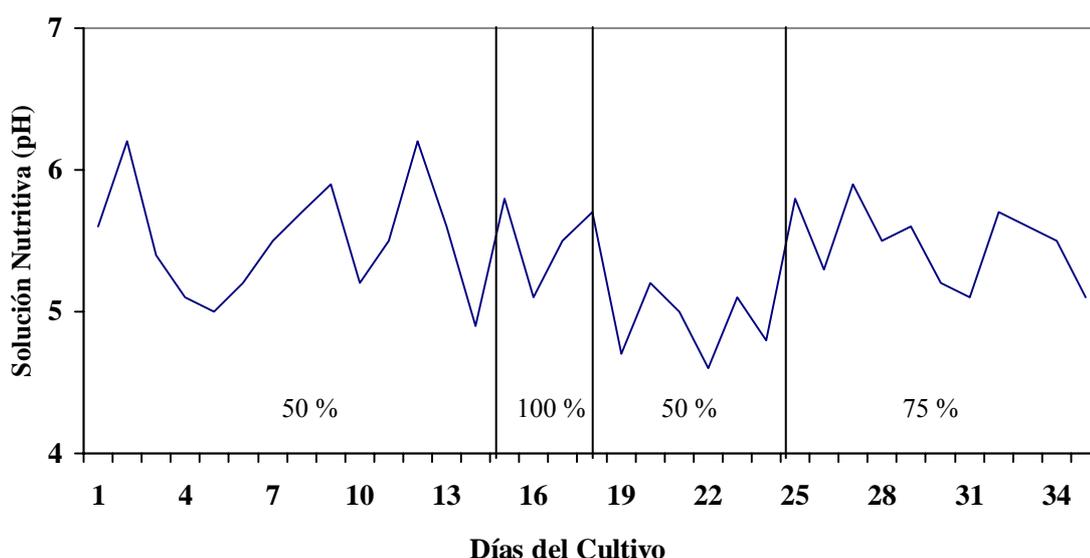


Figura 2. Comportamiento del pH en diferentes porcentajes de la solución hidropónica durante el ciclo del cultivo de lechuga en el sistema NFT, El Zamorano, 2004

Morgan (2000) manifiesta que las fluctuaciones de pH pueden ser causadas por las temperaturas elevadas y esto hace que el nivel del tanque de solución baje rápidamente y resulta en cambios de concentración de los nutrientes.

Otro factor a considerar es la fertilización que está basada en fertilizantes que aportan amonio, el cual es un nutriente que rápidamente es asimilado por la planta (Morgan 2000) y por este efecto la concentración de hidrogeniones se aumenta y baja el pH drásticamente (Arévalo 2004)<sup>1</sup>.

## Temperatura

Las temperaturas variaron entre 17 y 33°C (Figura 3). Ante las temperaturas elevadas, las plantas tienen altas tasas de transpiración y por consiguiente las concentraciones de nutrientes en el tanque varían (Morgan 1999).

<sup>1</sup> Arévalo, G. 2004. Nutrición vegetal (entrevista). El Zamorano, HN, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano.

