



# **UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA DE AGROPECUARIA**

**EFFECTO DEL SULFATO DE HIERRO Y ÁCIDOS HÚMICOS  
EN SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LA PRODUCCIÓN DE  
LECHUGA (*Lactuca sativa* var. *Crispa* L.), BAJO HIDROPONÍA  
EN MANGLARALTO**

### **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**FRANKLIN GUTIÉRREZ ORRALA**

**LA LIBERTAD - ECUADOR**

**2014**

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGROPECUARIA**

**EFFECTO DEL SULFATO DE HIERRO Y ÁCIDOS HÚMICOS EN  
SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA  
(*Lactuca sativa* var. Crispa L.), BAJO HIDROPONÍA EN  
MANGLARALTO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Previo a la obtención del título de:  
INGENIERO AGROPECUARIO**

**FRANKLIN GUTIÉRREZ ORRALA**

**LA LIBERTAD – ECUADOR  
2014**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la fuerza, paciencia, esperanza, valor, para poder culminar una de las metas propuestas en mi vida.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por la formación impartida durante mi etapa estudiantil.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que a través del proyecto PIC 2006-2-010 “Desarrollo de tecnologías sobre nutrición en hortalizas para la producción viable en zonas irrigadas con riesgo de salinización en la Península de Santa Elena”, me brindó la oportunidad para desarrollar y afianzar competencias investigativas.

Al MSc. Eison Valdiviezo, Ing. Vicente Villón, Ing. Johana Cruz e Ing. Angel Bazán por el apoyo brindado para el desarrollo y culminación de esta tesis.

Al Ing. Ángel León, profesor tutor, por su valiosa colaboración y experiencia para la estructuración, ejecución y análisis de la presente investigación.

A los responsables de la Granja Experimental Manglaralto de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por las facilidades brindadas para la ejecución del proyecto.

*Franklin Gutiérrez Orrala*

## DEDICATORIA

*A Dios por las bendiciones brindado a mi vida, su amor me fortalece para vencer las adversidades.*

*A mi padre Rickert Gutiérrez B., por su apoyo incondicional, moral y económico; a mis hermanos: Rickert, Mercedes, Robert, Leticia, Selenita e Inés por su comprensión, solidaridad, cariño y compañía incondicional en todo momento; a todas las personas quienes de alguna u otra manera colaboraron y permitieron realizar este trabajo de investigación.*

*A mi madre Delia Orrala Laínez, con quien me hubiese gustado compartir este trabajo, pero partió obedeciendo al llamado de Dios.*

*Franklin Gutiérrez Orrala*

**TRIBUNAL DE GRADO**

---

**Ing. Antonio Mora Alcívar, MSc.**  
DECANO  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

---

**Ing. Andrés Drouet Candell**  
DIRECTOR DE ESCUELA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

---

**Ing. Ángel León Mejía, MSc.**  
PROFESOR TUTOR

---

**Blgo. Javier Soto Valenzuela**  
PROFESOR DEL ÁREA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

---

**Abg. Milton Zambrano Coronado, Mgs.**  
SECRETARIO GENERAL - PROCURADOR

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Agroecología del cultivo de lechuga.....	5
2.1.1 Condiciones climáticas.....	5
2.1.2 Luminosidad.....	6
2.1.3 pH.....	6
2.2 Hidroponía.....	6
2.2.1 Definición.....	6
2.2.2 Ventajas y desventajas.....	7
2.3 Sistema hidropónico raíz flotante.....	8
2.3.1 Reposición de agua.....	9
2.4 Solución nutritiva.....	9
2.4.1 Oxigenación de la solución nutritiva.....	10
2.4.2 Conductividad eléctrica (C.E.).....	11
2.4.3 pH de la solución nutritiva.....	11
2.4.4 Solución hidropónica La Molina.....	12
2.5 Fuentes de hierro.....	12
2.5.1 Hierro.....	12
2.5.2 Sulfato de hierro.....	14
2.5.3 Quelato de hierro.....	15
2.6 Ácidos húmicos.....	16

2.7 Resultados de investigaciones en lechuga.....	18
2.8 Metodología Cymmyt para análisis económico.....	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 Ubicación y descripción del sitio experimental.....	22
3.2 Características del agua.....	23
3.3 Materiales, herramientas y equipos.....	24
3.3.1 Materiales.....	24
3.3.2 Herramientas.....	24
3.3.2 Equipos.....	24
3.4 Material genético.....	25
3.5 Características de los factores en estudio.....	25
3.5.1 Humilig 25 plus.....	25
3.5.2 Sulfato de hierro.....	25
3.6 Diseño experimental y tratamientos.....	26
3.6.1 Diagramas del ensayo.....	27
3.7 Delineamiento experimental.....	29
3.8 Manejo del Experimento.....	29
3.8.1 Semilleros.....	29
3.8.2 Pre trasplante.....	29
3.8.3 Trasplante.....	30
3.8.4 Preparación de las soluciones concentradas.....	30
3.8.5 Preparación de la solución nutritiva.....	31
3.8.6 Oxigenación de la solución nutritiva.....	32
3.8.7 Controles fitosanitarios.....	32
3.8.8 Cosecha.....	32
3.8.9 Temperatura durante la investigación.....	32
3.9 Variables experimentales.....	33
3.9.1 Número de hojas/planta.....	33
3.9.2 Largo de raíz.....	34
3.9.3 Altura de planta.....	34

3.9.4 Ancho y largo de hoja.....	34
3.9.5 Peso seco y fresco de la raíz.....	34
3.9.6 Peso seco y fresco de la parte aérea.....	34
3.9.7 Lecturas spad (clorofila).....	34
3.9.8 Análisis foliar.....	34
3.9.9 Rendimiento.....	35
3.10 Análisis económico.....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1 Resultados.....	36
4.1.1 Resumen del análisis estadístico en el ensayo de lechuga....	36
4.1.2 Número de hojas/planta.....	36
4.1.3 Largo de raíz.....	39
4.1.4 Altura de planta.....	41
4.1.5 Largo de hoja.....	42
4.1.6 Ancho de hoja.....	44
4.1.7 Lecturas spad.....	45
4.1.8 Peso fresco follaje.....	47
4.1.9 Peso fresco de la raíz.....	49
4.1.10 Peso seco follaje.....	52
4.1.11 Peso seco de la raíz.....	54
4.1.12 Rendimiento.....	56
4.1.13 Análisis foliar.....	58
4.1.14 Análisis económico de los tratamientos.....	60
4.2 Discusión.....	64
Conclusiones y recomendaciones.....	66
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS	



## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Macro elementos expresados en mmol/l.....	10
Cuadro 2. Micro elementos expresados en umol/l .....	10
Cuadro 3. Solución concentrada A.....	12
Cuadro 4. Solución concentrada B.....	12
Cuadro 5. Características geográficas y climáticas del sitio experimental...	23
Cuadro 6. Características del agua.....	23
Cuadro 7. Sistema de tratamientos.....	26
Cuadro 8. Esquema del análisis de varianza.....	26
Cuadro 9. Solución concentrada A.....	31
Cuadro 10. Solución concentrada B.....	31
Cuadro 11. Significancia estadística de variables agronómicas.....	37
Cuadro 12. Número de hojas/planta.....	38
Cuadro 13. Largo de raíz.....	39
Cuadro 14. Comparación de medias largo de raíz.....	40
Cuadro 15. Altura de planta.....	41
Cuadro 16. Largo de hoja.....	43
Cuadro 17. Ancho de hoja.....	44
Cuadro 18. Lectura spad.....	46
Cuadro 19. Peso fresco follaje.....	47
Cuadro 20. Comparación de medias peso fresco follaje del factor A dentro de los niveles del factor B.....	48
Cuadro 21. Comparación de medias peso fresco follaje del factor B dentro de los niveles del factor A.....	49
Cuadro 22. Peso fresco de raíz.....	50
Cuadro 23. Comparación de medias peso fresco de raíz del factor A dentro de los niveles del factor B.....	51
Cuadro 24. Comparación de medias peso fresco de raíz del factor B dentro de los niveles del factor A.....	51

Cuadro 25. Peso seco follaje.....	52
Cuadro 26. Comparación de medias peso seco follaje del factor A dentro de los niveles del factor B.....	53
Cuadro 27. Comparación de medias peso seco follaje del factor B dentro de los niveles del factor A.....	54
Cuadro 28. Peso seco de raíz.....	55
Cuadro 29. Rendimiento (g/m <sup>2</sup> ).....	56
Cuadro 30. Comparación de medias, rendimiento del factor A dentro de los niveles del factor B.....	57
Cuadro 31. Comparación de medias, rendimiento del factor B dentro de los niveles del factor A.....	58
Cuadro 32. Resultados del análisis químico de tejidos.....	59
Cuadro 33. Presupuesto parcial del ensayo de lechuga en 1000 m <sup>2</sup> .....	61
Cuadro 34. Análisis de dominancia experimento de lechuga.....	62
Cuadro 35. Análisis marginal del experimento de lechuga.....	62
Cuadro 36. Relación beneficio/costo.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ubicación del ensayo en la parroquia Manglaralto.....	22
Figura 2. Diagrama de caja a utilizar.....	27
Figura 3. Plancha de termopor para pre trasplante.....	27
Figura 4. Plancha de termopor para trasplante definitivo.....	27
Figura 5. Distribución de los tratamientos.....	28
Figura 6. Temperaturas promedio obtenidas durante el ensayo.....	33
Figura 7. Número de hojas, comparación de medias, entre testigo y tratamientos.....	38
Figura 8. Largo de raíz, comparación de medias, entre testigo y tratamientos.....	40
Figura 9. Altura de planta, niveles de sulfato de hierro y quelato de hierro.....	41
Figura 10. Altura de planta, niveles de ácidos húmicos.....	42
Figura 11. Comparación de medias (largo de hoja), entre testigo y tratamientos.....	43
Figura 12. Ancho de hoja, comparación de medias, entre testigo y tratamientos.....	45
Figura 13. Lectura spad, niveles de sulfato de hierro y quelato de hierro....	46
Figura 14. Lectura spad, niveles de ácidos húmicos.....	46
Figura 15. Peso fresco follaje (g). Interacción en la aplicación de sulfato de hierro y ácidos húmicos.....	48
Figura 16. Peso fresco de raíz (g). Interacción en la aplicación de sulfato de hierro y ácidos húmicos.....	50
Figura 17. Peso seco follaje. (g) Interacción en la aplicación de sulfato de hierro y ácidos húmicos.....	53
Figura 18. Peso seco de raíz, niveles de sulfato de hierro y quelato de hierro	55
Figura 19. Peso seco de raíz, niveles de ácidos húmicos.....	55
Figura 20. Rendimiento. Interacción en la aplicación de sulfato de hierro y ácidos húmicos.....	57

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

La lechuga es una hortaliza de hoja que se consumen crudas y la más importante que se cultiva en casi todo el mundo usando diferentes sistemas; en suelo, invernaderos como en hidroponía. Su alto contenido de agua, minerales y vitaminas la hace una planta muy apreciada en la dietética moderna. Se consume fresca, típica en ensaladas. GIACONY y ESCAFF (1995). Dentro de los cultivos hidropónicos más rentables están el tomate, pimiento, fresa y lechuga; bajo este sistema la lechuga es el cuarto vegetal más importante que se cultiva. RODRIGUEZ DELFIN A. *et al.* (2004).

La producción mundial estimada de lechuga y achicoria en el año 2 012, fue 24,95 millones de toneladas, siendo China y Estados Unidos de América los mayores productores, con 14 y 3,8 millones respectivamente. FOASTAT (2014). En nuestro país, según el III Censo Nacional Agropecuario del año 2 001 realizado por el INEC, MAG y SICA la superficie sembrada de lechuga a nivel nacional fue 1 278 ha, y la superficie cosechada 1 227 ha, con una producción total de 9 196 t, es decir, una producción de 7 494,7 kg/ha.

La hidroponía en los últimos 20 años, ha incrementado significativamente el interés por el uso de esta técnica para producir cultivos hortícolas en invernaderos, es una técnica que permite cultivar una gran diversidad de plantas de importancia económica, sin utilizar suelo o tierra, produciendo hortalizas de excelente calidad asegurando el uso eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas por año. ALVARDO, CHAVEZ y WILHELMINA (2001)

En 1996 el área mundial destinada a la producción hidropónica fue 12 000 ha. (ISOSC; Sociedad Internacional de Cultivos sin Suelo) y en las últimas proyecciones hay un incremento considerable. Se estima más de 35 000 hectáreas dedicadas a la producción hidropónica en el mundo. Holanda como primer productor con 10 000 ha y en Latinoamérica, destacan México y Brasil.

Por otro lado, el hierro es uno de los elementos más difícil de controlar en solución nutritiva, para la corrección se utiliza quelato de hierro, pero tiene elevado costo. Según MORTVETD (1991), el  $\text{FeSO}_4$  es la fuente inorgánica más usada para combatir la clorosis férrica. Para que las aplicaciones sean eficaces es necesario grandes cantidades. El sulfato de hierro al disolverse en agua se descompone en iones hierro II y sulfatos, de esta forma baja el pH es decir, aumenta la concentración de protones.

Algunos estudios experimentales y teóricos sobre ácidos húmicos han sido realizado con el fin de evaluar principalmente su capacidad adsorbente de cationes metálicos como Fe, Cu y Hg. Reportes sobre ácidos húmicos han indicado un incremento en la permeabilidad de las membranas de las plantas, estimulando la absorción de nutrientes; además varios investigadores han observado un efecto positivo en el crecimiento de varios grupos de microorganismos. Con la utilización de enmienda húmica en solución nutritiva, se pretende reducir este problema ya que los ácidos húmicos actúan como quelatantes orgánicos.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Durante los últimos años en la parroquia Manglaralto, la agricultura ha descendido debido a varios factores; como el uso inadecuado de fertilizantes y agua, provocando la degradación del suelo por salinización. En el sector, la hidroponía puede ser una interesante alternativa para los agricultores ya que con esta agrotécnica, se puede llegar a producir hortalizas de excelente calidad optimizando el uso de agua y fertilizantes.

Con este trabajo no se busca la automatización ni la perfección técnica, si no la demostración de que es viable su manejo en las condiciones de Manglaralto, la posibilidad de hacerla económica, dando alternativas a pequeños y medianos productores para su instalación y operación. El sulfato ferroso es un compuesto barato, al cual se busca adicionar un agente que ayude su absorción en la solución nutritiva como la enmienda húmica, que favorece la capacidad del intercambio catiónico (CIC) y la absorción de elementos nutritivos.

Este estudio permitirá obtener información al respecto y los resultados serán puestos a disposición de los agricultores del sector, los mismos que utilizando la experiencia generada en el presente trabajo, podrán incursionar en el cultivo de lechuga con fines comerciales, contribuyendo a la diversificación de la producción y al mejoramiento de sus ingresos y calidad de vida.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga en respuesta a la aplicación de sulfato de hierro con varias dosis de ácidos húmicos en solución nutritiva bajo el sistema de hidroponía.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Evaluar el comportamiento agronómico de los diferentes tratamientos en estudio.
2. Determinar el contenido de hierro en el tejido de los diferentes tratamientos.
3. Determinar el nivel de clorofila en cada tratamiento.
4. Realizar análisis económico de cada uno de los tratamientos.

## **1.4 HIPÓTESIS**

- La aplicación de dosis alta de sulfato de hierro reduce la deficiencia de este elemento en el cultivo de lechuga.
- El suministro de ácidos húmicos estimula la absorción de hierro.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 AGROECOLOGÍA DEL CULTIVO DE LECHUGA**

#### **2.1.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS**

Según FOOD & AGRICULTURE ORG. (2002), la lechuga tiene un ciclo corto y es poco exigente en temperatura, pero esto resulta interesante para cultivo protegido. La germinación dura 3 días a una temperatura entre 15 y 20 °C y 15 días cuando la temperatura es de 5 °C. Si se sobrepasa los 25 °C, la germinación ya no es tan efectiva dándose la circunstancia de que a 30 °C solo alcanza el 12 %. Cuando el clima es caluroso y soleado debe sombrearse el semillero. La lechuga puede tolerar las heladas ligeras pero no resiste bien temperaturas superiores a los 30 °C.

MAROTO J., GÓMEZ A., y BAIXAULI C. (1999) aseguran, que aunque existe un gran número de variedades cultivadas que se adaptan a una amplia gama de climas, en términos generales puede decirse que las lechugas prefieren climas templados y húmedos. La temperatura óptima de crecimiento oscila entre los 15 y 20 °C. El excesivo calor puede producir la subida a flor prematura y un marcado sabor amargo en las hojas.

LARRY y GUENCO (s.f.), citado por VALADES L. (1988), afirman que las semillas de la lechuga comienzan a germinar a temperaturas de 2 a 3 °C, siendo la óptima de 20 a 25 °C en el suelo; en donde las plántulas empiezan a emerger a los 4 - 5 días. El rango de temperatura para su desarrollo es de 13 a 25 °C, siendo óptima entre 16 y 22 °C. Cuando las plantas son muy jóvenes y empiezan a emitir el vástago floral, producen un líquido lechoso amargo en las hojas, llamado látex, lo que disminuye su calidad.



### **2.1.2 LUMINOSIDAD**

De acuerdo a VALADES L. (1988), la lechuga es una planta anual que bajo condiciones de foto período largo (más de 12 horas luz) acompañado de altas temperaturas (más de 26 °C) emite su tallo floral, siendo más sensibles las lechugas de tipo oreja que las de cabeza.

GUENCO (s.f.), citado por VALADES L. (1988), menciona que éstas plantas exigen mucha luz; se ha comprobado que la escasez de esta provoca que las hojas sean delgadas, recomendándose considerar este factor para una densidad de población adecuada y para evitar el sombreado entre sí.

### **2.1.3 pH**

RAYMOND G. A. (2009) recomienda cultivar lechuga con un pH de al menos 6,0; debido a que este cultivo es susceptible a la deficiencia de calcio, es preferible ajustar el pH a 6,5 mediante la adición de cal durante la preparación del suelo.

LAITENBERGER K. (2013) añade que el suelo debe ser razonablemente fértil. Un pH de 6,5 hasta 7,5 es ideal. Se debe utilizar compost bien descompuesto.

## **2.2 HIDROPONÍA**

### **2.2.1 DEFINICIÓN**

SAMPEIRO G. (1997) indica que el término “hidroponía” procede de las palabras griegas *hydros* (aguas) y *phonos* (cultivos, labor). Es un método de cultivos de plantas en un medio que no es el tradicional (en tierra), sino artificial, y que se basa en aplicar en la práctica racional la teoría de que los minerales son la principal alimentación de los vegetales.

RESH HM. (1997) explica que los cultivos hidropónicos o hidroponía pueden ser definidos como la ciencia del crecimiento de las plantas sin utilizar el suelo, aunque usando un medio inerte, tal como la grava, arena, turba, vermiculita, piedra pómez o aserrín, a las cuales se añade una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales necesitado por las plantas para su normal crecimiento y desarrollo, puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo, se los denomina a menudo “cultivos sin suelo”, mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero hidropónico.

De acuerdo a MORENO M. *et al.* (1995), la hidroponía es un sistema no convencional de cultivos de plantas, básicamente sin suelo; este es reemplazado por el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella.

### **2.2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

MORENO M. *et al.* (1995), RESH HM. (1997) y SAMPEIRO G. (1997) señalan algunas ventajas y desventajas de la hidroponía.

#### **Ventajas:**

- Reducción del consumo de agua.
- Se utiliza pequeñas cantidades de fertilizantes.
- No existe control de malas hierbas y no hay laboreo.
- Es posible una mayor densidad de plantación: lo cual dará como resultado una mayor cosecha por unidad por superficie.
- No presentan los riesgos de erosión que provocan otros tipos de cultivos en tierra.
- El rendimiento es superior.

#### **Desventajas:**

- Los aspectos nutritivos de los cultivos deben conducirse por manos expertas y calificadas.

- Elevados costos de capital inicial.
- Algunas enfermedades, como *Fusarium* y *Verticillium*, los cuales pueden extenderse rápidamente a través de este sistema.

### **2.3 SISTEMA HIDROPÓNICO RAÍZ FLOTANTE**

Según MARULANDA C. (2003, en línea), el sistema de raíz flotante es el que se hace en un medio líquido que contiene agua y sales nutritivas en baja concentración (7 cm<sup>3</sup> de solución nutritiva por cada 1 000 cm<sup>3</sup> de agua) de las mismas que las plantas absorben en cultivos en sustratos sólidos. Este sistema es muy conveniente para el cultivo de albahaca, apio, berro, escarola y varios tipos de lechuga, con excelentes resultados en ahorro de tiempo y rendimientos por cada metro cuadrado cultivado. Las plantas están sostenidas sobre una lámina de icopor con la ayuda de un cubito de esponja; el conjunto de lámina y plantas flota sobre la superficie del líquido. Las láminas de icopor sobre las que se transplantan los almácigos (plántulas) deben tener 3/4 pulgadas de grueso y preferiblemente se deben comprar láminas con buena resistencia (duras), más de 15 libras de presión. Este sistema se recomienda para climas frescos porque en los climas muy calientes, el oxígeno (indispensable para que las raíces respiren y tomen los nutrientes) se evapora con mayor rapidez.

Acorde con MORENO M. *et al.* (1995), en el sistema raíz flotante las raíces están sumergidas en la solución nutritiva, mientras que la parte aérea está sostenida sobre un medio inerte que flota (tecnopor y esponja). Este sistema está limitado a algunos tipos de plantas, que tienen la capacidad de captar eficientemente el oxígeno disuelto en la solución, entre las que están, el apio, la albahaca, el berro y la lechuga. La alta humedad limita el cultivo de otras plantas que no tienen esta capacidad, pues las raíces se llegan a pudrir.