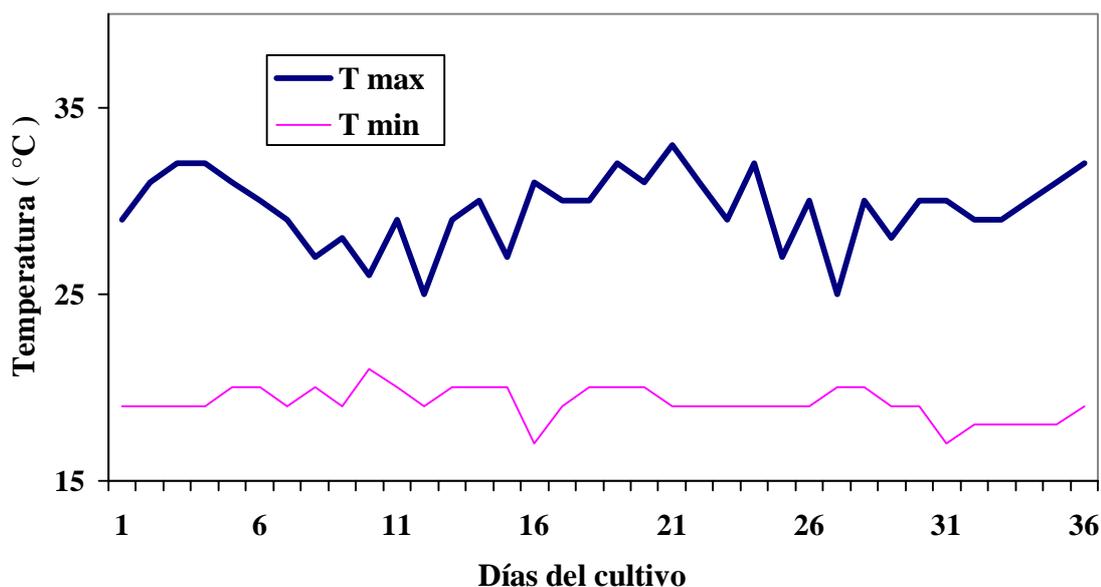


Figura 3. Temperaturas máximas (T max) y mínimas (T min) durante el ensayo. El Zamorano, Honduras, 2004.

### Consumo de agua y nutrientes

Tanto en el primer ensayo como en el segundo el consumo de la solución nutritiva varió entre 150 y 270 ml por planta al día. Este consumo tiene mucha relación con la temperatura ambiental. Cuando las temperaturas y luminosidad eran elevadas, las plantas se mostraban flácidas. Morgan (2001) manifiesta que este comportamiento se debe a la pérdida de oxígeno que ocurre a elevadas temperaturas.

Se estableció el consumo por planta de cada nutriente con base en el consumo diario de la solución nutritiva (Anexo 4) y por sumatoria se estableció el consumo de nutrientes por ciclo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Consumo de agua y nutrientes por planta y por ciclo en el sistema hidropónico. El Zamorano, Honduras, 2004.

l/planta/ciclo	mg/planta/ciclo											
Agua	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
6,2	917	174	1024	258	101	555	24	2	2.4	2.4	0.1	0.05

La solución nutritiva al final del ciclo, se analizó en el laboratorio de suelos del Zamorano (Cuadro 7), para obtener la diferencia de concentraciones de nutrientes y así establecer el consumo de la planta. Se obtuvo una diferencia de concentraciones en cada nutriente y se comparó con el que contenía inicialmente, estableciendo una relación porcentual entre la concentración medida y la aplicada. Esta diferencia fue variable y se consideró que cuando era menor del 30% el elemento fue absorbido activamente por la planta (A). Cuando la diferencia estuvo entre el 30% y 79% se consideró como un elemento de absorción intermedia (I) y cuando fue mayor del 80% se consideró que el elemento tuvo un comportamiento pasivo, por lo tanto se acumula en la solución (AC) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Concentración de nutrientes durante todo el ciclo del cultivo hidropónico. El Zamorano, Honduras, 2004.

Nutrientes	Concentración en la solución (ppm)		Consumo %	Comportamiento	Clasificación según Bugbee (1999)
	Inicial	Final			
N	181	15	11	A	A
P	64	14	52	I	A
K	367	205	129	P-AC	A
Ca	48	39	97	P-AC	P-AC
Mg	26	14	89	P-AC	I
Fe	5	1	27	A	I
Mn	0.5	0.6	165	P-AC	A
Zn	0.5	0.3	80	P-AC	I
Cu	0.02	0.1	933	P-AC	I

A = activo

P = Pasivo

AC = Acumulativo

I = intermedio

Se estableció que los nutrientes absorbidos activamente fueron el N y Fe, el P tuvo una absorción intermedia y se acumularon los restantes por absorción pasiva (K, Ca, Mg, Mn, Zn y Cu). Este comportamiento se comparó con el establecido por Bugbee (1999).