### **2.3.1 REPOSICIÓN DE AGUA**

MARULANDA CH. (2003, en línea) preconiza que cada 2 - 3 días hay que completar el volumen de agua que se puso en el contenedor el primer día (un centímetro abajo del borde del contenedor), porque si no se hace esta reposición, habrá una mayor concentración de sales y además, la cantidad que queda se calentará más rápidamente, ocasionándose así disminución del desarrollo o la muerte de las raíces. El método es muy exigente en la reposición del oxígeno, lo cual se hace agitando vigorosamente una mano sobre la superficie de la solución hasta formar burbujas. Esta labor debe realizarse por lo menos tres veces al día durante 15 segundos, como mínimo cada vez. Si no se oxigena, las raíces se ahogan, toman un color oscuro dejan de absorber agua y nutrientes y finalmente mueren antes de que el cultivo haya llegado al punto de cosecha.

### **2.4 SOLUCIÓN NUTRITIVA**

De acuerdo a SCHAWARZ M. (1975) y RESH (1991), citados por RAMIREZ C. (2005), la composición de la solución nutritiva es un aspecto muy importante para lograr el éxito en el cultivo. Cuando se escoge el producto que va a suministrar el nutrimento es importante considerar el efecto del ion acompañante, además la concentración óptima de los elementos depende de varios factores como son la especie y la variedad vegetal, el estado de desarrollo de la planta, la parte de la planta que será cosechada, la estación del año, el clima y la calidad de agua.

RESH H. (1997) indica que en los cultivos hidropónicos todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, para preparar la solución de nutrientes.

Conforme a MOYANO G. (1994), citado por RAMIREZ C. (2005), una adecuada preparación y manejo de la solución nutritiva, dependerá en buena medida el éxito o fracaso de quién la practique. Tanto el déficit como exceso pueden causar

trastornos en el desarrollo del vegetal, aunque es más frecuente observar la deficiencia de algunos de ellos.

BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA (2001) determina que la técnica de cultivo hidropónico se basa íntegramente en el control de la composición nutritiva. Esta es la base de la nutrición de la planta y tiene que cubrir en cada momento sus necesidades. Por eso solo se añadirán al agua los nutrientes minerales necesarios para su óptimo desarrollo. La solución nutritiva debe tener además el pH adecuado y permitir una buena aireación de las raíces.

MAROTO J., GÓMEZ A., y BAIXAULI C. (1999) utilizaron en Holanda, bajo cultivo en invernadero, soluciones nutritivas en el cultivo de lechuga con la siguiente composición (Cuadro 1 y 2):

**Cuadro 1. Macro elementos expresado en mmol/l.**

C.E. mmho/cm A 25 °C	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
2,6	19	2	1,125	1,25	11	4,5	1

**Cuadro 2. Micro elementos expresado en µmol/l.**

Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
40	5	4	30	0,75	0,5

#### **2.4.1 OXIGENACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA**

URRESTARAZU M. *et al* (2000) afirman que el éxito de este sistema de cultivo sin suelo se basa en la aireación y oscuridad de las raíces, como también el soporte de las plantas. La aireación de la solución permite mantener una concentración de oxígeno alta en la disolución. Si el agua es saturada con

oxígeno, 1 litro contiene alrededor de 10 mg de O<sub>2</sub> a 15 °C y 9 mg de O<sub>2</sub> a 20 °C, además se debe considerar que la velocidad de difusión del oxígeno en el agua es muy pequeña, lo que permite concluir que es necesario reciclar disolución nutritiva en cultivos en agua, e incluso se requeriría insuflar aire. La oscuridad de la zona radical es requerida para evitar la proliferación de algas y así evitar la reducción de la concentración de oxígeno.

#### **2.4.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C. E.)**

Según RODRIGUEZ A. *et al.* (2004), la conductividad eléctrica (C. E.) indica el contenido de sales en la solución nutritiva. El rango requerido para un adecuado crecimiento del cultivo se encuentra entre 1,5 y 2,5 mS/cm. Se recomienda realizar esta evaluación por lo menos una vez por semana y en las etapas de post almácigo y trasplante definitivo. Si la solución nutritiva supera el límite del rango óptimo de C.E. se debe agregar agua o en caso contrario renovarla totalmente.

SAMPEIRO G. (1999) expresa que para la correcta elaboración de la solución nutritiva debe ajustarse la lectura del conductímetro, de 1,5 a 2,5 (máximo 3,5) miliMhos/cm; si se excede esta concentración, las plantas pueden sufrir graves daños. La medición de la conductividad se efectuará en el momento de la elaboración de la solución nutritiva y cada vez que sean añadidas sales a la solución, ya que al adicionarlas se incrementa la conductividad eléctrica.

#### **2.4.3 pH DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA**

RODRIGUEZ A. *et al.* (2004) indican que la disponibilidad de nutrientes varía de acuerdo al pH de la solución nutritiva, por eso es recomendable mantenerla dentro de un rango que va de 5,5 a 6,5 en los cuales los nutrientes están disponibles para la planta.

## 2.4.4 SOLUCIÓN HIDROPÓNICA LA MOLINA

RODRIGUEZ A.; HOYOS M. y CHANG M. (2001) sostienen que en hidroponía es común la aplicación de soluciones concentradas, denominadas A y B; la solución concentrada A contiene nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; la solución concentrada B aporta magnesio, azufre, hierro, cloro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno. La fórmula de la solución la Molina se prepara con los siguientes fertilizantes, cuadro 3 y 4.

### Cuadro 3. Solución concentrada A para preparar 5 litros

Nitrato de potasio 13,5 % N, 45 % K <sub>2</sub> O	550,0 g
Nitrato de amonio 33 % N	350,0 g
Superfosfato triple 45 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 20 % CaO	180,0 g

### Cuadro 4. Solución concentrada B para preparar 2 litros

Sulfato de magnesio 16 % MgO, 13 % S	220,0 g
Fetrilom combi*	12,0 g
Quelato de hierro 6 % Fe	8,5 g
Ácido bórico	1,2 g

\*El fetrilom combi es un fertilizante quelatizado, contiene un 9 % de MgO, 3 % de S, 4 % de Fe, 4 % de Mn, 1,5 % de Cu, 1,5 % de Zn, 0,5 de B y 0,1 % de Mo.

## 2.5 FUENTES DE HIERRO

### 2.5.1 HIERRO

De acuerdo a JACOB A. y VON UEXKÜLL (1973), el hierro como constituyente esencial de varias enzimas (fermentos de respiración, citocromo-oxidasa, catalasas, dipeptidasas, etc.) desempeña un importante papel catalizador en la

planta, resultando ser por ello el elemento clave de diversas reacciones reductivo-oxidativas, tales como la respiración, la fotosíntesis y la reducción de nitratos y sulfatos.

NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE (1974) expresa que el hierro está ligado a la producción de la clorofila verde. A menudo, no es aprovechable en las formas que presenta en las tierras tratadas con exceso de cal, las alcalinas o las altamente calcáreas.

HUTERWAL G. (2000) expone que como factor de crecimiento, el hierro es insustituible. Sin hierro las plantas no crecen. Se distribuye uniformemente en raíces, tallos, flores y frutos, con la particularidad de que no todo él se encuentra al estado soluble. Sin hierro tampoco hay clorofila, pero lo curioso es que ésta no lo contiene, como en el caso del azufre. Las plantas que disponen de suficiente hierro y son privadas de él, repentinamente, muestran clorosis sólo en las hojas nuevas y presentan un marcado contraste entre el follaje nuevo y antiguo, lo que indicaría que el hierro se encuentra fijo sin poder movilizarse de un sitio a otro en el interior de la planta.

Acorde a HERNÁNDEZ R. (2001), el hierro constituye el 5 % de la corteza terrestre, cuarto en abundancia detrás del oxígeno y sílice. El hierro en el suelo existe en forma divalente y trivalente. El hierro en la forma ferrosa entra en el complejo de intercambio iónico de los suelos. La forma férrica es fuertemente adsorbida por los coloides del suelo, con los que forma complejos con los ácidos húmicos y coloides orgánicos; sin embargo, puede ser transportado por el agua. El contenido de hierro férrico aumenta al subir la acidez, alcanzando grandes concentraciones solamente en suelos muy ácidos, con pH menores de 3 y en suelos ricos en ácidos húmicos y coloides capaces de formar complejos solubles con hierro.



## 2.5.2 SULFATO DE HIERRO

De acuerdo a MORTVEDT et al. (1992), consultado por CERDÁN M. (2003), la fuente inorgánica de hierro de mayor uso en la agricultura es el  $\text{FeSO}_4$ ; su empleo en suelos y sustratos calizos no aporta unos resultados demasiados satisfactorios, ya que estas sales son transformadas de manera rápida en formas no asimilables por la planta y por tanto, anulando su acción fertilizante.

FOROSWEBGRATIS (s.f., en línea) aduce que el sulfato de hierro (II) heptahidratado, cuando se disuelve en agua, se separa en iones sulfatos, y hierro (II). Este anión de hierro es fácilmente oxidable, y muy pronto se convierte en hierro (III) (inclusive cuando está almacenado) y tiende a formar hidróxido de hierro (III), y para ello, toma oxidrilos del medio (agua, sustrato, lo que fuera), y así baja el pH, es decir, aumenta la concentración de protones. Por este motivo las plantas necesitan un sustrato ácido para absorber el hierro, ya que en medio ácido, el hierro no está como hidróxido, sino justamente, como ion. A menor pH, más hierro hay disponible.

TARZONA (s.f., en línea) describe que el sulfato de hierro es un producto químico en polvo cristalino de color verde azulado mate, especialmente desarrollado para su utilización como abono y en el tratamiento del agua potable, inodoro, soluble en agua a 20 °C, 320 g/litro.

CRANE J. et al (2007 en línea) estudiaron el efecto de ácidos y sulfato ferroso aplicados foliarmente en la nutrición de hierro en aguacates y demostraron que el contenido de hierro ferroso fue más alto en los tratamientos con ácidos-hierro que en aquellos con quelato de hierro; así mismo el análisis económico indicó que los tratamientos foliares con ácidos-hierro fueron entre 75 % y 88 % menos costosos que las aplicaciones de quelato de hierro al suelo.

### 2.5.3 QUELATO DE HIERRO

ABADÍA J., ABADÍA A. y ÁLVAREZ A. (s.f., en línea) publican que los quelatos tienen una gran solubilidad en agua lo que los hace muy útiles para suministrar hierro a las plantas que se desarrollan sin suelo o sobre sustratos inertes, además los quelatos férricos sintéticos han demostrado ser muy eficaces corrigiendo la clorosis férrica en condiciones de suelos muy diferentes, desde suelos arenosos a suelos calizos, se basa en que su aplicación produce un aumento del hierro disponible para la absorción de las raíces, es decir, de la concentración de hierro en la solución del suelo.

FOROSWEBGRATIS (s.f., en línea) sostiene que un quelato es un tipo de unión entre átomos en una molécula, tipo de enlace en la que dos átomos o más están unidos. El hierro en el quelato está disponible para las plantas porque en realidad, está como hierro III, pero no está suelto por ahí, sino que está semi agarrado a otra molécula, y la planta puede sacárselo para ella misma. Un quelato de hierro, tiene unida en alguna zona un átomo de hierro.

La diferencia con el sulfato de hierro, es que el quelato no se separa en "Quelato" y "Hierro", mientras que el sulfato si: en agua se disocia en "Sulfato" y "Hierro". Entonces es por eso que el sulfato baja el pH y el quelato no.

SÁNCHEZ (2002), consultado por CERDÁN M. (2003) encontró que la adición conjunta de quelatos FeEDDHA y sustancias húmicas comerciales al suelo de cultivo, incrementa la capacidad de toma del hierro en plantas de tomate, vid y cítricos.

Así mismo ADANI *et al.* (1998), consultado por CERDÁN M. (2003), demostraron que la adición de sustancias húmicas comerciales a plantas de tomate cultivada en hidroponía, produce aumento en el crecimiento de las raíces y tallos.

CALDERÓN (s.f., en línea) asegura que la quelatación es la habilidad de un compuesto químico para formar una estructura en anillo con un ion metálico resultando en un compuesto con propiedades químicas diferentes a las del metal original. (El quelante impide que el metal siga sus reacciones químicas normales). El nombre quelato (En inglés "Chelate") se deriva de la palabra griega "Chela", que significa Pinza.

## **2.6 ÁCIDOS HÚMICOS**

VARANINI Z. y PINTON R. 2000, citado por BARTON L. y ABADIA J. (2006), sostienen que los efectos de las sustancias húmicas sobre la nutrición férrica de los vegetales son atribuidos a los siguientes procesos: a) las sustancias húmicas de bajo peso molecular, pueden formar complejos con el hierro de los constituyentes del suelo, aumentando la solubilidad, el complejo férrico se mueve a través del apoplasto hasta la membrana plasmática y se comporta como un sustrato para la reductasa de complejos o quelatos de Fe (III); b) la sustancia húmica puede estimular directamente la bomba de protones ( $H^+$ -ATPasa) de la membrana plasmática, lo que modifica el pH del citoplasma y apoplastos con cambios en el transporte de iones y las enzimas dependientes del pH (p. e. Fe III-reductasa) y posiblemente el metabolismo celular.

COMPAGNONI L. y PUTZOLU G. (1990) mencionan que los ácidos húmicos constituyen el aspecto estructural y fisiológico más significativo del humus, que se subdivide en: ácidos humínicos y ácidos fúlvicos. Se atribuye una acción fitoestimulante a los ácidos húmicos, que actúan, al igual que las fitohormonas, favoreciendo el desarrollo del sistema radicular y el crecimiento de los tallos.

JUÁREZ M. SÁNCHEZ A. y CERDÁN M. (2007) sostienen que la inclusión de sustancias húmicas en disolución nutritivas normales y deficientes en hierro, mejoran los mecanismos de este elemento, aumento de la permeabilidad de la membrana, incremento de la actividad reductasa de quelatos férricos en la

membrana plasmática radicular, e incrementa el contenido de aniones orgánicos en la raíz.

HUMIN TECH (s.f., en línea) argumenta que los ácidos húmicos forman el centro biológico del humus. Un suelo fértil contiene como máximo un 3 % de ácidos húmicos y la turba aproximadamente 3 - 10 %. Los ácidos húmicos optimizan el suelo para el desarrollo de las raíces como por ejemplo la absorción de elementos nutritivos, la aireación de los suelos, la capacidad de retener el agua, la capacidad del intercambio catiónico (CIC) y la formación de complejos de arcilla-humus. Los ácidos húmicos airean los suelos pesados y mejoran su estructura. De esta manera el agua, los elementos nutritivos y las raíces pueden penetrar más fácilmente en el suelo. En los suelos arenosos con muy poco humus, los ácidos húmicos envuelven las partículas de arena, incrementan la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la capacidad de retención de humedad y de los elementos nutritivos. Por lo tanto los ácidos húmicos evitan la lixiviación hacia las aguas subterráneas de los elementos nutritivos, sobre todo del nitrato. Estos elementos nutritivos son retenidos en el suelo con el agua así que quedan disponibles para las plantas.

ELIZARRARAS S. *et al* (2009, en línea), manifiestan que los ácidos húmicos, son sustancias coloidales derivados del mineral leonardita (forma oxidada del lignito); sus dos componentes principales son el ácido húmico y el ácido fúlvico, y su connotación universal “Humus”, concepto con el que se describe la mayor fertilidad y mejor condición.

AGANGA y TSHWENYANE (2003), citado por ELIZARRARAS S. *et al* (2009, en línea), expresan que los ácidos húmicos activan los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, con lo que se incrementa el contenido de clorofila, absorción de nutrientes, crecimiento de organismos del suelo, desarrollo de raíces, calidad y rendimientos de muchas plantas.

SELLAMUTHU K. y GOVINDASWAMY M. (2005, en línea) demostraron que el contenido de clorofila se incrementa cuando se aplica ácidos húmicos y sulfato de hierro, la mayor concentración de clorofila es para la aplicación 30 kg HA/ha 25 kg FeSO<sub>4</sub> /ha; para corregir deficiencias de hierro en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.), en suelo calcáreo rojo.

## **2.7 RESULTADOS DE INVESTIGACIONES EN LECHUGA**

RIVERA V. (2010) consiguió como resultados un rendimiento en g/planta de 74,79 para la variedad grega y 60,37 para la variedad mimosa; utilizando aplicaciones de quelato de hierro en solución nutritiva las cuales fueron mejores que las de sulfato de hierro notándose esto en la altura de planta; la aplicación del sulfato de hierro en solución nutritiva fue mejor que en aplicaciones foliares, pudiéndose comprobar esto en el ancho de hoja de los híbridos de lechuga. La asimilación de hierro específicamente viendo la variable peso seco y fresco de raíz dio anotar un comportamiento variado en uno y otro híbrido y tratamiento.

CÁRDENAS C. (2004) obtuvo un mayor peso por planta, en el sistema convencional con respecto al 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 141 g y en la lechuga hidropónica, el peso promedio de las dos variedades fue de 40 g.

BARRIOS N. (2004) evaluó sustrato líquido y sólido (50 % de arena blanca y 50 % de cascarilla de arroz). Según los resultados obtenidos, se recomienda cultivar lechuga en sustrato sólido pues se obtienen 2,88 kilogramos de lechuga por 0,36 m<sup>2</sup>; en éste sustrato la mayor rentabilidad (172,50 %) se obtuvo con la variedad Grand Rapids la variedad de lechuga que ofreció el máximo rendimiento por unidad fue la Salinas con 3,25 kg/0,36 m<sup>2</sup>, el segundo lugar lo ocupó la variedad Bounty con 2,75 kg/0,36 m<sup>2</sup> y en último lugar se encuentra la variedad

Grand Rapids con 2,2 kg/0,36 m<sup>2</sup>. El peso unitario promedio (peso de cada lechuga) fue de 270,83 g (3 250 g/12 lechugas) para la variedad Salinas; 229,16 g (2 750 g/12 lechugas) para la variedad Bounty y 183.33 g (2 200 g/12 lechugas) para la variedad Grand Rapids.

MONTESDEOCA N. (2009) obtuvo con el ecotipo red salad bowl, un peso promedio de 241,78 g, con relación a los otros dos ecotipos que se sometieron a estudio a campo abierto en la provincia de Pichincha

## **2.8 METODOLOGÍA CIMMYT PARA ANÁLISIS ECONÓMICO**

EL CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO CIMMYT (1988), expone que a partir de datos agronómicos, el análisis económico de los resultados obtenidos en los ensayos en fincas, los científicos agrícolas podrán formular recomendaciones para los agricultores. Este método para análisis económico de experimentos investigativos permite:

- Identificar los sitios que pertenecen al dominio de la recomendación para el experimento en cuestión.
- Calcular los rendimientos medios de todos los sitios para cada tratamiento.
- Si se cree que existe diferencia entre los resultados experimentales y los rendimientos que el agricultor lograría con el mismo tratamiento, el promedio de los rendimientos se debe ajustar hacia abajo.
- Calcular el precio de campo del cultivo y multiplicarlo por los rendimientos ajustados para obtener los beneficios brutos de campo de cada tratamiento.
- Por último, restar el total de los costos que varían de los beneficios brutos de campo para obtener los beneficios netos. Con este cálculo se completa el presupuesto parcial.

El análisis de dominancia, es un examen inicial de los costos y beneficios de cada tratamiento, puede servir para excluir algunos de los tratamientos y como

consecuencia simplificar el análisis. Por lo tanto, un análisis de dominancia se efectúa, primero, ordenando los tratamientos de menor a mayor según los totales de los costos que varían. Entonces un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.

La tasa de retorno marginal, es el beneficio neto marginal (el aumento en beneficios netos) dividido para el costo marginal (aumento en los costos que varían) expresada en un porcentaje.

Si la tecnología es nueva para el agricultor y además requiere que éste adquiera nuevas habilidades, una tasa de retorno mínima del 100 % constituye una estimación razonable.

\* \* \* \* \*

En resumen, la literatura consultada indica que la lechuga es una planta anual, prefiere climas templados y húmedos, las semillas germinan a los 4 - 5 días, la temperatura óptima para su desarrollo de 16 a 22 °C; el excesivo calor puede producir la subida prematura del vástago floral, produciendo un líquido lechoso amargo en las hojas, disminuyendo su calidad; siendo más sensibles las lechugas de oreja que las de cabeza. El pH ideal para este cultivo es de 6,5 - 7,5.

La hidroponía consiste en un sistema no convencional de cultivos de plantas, sin utilizar suelo; este es reemplazado por un medio inerte, tal como grava, arena turba, piedra pómez, entre otros; a los cuales se aplica una solución nutritiva que contiene todos los elementos necesitados por las plantas para su normal desarrollo, optimizando el consumo de agua y nutrientes.

En hidroponía es común la aplicación de soluciones concentradas denominadas A y B; la solución concentrada A contiene nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; la

solución concentrada B contiene magnesio, azufre, hierro, cloro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.

Los ácidos húmicos son sustancias coloidales derivados del mineral leonardita (forma oxidada del lignito); sus dos componentes principales son los ácidos húmico y fúlvico; activan los procesos bioquímicos como la respiración y absorción de nutrientes. La adición de sustancias húmicas a plantas de tomate cultivada en hidroponía produce aumento en el crecimiento de raíces y tallos.

Las sustancias húmicas de bajo peso molecular, pueden formar complejos con el hierro, aumentando la solubilidad, el complejo férrico se mueve a través del apoplasto hasta la membrana plasmática y se comporta como un sustrato para la reductasa de complejos o quelatos de Fe (III); la sustancia húmica puede estimular directamente la bomba de protones ( $H^+$  - ATPasa)

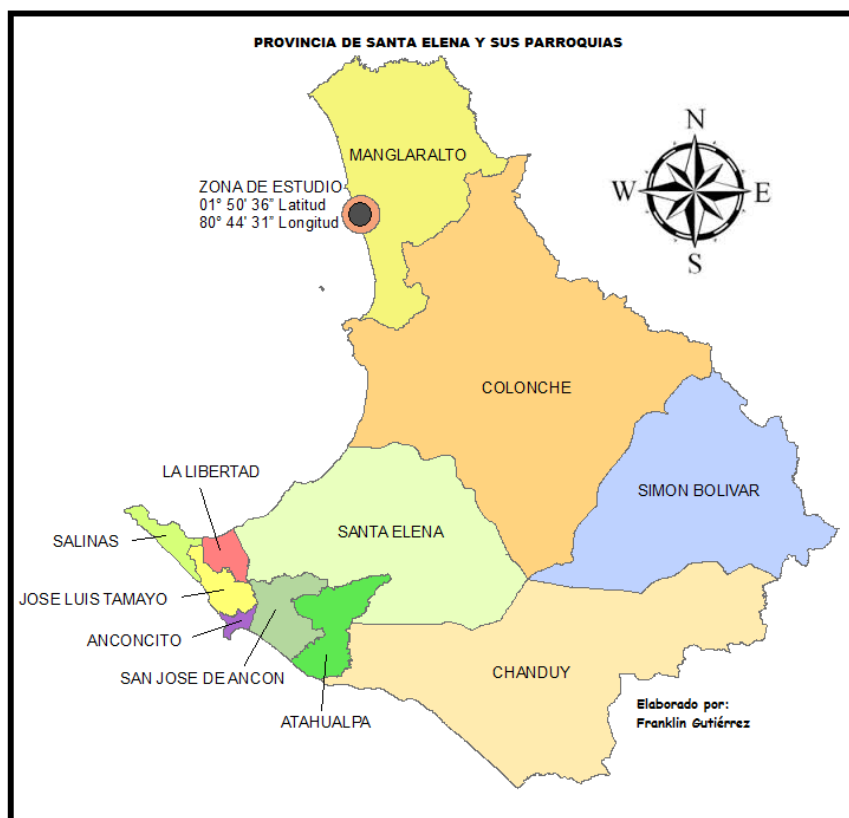
Según investigaciones realizadas en el cultivo de lechuga en hidroponía, las producciones varían en sus rendimientos, de acuerdo al sistema de producción, incluyendo el sistema convencional.



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El ensayo se realizó en la Granja Experimental Manglaralto (Figura 1), de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicado en la parroquia Manglaralto, a 55 km al norte del cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, que comprende la vía del Pacífico E - 15, en la Ruta del Spondylus. Las coordenadas geográficas y las características climatológicas se las describe en el cuadro 5.



**Figura 1. Ubicación del ensayo en la parroquia Manglaralto, Granja Experimental Manglaralto, de la UPSE.**

**Cuadro 5. Características geográficas y climáticas del sitio experimental**

Parámetros	Valores
Latitud S	01° 50' 36"
Longitud O	80° 44' 31"
Altitud	12 msnm
Precipitación	300 - 400 mm / año
Temperatura media/anual	18 - 24 °C
Topografía	plana con una pendiente menor al 1 %

Fuente: Fundación Natura - Manglaralto 2008

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

Los resultados del análisis de agua (Cuadro 6), realizado en el Laboratorio de la Estación Experimental Litoral Sur del INIAP, muestra la clasificación tipo C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>, según las normas Riverside; agua de salinidad alta, bajo contenido de sodio, que puede utilizarse para riego con precaución.

**Cuadro 6. Características físicas y químicas del agua, utilizada en el experimento de lechuga, en Manglaralto.**

Examen físico			
C.E. a 25 °C (uS/cm)		1 224	
pH		8,23	
Examen químico			
Aniones (meq/l)		Cationes (meq/l)	
Ca <sup>++</sup>	5,84	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0,2
Na <sup>+</sup>	5,38	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	0,2
Mg <sup>+</sup>	1,62	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	8,1
K <sup>+</sup>	0,20	Cl <sup>-</sup>	4,0
Relaciones			
R.A.S		2,8	
P.S.I		2,9	
% Na		41,9	

### **3.3 MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS**

#### **3.3.1 MATERIALES**

Tablas	Cañas
Bandeja germinadora	Plástico negro
Botellas de vidrio oscuro	Clavos
Termoport	Soluciones concentradas A y B
Vasos plásticos	Esponja
Probeta	Tachuelas
Baldes	

#### **3.3.2 HERRAMIENTAS**

Flexómetro	Martillo
SERRUCHO	Cuaderno de campo
Martillo	Lupa
Lápiz	Tijera
Estilete	Rastrillo
Calculadora	

#### **3.3.3 EQUIPOS**

Luxómetros
Computadora
Cámara fotográfica
Clorofilómetro
Balanza electrónica digital
Conductímetro
Estufa

### **3.4 MATERIAL GENÉTICO**

Se estudió el genotipo de lechuga Mimosa, cuyas principales características son:

Semillas de color negro.

No forma cabeza.

Hojas de color verde claro.

Inicio de cosecha 60 - 70 días

### **3.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS FACTORES EN ESTUDIO**

#### **3.5.1 HUMILIG 25 PLUS**

Enmienda húmica líquida procedente de lignitos altamente humificados (leonarditas), por su alta concentración de extracto húmico, favorece el desbloqueo de los macro y micro nutrientes, compatible con la mayoría de los productos fitosanitario y nutricionales a excepción de los que tengan pH ácidos.

Composición:

Extracto húmico total.....25 % p/p (45 % p/v)

Ácidos húmico.....10 % p/p (12 % p/v)

Ácidos fúlvicos.....15 % (18 % p/v)

Óxidos de potasio (K<sub>2</sub>O).....5 % p/p (6 % p/v)

Dosis. 3 a 5 l/ha

#### **3.5.2 SULFATO DE HIERRO**

El sulfato de hierro o ferroso ("caparrosa" o "vitriolo verde"), es un fertilizante compuesto, soluble en agua que cristaliza con 7 moléculas de agua, fórmula: FeSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O, aporta 20 % de Fe y 12,5 % de S. El sulfato de hierro es un producto que se utiliza para bajar el pH de suelos muy alcalinos y liberar así el hierro.

### 3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Se utilizó el diseño completamente al azar en arreglo factorial  $2 \times 4 + 1$ ; siendo el factor A: 2 dosis de sulfato de hierro y el factor B: 4 dosis de ácidos húmicos; más un testigo (quelato de hierro), es decir nueve tratamientos y cuatro repeticiones; cada unidad experimental estuvo conformada por una caja. El sistema de tratamientos está señalado en el cuadro 7 y el esquema del análisis de la varianza en el cuadro 8.

**Cuadro 7. Sistema de tratamientos**

Tratamientos	Dosis sulfato de hierro g/l (solución madre)	Dosis ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l de agua
T <sub>1</sub>	15	0,25
T <sub>2</sub>	15	0,50
T <sub>3</sub>	15	0,75
T <sub>4</sub>	15	1,00
T <sub>5</sub>	30	0,25
T <sub>6</sub>	30	0,50
T <sub>7</sub>	30	0,75
T <sub>8</sub>	30	1,00
T <sub>0</sub>	Quelato de Fe	

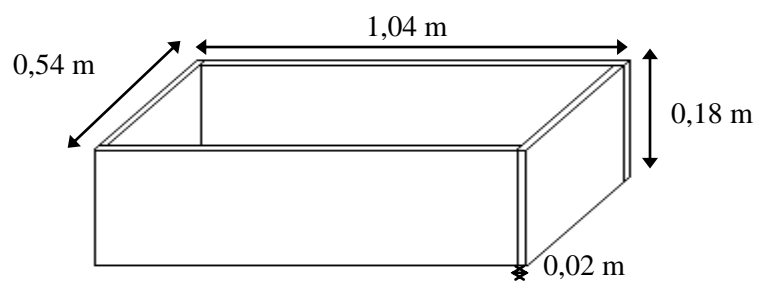
**Cuadro 8. Esquema de análisis de varianza (ANDEVA)**

	F. de V.	G.L.
Tratamientos	(t - 1) (9 - 1)	8
Factor A (Sulfato de hierro)	(a - 1) (2 - 1)	1
Factor B (Ácidos húmicos)	(b - 1) (4 - 1)	3
Interacción A x B	(a - 1) (b - 1) (2 - 1) (4 - 1)	3
Testigo vs. Factorial		1
Error experimental	ab(r - 1) + (q - 1) 2.4(4 - 1) + (4 - 1)	27
Total	abr + (q - 1) 2.4.4 + (4 - 1)	35

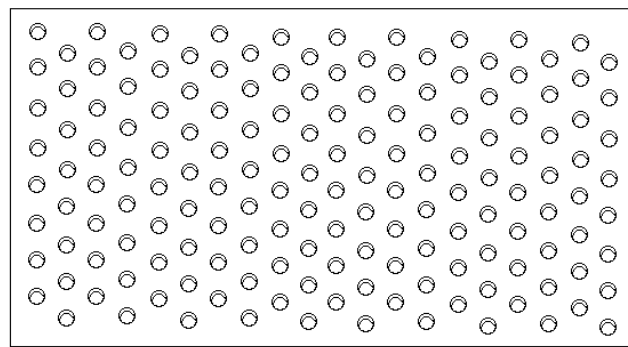
Los resultados del ensayo fueron sometidos al análisis de varianza mediante el estadístico F y la comparación de medias de los tratamientos según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

Los diagramas del ensayo se describen en las figuras 2, 3, 4 y 5.

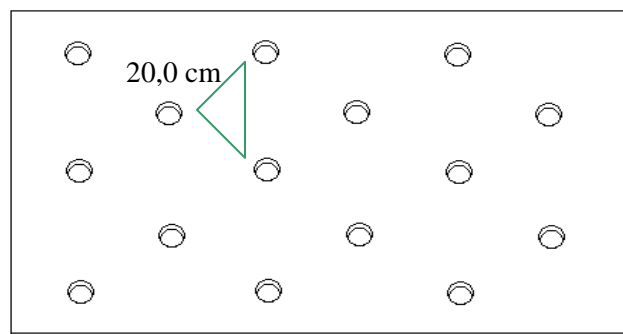
### 3.6.1 DIAGRAMAS DEL ENSAYO



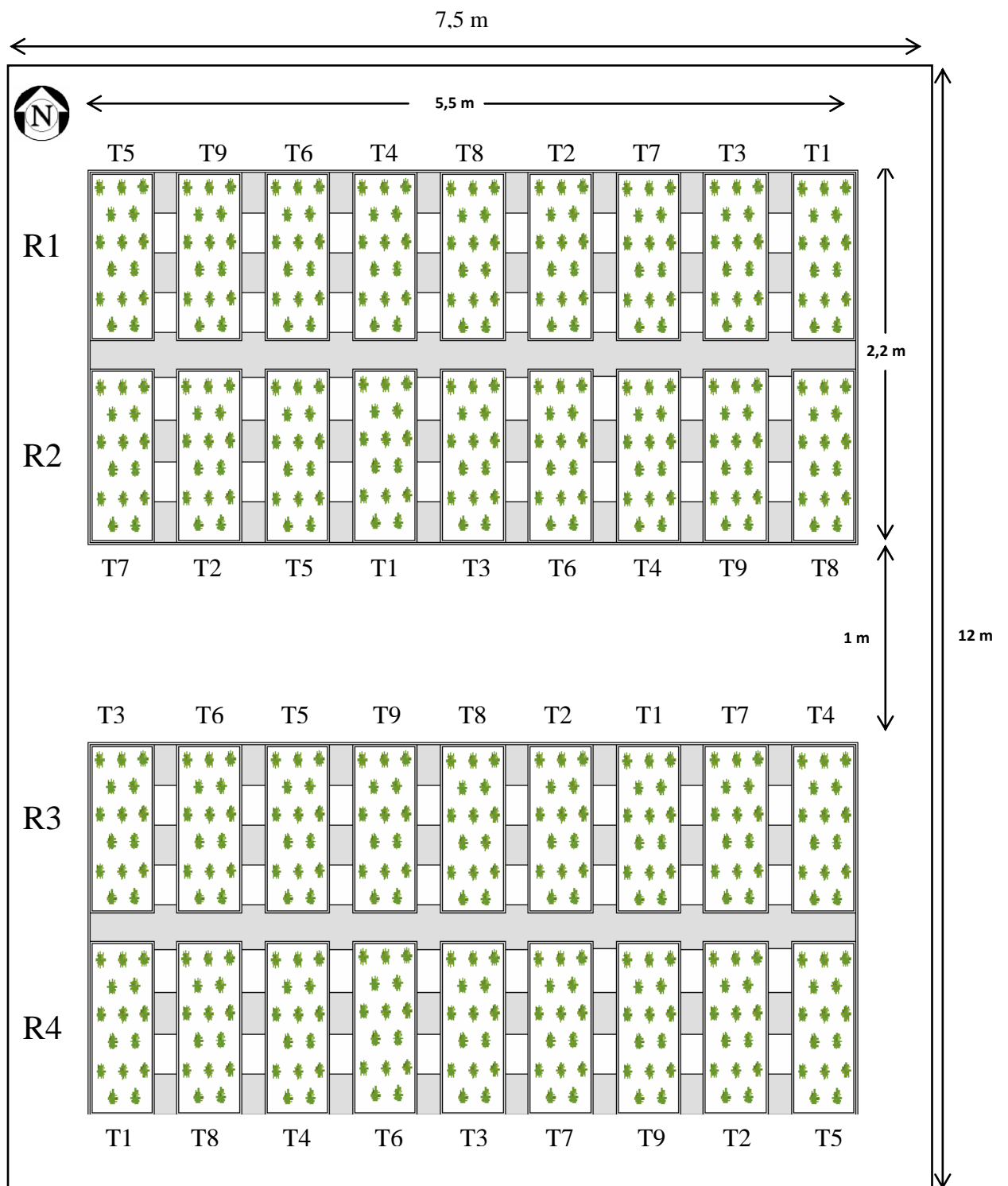
**Figura 2. Diagrama de caja a utilizar**



**Figura 3. Plancha de termopor para pre transplante**



**Figura 4. Plancha de termopor para transplante definitivo**



**Figura 5. Distribución de los tratamientos**

### 3.7 DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL

Área del mesón	(5,5 m x 2,2 m)	12,1 m <sup>2</sup>
Largo de la unidad experimental (caja)		1,04 m
Ancho de la unidad experimental (caja)		0,54 m
Altura de la unidad experimental (caja)		0,18 m
Área de ocupación de la unidad experimental (caja)		0,56 m <sup>2</sup>
Distancia entre planta (tres bolillo)		16,5 cm
Número de plantas del experimento		540
Separación entre unidades experimentales		0,12 m
Área útil de la unidad experimental	(1 m x 0,5 m)	0,5 m <sup>2</sup>
Área neta de la unidad experimental	(1,04 m x 0,54 m)	0,56 m <sup>2</sup>
Área total del experimento	(7,5 m x 12 m)	90 m <sup>2</sup>
Total unidades experimentales		28

### 3.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### 3.8.1 SEMILLEROS

Se utilizaron recipientes plásticos llenos con arena dulce, esta se desinfectó con agua caliente para luego colocar las semillas a una profundidad de 2 - 3 mm y cubrir con el mismo sustrato, obteniendo el 70 % de plántulas. El riego fue con agua una vez al día hasta el noveno día que apareció la primera hoja verdadera; después de este día se inició el riego con solución nutritiva utilizando la mitad de la dosis de solución concentrada para preparar un litro de solución nutritiva.

#### 3.8.2 PRE - TRASPLANTE

Se efectuó a los 18 días cuando las plántulas tenían de 2 a 3 hojas verdaderas, en cajas de madera forrado con plástico negro, con medidas internas de 0,50 m de ancho x 1 m de largo x 0,18 m de alto; se preparó 50 litros de solución nutritiva



aplicando 5 cm<sup>3</sup>/l de solución concentrada A; 2 cm<sup>3</sup>/l de solución concentrada B; 1 cm<sup>3</sup>/l de solución concentrada C (sulfato de hierro) y 0,25 cm<sup>3</sup>/l de ácidos húmicos (humilig); posteriormente se efectuó un primer trasplante sobre láminas de termopor, separados a una distancia de siembra de 0,05 m x 0,05 m, en tres bolillo, sujetando las plántulas con un cubito de esponja. La sobrevivencia de las plántulas fue el 96 % y la mortalidad del 4 %.

### **3.8.3 TRANSPLANTE**

A los 37 días cuando las plántulas obtuvieron de 5 a 7 hojas verdaderas, se utilizó cajas de madera (con iguales medidas a las de pre trasplante). Se preparó 40 litros de solución nutritiva aplicando 5 cm<sup>3</sup>/l de solución concentrada A; 2 cm<sup>3</sup>/l de solución concentrada B. Como fuente de hierro se preparó tres soluciones concentradas C, de acuerdo a los tratamientos, de estas fuentes se aplicó 1 cm<sup>3</sup>/l de agua. Se utilizó vasos plásticos con un hoyo en la parte inferior donde se introdujo las raíces de las plántulas y luego se las colocó sobre una plancha de termopor para que estén sumergidas en la solución nutritiva, distribuidas en tres bolillos a una distancia de 16,5 cm.

### **3.8.4 PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES CONCENTRADAS**

En la elaboración de las soluciones concentradas A y B, se utilizó como base la fórmula elaborada por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), con modificaciones en función de los fertilizantes que se encuentren en el mercado local. Los fertilizantes y dosis utilizada en cada solución concentrada se describen en los cuadro 9 y 10.

Como fuente de hierro se preparó tres soluciones concentradas C; dos de sulfato de hierro (15 g/litro de agua y 30 g/litro de agua) y una de quelato de hierro (5 %); de cada solución concentrada se aplicó 1 cm<sup>3</sup>/l de agua, para preparar un litro de solución nutritiva.

**Cuadro 9. Solución concentrada A**  
(Cantidad de fertilizantes para 5 litros de agua)

FERTILIZANTE	CANTIDAD
Nitrato de potasio	550,0 g
Nitrato de amonio	246,70 g
Nitrato de calcio	151,60 g
MAP	155,80 g

**Cuadro 10. Solución concentrada B**  
(Cantidad de fertilizantes para 5 litros de agua)

FERTILIZANTE	CANTIDAD
Sulfato de magnesio	220,0 g
*Grow Combi	12,0 g
Ácido bórico	1,2 g

\*Fertilizante balanceado con microelementos quelatados, contiene un 9 % de Mg, 3 % de S, 4 % de Fe, 4 % de Mn, 1,5 % de Cu, 1,5 % de Zn, 0,5 % de B, 0,1 % de Mo y 0,0005 % de Co

### 3.8.5 PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA

Una vez elaborada las soluciones concentradas, para preparar un litro de solución nutritiva se aplicó 5 cm<sup>3</sup> de solución A, 2 cm<sup>3</sup> de solución B y 1 cm<sup>3</sup> de solución C. Cada solución concentrada se agregó al agua por separados, primero la solución A, después la solución B y posteriormente la solución C. Las dosis de ácidos húmicos (Humilig) se aplicó de acuerdo a cada tratamiento en estudio.

Para corregir el pH de la solución nutritiva se utilizó 400 g de ácido cítrico diluido en 3 litros de agua del cual se utilizó 1,8 cm<sup>3</sup> para bajar de 6,8 a 5,6. La

altura del volumen de la solución nutritiva bajó menos de 3 cm por lo que se completó el nivel de los 40 litros solo con agua.

### **3.8.6 OXIGENACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA**

Esta labor se efectuó después del pre trasplante y el trasplante definitivo, hasta la cosecha, dos veces al día durante 55 a 60 segundos todos los días; con esta acción se incorporaba a la solución nutritiva, suficiente oxígeno disuelto, para que las raíces de las plantas puedan respirar, tomar los nutrientes y evitar que se dañen; esta labor se realizaba levantando la plancha de termopor agitando con la mano la solución nutritiva.

### **3.8.7 CONTROLES FITOSANITARIOS**

En trampas plásticas de color amarillo impregnadas de grasa se pudo capturar insectos como coleópteros y otros insectos. Para controlar *Spodoptera sp* se aplicó 0,5 cm<sup>3</sup>/l de cipermetrina.

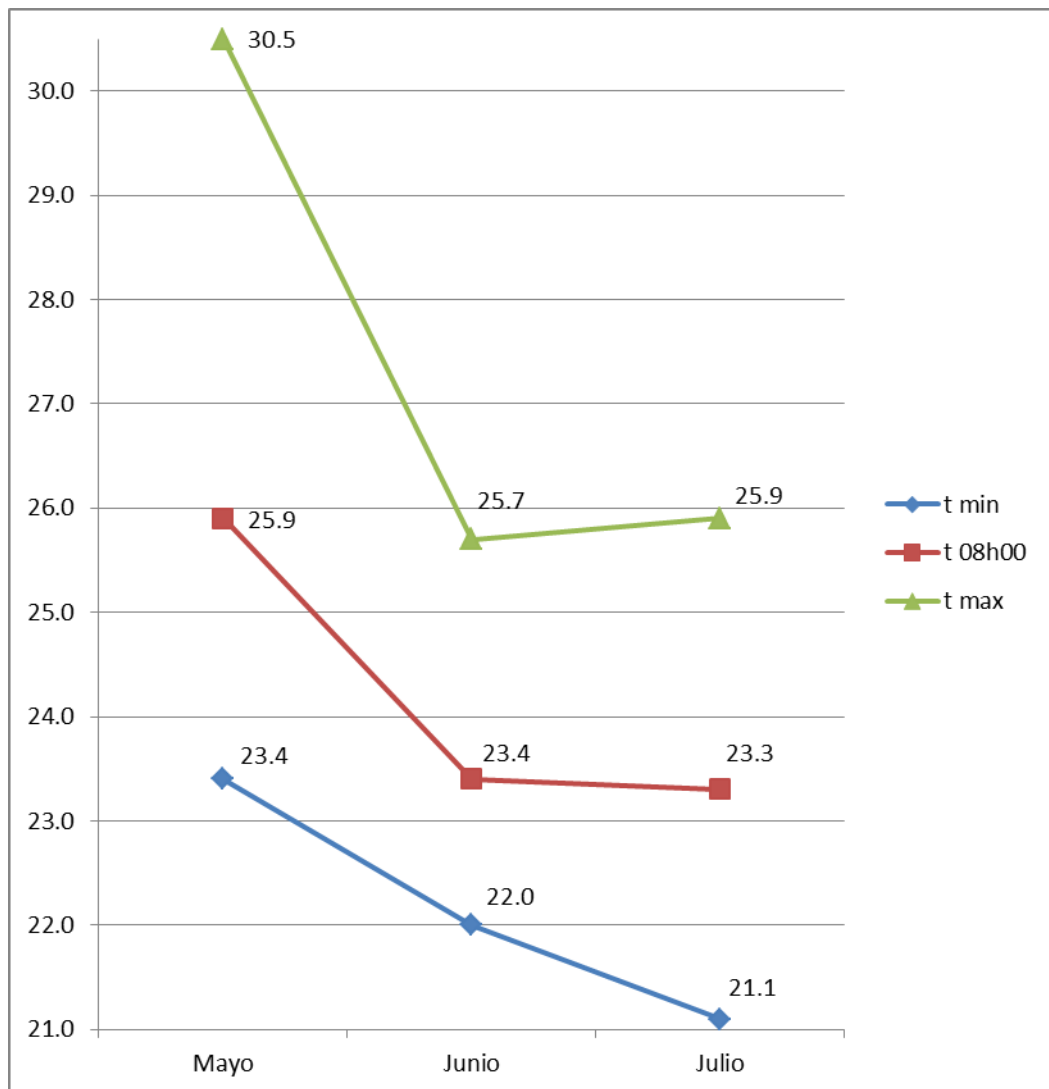
### **3.8.8 COSECHA**

A los 69 días cuando las hojas formaron una roseta, antes de que la planta emitiera su tallo floral.