De acuerdo a esta aseveración se determinó como es el consumo de nutrientes en condiciones de Zamorano. Algunos nutrientes no se comportaron como se clasifican debido a la interacción con otros nutrientes y a otros factores que no se conocen.

### Medio de crecimiento en vivero

Estadísticamente con la variedad Verónica el medio de crecimiento Sunshine mix<sup>®</sup> fue mejor en generar hojas más largas que los otros medios, con relación al tamaño de raíz el medio de crecimiento Sunshine mix<sup>®</sup> tuvo mejores resultados comparados con los otros medios (Cuadro 8).

En la variedad Vulcán tanto el medio Sunshine mix<sup>®</sup> como el medio Zamorano obtuvieron plantas con buen desarrollo radicular, con respecto al tamaño de hoja el medio de crecimiento Sunshine mix<sup>®</sup> obtuvo mejores resultados que los otros medios (Cuadro 8).

Cuadro 8. Tamaño promedio de raíz y de hoja más larga, en diferentes medios de crecimiento al transplante de lechuga, El Zamorano. Honduras, 2004.

Parámetros	Variedad	Sunshine mix <sup>®</sup>	Medio Zamorano (5:4:1)*	Arena	Esponja**
Tamaño de raíz (cm)	Verónica	11.0a&	9.7b&	5.2c&	4.2
	Vulcán	10.2a	10.1a	5.6b	4
Tamaño de hoja más larga (cm)	Verónica	11.1a	8.8b	8.4b	3
	Vulcán	11.2a	9.4b	8.5c	4

&: Medias en la columna con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de significancia de  $P \leq 0.05$  según la prueba de "Tuckey".

\*(5, 4, 1): 5 partes de compost, 4 partes de casulla de arroz y 1 parte de arena.

\*\* Las plantas en esponja germinaron pero no crecieron por lo que no se incluyó en el análisis estadístico.

Algo que cabe resaltar es la relación entre el largo de raíces con la tolerancia a la salinidad, las plantas con el medio Sunshine mix<sup>®</sup> y el medio Zamorano mostraron tolerancia a la solución nutritiva, ocurriendo lo contrario con las plantas procedentes de otros medios que fueron afectadas drásticamente con la salinidad de la solución nutritiva.

Este comportamiento sugiere que se puede efectuar un pretransplante a una solución salina al 25% de concentración, para lograr una mejor adaptación de las plantas cuando tengan la raíz de 11 cm.

Para determinar la ventaja comparativa en el manipuleo de las plantas al transplante de estos medios se midió el tiempo para hacer el lavado y transplante de una bandeja de 96 plántulas (cuadro 9).

La esponja hace más eficiente el transplante y el medio de arena facilita el lavado de las raíces, lo contrario sucede con el medio Sunshine mix<sup>®</sup> y el medio Zamorano tiene una facilidad intermedia de lavado (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tiempo en lavar raíces y hacer el transplante de una bandeja de 96 plántulas de lechuga al sistema hidropónico NFT. El Zamorano, Honduras, 2004.

Medio de crecimiento	min Hombre/Bandeja
Sunshine mix <sup>®</sup>	30
Medio zamorano (5:4:1)	21
Arena	15
Esponja	2

(5:4:1):5 partes de compost, 4 partes de casulla y 1 parte de arena.

## SISTEMA CONVENCIONAL

Se realizó un análisis de suelo (anexo 5), los resultados dejan ver un pH ligeramente ácido, el cual permite una absorción adecuada de todos los nutrientes, el contenido de materia orgánica es baja y los macro y micronutrientes están en niveles altos, en general se puede decir que es un suelo relativamente fértil.