### **3.8.9 TEMPERATURA DURANTE LA INVESTIGACIÓN**

En la figura 6, se muestran las temperaturas promedio por mes obtenidos durante la investigación, a través de un termómetro de temperatura máxima y mínima el cual permaneció en el centro del sitio del ensayo. La temperatura fue tomada durante el día, a las 08h00 (mínima) y 16h00 (máxima); desde la fecha de inicio del experimento hasta la fecha en que se tomó datos de la última variable. Se

observa que la temperatura promedio de máxima y mínima, tienden a bajar durante los meses de junio y julio.



**Figura 6. Temperaturas promedio obtenidas durante el ensayo.**

### **3.9 VARIABLES EXPERIMENTALES**

#### **3.9.1 NÚMERO DE HOJAS/PLANTAS (UNIDADES)**

Número promedio de hojas de cinco plantas al momento de la cosecha.

### **3.9.2 LARGO DE RAÍZ (cm)**

Promedio de largo de raíz de cinco plantas al momento de la cosecha.

### **3.9.3 ALTURA DE PLANTA (cm)**

Altura de cinco plantas medidas con un flexómetro desde el cuello de la raíz hasta la parte más pronunciada.

### **3.9.4 ANCHO Y LARGO DE HOJA**

Ancho y largo de la tercera, cuarta y quinta hoja contando de abajo hacia arriba, de cinco plantas; expresado en centímetros.

### **3.9.5 PESO SECO Y FRESCO DE LA RAÍZ**

Peso fresco de la raíz y peso seco (Sometida a una estufa a 60 °C), expresado en gramos de dos plantas de cada tratamiento.

### **3.9.6 PESO SECO Y FRESCO DE LA PARTE AÉREA (HOJAS)**

Peso de parte aérea de dos plantas en estado fresco y seco, expresado en gramos.

### **3.9.7 LECTURAS SPAD (CLOROFILA)**

Con un medidor de clorofila SPAD MINOLTA, se procedió a medir las lecturas SPAD a los 64 días.

### **3.9.8 ANÁLISIS FOLIAR**

Para la comparación de macro y micro elementos, para cada tratamiento.

### **3.9.9 RENDIMIENTO (g/m<sup>2</sup>)**

Peso promedio las plantas por cada tratamiento en una balanza electrónica, al momento de la cosecha, para luego derivarlos a g/m<sup>2</sup>.

### **3.10 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Se utilizó la metodología de presupuestos parciales propuesta por CIMMYT (1988), (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), que considera los costos que varían (costo de los tratamientos) y tasa de retorno mínima aceptable.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 RESULTADOS**

#### **4.1.1 RESUMEN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN EL ENSAYO DE LECHUGA**

El cuadro 11 resume los niveles de significancia estadística encontradas en las variables agronómicas y de rendimiento en el ensayo de lechuga, con una densidad de siembra de 28 plantas/m<sup>2</sup>; las medias fueron analizadas con la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

#### **4.1.2 NÚMERO DE HOJAS/PLANTA**

Según el análisis de la varianza (Cuadros 3A y 4A), existe diferencia significativa para las fuentes de variación, factorial vs testigo y tratamientos, mientras que los factores A y B, sulfato de hierro y ácidos húmicos respectivamente, e interacción (AxB), no presentaron diferencia significativa. El coeficiente de variación fue de 5,3 % y la media general de 13,2 unidades.

En los niveles sulfato de hierro, el mayor promedio número de hojas fue el nivel 15 g/l, con 13,3 unidades y el menor promedio, fue el nivel 30 g/l con 13,2 unidades; el testigo (Quelato de hierro) muestra un valor menor, 12,5 unidades. En los niveles ácidos húmicos, el mayor número de hojas fue el nivel 0,75 cm<sup>3</sup>/l, con 13,7 unidades y el menor promedio para el nivel 0,25 cm<sup>3</sup>/l con 12,8 unidades. En las interacciones, el mayor número de hojas fue la combinación sulfato de hierro y ácidos húmicos 15 g/l - 0,75 cm<sup>3</sup>/l (T3) con 14,3 unidades y el menor, la combinación 15 g/l - 0,25 cm<sup>3</sup>/l (T1) con 12,8 unidades (Cuadro 12). La figura 7, muestra la comparación de las medias entre el testigo y tratamientos.

**Cuadro 11. Significancia estadística de variables agronómicas y rendimiento, obtenidas en el ensayo "Efecto de sulfato de hierro y ácidos húmicos en solución nutritiva en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crispa), bajo hidroponía en Manglaralto"**

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	VARIABLES											
		NH	LR	AP	LH	AH	LS	PFF	PFR	PSF	PSR	RND	
TRATAMIENTOS	8	*	**	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FACTOR A	1	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FACTOR B	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
INTERACCIÓN AxB	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*	NS	*	*
TESTIGO vs. FACTORIAL	1	*	*	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
PROMEDIO GENERAL		13.2	17.5	36.5	19.1	14.2	19.6	119.8	15.2	4.5	0.9	3355.3	
C.V. (%)		5.3	9.3	7.0	5.2	7.6	7.4	6.2	6.1	11.3	11.5	6.2	

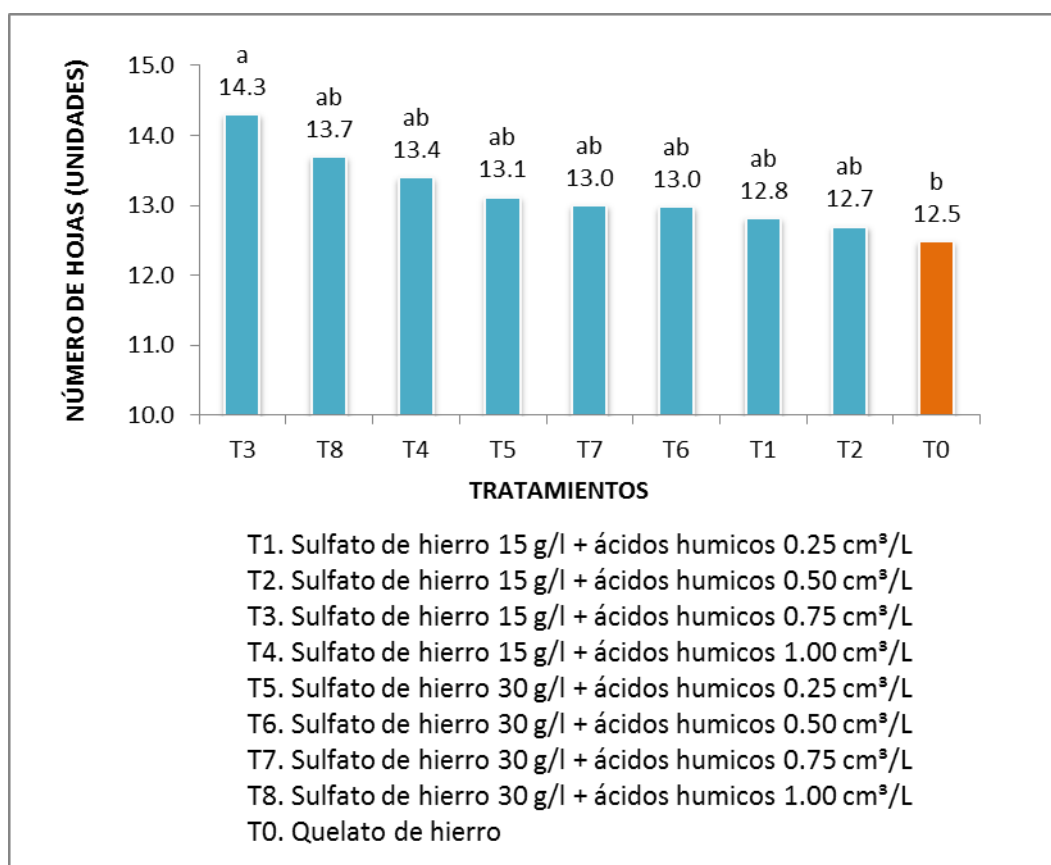
\* = significativo    \*\* = altamente significativo    NS = no significativo  
 NH= número de hojas; LR = largo de raíz; AP = altura de planta; LH = largo de hoja; AH = ancho de hoja; LS = lectura spad;  
 PFF = peso fresco follaje; PFR = peso fresco raíz; PSF = peso seco follaje; PSR = peso seco raíz; RND = rendimiento



**Cuadro 12. Número de hojas/planta (unidades), en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /L				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	12,8	12,7	14,3	13,4	13,3
30	13,1	12,3	13,0	13,7	13,2
Quelato	-	-	-	-	12,5
$\bar{X}$	13,0	12,8	13,7	13,6	

C.V. 5,3 %



**Figura 7. Número de hojas, comparación de medias entre testigo y tratamientos, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

### 4.1.3 LARGO DE RAÍZ (cm)

El análisis de varianza (Cuadros 5A y 6A), muestra diferencia altamente significativa para las fuentes de variación, testigo vs. factorial y tratamientos; el factor A (sulfato de hierro), muestra diferencia significativa, mientras que las demás fuentes de variación no muestran diferencia significativa. El coeficiente de variación es de 9,3 % y la media general 17,5 cm.

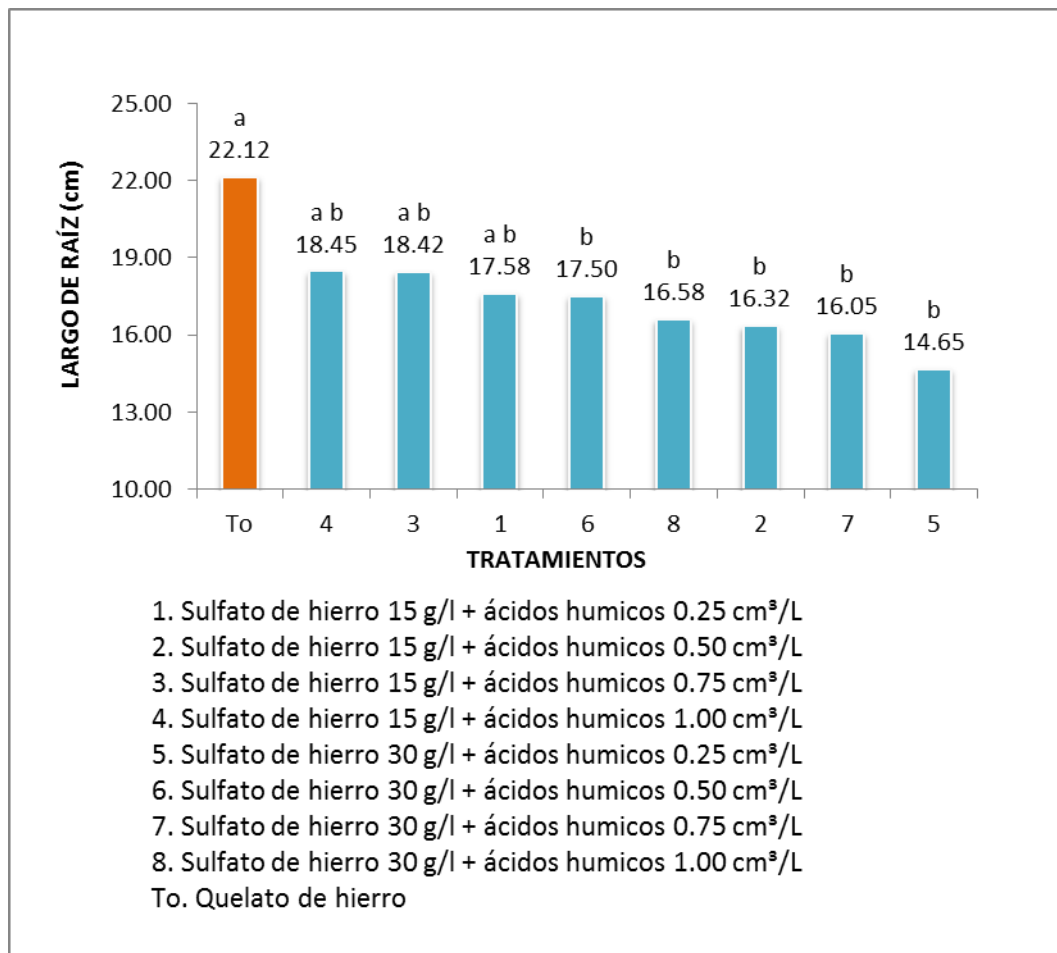
Dentro de los niveles del factor A, el mayor promedio de largo de raíz fue para el nivel sulfato de hierro 15 g/l con 17,7 cm y el menor promedio fue para el nivel sulfato de hierro 30 g/l con un valor de 16,2 cm. La diferencia entre los dos promedios es significativa, por lo que se consideran diferentes (Cuadro 14). El testigo (Quelato de hierro) superó ampliamente a los dos niveles de sulfato de hierro, con promedio de 22,1 cm. En los niveles de ácidos húmicos, el mayor promedio largo de raíz es para el nivel 1,00 cm<sup>3</sup>/l con un valor de 17,5 cm y el menor valor para el nivel 0,25 cm<sup>3</sup>/l con 16,1 cm. La interacción con mayor largo de raíz es para la combinación sulfato de hierro-ácidos húmicos 15 g/l - 1,00 cm<sup>3</sup>/l (T4) con un promedio de 18,5 cm y el menor largo de raíz para la combinación 15g/l - 0,25 cm<sup>3</sup>/l (T1) con 14,7 cm (Cuadro 13). En la figura 8 indica la comparación de las medias, entre el testigo y tratamientos.

**Cuadro 13. Largo de raíz (cm), en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	17,6	16,3	18,4	18,5	17,7 a
30	14,7	17,5	16,1	16,6	16,2 b
Quelato	-	-	-	-	22,1
	16,1	16,9	17,2	17,5	
C.V. 9,3 %					

**Cuadro 14. Comparación de medias largo de raíz (cm), dentro del factor A, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Niveles de hierro	Sulfato de hierro 15 g/l	Sulfato de hierro 30 g/l
Promedios	17,7 a	16,2 b



**Figura 8. Largo de raíz (cm), comparación de medias entre testigo y tratamientos, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

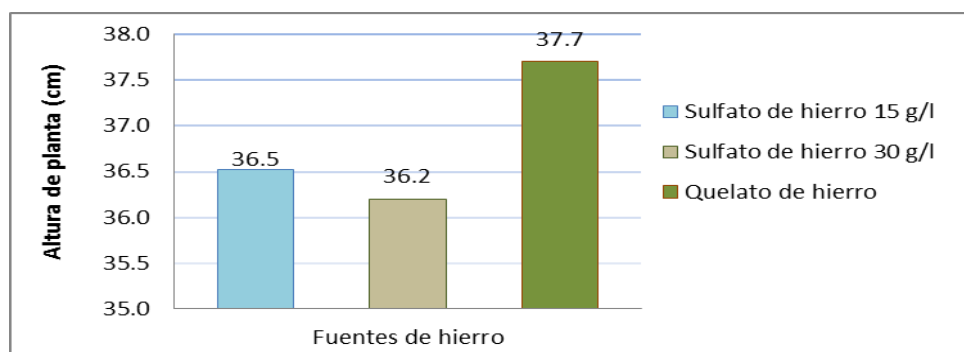
#### 4.1.4 ALTURA DE PLANTA

El análisis de varianza no muestra diferencia significativa en ninguna fuente de variación (Cuadros 7A y 8A). El coeficiente de variación fue 7,0 % y la media general, 36,5 cm.

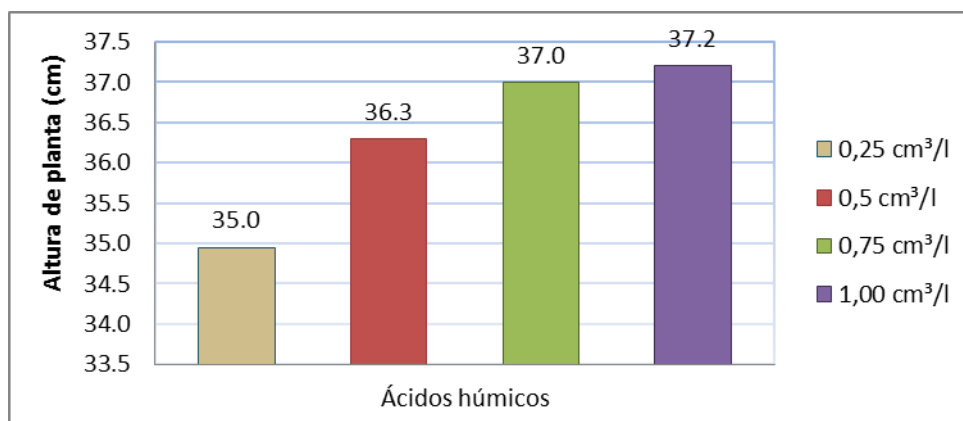
El factor A (niveles de hierro) presentó una altura de planta que varía de 36,2 a 36,5 cm para los niveles de 15 y 30 g/l, respectivamente; (Figura 9) para el factor B (Niveles de ácidos húmicos) estos valores van de 35 y 37,2 cm para los niveles 0,25 y 1 cm<sup>3</sup>/l, respectivamente. (Figura 10). La interacción 15 g/l de sulfato de hierro - 0,25 cm<sup>3</sup>/l de ácido húmico presenta 34,6 cm, mientras que 15 g/l - 1 cm<sup>3</sup>/l, este valor es 37,8 cm de altura de planta. Cuadro 15.

**Cuadro 15. Altura de planta (cm) en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	34,6	36,0	37,7	37,8	36,5
30	35,3	36,6	36,3	36,6	36,2
Quelato	-	-	-	-	37,7
	35,0	36,3	37,0	37,2	
C.V. 7,0 %					



**Figura 9. Altura de planta (cm), niveles de sulfato de hierro y quelato de hierro, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**



**Figura 10. Altura de planta (cm), niveles de ácido húmicos, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

#### 4.1.5 LARGO DE HOJA

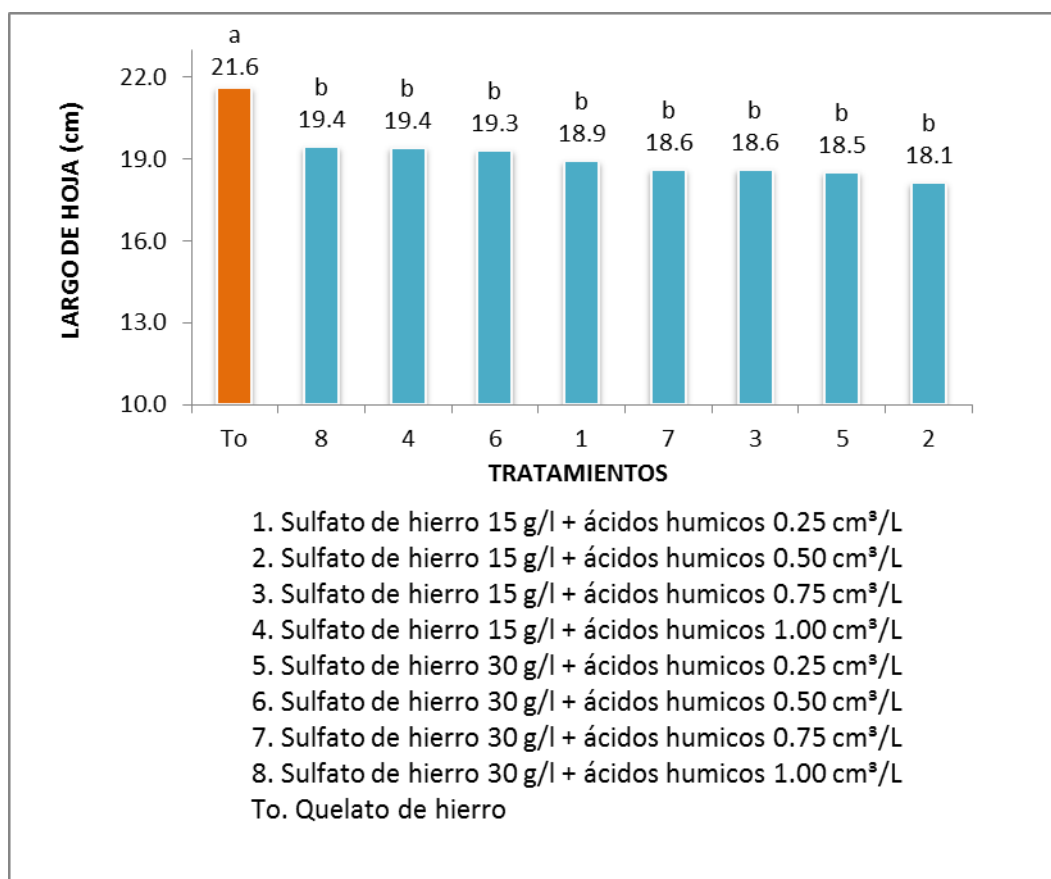
Conforme al análisis de la varianza (Cuadros 9A y 10A), las fuentes de variación tratamientos y testigo vs factorial, manifiestan diferencia altamente; los factores sulfato de hierro (A); ácidos húmicos (B) e interacción entre ambos factores (AxB), fueron no significativo. Se dedujo un coeficiente de variación de 5,2 % y una media general de 19,1 cm.

Entre los niveles sulfato de hierro, el mayor promedio largo de hoja fue para el nivel 30 g/l con 19,0 cm y el menor promedio para el nivel 15 g/l con 18,7 cm; el promedio del testigo (Quelato de hierro) fue mayor a los dos niveles de sulfato de hierro, con 21,6 cm. En los niveles de ácidos húmicos el mayor promedio de largo de hoja, se obtuvo para el nivel 1,00 cm³/l con 19,4 cm y el menor promedio para, el nivel 0,75 cm³/l de ácidos húmicos, con 18,6 cm. En la interacción sulfato de hierro - ácidos húmicos, el mayor promedio largo de hoja fueron las combinaciones 15 g/l - 1,00 cm³/l (T4) y 30 g/l - 1,00 cm³/l (T8) con 19,4 cm y el menor promedio se obtuvo para el combinado 15 g/l - 0,50 cm³/l (T2) con 18,1 cm (Cuadro 16). La figura 11 muestra la comparación de medias entre el testigo y cada uno de los tratamientos.

**Cuadro 16. Largo de hoja (cm), en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	18,9	18,1	18,5	19,4	18,7
30	18,5	19,3	18,6	19,4	19,0
Quelato	-	-	-	-	21,6
	18,7	18,7	18,6	19,4	

C.V. 5,2 %



**Figura 11. Largo de hoja (cm), comparación de medias entre testigo y tratamientos, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

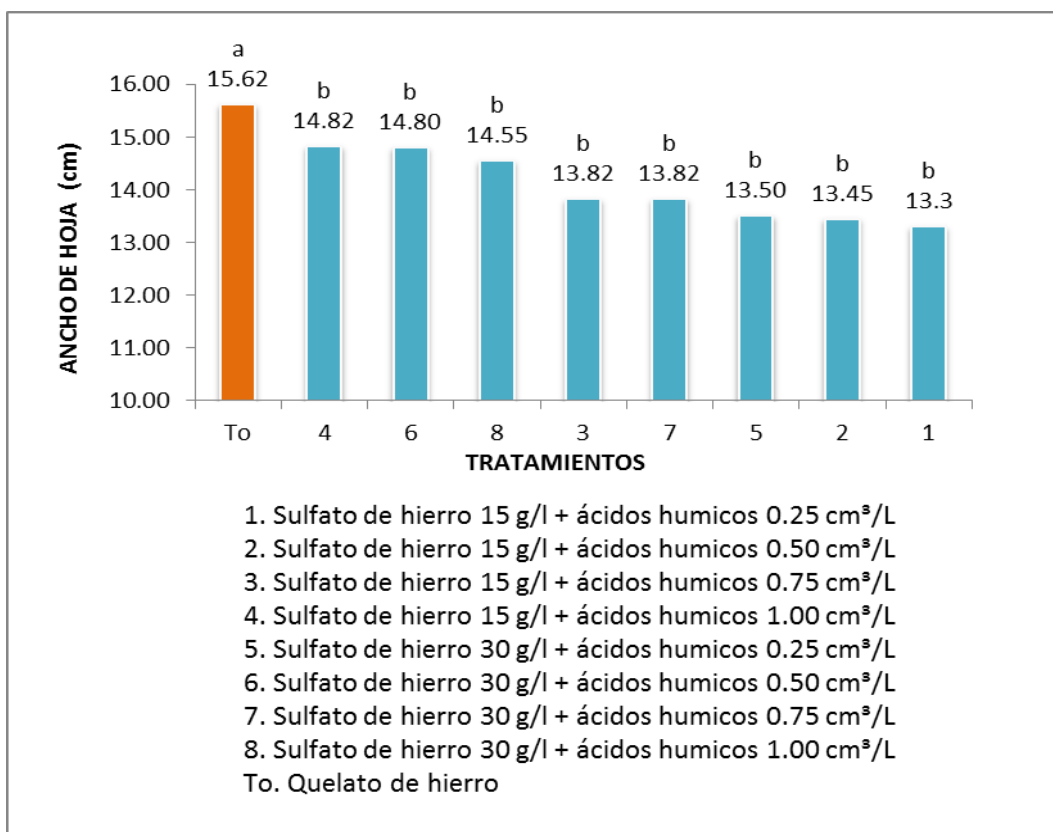
#### 4.1.6 ANCHO DE HOJA

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadros 11A y 12A), se encontró diferencia significativa al 5 % de probabilidad solo para la fuente de variación testigo vs factorial, las demás fuentes de variación no mostraron diferencia significativa. Se obtuvo un coeficiente de variación de 7,6 % y una media general de 14,2 cm.

Entre los niveles sulfato de hierro, el mayor promedio de ancho de hoja fue para el nivel 30 g/l con 14,1 cm y el menor promedio para el nivel 15 g/l con 14,0 cm; el promedio del testigo (Quelato de hierro) fue mayor a los dos niveles de sulfato de hierro, con 16,5 cm. En los niveles con ácidos húmicos, se obtuvo el mayor promedio de ancho de hoja para el nivel 1,00 cm<sup>3</sup>/l con 14,7 cm y el menor promedio para el nivel 0,25 cm<sup>3</sup>/l con 13,4 cm. La interacción sulfato de hierro-ácidos húmicos, el mayor ancho de hoja, fue para las combinaciones 15 g/l - 1,00 cm<sup>3</sup>/l (T4) y 30 g/l - 0,50 cm<sup>3</sup>/l con 14,9 cm y el menor promedio, para el tratamiento 15 g/l - 0,25 cm<sup>3</sup>/l con 13,3 cm. (Cuadro 17). La figura 12 muestra la comparación de las medias entre el testigo y los tratamientos.

**Cuadro 17. Ancho de hoja (cm), en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	13,3	13,5	13,8	14,8	14,0
30	13,5	14,8	13,8	14,5	14,1
Quelato	-	-	-	-	16,5
	13,4	14,1	13,8	14,7	
C.V. 7,6 %					



**Figura 12. Ancho de hoja, comparación de medias, entre testigo y tratamientos, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

#### 4.1.7 LECTURA SPAD (% DE CLOROFILA)

El análisis de varianza (Cuadros 13A y 14A), no muestra diferencia significativa, en ninguna fuente de variación. Se obtuvo un coeficiente de variación de 7,4 % y una media general de 19,6 % de clorofila.

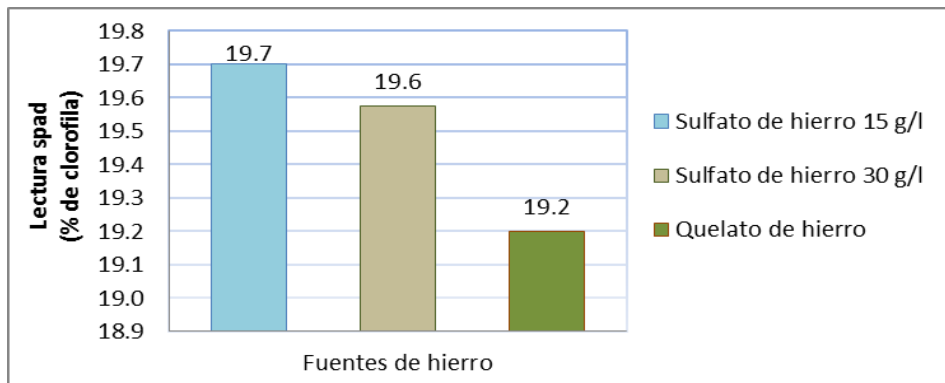
El factor A (niveles de hierro) presentó una lectura spad que varía de 19,6 a 19,7% para los niveles de 15 y 30 g/l, respectivamente (Figura 13); para el factor B (Niveles de ácidos húmicos) estos valores van de 18,6 y 20,4 % para los niveles 1 y 0,25 cm<sup>3</sup>/l, respectivamente (Figura 14). La interacción 15 g/l de sulfato de hierro - 1 cm<sup>3</sup>/l de ácido húmico presenta 18 %, mientras que 15 g/l - 0,5 cm<sup>3</sup>/l, este valor es 21,2 % de lectura spad (% de clorofila). Cuadro 18.



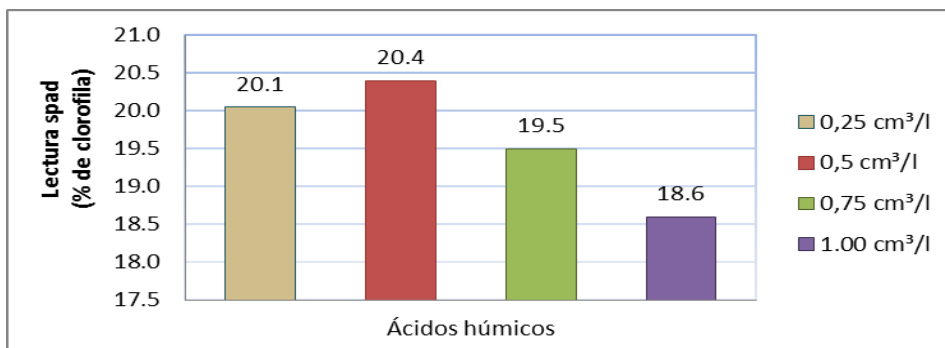
**Cuadro 18. Lectura spad (% de clorofila), en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	19,8	21,2	19,8	18,0	19,7
30	20,3	19,6	19,2	19,2	19,6
Quelato	-	-	-	-	19,2
	20,1	20,4	19,5	18,6	

C.V. 7,4 %



**Figura 13. Lectura spad, niveles de sulfato de hierro y quelato de hierro, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**



**Figura 14. Lectura spad (% de clorofila), niveles de ácidos húmicos, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

#### 4.1.8 PESO FRESCO FOLLAJE

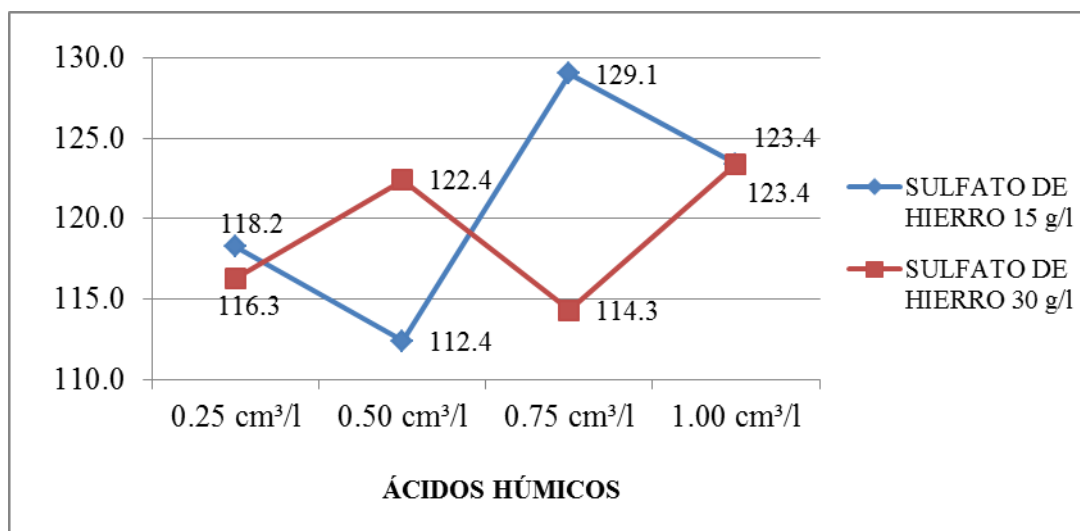
El análisis de la varianza (Cuadros 15A y 16A), muestra diferencia significativa, para la fuente de variación, interacción entre los factores A (Sulfato de hierro) y B (Ácidos húmicos); las demás fuentes, no muestran diferencia estadística. Se obtuvo un coeficiente de variación de 6,0 % y una media general de 120,1 g.

En los niveles sulfato de hierro, el mayor promedio peso fresco de follaje es el nivel sulfato de hierro 15 g/l con 120,8 g y el menor promedio el nivel sulfato de hierro 30 g/l con 119,1 g; el promedio del testigo (Quelato de hierro) fue mayor a los dos niveles de sulfato de hierro, con 120,9 g. Entre los niveles de ácidos húmicos, el mayor peso promedio es para el nivel 1,00 cm<sup>3</sup>/l con 123,4 g y el menor promedio el nivel 0,25 cm<sup>3</sup>/l con 117,3 g. En las interacciones, el mayor promedio es para el tratamiento 15 g/l - 0,75 cm<sup>3</sup>/l con 129,1 g y el menor promedio, el tratamiento 15 g/l - 0,50 cm<sup>3</sup>/l con 112,4 g (Cuadro 19 y figura 15).

**Cuadro 19. Peso fresco follaje (g), en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	118,2	112,4	129,1	123,4	120,8
30	116,3	122,4	114,3	123,4	119,1
Quelato	-	-	-	-	120,9
	117,3	117,5	121,7	123,4	
C.V. 6,0 %					

Cuando se compara las medias de peso fresco follaje del factor A, dentro del factor B (Cuadro 20), la prueba de Tukey indica que, en los niveles Ácidos húmicos 0,25 cm<sup>3</sup>/l; 0,50 cm<sup>3</sup>/l y 1,00 cm<sup>3</sup>/l las medias son iguales; mientras que el nivel ácido húmico 0,75 cm<sup>3</sup>/l, las dosis sulfato de hierro 15 g/l (129,1 g) y sulfato de hierro 30 g/l (114,3 g) son diferentes.



**Figura 15. Peso fresco follaje (g). Interacción entre sulfato de hierro y ácidos húmicos, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

**Cuadro 20. Comparación de medias, peso fresco follaje del factor A dentro de los niveles del factor B, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Nivel 1. Ácido húmico 0,25 cm³/l		
Promedios	30 116,3 a	15 118,2 a
Nivel 2. Ácido húmico 0,50 cm³/l		
Promedios	15 112,4 a	30 122,4 a
Nivel 3. Ácido húmico 0,75 cm³/l		
Promedios	30 114,3 b	<b>15</b> <b>129,1 a</b>
Nivel 4. Ácido húmico 1,00 cm³/l		
Promedios	15 123,4 a	30 123,4 a

El cuadro 21 indica la comparación de medias del factor B, dentro del factor A, de la variable peso fresco follaje, la prueba de Tukey indica que en el nivel sulfato de hierro 30 g/l dentro de las dosis 0,25 cm<sup>3</sup>/l; 0,5 cm<sup>3</sup>/l; 0,75 cm<sup>3</sup>/l y 1,00 cm<sup>3</sup>/l, las medias no muestran diferencia significativa, mientras que en el nivel sulfato de hierro 15 g/l existen dos grupos estadísticos, la dosis ácidos húmicos 0,75 cm<sup>3</sup>/l con 129,1 g, es igual a las dosis Ácidos húmicos 0,25 cm<sup>3</sup>/l y 1,00 cm<sup>3</sup>/l con medias de 118,2 g y 123,4 g respectivamente; y estas dosis son también iguales a la dosis ácidos húmicos 0,5 cm<sup>3</sup>/l con promedio de 112,4 g.

**Cuadro 21. Comparación de medias, peso fresco follaje del factor B dentro de los niveles del factor A**

Nivel 1. Sulfato de hierro 15 g/l				
Promedios	0,50 112,4 b	0,25 118,2 ab	1,00 123,4 ab	<b>0,75</b> <b>129,1 a</b>
Nivel 2. Sulfato de hierro 30 g/l				
Promedios	0,75 114,3 a	0,25 116,3 a	0,50 122,4 a	1,00 123,4 a

#### 4.1.9 PESO FRESCO DE RAÍZ

El análisis de la varianza (Cuadros 17A y 18A), muestra diferencia significativa, para la fuente de variación, interacción entre los factores A (sulfato de hierro) y B (ácidos húmicos), las otras fuentes de variación son no significativas. El coeficiente de variación es de 6,1 % y la media general de 15,2 g.

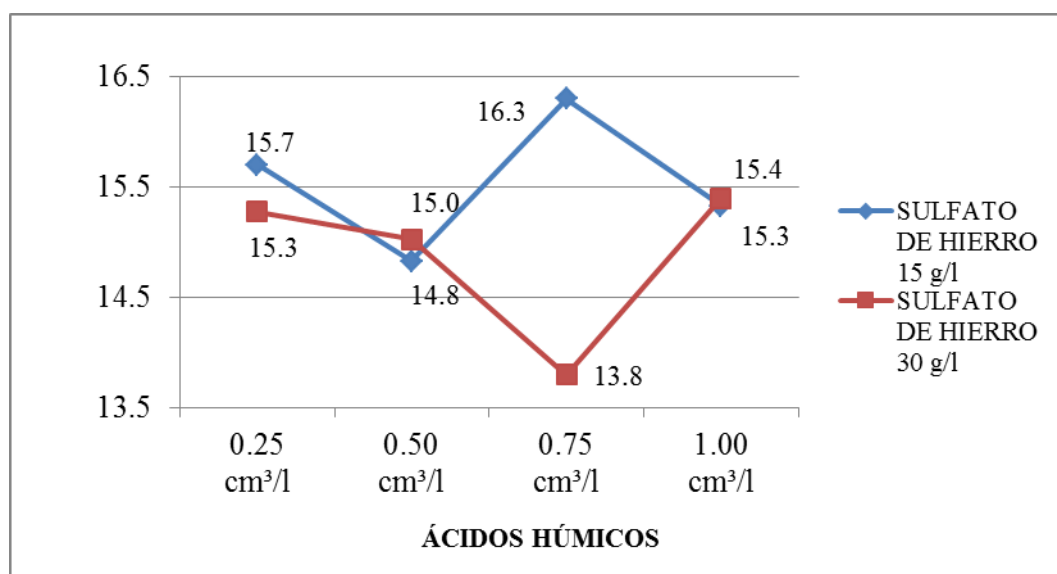
Entre los niveles con hierro y el testigo, se registró el mayor peso fresco promedio, para el nivel 15 g/l con 15,4 g y el menor promedio el testigo (Quelato de hierro) con 14,4 g. Dentro de los niveles con ácidos húmicos, se registró el mayor promedio, para el nivel 1,00 cm<sup>3</sup>/l con 15,6 g y el menor promedio, para 0,75 cm<sup>3</sup>/l con 15,0 g. Entre las interacciones, el tratamiento con mayor peso se

obtuvo para la combinación 15 g/l - 0,75 cm<sup>3</sup>/l con 16,3 g y el menor promedio para el tratamiento 30 g/l - 0,75 cm<sup>3</sup>/l con 13,6 g (Cuadro 22 y figura 16).

**Cuadro 22. Peso fresco de raíz (g) en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	15,7	14,8	16,3	15,3	15,5
30	15,3	15,0	13,8	15,4	14,9
Quelato	-	-	-	-	15,6
	15,5	14,9	15,1	15,4	

C.V. 19,6 %



**Figura 16. Peso fresco de raíz (g). Interacción entre sulfato de hierro y ácidos húmicos, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Al comparar las medias de peso fresco raíz del factor A, dentro del factor B (Cuadro 23), la prueba de Tukey indica que, en los niveles ácidos húmicos 0,25 cm<sup>3</sup>/l; 0,50 cm<sup>3</sup>/l y 1,00 cm<sup>3</sup>/l las medias son iguales; mientras que el nivel ácido húmico 0,75 cm<sup>3</sup>/l, las dosis sulfato de hierro 15 g/l (129,1 g) y sulfato de hierro 30 g/l (114,3 g) son diferentes.

El cuadro 24 muestra la comparación de medias del factor B, dentro del factor A, de la variable peso fresco follaje, la prueba de Tukey indica que en los niveles Sulfato de hierro 30 g/l y 15 g/l las medias no muestran diferencia significativa.

**Cuadro 23. Comparación de medias, peso fresco de raíz del factor A dentro de los niveles del factor B**

Nivel 1. Ácido húmico 0,25 cm <sup>3</sup> /l		
Promedios	30 116,2 a	15 118,2 a
Nivel 2. Ácido húmico 0,50 cm <sup>3</sup> /l		
Promedios	15 110,5 a	30 122,4 a
Nivel 3. Ácido húmico 0,75 cm <sup>3</sup> /l		
Promedios	30 114,3 b	<b>15</b> <b>129,1 a</b>
Nivel 4. Ácido húmico 1,00 cm <sup>3</sup> /l		
Promedios	15 123,4 a	30 123,4 a

**Cuadro 24. Comparación de medias, peso fresco de raíz del factor B dentro de los niveles del factor A**

Nivel 1. Sulfato de hierro 15 g/l				
Promedios	0,50 110,5 a	0,25 118,2 a	1,00 121,2 a	0,75 129,1 a
Nivel 2. Sulfato de hierro 30 g/l				
Promedios	0,75 114,3 a	0,25 116,3 a	0,50 122,4 a	1,00 123,4 a

#### 4.1.10 PESO SECO FOLLAJE

Conforme al análisis estadístico (Cuadros 19A y 20A), muestra diferencia significativa, para la fuente de variación, interacción entre los factores A (Sulfato de hierro) y B (Ácidos húmicos); las restantes fuentes, son no significativas. El coeficiente de variación es 11,3 % y la media general de 4,5 g.