Además, se describieron tres mini calicatas (anexo 6). Las tres calicatas poseían similares características siguiendo el patrón de un suelo franco, con una estructura de bloques subangulares medianos a finos y con colores de 10YR 4/3, una consistencia friable, poros de todos tamaños que están conectados y una presencia de raíces de todos los tamaños

### Consumo de nutrientes en el sistema convencional

Se calculó el aporte de nutrientes del suelo a partir del análisis y se consideró que en este ensayo se aplicó 90 kg N/ciclo/ ha, debido a que los otros nutrientes fueron suministrados por el suelo (cuadro 10). Se procedió a calcular el consumo de nutrientes basado en el rendimiento por hectárea (12 t/ha), siguiendo la referencia de Bertsch (2003) (cuadro 10). Mediante este análisis se afirma que el suelo aporta de manera considerable los nutrientes y que no fue necesaria la aplicación de los mismos.

Cuadro 10. Aporte y consumo de nutrientes de la planta en el sistema convencional. El Zamorano, Honduras, 2004.

Nutrientes	kg/ha				
	N	P	K	Ca	Mg
Aporte del Suelo	90	436	1176	5580	400
Fertilización	90				
Consumido (Bertsch 2003)	30	5	48	9	4

## COMPARACIONES ENTRE LOS DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN (HIDROPONÍA VS CONVENCIONAL).

### Consumo de agua y nutrientes

Al comparar el consumo de agua y nutrientes en el sistema hidropónico y convencional se puede concluir que el sistema hidropónico es más eficiente en el consumo de agua y la toma de elementos mayores, N, P, K, Ca, Mg y Fe, ya que absorbe 69, 81, 60, 77, 70 y 51% respectivamente más de estos elementos que en el sistema convencional. Los microelementos Mn, Zn y Cu los absorbe en cantidades limitadas (Cuadro 11 y 12).

Cuadro 11. Eficiencia y consumo de agua por planta y por hectárea por ciclo en el sistema hidropónico y convencional. El Zamorano, Honduras, 2004.

Consumo	Hidropónico	Convencional	Eficiencia del sistema hidropónico (%)
l/planta/ciclo	6.2	22	72
m <sup>3</sup> /ha/ciclo	467	1630	71

Cuadro 12. Eficiencia y consumo de nutrientes por planta y por hectárea por ciclo en el sistema hidropónico y convencional. El Zamorano, Honduras, 2004.

Nutrientes	Consumo (mg) /planta/ciclo		Consumo (kg) /ha/ciclo		Eficiencia (%)	
	Sistemas		Sistemas		Sistemas	
	Hidroponía	Convencional	Hidroponía	Convencional	Hidropónico	Convencional
N	917	200	67.8	14.8	69	0
P	174	40	15.1	3.0	81	0
K	1024	400	75	30	60	0
Ca	258	70	22.6	5.2	77	0
Mg	101	30	7.5	2.2	70	0
Fe	24	10	1.5	0.7	51	0
Mn	2.4	6.4	0.18	0.47	0	62.5
Zn	2.4	3	0.18	0.22	0	20
Cu	0.1	5	0.008	0.37	0	98

### Variables agronómicas

Al comparar el número de plantas de lechuga potenciales por unidad de área se aprecia que el sistema hidropónico puede maximizar la productividad sobre área. En una hectárea de sistema hidropónico se pueden ubicar un total de 75,323 plantas y en el sistema convencional se puede colocar 74,074 plantas (cuadro 13).

La lechuga de campo mostró mortalidad del 22% en este ensayo, debido al manipuleo en el transplante. La variedad Verónica tuvo 2% de mortalidad y la variedad Vulcán 21.6%. En cambio en el sistema hidropónico no hubo mortalidad.

En referencia al peso por planta, la lechuga del sistema convencional alcanzó mayor peso que el sistema hidropónico, debido a que la lechuga hidropónica sufrió mucho estrés durante su crecimiento. El peso promedio por planta de la lechuga convencional fue de 168 g en la variedad Verónica y en la Vulcán fue de 141g. En la lechuga hidropónica, el peso promedio de las dos variedades fue de 40 g.