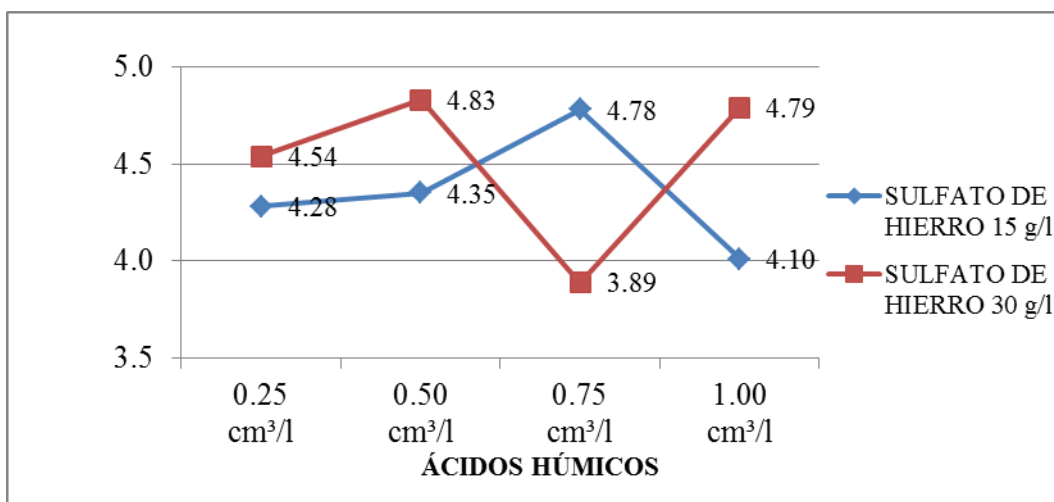
Dentro de los niveles del factor A (Sulfato de hierro), el mayor promedio de peso seco es para el nivel 30 g/l con 4,51 g y el menor promedio para el nivel 15 g/l con 4,35 g; el testigo (Quelato de hierro), es mayor que los niveles 15 g/l y 30 g/l de sulfato de hierro con un promedio de 4,63 g. En los niveles con ácidos húmicos, el mayor promedio lo registra el nivel 0,5 cm<sup>3</sup>/l con 4,59 g y el menor promedio, para el nivel 0,75 cm<sup>3</sup>/l con 4,33 g. Respecto a las interacciones, el mayor promedio de peso seco se registró para la combinación sulfato de hierro-ácidos húmicos 30 g/l - 0,50 cm<sup>3</sup>/l con 4,83 g y el menor promedio, para la combinación 30 g/l - 0,75 cm<sup>3</sup>/l con 3,89 g (Cuadro 25 y figura 17).

**Cuadro 25. Peso seco follaje (g), en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	4,28	4,35	4,78	4,01	4,35
30	4,54	4,83	3,89	4,79	4,51
Quelato	-	-	-	-	4,63
	4,41	4,59	4,33	4,4	
C.V. 23,9 %					

En las medias de peso fresco de raíz del factor A, dentro del factor B (Cuadro 26), la prueba de Tukey demuestra que, en los niveles ácidos húmicos 0,25 cm<sup>3</sup>/l y 0,50 cm<sup>3</sup>/l las medias son iguales; mientras que el nivel ácidos húmicos 0,75 cm<sup>3</sup>/l las dosis de sulfato de hierro 15 y 30 g/l son diferentes con valores de 4,78 g y 3,89 g respectivamente; en el nivel ácidos húmicos 1,00 cm<sup>3</sup>/l las dosis sulfato

de hierro 15 y 30 g/l, también son diferentes con valores de 4,01 g y 4,79 g, respectivamente.



**Figura 17. Peso seco de follaje (g). Interacción entre sulfato de hierro y ácidos húmicos, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

**Cuadro 26. Comparación de medias, peso seco follaje del factor A dentro de los niveles del factor B**

Nivel 1. Ácido húmico 0,25 cm³/l		
Promedios	15 4,28 a	30 4,54 a
Nivel 2. Ácido húmico 0,50 cm³/l		
Promedios	15 4,35 a	30 4,83 a
Nivel 3. Ácido húmico 0,75 cm³/l		
Promedios	30 3,89 b	<b>15</b> <b>4,78 a</b>
Nivel 4. Ácido húmico 1,00 cm³/l		
Promedios	15 4,01 b	<b>30</b> <b>4,79 a</b>



El cuadro 27 indica la comparación de medias del factor B, dentro del factor A, la prueba de Tukey indica que en el nivel sulfato de hierro 15 g/l, existen dos grupos estadísticos, las dosis 0,25 cm<sup>3</sup>/l; 0,50 cm<sup>3</sup>/l y 0,75 cm<sup>3</sup>/l son iguales, mientras que la dosis 1,00 cm<sup>3</sup>/l con un valor de 4,01 g es diferente a los demás; el nivel sulfato de hierro 30 g/l muestra dos grupos estadísticos, la dosis ácidos húmicos 0,5 cm<sup>3</sup>/l con 4,83 g, es igual a las dosis ácidos húmicos 0,25 cm<sup>3</sup>/l y 1,00 cm<sup>3</sup>/l con medias de 4,79 g y 4,54 g respectivamente; y estas medias son también iguales a la dosis ácidos húmicos 0,75 cm<sup>3</sup>/l con promedio de 3,89 g.

**Cuadro 27. Comparación de medias, peso seco de follaje del factor B dentro de los niveles del factor A**

Nivel 1. Sulfato de hierro 15g/l				
Promedios	1,00 4,01 b	0,25 4,28 a	0,5 4,35 a	0,75 4,78 a
Nivel 2. Sulfato de hierro 30g/l				
Promedios	0,75 3,89 b	0,25 4,54 ab	1,00 4,79 ab	0,5 4,83 a

#### 4.1.11 PESO SECO DE LA RAÍZ

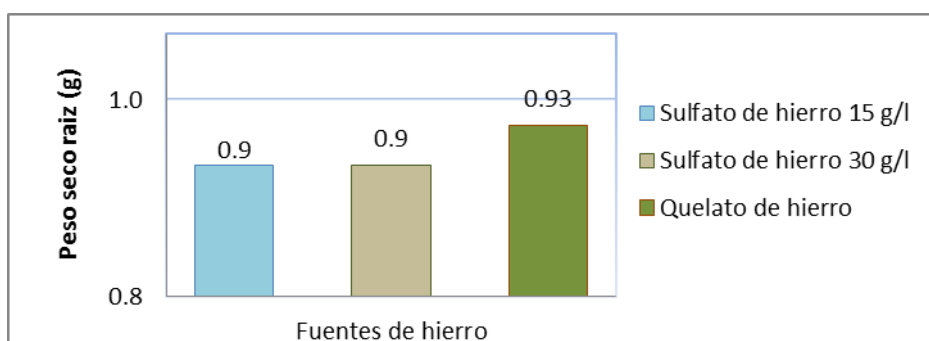
De acuerdo al análisis de varianza (Cuadros 21A y 22A), no muestra diferencia significativa en ninguna fuente de variación. El coeficiente de variación es de 11,5 % y la media general de 0,9 g.

El factor A (niveles de hierro) presentó un peso seco de raíz de 0,9 g para los dos niveles de 15 y 30 g/l, (Figura 18) para el factor B (niveles de ácidos húmicos) estos valores van de 0,86 a 0,94 g para los niveles 0,5 y 0,25 cm<sup>3</sup>/l, respectivamente. (Figura 19). La interacción 30 g/l de sulfato de hierro - 0,75 cm<sup>3</sup>/l de ácido húmico presenta 0,84 g, mientras que 30 g/l - 1 cm<sup>3</sup>/l, este valor es 0,96 g de altura de planta. Cuadro 28.

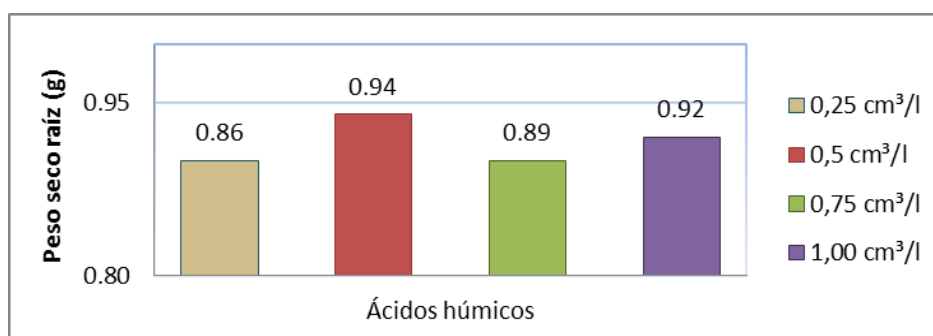
**Cuadro 28. Peso seco raíz (g), lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	0,85	0,91	0,95	0,89	0,9
30	0,86	0,96	0,84	0,95	0,9
Quelato	-	-	-	-	0,93
	0,86	0,94	0,89	0,92	

C.V. 15,0 %



**Figura 18. Peso seco de raíz (g), niveles de sulfato de hierro y quelato de hierro, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**



**Figura 19. Peso seco de raíz (g), niveles de sulfato de hierro y quelato de hierro, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

#### 4.1.12 RENDIMIENTO (g/m<sup>2</sup>)

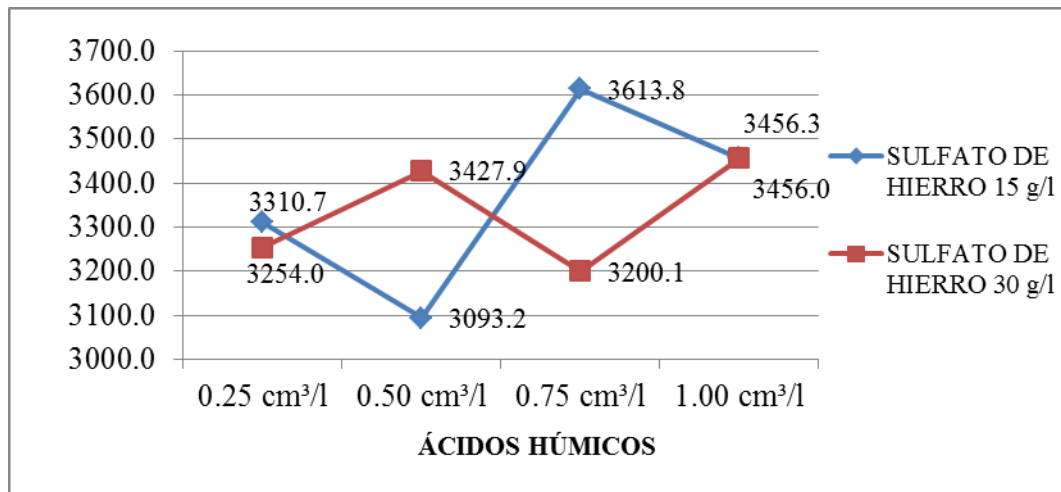
De acuerdo al análisis estadístico (Cuadros 23A y 24A), indica diferencia significativa, para la fuente de variación interacción entre sulfato de hierro y ácidos húmicos, las demás fuentes de variación son no significativas. El coeficiente de variación es 6,2 % y la media general 3 355,3 g/m<sup>2</sup>.

En los niveles sulfato de hierro, el mayor promedio, es el nivel 15 g/l con 3 368,5 g/m<sup>2</sup> y el menor promedio el nivel 30 g/l, con 3 334,5 g/m<sup>2</sup>; el testigo (Quelato de hierro) con 3 385,7 g/m<sup>2</sup> es mayor que los dos niveles sulfato de hierro. Entre los niveles ácidos húmicos, el mayor promedio es el nivel 1,00 cm<sup>3</sup>/l con 3 456,15 g/m<sup>2</sup> y el menor promedio, para el nivel 0,25 cm<sup>3</sup>/l con 3 260,53 g/m<sup>2</sup>. En las interacciones sulfato de hierro - ácidos húmicos, el mayor promedio es para la combinación 15 g/l - 0,75 cm<sup>3</sup>/l con 3 613,8 g/m<sup>2</sup> y el menor promedio, para la combinación 15 g/l - 0,50 cm<sup>3</sup>/l con 3 093,2 g/m<sup>2</sup>. (Cuadro 29 y figura 20).

**Cuadro 29. Rendimiento (g/m<sup>2</sup>), lechuga hidropónica en Manglaralto.**

Sulfato de hierro g/l	Ácidos húmicos cm <sup>3</sup> /l				$\bar{X}$
	0,25	0,50	0,75	1,00	
15	3310,7	3093,2	3613,8	3456,3	3368,5
30	3254,0	3427,9	3200,1	3456,0	3334,5
Quelato	-	-	-	-	3385,7
	3282,3	3260,53	3406,9	3456,15	
C.V. 19,1 %					

Las medias del factor A, dentro del factor B (Cuadro 30), la prueba de Tukey muestran que los niveles ácidos húmicos 0,25 cm<sup>3</sup>/l y 1,00 cm<sup>3</sup>/l las medias son iguales; mientras que el nivel ácidos húmico 0,5 cm<sup>3</sup>/l las dosis de sulfato de hierro 15 y 30 g/l son diferentes con 3 093,2 g/m<sup>2</sup> y 3 427,9 g/m<sup>2</sup> respectivamente; el nivel ácidos húmicos 0,75 cm<sup>3</sup>/l las dosis sulfato de hierro 15 y 30 g/l, también son diferentes con valores de 3 613,8 g/m<sup>2</sup> y 3 200,1 g/m<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 20. Rendimiento ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), niveles de sulfato de hierro y quelato de hierro, en la producción de lechuga hidropónica en Manglaralto.**

**Cuadro 30. Comparación de medias, rendimiento ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) del factor A dentro de los niveles del factor B**

Nivel 1. Ácido húmico 0,25 $\text{cm}^3/\text{l}$		
Promedios	30 3254,0 a	15 3310,7 a
Nivel 2. Ácido húmico 0,50 $\text{cm}^3/\text{l}$		
Promedios	15 3093,2 b	<b>30</b> <b>3427,9 a</b>
Nivel 3. Ácido húmico 0,75 $\text{cm}^3/\text{l}$		
Promedios	30 3200,1 b	<b>15</b> <b>3613,8 a</b>
Nivel 4. Ácido húmico 1,00 $\text{cm}^3/\text{l}$		
Promedios	30 3456,0 a	15 3456,3 a

El cuadro 31 indica la comparación de medias del factor B, dentro del factor A, la prueba de Tukey indica que en el nivel sulfato de hierro 15 g/l, existen dos grupos estadísticos, las dosis ácidos húmicos 0,25 cm<sup>3</sup>/l; 0,50 cm<sup>3</sup>/l y 0,75 cm<sup>3</sup>/l son iguales con valores de 3 613,8 g/m<sup>2</sup>; 3 456,3 y 3 310,7 respectivamente, mientras que la dosis 1,00 cm<sup>3</sup>/l con un valor de 3 093,2 g/m<sup>2</sup> es diferente a los demás; el nivel sulfato de hierro 30 g/l, todas las dosis ácidos húmicos son iguales.

**Cuadro 31. Comparación de medias, rendimiento g/m<sup>2</sup> del factor B dentro de los niveles del factor A**

Nivel 1. Sulfato de hierro 15 g/l				
Promedios	0,50 3093,2 b	0,25 3310,7 a	1,00 3456,3 a	0,75 3613,8 a
Nivel 1. Sulfato de hierro 30 g/l				
Promedios	0,75 3200,1 a	0,25 3254,0 a	0,50 3427,9 a	1,00 3456,0 a

#### 4.1.13 ANÁLISIS FOLIAR

El cuadro 32 muestra los resultados obtenidos del análisis foliar a los 57 días, para la determinación de macroelementos y microelementos, realizado en el Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas de la Estación Experimental del Litoral del Sur; el tratamiento T4 muestra con rango adecuado en nitrógeno, los demás tratamientos fueron excesivos; los valores de fosforo, en todos los tratamientos fueron adecuados; en cuanto al potasio todos los valores mostraron ser excesivos. Para el calcio y magnesio todos los tratamientos son deficientes; en cuanto al zinc, cobre, manganeso y boro los rangos fueron adecuados; mientras que para el hierro los valores de todos los tratamientos fueron excesivos.

**Cuadro 32. Resultados del análisis químico de tejidos, Efecto del sulfato de hierro y ácidos húmicos en solución nutritiva, en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crispa L.), bajo hidroponía en Manglaralto. .**

Tratamiento	%											ppm										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
1	4,90 E	0,50 A	7,35 E	0,86 D	0,23 D	0,27	45 A	7,0 A	133,5 E	81,7 A	30 A	4,90 E	0,50 A	7,35 E	0,86 D	0,23 D	0,27	45 A	7,0 A	133,5 E	81,7 A	30 A
2	4,80 E	0,53 A	6,60 E	0,76 D	0,22 D	0,27	47,5 A	8,10 A	209,0 E	75,9 A	37 A	4,80 E	0,53 A	6,60 E	0,76 D	0,22 D	0,27	47,5 A	8,10 A	209,0 E	75,9 A	37 A
3	5,00 E	0,57 A	7,20 E	0,72 D	0,21 D	0,27	47,5 A	8,50 A	134,5 E	65,5 A	35 A	5,00 E	0,57 A	7,20 E	0,72 D	0,21 D	0,27	47,5 A	8,50 A	134,5 E	65,5 A	35 A
4	4,5 A	0,53 A	7,95 E	1,13 D	0,24 D	0,27	47,5 A	10,4 A	162,0 E	100,8 A	33 A	4,5 A	0,53 A	7,95 E	1,13 D	0,24 D	0,27	47,5 A	10,4 A	162,0 E	100,8 A	33 A
5	4,80 E	0,52 A	6,85 E	0,82 D	0,22 D	0,29	45 A	8,10 A	136,0 E	88,4 A	37 A	4,80 E	0,52 A	6,85 E	0,82 D	0,22 D	0,29	45 A	8,10 A	136,0 E	88,4 A	37 A
6	5,00 E	0,60 A	7,17 E	0,75 D	0,23 D	0,28	50 A	9,30 A	128,5 E	74,8 A	36 A	5,00 E	0,60 A	7,17 E	0,75 D	0,23 D	0,28	50 A	9,30 A	128,5 E	74,8 A	36 A
7	4,80 E	0,47 A	7,75 E	0,99 D	0,24 D	0,31	42,5 A	9,70 A	163,0 E	79,7 A	35 A	4,80 E	0,47 A	7,75 E	0,99 D	0,24 D	0,31	42,5 A	9,70 A	163,0 E	79,7 A	35 A
8	4,80 E	0,48 A	8,05 E	0,92 D	0,24 D	0,30	45 A	9,30 A	165,5 E	76,6 A	33 A	4,80 E	0,48 A	8,05 E	0,92 D	0,24 D	0,30	45 A	9,30 A	165,5 E	76,6 A	33 A
9	4,60 E	0,49 A	7,55 E	1,05 D	0,24 D	0,29	32,5 A	9,30 A	179,0 E	91,6 A	39 A	4,60 E	0,49 A	7,55 E	1,05 D	0,24 D	0,29	32,5 A	9,30 A	179,0 E	91,6 A	39 A
Rangos de suficiencia/	3,5-4,5	0,45-0,8	5,5-6,2	2-2,80	0,6-0,8	N.D.	20-250	5-20	40-100	11-250	25-60	3,5-4,5	0,45-0,8	5,5-6,2	2-2,80	0,6-0,8	N.D.	20-250	5-20	40-100	11-250	25-60

A = adecuado E = excesivo D = deficiente

1/MILLS H. and JONES B. Jr. 2005.

Fuente: Laboratorio de suelos, tejidos vegetales y agua de la EE Litoral del Sur. Dr. Enrique Ampuero Pareja.

#### 4.1.14 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS

De acuerdo al análisis de presupuesto parcial (Cuadro 33), el mayor beneficio bruto corresponde al tratamiento tres (Sulfato de hierro 15 g/l + 0,75 cm<sup>3</sup>/l de ácidos húmicos), el mismo que alcanzó \$ 7 082,95, el mayor beneficio neto para el tratamiento tres (Sulfato de hierro 15 g/l + 0,75 cm<sup>3</sup>/l de ácidos húmicos), con un valor de \$ 6 672,13; en el total de costos que varían el valor más alto fue para el tratamiento nueve, (Quelato de hierro, testigo), con un valor de \$ 1 200 y el valor más bajo para el tratamiento uno (Sulfato de hierro 15 g/l + 0,25 cm<sup>3</sup>/l de ácidos húmicos), con \$ 140,82. Se tomó como base el kg con un precio de \$ 2,00.

El análisis de dominancia (Cuadro 34) indica que, los tratamientos 5; 2; 7; 4, 8 y 9 resultaron dominados, pues al aumentar los costos que varían, los beneficios netos no se incrementan con relación a los tratamientos 3 y 6.

El análisis marginal (Cuadro 35), indica una tasa de retorno marginal de 63,19 % (\$ 0,63 de ganancia más el dólar invertido), para la adaptación del tratamiento seis (Sulfato de hierro 30 g/l + 0,5 cm<sup>3</sup>/l de ácidos húmicos) y una tasa de retorno marginal de 168,89 % (\$ 1,68 de ganancia más el dólar invertido), para la adaptación del tratamiento tres (Sulfato de hierro 15 g/l + 0,75 cm<sup>3</sup>/l de ácidos húmicos).

El cuadro 36 y 26A señala la relación beneficio costo de cada uno de los tratamientos, el mayor valor registró el tratamiento tres (sulfato de hierro 15 g/l + 0,75 cm<sup>3</sup>/l) con una relación beneficio/costo de 1,37 y la menor relación beneficio/costo 1,11 que corresponde al tratamiento nueve quelato de hierro, testigo.

**Cuadro 33. Presupuesto parcial del ensayo de lechuga, en 1 000 m<sup>2</sup>. Dólares. Manglaralto, Santa Elena, 2010**

	TRATAMIENTOS										TESTIGO
	S1 A1	S1 A2	S1 A3	S1 A4	S2 A1	S2 A2	S2 A3	S2 A4			
Rendimiento medio (kg/1000 m <sup>2</sup> )	3310,65	3093,16	3613,75	3456,25	3253,95	3427,9	3200,05	3456,04			3385,7
Rendimiento ajustado a 2 % (kg/1000 m <sup>2</sup> )	3244,44	3031,3	3541,48	3387,13	3188,87	3359,34	3136,05	3386,92			3317,99
Beneficio bruto de campo (\$/1000 m <sup>2</sup> )*	6488,87	6062,59	7082,95	6774,25	6377,74	6718,68	6272,1	6773,84			6635,97
Sulfato de hierro (kg/1000 m <sup>2</sup> )	1,20	1,20	1,20	1,20	2,40	2,40	2,40	2,40			-
Ácido húmico (l/1000 m <sup>2</sup> )	20,00	40,00	60,00	80,00	20,00	40,00	60,00	80,00			-
Quelato de hierro (l/1000 m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-			80
Costo de sulfato de hierro (\$/1000 m <sup>2</sup> )	0,82	0,82	0,82	0,82	1,63	1,63	1,63	1,63			-
Costo del ácido húmico (\$/1000 m <sup>2</sup> )	140,00	280,00	420,00	560,00	140,00	280,00	420,00	560,00			-
Costo del quelato de hierro (\$/1000 m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-			1200,00
Total de costo que varían	140,82	280,82	420,82	560,82	141,63	281,63	421,63	561,63			1200,00
Beneficios netos (modulo)	6348,06	5781,78	6672,13	6213,43	6236,11	6437,05	5850,47	6212,21			5435,97

**\*Se tomó como base el kg con un precio de \$ 2,00**



**Cuadro 34. Análisis de dominancia experimento de lechuga,  
Manglaralto 2010**

Tratamiento	Descripción	Total costos que varían 1000 m <sup>2</sup>	Beneficios netos 1000 m <sup>2</sup>	
T1		140,82	6348,06	
T5		141,63	6236,11	D
T2		280,82	5781,78	D
T6		281,63	6437,05	
T3		420,82	6672,13	
T7		421,63	5850,47	D
T4		560,82	6213,43	D
T8		561,63	6212,21	D
T9		1 200	5435,97	D

**Cuadro 35. Análisis marginal del experimento de lechuga,  
Manglaralto 2010. Dolares**

Tratamiento	Total costos que varían	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios netos marginales	Tasa de retorno marginal
T1	140,82		6348,06		
		140,82		88,99	63,19
T6	281,63		6437,05		
		139,18		235,08	168,89
T3	420,82		6672,13		

**Cuadro 36. Relación beneficio/ costo**

LABORES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL										
				T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9		
1. Preparación del terreno	jornal	10	10,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2. Materiales cubierta				1006,00	1006,00	1006,00	1006,00	1006,00	1006,00	1006,00	1006,00	1006,00	1006,00	1006,00
Depreciación 5 años				201,20	201,20	201,20	201,20	201,20	201,20	201,20	201,20	201,20	201,20	201,20
Plástico	m <sup>2</sup>	2000	1,875	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00
Depreciación 10 ciclos				375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00
Mano de obra construcción	jornal	60	10,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
3. Módulos (cajas)				13020,00	13020,00	13020,00	13020,00	13020,00	13020,00	13020,00	13020,00	13020,00	13020,00	13020,00
Depreciación 10 ciclos				1302,00	1302,00	1302,00	1302,00	1302,00	1302,00	1302,00	1302,00	1302,00	1302,00	1302,00
Mano de obra	jornal	20	10,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
4. Mesones				1170,00	1170,00	1170,00	1170,00	1170,00	1170,00	1170,00	1170,00	1170,00	1170,00	1170,00
Depreciación 10 ciclos				117,00	117,00	117,00	117,00	117,00	117,00	117,00	117,00	117,00	117,00	117,00
Mano de obra	jornal	20	10,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
5. Insumos para la siembra				665,40	665,40	665,40	665,40	665,40	665,40	665,40	665,40	665,40	665,40	665,40
6. Siembra				352,00	352,00	352,00	352,00	352,00	352,00	352,00	352,00	352,00	352,00	352,00
7. Fertilizantes				146,49	146,49	146,49	146,49	146,49	146,49	146,49	146,49	146,49	146,49	146,49
8. Control fitosanitario				42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
9. Cosecha manual	jornal	30	10,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
10. Agua (Solución nutritiva)	m <sup>3</sup>	120	0,05	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Mano de obra	jornal	15	10,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
<b>11. Costo de sulfato de hierro</b>				0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	-
<b>12. Costo del ácido húmico</b>				140,00	280,00	420,00	560,00	140,00	280,00	420,00	560,00	420,00	560,00	-
<b>13. Costo del quelato de hierro</b>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200,00
<b>TOTAL DE COSTOS</b>				4897,90	5037,90	5177,90	5317,90	4898,72	5038,72	5178,72	5318,72	5178,72	5318,72	5957,09
<b>Beneficio bruto en campo</b>				6488,87	6062,59	7082,95	6774,25	6377,74	6718,68	6272,10	6773,84	6272,10	6773,84	6635,97
<b>Benéfico neto</b>				6348,06	5781,78	6672,13	6213,43	6236,11	6437,05	5850,47	6212,21	5850,47	6212,21	5435,97
<b>Relación beneficio/costo</b>				1,32	1,2	1,37	1,27	1,3	1,33	1,21	1,27	1,21	1,27	1,11

## 4.2 DISCUSIÓN

El ensayo se realizó en los meses de mayo a julio, con promedios de temperatura mínima de 22,2 °C y temperatura máxima de 27,4 °C, mientras que LARRY y GUENCO (s.f.), afirman que el rango de temperatura para su desarrollo es de 13 a 25 °C.

En las variables largo de raíz, ancho de hoja y largo de hoja, se halló diferencia significativa entre los tratamientos, obteniéndose promedios superiores en la aplicación de quelato de hierro con respecto a la aplicación de sulfato de hierro, coincidiendo con ABADÍA BAYONA J., ABADÍA BAYONA A. y ÁLVAREZ FERNÁNDEZ A. (2006), quienes señalan que los quelatos tienen una gran solubilidad en agua lo que los hace muy útiles para suministrar hierro a las plantas que se desarrollan sin suelo o sobre sustratos inertes; los quelatos sintéticos producen un aumento de hierro en la solución del suelo, disponible para la absorción de las raíces.

El rendimiento alcanzado con la aplicación de 15 g/l de sulfato de hierro en interacción con 0,75 cm<sup>3</sup>/l de ácidos húmicos en solución nutritiva, fue superior a la obtenida con la aplicación de quelato de hierro y al rendimiento alcanzado por RIVERA GONZALES VH (2010), quien utilizó 25 g/l de sulfato de hierro y 1 cm<sup>3</sup> de ácidos húmicos.

En el análisis foliar se observó que el hierro y potasio se encontraron de manera excesiva, al igual que el nitrógeno, con excepción del T4 que se encontró en un rango de suficiencia adecuado. El fósforo, zinc, cobre, manganeso y boro están en un rango de suficiencia adecuado en todos los tratamientos; el calcio y magnesio en todos los tratamientos se encontraron en concentraciones deficientes. Lo mencionado concuerda con el rango de suficiencia reportado por MILLS H. and JONES B. Jr. (2005).

El análisis económico indicó que los tratamientos con aplicaciones de sulfato de hierro y ácidos húmicos fueron entre un 54 % y 89 % menos costosos que las aplicaciones con quelato de hierro en solución nutritiva, corroborando lo señalado por CRANE J. et al. (2007 en línea), quienes reportan un análisis económico en que los tratamientos foliares con ácidos - hierro fueron entre 75 % y 88 % menos costosos que las aplicaciones de quelato de hierro al suelo.

El análisis económico según la metodología CIMMYT (1988) de relación beneficio costo señala al tratamiento tres con el mejor desempeño económico, con una tasa de retorno marginal de 168,69 %, es decir, 15 g/l de sulfato de hierro (solución madre) en interacción con 0,75 cm<sup>3</sup>/l de solución nutritiva de ácidos húmicos y 1,37 para la relación beneficio costo, que la direcciona como la mejor alternativa económica, que se explica con el menor costo de la enmienda húmica y un rendimiento aceptable.

**Se aceptan las hipótesis planteadas: la aplicación de SO<sub>4</sub> reduce la deficiencia de hierro y el suministro de ácidos húmicos estimula la absorción de hierro en el cultivo de lechuga.**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación permiten realizar las siguientes conclusiones:

- Las variables agronómicas, altura de planta, lectura spad y peso seco de follaje, son estadísticamente iguales para en la aplicación de  $\text{SO}_4$  y ácidos húmicos, con respecto al quelato de hierro.
- La interacción sulfato de hierro - ácido húmicos presenta influencia en el peso fresco de follaje, peso fresco de raíz, peso seco de follaje y rendimiento.
- El T3 (15g/l sulfato de hierro - 0,75  $\text{cm}^3$ /l ácidos húmicos) obtuvo el mayor número de hojas con 14,3 unidades/planta.
- En la aplicación de quelato de hierro (testigo) destacan las variables largo de raíz con 22,12 cm, largo de hoja con 21,6 cm y ancho de hoja con 15,62 cm, en comparación con los demás tratamientos.
- El mejor rendimiento fue para el tratamiento 3, utilizando 15 g/l sulfato de hierro - 0,75  $\text{cm}^3$ /l ácidos húmicos con un promedio de 3 613,8  $\text{g/m}^2$ .
- El mayor contenido de hierro es para el T2 con 209 ppm. De acuerdo al análisis químico de tejidos y al rango de suficiencia, el contenido de hierro resultó excesivo, superior al rango de 40 – 100 ppm.
- En la variable nivel de clorofila destaca el T2 (15 g/l sulfato de hierro - 0,5  $\text{cm}^3$ /l ácidos húmicos) con 21,2 %, y el menor promedio para el T4 (15 g/l sulfato de hierro - 1,00  $\text{cm}^3$ /l ácidos húmicos) con 18 %.
- El valor más alto del total de costos que varían fue para el T9 (Quelato de hierro, testigo), con \$ 1 200,00 y el valor más bajo para el T1 (Sulfato de hierro 15 g/l + 0,25  $\text{cm}^3$ /l de ácidos húmicos), con \$ 140,82.
- El análisis marginal indica una tasa de retorno marginal de 63,19 % para la adopción del T6 (Sulfato de hierro 30 g/l + 0,5  $\text{cm}^3$ /l de ácidos

húmicos), y de 168,89 % para el T3 (Sulfato de hierro 15 g/l + 0,75 cm<sup>3</sup>/l de ácidos húmicos).

- El T3 obtuvo la mayor relación beneficio/costo de 1,37 y la menor, de 1,11, correspondiente al T9.

## **RECOMENDACIONES**

- Utilizar sulfato de hierro combinado con ácidos húmicos en solución nutritiva como alternativa de quelato de hierro, en la producción de lechuga cresspa; utilizando 15 g/l de sulfato de hierro + 0,25 cm<sup>3</sup>/l de ácidos húmicos.
- Considerar los elementos que aporta el agua, en la elaboración de la solución nutritiva, especialmente con los elementos calcio y magnesio.
- Estudiar otros genotipos de lechugas y cultivares que se adaptan al sistema de raíz flotante.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ABADÍA BAYONA J., ABADÍA BAYONA A. y ÁLVAREZ FERNÁNDEZ A. s/f. Cultivos frutales. Evaluación química y agronómica de quelatos de hierro sintéticos. en línea. Consultado el 20 de ene. 2012. Disponible en [http://www.marm.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Vrural%5CVrural\\_2006\\_227\\_20\\_45.pdf](http://www.marm.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Vrural%5CVrural_2006_227_20_45.pdf)

ALVARADO, D. CHAVEZ, F y WILHELMINA, K. 2001. Seminario de Agro negocios lechugas hidropónicas. en línea. Consultado el 15 de may. de 2014. Disponible en: [http://www.up.edu.pe/carrera/administracion/siteassets/lists/jer\\_jerarquia/editform/11lechugh.pdf](http://www.up.edu.pe/carrera/administracion/siteassets/lists/jer_jerarquia/editform/11lechugh.pdf)

BARTON, L L y ABADIA, J. 2006. Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms. Springer. 492p.

BARRIOS ARREAGA NE. 2004. Evaluación del cultivo de la lechuga, *lactuca sativa* L. bajo condiciones hidropónicas en Pachalí, San Juan Sacatepéquez, Guatemala. en línea. Consultado el 06 ene. 2011. Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2071.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2071.pdf)

BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA 2001. Horticultura. Cultivo en invernadero. 3ed. Barcelona ES. p. 721.

CALDERÓN s/f. Todo sobre quelatos. Quelatación la teoría de los ligandos. en línea. Consultado el 22 de ago. de 2011. Disponible en [http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Cartilla\\_Quelatos.pdf](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Cartilla_Quelatos.pdf)

CÁRDENAS CASTILLO CM. 2004. Determinación de los efectos en rendimiento de la producción de lechuga hidropónica y convencional en

condiciones de El Zamorano, Honduras. en línea. Consultado el 06 ene. 2011. Disponible en [http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis\\_infolib/2004/T1844.pdf](http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2004/T1844.pdf)

CERDÁN SALA M. 2003. Estabilidad de los isómeros de FeEDDHA y pFeEDDHMA en diferentes medios nutritivos. Tesis de doctorado. en línea. Consultado el 22 de ago. 2011. Disponible en <http://descargas.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/jlv/24616130090149942976613/012260.pdf>

CIMMYT 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Mexico.79p.

COMPAGNONI, L. y PUTZOLU, G. 1990. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Barcelona. De Vecchi p. 62 – 91.

CRANE J. et al. 2007. Efecto de ácidos y sulfato ferroso aplicados foliarmente en la nutrición de hierro en aguacates. en línea. Consultado el 25 de feb. de 2012. Disponible en: [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:ZBs6pupaHxAJ:www.avocadosource.com/wac6/es/extenso/3a-94.pdf+quelato+de+hierro+aguacate&hl=es&gl=ec&pid=bl&srcid=ADGEEShqNxB4r2WON7wocAxdFsDvUTaONwiYkNdAHDu\\_ZO4kosm9NMttgsdpamffYL8qjpJL8yN39VhGILtQyC0\\_A5aqPK8tmw\\_PLPF\\_5EiKtrteburZLnmVvVtV39xCYtewIwciheL&sig=AHIEtbTcEBybHM17EG2Kj4MBRrqb-N01kg](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:ZBs6pupaHxAJ:www.avocadosource.com/wac6/es/extenso/3a-94.pdf+quelato+de+hierro+aguacate&hl=es&gl=ec&pid=bl&srcid=ADGEEShqNxB4r2WON7wocAxdFsDvUTaONwiYkNdAHDu_ZO4kosm9NMttgsdpamffYL8qjpJL8yN39VhGILtQyC0_A5aqPK8tmw_PLPF_5EiKtrteburZLnmVvVtV39xCYtewIwciheL&sig=AHIEtbTcEBybHM17EG2Kj4MBRrqb-N01kg)

ELIZARRARAS LOZANO S. *et al.* 2009. La aplicación de ácidos húmicos sobre características productivas de *Clitoria ternatea* L. en la región Centro - Occidente de México. en línea. Consultado el 16 de jun. de 2010. Disponible en <http://www.librosintinta.com/busca/acidos+humicos/pdf/>.



FAOSTAT 2014. Producción. Cultivos. en línea. Consultado el 29 de may. de 2014. Disponible en: [http// http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S](http://http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S).

FOROSWEBGRATIS s/f. Las plantas-los jardines y algo más. Sulfato de hierro y el quelato de hierro en las plantas. en línea. Consultado el 16 de jun. de 2012. Disponible en [http:// www.foroswebgratis.com/mensaje-ulfato\\_de\\_hierro\\_y\\_el\\_quelato\\_de\\_hierro\\_en\\_las\\_plantas-92099-756800-1-2510592.htm](http://www.foroswebgratis.com/mensaje-ulfato_de_hierro_y_el_quelato_de_hierro_en_las_plantas-92099-756800-1-2510592.htm)

FOOD & AGRICULTURE ORG. 2002. El cultivo protegido en clima Mediterráneo. Estudio FAO: Producción y Protección vegetal. 344p.

GIACONI, V. y ESCAFF, M. 1995. Cultivo de hortalizas. 11a. ed. Santiago, Universitaria. 337 p.

HERNÁNDEZ GIL R. 2001. Nutrición mineral de las plantas. en línea. Consultado el 22 de ago. de 2011. Disponible en <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/>

HUMIN TECH s/f. Productos agrarios basados sobre ácidos húmicos. en línea. Consultado el 16 de jun. de 2010. Disponible en <http://www.humintech.com/pdf/imagebrochure.02.034.pdf>

HUTERWAL, GO. 2000. Hidroponía: Cultivo de plantas sin suelo. Buenos Aires. Albatros. 251 p.

JACOB, A. y VON UEXKÜLL. 1973. Fertilización: Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. L. LÓPEZ MARTÍNEZ DE ALBA. 4ed. México. Euroamericanas Klaus Thiele. 626 p.

JUÁREZ SANZ M. SÁNCHEZ SÁNCHEZ A. y CERDÁN SALA M. 2007. Nutrición férrica de los cultivos. en línea. Consultado el 21 oct. 2013. Disponible en <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1847/1/Nutrici%C3%B3n%20f%C3%A9rrica.pdf>

LAITENBERGER K. 2013. Vegetables and Herbs for the Greenhouse and Polyunnel. London. 390p.

MONTESDEOCA PACHECO N. 2009. Caracterización física, química y funcional de la lechuga rizada (*lactuca sativa* variedad crispera), para la creación de una norma técnica ecuatoriana, por parte del instituto ecuatoriano de normalización, 2008. en línea. Consultado el 09 de oct. 2011. Disponible en [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/300/1/ALIMENTOS\\_79.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/300/1/ALIMENTOS_79.pdf)

MAROTO BORREGO JV., GÓMEZ AM., M. y BAIXAULI SORIA C. 1999. La lechuga y la escarola. Barcelona. Mundi – Prensa. 242 p.

MARULANDA TABARES CH. 2003. Hidroponía familiar. Cultivo de esperanzas con rendimientos de paz. en línea. Consultado el 14 jul. 2011. Disponible en [http://www.pnud.org.co/img\\_upload/9056f18133669868e1cc381983d50faa/Hidroponia2004.pdf](http://www.pnud.org.co/img_upload/9056f18133669868e1cc381983d50faa/Hidroponia2004.pdf).

MILLS H. y JONES B. Jr. 2005. Plant analysis handbook II. A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. US, Micromacro. p 365

MORENO MOSCOSO *et al.* 1995. Hidroponía un nuevo campo en la agricultura. Tercer curso – Taller de Hidroponía. Del 04 al 09 de septiembre. UNALAM. PE. 92 p.

NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE US. 1974. Manual de fertilizantes. Trad. M. RODRÍGUEZ DE LA TORRE. 2ed. México. Limusa. 292 p.

RAYMOND G. AT. 2009. Vegetable Seed Production. 3ed. London. Cabi. 320p.

RAMIREZ AGUIRRE C. 2005. Producción hidropónica de pimiento *Capsicum annum* Miller cultivados en cuatro tipos de sustratos y tres soluciones nutritivas. Tesis Ing. Agr. Milagro. EC. Universidad de Guayaquil. p. 5 – 7.

RIVERA GONZALES VH. 2010. Efecto de la aplicación de dos fuentes de hierro en solución nutritiva y foliar sobre el rendimiento de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*). Tesis Ing. Agr. Guayaquil. EC. Universidad de Guayaquil. 75p.

RODRIGUEZ DELFIN A. *et al.* 2004. Manual Práctico de Hidroponía. Universidad Nacional Agraria La Molina. 4ed. Lima. 100 p.

RODRIGUEZ DELFIN A.; HOYOS ROJAS M. y CHANG LA ROSA M. 2001. Soluciones nutritivas en hidroponía. Formulación y preparación Universidad Nacional Agraria La Molina. 1ed. Lima. 99 p.

RESH, HM. 1997. Cultivos hidropónicos. 4ed. Madrid. Mundi – Prensa. 509 p.

SANCHEZ DEL CASTILLO F. y ESCALANTE RE. 1988. Hidroponía. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. Edo de México. México. p. 11.

SAMPEIRO RUIZ G. 1997. Hidroponía Básica: El cultivo fácil y rentable de plantas sin tierras. 1ed. México. Diana. 153 p.

SAMPEIRO RUIZ G. 1999. Hidroponía Comercial. 1ed. México. Diana. 172 p.

SELLAMUTHU, KM y GOVINDASWAMY, M. 2005. Efecto de ácidos húmicos en la mitigación para clorosis de hierro en el cultivo de cacahuete, en suelo calcáreo rojo. en línea. Consultado el 03 de nov. 2013. Disponible en <http://www.ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.10.0b/ovidweb.cgi?&S=CIPJFPBFMKDDNHFLN CNKCAGCPDLBAA00&Complete+Reference=S.sh.59%7c3%7c1>.

TARZONA s/f. Sulfato de hierro. en línea. Consultado el 16 jun. 2012. Disponible en [http://www.antoniotarazona.com/fichas/pdfs\\_Nuevos/sulfato\\_de\\_hierro.pdf](http://www.antoniotarazona.com/fichas/pdfs_Nuevos/sulfato_de_hierro.pdf).