El porcentaje de desecho en el sistema convencional con la variedad Verónica fue de 20 % y un 15 % con la variedad Vulcán. Este desecho básicamente son hojas que no presentan las características para la venta y se tiene que retirar.

En la lechuga hidropónica la variedad Vulcán se clasificó como comercial sin tener ningún porcentaje de rechazo. La variedad Verónica mostró una coloración indeseada, por lo que todos fueron rechazados (Cuadro 13).

En lo que respecta a los días de cosecha la lechuga de campo se cosechó a los 30 días después de ser transplantada, el cultivo hidropónico pudo haberse cosechado a los 30 días, pero se esperó seis días más, con la intención que creciera, pero el cultivo no respondió, quedando con el mismo tamaño que tenía en el día 30. Los costos estimados se trabajaron a 36 días (cuadro 14).

Cuadro 13. Comparación de datos agronómicos entre el sistema hidropónico y convencional. El Zamorano, Honduras, 2004.

Variedades	Número de plantas / ha	Mortalidad %	Rendimiento t/ha	Desecho %	Peso (g)/Planta	t/ha comerciales	Días a cosecha
Vulcán	74,074	22	8	15	141	7.0	30
Verónica	74,074	2	12	20	168	9.7	30
Vulcán	75,323	0	3	0	40	3.0	36
Verónica	75,323	0	3	0	40	3.0	36

### Variables económicas

La pérdida de fertilizantes es menor en el sistema hidropónico ya que es recirculatorio y no deja que se pierdan los mismos.

Con respecto a la mano de obra la hidroponía muestra ventajas, ya que no se requiere de mucho personal. El sistema convencional en este ensayo utilizó 3,012 horas por hectárea y el sistema hidropónico utilizó 572 horas por hectárea.

El consumo de agua es menor en el sistema hidropónico y el uso de plaguicidas en el sistema hidropónico es nulo. El consumo de energía en el sistema se debe al motor eléctrico de 20 Watt por hora. En plántulas el costo es mayor en el sistema hidropónico ya que entran más plantas por hectárea (Cuadro 14 y 15).

El resumen de egresos e ingresos de ambos sistemas de producción se muestra en el cuadro 16.

Cuadro. 14. Análisis de costos por hectárea en el sistema hidropónico (US\$). El Zamorano, Honduras, 2004.

Consumo/ciclo	\$ /ha	
	Variedad Verónica	Variedad Vulcán
Agua	177	177
Energía	265	265
Mano de obra	298	298
Depreciación (NFT)	140	140
Fertilizantes	707	707
Costo aplicaciones sanitarias	0	0
Plántulas	611	774
Total /ha	2,198	2,361

Tasa de cambio: L18.50 por 1 US\$.

Cuadro 15. Análisis de costos en hectárea en el sistema convencional (US\$). El Zamorano, Honduras, 2004.

Consumo/ciclo	\$/ha	
	Variedad Verónica	Variedad Vulcán
Agua	0	0
Energía	138	138
Mano de obra	1,565	1,565
Costo de preparación de suelo	116	116
Fertilizantes	49	49
Costo de aplicaciones sanitarias	60	60
Plántulas	601	761
Total/ha	2,528	2,688

Tasa de cambio: L18.50 por 1 US\$.

Cuadro 16. Utilidad por hectárea en el sistema hidropónico y convencional (US\$). El Zamorano, Honduras, 2004.

Variables Económicas	Sistema Convencional		Sistema Hidropónico	
	Variedad Verónica	Variedad Vulcán	Variedad Verónica	Variedad Vulcán
Ingresos Brutos	6,394	4,709	0	1,971
Costos totales	2,528	2,688	2,198	2,361
Ingresos Netos	3,866	2,021	-2,198	-390

Tasa de cambio: L18.50 por 1 US\$.

## CONCLUSIONES

Se implementó el sistema hidropónico y se adaptó a las condiciones de Zamorano.

Se diseñó un sistema de fertilización de operatividad adecuada para lechuga en hidroponía, la cual tiene un 25% de nutrientes de la solución de macronutrientes de DICTA y un 25% de micronutrientes propuesta por Hoagland y Arnon. Estas soluciones sirven para el transplante de la planta a un medio líquido salino.

En el sistema hidropónico se generó un balance de agua y nutrientes con la cual la planta muestra eficiencia en consumo de agua y mayor consumo de macronutrientes y hierro, en relación con el sistema convencional en suelo.

Al comparar la producción y rentabilidad del cultivo de lechuga en los dos sistemas de producción, el sistema convencional es más rentable, esta ventaja es relativa, debido al desconocimiento sobre la producción de cultivos hidropónicos, esto conllevó que los resultados fueran mejores bajo el sistema convencional.

## **RECOMENDACIONES**

Adaptar las plántulas a una solución salina antes de realizar el trasplante al sistema NFT.

Oxigenar el sistema hidropónico, las partes del sistema que cumplen este rol son: el retorno de la solución al tanque y la pendiente.

Controlar la luminosidad y temperatura colocando sombra sobre el sistema hidropónico. El efecto de la temperatura y luminosidad es crítico debido a que las plantas manifiestan síntomas de toxicidad.

Probar las diferentes concentraciones de la solución en contenedores más pequeños, para definir la mejor.

Probar la germinación en cubos de esponja no tan largos, debido a que el agua no asciende y las raíces no pueden absorber agua y nutrientes. Se recomienda hacer más pruebas con esponjas de dimensiones diferentes a la que se probó.

Mantener el pH de la solución entre 6 a 6.5, ya que el pH cambia constantemente en un sistema NFT.

Considerar la fertilización en forma de amonio o nitrato. Bajo condiciones de luminosidad, a baja luminosidad aumentar amonio y viceversa.

Mejorar la forma de reposición de solución nutritiva, se recomienda realizar coeficientes de absorción de cada elemento y adquirir instrumentación química para poder predecir las concentraciones de nutrientes.

Usar un balance de iones y tener en cuenta la calidad de agua para la preparación de la solución.

## BIBLIOGRAFÍA

Bugbee, B, 1999. Manejo de nutrientes en sistemas de cultivo recirculante (en línea). Laboratorio de Fisiología de Cultivos. Universidad Estatal de Utah. GROMAG no. 6. Consultado 10 de julio 2004 Disponible en:

[http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin1\\_5/boletin5.htm](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin1_5/boletin5.htm)

Benton Jones, J. 1997. Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower. FL,US. CRC Press LLC. 230 p.

Bertsch, F.2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. San José, Costa Rica, 307 p.

Morgan, L. 2000. El gran debate: Amonio vs Nitrato ¿Cómo quieren las plantas que le sirvan el nitrógeno? (en línea). Practical Hydroponics & Greenhouses no. 50.

Consultado 2 jun. 2004. Disponible en

<http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin9.htm>

Morgan, L. 2001. ¿Se estan sofocando sus plantas? La importancia del oxígeno en hidroponía. El oxígeno disuelto es algunas veces el ingrediente que olvidamos en la solución nutritiva (en línea). Practical Hydroponics & Greenhouses no. 52 .

Consultado 20 jun. 2004. Disponible en

<http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin11.htm>

Raudales, B. 2003. Determinación de la causa y los factores que afectan la severidad del daño en raíz en lechuga hidropónica. Tesis. Ing. Agr. Honduras, Zamorano. 20p.

Resh, H. M. 1997. Cultivos Hidropónicos. 4 Ed. Madrid, ES. Mundi-Prensa Libros,s.a. 509 p.

Rodríguez, A, Chang, M, Hoyos, M y Falcón, F. 2001. Manual práctico de hidroponía, 3ed. Lima,PE. Mekanobooks,100 p.

Rodríguez, A,Chang, M, Hoyos, M. 2002. Soluciones nutritivas en hidroponía, Lima,PE. Mekanobooks, 99p.

Anexo 1. Balance de cationes y aniones. El Zamorano, Honduras, 2004.

MUESTRA	ANIONES (meq/l)					CATIONES (meq/l)					pH	CE (ds/m)
	NO3-	H2PO4-	SO42-	HCO3-	CL-	NH4 +	k+	ca2+	Mg2+	Na+		
APORTE DEL AGUA DE RIEGO	0,01	0	0,3	0,2	0,3	0	0,1	0,05	0,08	0,6	4,3	0,07
DISOLUCIÓN IDEAL REQ meq/l ION	12,68	1,61	10,51	0,2	0,3	1,61	7,69	10	5,42	0,6	5,5	1,4
APORTE APLICAR O BALANCE meq/l	<b>12,67</b>	<b>1,61</b>	<b>10,21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,61</b>	<b>7,59</b>	<b>9,95</b>	<b>5,34</b>	<b>0</b>		
meq/l	NO3-	H2PO4-		SO42-		SUMATORIA ANIONES		SUMATORIA CATIONES				
NH4+		1,61						1,61				
K+	2,72					4,87		7,59				
Ca2+	9,95							9,95				
Mg2+						5,34		5,34				
H+								0				
TOTAL	12,67	1,61		10,21		24,49		24,49				
BALANCE	0	0		0		24,49		24,49				
HCO3- FINALES meq/l		0,2				0						
						pH ESPERADO:						4,3

## Anexo 2. Análisis de Agua, El Zamorano, Honduras, 2004.

4 de marzo de 2004

# lab. 296

Muestra: Agua para riego

CATIONES	mg/L	meq/L
Calcio	1.00	0.05
Magnesio	0.97	0.08
Potasio	3.91	0.10
Sodio	13.80	0.60
Suma	19.68	0.83
Relación C.E. /suma de cationes: 84.33		

ANIONES	mg/L	meq/L
Cloruros	10.63	0.30
Sulfatos	14.40	0.30
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	12.20	0.20
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.62	0.01
Suma	37.86	0.81
Relación C.E. /suma de aniones: 86.42		

Interpretación de resultados

pH. ....	4.33 Muy ácido
C.E.....	0.07 mmhos/cm. No hay problema de salinización.
Sales totales (mg/L) .....	44.8
Presión osmótica (atm.) .....	0.025
SAR	2.35 Sin riesgo de alcalinización.
Grados Hidrotimétricos	
Franceses .....	0.65 Agua muy dulce.
Normas Riverside, .....	
	C1 S1
	Baja salinidad, se pueden regar todos los cultivos y suelos, salvo los de mal drenaje
Blasco, Rubia .....	
	Agua con bajo contenido de sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Fitotoxicidad por cloro .....	
	No hay problema.
Fitotoxicidad por sodio .....	
	Sin problema en riego por aspersión.
	No hay problema en riegos de superficie.

Anexo 3. Concentración de nutrientes propuesta por La Universidad Agraria la Molina, para solución hidropónica de lechuga (Rodríguez *et al* 2002).

---

Elemento	Concentración en la Solución Nutritiva (ppm)
Potasio (K)	200 - 300
Nitrógeno (N)	150 - 250
Calcio (Ca)	120 - 200
Magnesio (Mg)	20- 50
Fósforo (P)	30- 50
Azufre (S)	50 - 100
Cloro (Cl)	50- 100
Hierro (Fe)	0.50 - 2.00
Manganeso (Mn)	0.50 - 0.80
Boro (B)	0.30 - 0.60
Zinc (Zn)	0.10 - 0.30
Cobre (Cu)	0.05 - 0.15
Molibdeno (Mo)	0.01 - 0.05

---



## Anexo 5. Análisis de suelo del lote 28 en zona 3, El Zamorano, Honduras, 2004.

Solicitante: CRISTOPHER CARDENAS		
Institución: PARTICULAR		
Localización	Aldea	Municipio
de la muestra: ZAMORANO		
Departamento: FCO. MORAZAN		
Cultivo a sembrar: LECHUGA		
Recomendación:	Sí	No

Fecha de entrada: 28/05/2004

Fecha de salida: 10/06/2004

**P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: Solución extractora Mehlich 3****% M.O. : Metodo de Walkley & Black****% N total: 5% de M.O.****pH: Relación suelo : agua; 1:1****Textura: Metodo de Bouyoucus**

# Lab.	Muestra	Textura	%	%	%	pH	%	% N	ppm (extractable)							
									Arena	Limo	Arcilla	(H <sub>2</sub> O)	M.O.	total	P	K
724	Lote 28 Zona 3	Franco	38	44	18	6,64	1,9	0,09	218,2	588	2790	200	4,9	312	111	4,8

## Anexo 6. Descripción de suelo del lote 28 en zona 3, El Zamorano, Honduras, 2004

Unidad de mapeo	Calicata	Profundidad (cm)	Color	Motas %	Textura	Estructura	Consistencia	Dureza (Kg/cm <sup>2</sup> )	Porosidad	Raíces	Límite	
M	1	0-17	10YR 4/3		F	g bsa m m f	f	0,5	tc	tg p	pg	
		17-27	10YR 5/3		F	ba d todos los tamaños	f-fi	2,8	v m f p	tg p mf	pg	
		27-35	10YR 5/3	7,5YR 2,5/1	F	m		fi	4,5	vp	a	pg
		35-60x	10 YR 5/1		F	m						
M	2	0-12	7.5 YR 3/2		F	bsamf	f	-0,5	tfc	tp	pd	
		12 -25	7.5 YR 2.5/2		F	bsadm	f	1,95	mvf	p	pd	
		25-38	10 YR 5/1		F	bsadm	f	1,46	mvf	mfp	pd	
		38-47	10 YR 5/1		F	m	f-fi	4,4	vp	a	pg	
M	3	0-17	7,5YR3/2		F	bsamf	f	0,95	tc	tg p	g	
		17-32	7,5YR2,5/2		F	bsadm	f	2,2	gvf	mfp	pg	
		32-50	7,5YR4/1		F	m	fi	4,4	v	mfp	gp	

**Textura:** A = Arenoso; FA= Franco arenoso; F= Franco; FL= Franco Limoso; L= Limoso; FArA= Franco Arcillo Arenoso; FAr= Franco Arcilloso; FArL= Franco Arcillo Limoso; ArA= Arcillo Arenoso; ArL= Arcillo Limoso; Ar=Arcilloso; AF= Arenoso franco. **Estructura:** **Tipo:** g: granular; ba: bloques angulares; bsa: bloques subangulares; p: prisma; m: masivo; mi: migajosa; la: laminar; c: columnar. **Grado:** d: débil; m: moderado; f: fuerte; **Clase:** mf: muy finos; f: finos; m: medianos; g: gruesos; mg: muy gruesos.

**Consistencia:** **En húmedo:** s: suelto; mf: muy friable; f: friable; fi: firme; mfi: muy firme; **En seco:** s: suelto; b: blando; ld: ligeramente duro; d:duro; md: muy duro; ed: extremadamente duro.

**Poros:** **Tamaño:** t: todos los tamaños; g: gruesos; m: medianos; f: finos; mf: muy finos; a: ausentes. **Forma:** p: planares; v: vesiculares; t: tubulares; r: reticulares; **Frecuencia:** a: ausentes; p: pocos; f: frecuentes; m: muchos. **Continuidad:** c: conectados; nc: no conectados.

**Raíces:** **Tamaño:** tg: todos los grosores; mf: muy finas; f: finas; m: medianas; g: gruesas; mg: muy gruesas. **Cantidad:** a: ausentes; p: pocos; f: frecuentes; m: muchos.

**Límite:** **Topografía:** p: plano; o: ondulado; i: irregular; **Nitidez:** a: abrupto; g: gradual; d: difuso