URRESTARAZU GAVILÁN M. *et al* 2000. Manual de Cultivos sin Suelos. Universidad de Almería. 2ed. Madrid. Mundi – Prensa. 648 p.

VALADES, L. A. 1988. Producción de hortalizas. México. Limaza. 298 p.

# ANEXOS

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Cuadro 1A. Promedios de variables número de hojas
- Cuadro 2A. Concentración para suma de cuadrados de efectos simples
- Cuadro 3A. Promedios generales, números de hojas
- Cuadro 4A. Análisis de varianza, número de hojas
- Cuadro 5A. Promedios generales, largo de raíz
- Cuadro 6A. Análisis de varianza, largo de raíz
- Cuadro 7A. Promedios generales, altura de planta
- Cuadro 8A. Análisis de varianza, altura de planta
- Cuadro 9A. Promedios generales, largo de hoja
- Cuadro 10A. Análisis de varianza, largo de hoja
- Cuadro 11A. Promedios generales, ancho de hoja
- Cuadro 12A. Análisis de varianza, ancho de hoja
- Cuadro 13A. Promedios generales, lectura spad
- Cuadro 14A. Análisis de varianza, lectura spad
- Cuadro 15A. Promedios generales, peso fresco de follaje
- Cuadro 16A. Análisis de varianza, peso fresco de follaje
- Cuadro 17A. Promedios generales, peso fresco de raíz
- Cuadro 18A. Análisis de varianza, peso fresco de raíz
- Cuadro 19A. Promedios generales, peso seco de follaje
- Cuadro 20A. Análisis de varianza, peso seco de follaje
- Cuadro 21A. Promedios generales, peso seco de raíz
- Cuadro 22A. Análisis de varianza, peso seco de raíz
- Cuadro 23A. Promedios generales, rendimiento
- Cuadro 24A. Análisis de varianza, rendimiento
- Cuadro 25A. Temperaturas durante la investigación
- Cuadro 26A. Relación beneficio costo
- Cuadro 27A. Análisis de agua utilizada en el ensayo
- Cuadro 28A. Análisis químico de tejidos del cultivo de lechuga

- Cuadro 29A. Análisis químico de conductividad eléctrica de la solución nutritiva
- Cuadro 30A. Análisis químico de pH de la solución nutritiva
- Figura 1A. Elaboración de las cajas
- Figura 2A. Semilleros en arena dulce
- Figura 3A. Plántulas de lechuga
- Figura 4A. Agua de pozo para preparar soluciones nutritivas
- Figura 5A. Llenado de cajas con agua
- Figura 6A. Soluciones concentradas
- Figura 7A. Dosificación de los nutrientes para las soluciones
- Figura 8A. Soluciones concentradas A y B
- Figura 9A. Solución de sulfato de hierro
- Figura 10A. Plántulas en cajas de pre trasplante
- Figura 11A. Trasplante
- Figura 12A. Raíces de lechuga en solución nutritiva
- Figura 13A. Trasplante definitivo del ensayo
- Figura 14A. Vista superior del ensayo
- Figura 15A. Oxigenación de la solución nutritiva
- Figura 16A. Lechuga lista para la cosecha
- Figura 17A. Evaluación de las variables
- Figura 18A. Toma de datos de las variables
- Figura 19A. Lechugas cosechadas

## EXPLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA

**Cuadro 1A. Promedios de variable número de hojas**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	13.2	13.2	12.6	12.3	51.3	12.8
S1 a2	13.2	13.4	12.8	11.4	50.8	12.7
S1 a3	13.6	15.2	14.8	13.6	57.2	14.3
S1 a4	13.0	14.0	13.6	13.0	53.6	13.4
S2 a1	13.0	13.8	13.8	11.9	52.5	13.1
S2 a2	12.7	13.0	14.2	12.0	51.9	13.0
S2 a3	12.6	13.6	13.0	12.8	52.0	13.0
S2 a4	13.8	13.8	14.2	13.0	54.8	13.7
$t_0$	12.0	12.0	13.4	12.5	49.9	12.5

$$\bar{X} = 13.2$$

**Cuadro 2A. Concentración para sumas de cuadrados de efectos simples**

	a1	a2	a3	a4	$Y_{i.}(\Sigma)$	
S1	51.3	50.8	57.2	53.6	212.9	
S2	52.5	51.9	52.0	54.8	211.2	
$Y_{.j}$	103.8	102.7	109.2	108.4	424.1	$Y_{...}$

### 1.- Suma de cuadrados total

$$\begin{aligned}
 Sc \text{ total} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r Y^2_{ijk} + \sum_{i=1}^q t^2_i - \frac{(Y_{...} + t_0)^2}{abr + q} \\
 &= [(13,2)^2 + (13,2)^2 + \dots + (13,0)^2] + [(12,0)^2 + \dots + (12,5)^2] - \frac{(424,1 + 49,9)^2}{2 \cdot 4 \cdot 4 + 4}
 \end{aligned}$$



$$= 5640,59 + 623,81 - 6241,00$$

$$= 23,40$$

## 2.- Suma de cuadrados testigo vs. factorial

$$Sc \text{ testigo vs. factorial} = \frac{to^2}{q} + \frac{(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c Y_{ijk})^2}{abr} - \frac{(Y \dots + to)^2}{abr + q}$$

$$= \frac{(49,9)^2}{4} + \frac{(424,1)^2}{2*4*4} - \frac{(424,1 + 49,9)^2}{2*4*4 + 4}$$

$$= 622,5025 + 5620,650313 - 6241,00$$

$$= 2,152813$$

## 3.- Suma de cuadrados sulfato de hierro (A)

$$Sc A = \sum_{i=1}^a \frac{Y^2_{i..}}{br} - \frac{Y^2 \dots}{abr}$$

$$= \frac{(212,9)^2 + (211,2)^2}{4*4} - \frac{(424,1)^2}{2*4*4}$$

$$= 5620,740625 - 5620,650313$$

$$= 0,090312$$

## 4.- Suma de cuadrados ácidos húmicos (B)

$$Sc B = \sum_{j=1}^b \frac{Y^2_{.j.}}{ar} - \frac{Y^2 \dots}{abr}$$

$$= \frac{(103,8)^2 + (102,7)^2 + (109,2)^2 + (108,4)^2}{2*4} - \frac{(424,1)^2}{2*4*4}$$

$$= 5624,61625 - 5620,650313$$

$$= 3,963237$$

**5.- Suma de cuadrados sulfato de hierro (A) x ácidos húmicos (B)**

$$\begin{aligned} Sc A * B &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y^2_{ij}}{r} - \frac{Y^2_{...}}{abr} - (Sc A + Sc B) \\ &= \frac{(50,4)^2 + \dots + (54,8)^2}{4} - \frac{(424,1)^2}{2*4*4} - (0,090312 + 3,963237) \\ &= 5628,5075 - 5620,650313 - 4,053549 \\ &= 3,803638 \end{aligned}$$

**6.- Suma de cuadrados del error experimental**

$$\begin{aligned} Sc EE &= Sc total - (Sc testigo vs. factorial + Sc A + Sc B + Sc A * B) \\ &= 23,40 - (2,152813 + 0,090312 + 3,963237 + 3,803638) \\ &= 13,39 \end{aligned}$$

**7.- Cuadrado medio**

$$CM = \frac{Sc}{gl}$$

**8.- F calculado**

$$F_c = \frac{CM}{CM EE}$$

**9. Coeficiente de variación**

$$CV = \frac{\sqrt{CM EE}}{\bar{X}}$$

**Cuadro 3A. Promedios generales, números de hojas (unidades)**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	13.2	13.2	12.6	12.3	51.3	12.8
S1 a2	13.2	13.4	12.8	11.4	50.8	12.7
S1 a3	13.6	15.2	14.8	13.6	57.2	14.3
S1 a4	13.0	14.0	13.6	13.0	53.6	13.4
S2 a1	13.0	13.8	13.8	11.9	52.5	13.1
S2 a2	12.7	13.0	14.2	12.0	51.9	13.0
S2 a3	12.6	13.6	13.0	12.8	52.0	13.0
S2 a4	13.8	13.8	14.2	13.0	54.8	13.7
$t_0$	12.0	12.0	13.4	12.5	49.9	12.5

$$\bar{X} = 13.2$$

**Cuadro 4A. Análisis de varianza, número de hojas**

FV	Gl	Sc	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	10.01	1.25	2.52 *	2.30
Sulfato de hierro A	1	0.09	0.09	0.18 ns	4.21
Ácidos húmicos B	3	3.97	1.32	2.67 ns	2.96
Interacción A x B	3	3.80	1.27	2.55 ns	2.96
Testigo vs. factorial	1	2.15	2.15	4.34 *	4.21
Error experimental	27	13.39	0.50		
Total	35	23.40			

$$C.V. = 5,3 \%$$

**Cuadro 5A. Promedios generales, largo de raíz (cm)**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	16.8	18.4	16.2	18.9	70.3	17.6
S1 a2	18.8	14.9	15.4	16.2	65.3	16.3
S1 a3	19.1	19.4	16.2	19.0	73.7	18.4
S1 a4	17.9	16.8	18.6	20.5	73.8	18.5
S2 a1	16.7	13.4	13.7	14.8	58.6	14.6
S2 a2	16.3	18.6	16.8	18.3	70.0	17.5
S2 a3	15.2	17.6	15.3	16.1	64.2	16.0
S2 a4	17.1	15.8	15.2	18.2	66.2	16.6
t <sub>0</sub>	19.3	22.4	20.8	26.0	88.5	22.1

$$\bar{X} = 17,5$$

**Cuadro 6A. Análisis de varianza, largo de raíz**

FV	Gl	Sc	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	142.77	17.85	6.70 **	2.30
Sulfato de hierro A	1	18.11	18.11	6.80 *	4.21
Ácidos húmicos B	3	8.80	2.93	1.10 ns	2.96
Interacción A x B	3	20.18	6.73	2.53 ns	2.96
Testigo vs. factorial	1	95.69	95.63	35.95 **	4.21
Error experimental	27	71.87	2.66		
Total	35	214.64			

$$C.V. = 9,3 \%$$

**Cuadro 7A. Promedios generales, altura de planta (cm)**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	35.8	34.8	35.3	32.6	138.5	34.6
S1 a2	37.7	34.6	38.1	33.6	144.0	36.0
S1 a3	34.1	39.5	43.0	34.3	150.9	37.7
S1 a4	36.1	37.0	42.9	35.2	151.2	37.8
S2 a1	38.2	34.8	36.7	31.4	141.1	35.3
S2 a2	36.1	36.4	38.8	35.1	146.4	36.6
S2 a3	37.0	35.8	38.2	34.0	145.0	36.3
S2 a4	37.2	36.0	39.0	34.0	146.2	36.6
t <sub>0</sub>	36.1	39.2	38.4	37.1	150.8	37.7

$$\bar{X} = 36,5$$

**Cuadro 8A. Análisis de varianza, altura de planta**

FV	Gl	Sc	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	39.86	4.17	0.77 ns	2.30
Sulfato de hierro A	1	1.10	1.10	0.17 ns	4.21
Ácidos húmicos B	3	24.46	8.16	1.26 ns	2.96
interacción A x B	3	7.86	2.62	0.40 ns	2.96
Testigo vs. factorial	1	6.44	6.44	0.99 ns	4.21
Error experimental	27	175.12	6.48		
Total	35	214.99			

$$C.V. = 7,0 \%$$

**Cuadro 9A. Promedios generales, largo de hoja (cm)**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	19.6	18.4	19.1	18.6	75.8	18.9
S1 a2	18.2	17.6	19.0	17.4	72.2	18.1
S1 a3	17.6	19.0	19.8	17.8	74.1	18.5
S1 a4	19.6	17.2	20.6	20.2	77.5	19.4
S2 a1	20.4	17.7	17.8	17.9	73.8	18.5
S2 a2	19.2	19.1	19.7	19.3	77.3	19.3
S2 a3	18.8	18.3	18.3	18.9	74.3	18.6
S2 a4	19.9	20.2	18.8	18.8	77.7	19.4
t <sub>0</sub>	20.2	22.0	20.7	23.6	86.5	21.6

$$\bar{X} = 19.1$$

**Cuadro 10A. Análisis de varianza, largo de hoja**

FV	gl	Sc	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	34.74	4.34	4.42 **	2.30
Sulfato de hierro A	1	0.37	0.37	0.37 ns	4.21
Ácidos húmicos B	3	3.52	1.17	1.19 ns	2.96
Interacción A x B	3	3.25	1.08	1.10 ns	2.96
Testigo vs. factorial	1	27.61	27.61	28.07 **	4.21
Error experimental	27	26.55	0.98		
Total	35	61.29			

$$C.V. = 5,2 \%$$

**Cuadro 11A. Promedios generales, ancho de hoja (cm)**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	13.3	13.4	14.1	12.4	53.1	13.3
S1 a2	14.7	13.3	14.4	11.4	53.8	13.5
S1 a3	13.4	13.4	15.9	12.6	55.2	13.8
S1 a4	14.3	13.6	16.6	14.8	59.3	14.8
S2 a1	15.5	12.9	12.7	12.9	54.1	13.5
S2 a2	13.6	14.1	16.3	15.2	59.2	14.8
S2 a3	13.3	14.4	14.0	13.6	55.3	13.8
S2 a4	14.3	13.7	15.5	14.7	58.2	14.5
t <sub>0</sub>	16.0	15.4	15.8	15.3	62.5	15.6

$$\bar{X} = 19.1$$

**Cuadro 12A. Análisis de varianza, ancho de hoja**

FV	Gl	Sc	CM	Fc	f $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	20.43	2.55	2.17 ns	2.30
Sulfato de hierro A	1	0.87	0.87	0.74 ns	4.21
ácidos húmicos B	3	7.08	2.36	2.01 ns	2.96
interacción A x B	3	3.04	1.01	0.86 ns	2.96
Testigo vs. factorial	1	9.44	9.44	8.04 **	4.21
Error experimental	27	31.70	1.17		
Total	35	52,13			

$$C.V. = 7,6 \%$$

**Cuadro 13A. Promedios generales, lectura spad (% clorofila)**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	20.3	18.9	18.0	22.1	79.4	19.8
S1 a2	20.6	21.4	21.2	21.5	84.6	21.2
S1 a3	20.0	19.5	19.5	20.3	79.3	19.8
S1 a4	20.1	18.5	15.6	17.9	72.0	18.0
S2 a1	20.1	20.9	21.8	18.6	81.3	20.3
S2 a2	20.3	19.3	19.3	19.7	78.6	19.6
S2 a3	19.0	17.8	20.9	19.0	76.6	19.2
S2 a4	18.5	20.9	18.0	19.6	77.0	19.2
t <sub>0</sub>	18.8	20.9	15.7	21.5	76.8	19.2

$$\bar{X} = 19.6$$

**Cuadro 14A. Análisis de varianza, lectura spad**

FV	Gl	Sc	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	24.33	3.04	1.43 ns	2.30
Sulfato de hierro A	1	0.10	0.10	0.05 ns	4.21
Ácidos húmicos B	3	14.57	4.86	2.29 ns	2.96
Interacción A x B	3	8.96	2.99	1.41 ns	2.96
Testigo vs. factorial	1	0.71	0.71	0.34 ns	4.21
Error experimental	27	57.25	2.12		
Total	35	81.58			

$$C.V. = 7,4 \%$$



**Cuadro 15A. Promedios generales, peso fresco follaje (g)**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	121.5	128.9	109.1	113.5	473.0	118.2
S1 a2	103.1	109.7	118.3	118.7	449.7	112.4
S1 a3	126.9	138.9	123.0	127.5	516.3	129.1
S1 a4	130.4	126.4	119.2	117.9	493.8	123.4
S2 a1	120.4	114.2	112.3	118.5	465.3	116.3
S2 a2	122.3	110.6	129.9	127.0	489.7	122.4
S2 a3	108.3	114.6	115.5	118.9	457.2	114.3
S2 a4	120.2	130.6	127.7	115.3	493.7	123.4
t <sub>0</sub>	123.6	112.9	133.6	113.6	483.7	120.9

$$\bar{X} = 120.1$$

**Cuadro 16A. Análisis de varianza, peso fresco follaje**

FV	gl	Sc	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	876.57	109.57	2.12 ns	2.30
Sulfato de hierro A	1	22.56	22.56	0.44 ns	4.21
Ácidos húmicos B	3	229.51	76.44	1.48 ns	2.96
Interacción A x B	3	621.35	207.12	4.01 *	2.96
Testigo vs. Factorial	1	3.36	3.36	0.06 ns	4.21
Error experimental	27	1395.20	51.67		
Total	35	2271.78			

$$C.V. = 6.0 \%$$

**Cuadro 17A. Promedios generales, peso fresco de raíz (g)**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	15.4	17.4	14.8	15.2	62.7	15.7
S1 a2	15.0	13.3	15.4	15.6	59.2	14.8
S1 a3	15.1	17.6	16.7	16.0	65.4	16.3
S1 a4	14.8	15.2	14.8	16.5	61.2	15.3
S2 a1	15.9	13.5	16.4	15.3	61.0	15.3
S2 a2	14.0	15.7	15.0	15.4	60.1	15.0
S2 a3	13.8	14.3	14.1	13.3	55.4	13.8
S2 a4	15.8	14.6	16.4	14.8	61.5	15.4
t <sub>0</sub>	15.3	15.6	16.6	14.8	62.2	15.6

$$\bar{X} = 15.2$$

**Cuadro 18A. Análisis de varianza, peso fresco de raíz**

FV	gl	Sc	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	14.88	1.86	2.14 ns	2.30
Sulfato de hierro A	1	3.43	3.43	3.93 ns	4.21
Ácidos húmicos B	3	1.46	0.49	0.56 ns	2.96
Interacción A x B	3	9.55	3.18	3.65 *	2.96
Testigo vs. factorial	1	0.44	0.44	0.51 ns	4.21
Error experimental	27	23.52	0.87		
Total	35	38.40			

$$C.V. = 6,1 \%$$

**Cuadro 19A. Promedios generales, peso seco de follaje (g)**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	4.85	4.45	3.85	3.95	17.1	4.3
S1 a2	4.0	4.75	4.85	3.8	17.4	4.4
S1 a3	5.05	5.6	4.35	4.1	19.1	4.8
S1 a4	3.85	4.4	4.05	3.75	16.1	4.0
S2 a1	5.1	5.0	4.3	3.75	18.2	4.5
S2 a2	5.25	4.5	5.25	4.3	19.3	4.8
S2 a3	3.8	3.8	4.0	3.95	15.6	3.9
S2 a4	4.25	5.35	5.15	4.4	19.2	4.8
t <sub>0</sub>	5.15	4.25	5.0	4.1	18.5	4.6

$$\bar{X} = 4.5$$

**Cuadro 20A. Análisis de varianza, peso seco de follaje**

FV	gl	Sc	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	3.79	0.47	1.87 ns	2.30
Sulfato de hierro A	1	0.195	0.195	0.773 ns	4.21
Ácidos húmicos B	3	0.288	0.096	0.38 ns	2.96
Interacción A x B	3	3.170	1.057	4.182 *	2.96
Testigo vs. factorial	1	0.133	0.133	0.528 ns	4.21
Error experimental	27	6.823	0.253		
Total	35	10.610			

$$C.V. = 11,3 \%$$

**Cuadro 21A. Promedios generales, peso seco de raíz (g)**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	0.8	1.0	0.8	0.8	3.4	0.85
S1 a2	0.9	0.85	1.05	0.85	3.7	0.91
S1 a3	0.9	0.9	1.0	1.0	3.8	0.95
S1 a4	0.9	0.85	0.85	0.95	3.6	0.89
S2 a1	0.9	0.75	1.05	0.75	3.5	0.86
S2 a2	0.9	0.85	1.15	0.95	3.9	0.96
S2 a3	0.8	0.8	0.85	0.9	3.4	0.84
S2 a4	0.9	0.85	1.1	0.95	3.8	0.95
t <sub>0</sub>	0.9	0.95	1.1	0.75	3.7	0.93

$$\bar{X} = 0.9$$

**Cuadro 22A. Análisis de varianza, peso seco raíz**

FV	Gl	Sc	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	0.07	0.009	0.809 ns	2.30
Sulfato de hierro A	1	0.0001	0.0001	0.007 ns	4.21
Ácidos húmicos B	3	0.03	0.01	0.913 ns	2.96
Interacción A x B	3	0.038	0.013	1.183 ns	2.96
Testigo vs. factorial	1	0.002	0.002	0.181 ns	4.21
Error experimental	27	0.292	0.011		
Total	35	0.362			

$$C.V. = 11,5 \%$$

**Cuadro 23A. Promedios generales, rendimiento g/m<sup>2</sup>**

TRATAMIENTO	REPETICIÓN				$\Sigma$	$\bar{X}$
	I	II	III	IV		
S1 a1	3400.6	3609.2	3054.8	3178.0	13242.6	3310.7
S1 a2	2829.4	2907.8	3312.4	3323.0	12372.6	3093.2
S1 a3	3551.8	3889.2	3444.0	3570.0	14455.0	3613.8
S1 a4	3651.2	3538.6	3335.4	3299.8	13825.0	3456.3
S2 a1	3369.8	3196.2	3143.0	3306.8	13015.8	3254.0
S2 a2	3423.0	3096.8	3635.8	3556.0	13711.6	3427.9
S2 a3	3032.4	3207.4	3232.6	3327.8	12800.2	3200.1
S2 a4	3365.6	3655.4	3576.2	3227.0	13824.2	3456.0
t <sub>0</sub>	3460.8	3161.2	3740.8	3180.0	13542.8	3385.7

$$\bar{X} = 3355.3$$

**Cuadro 24A. Análisis de varianza, rendimiento g/m<sup>2</sup>**

FV	Gl	Sc	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
Tratamientos	8	793664.61	99208.08	2.298 ns	2.30
Sulfato de hierro A	1	9230.33	9230.33	0.214 ns	4.21
Ácidos húmicos B	3	216671.3	72223.77	1.673 ns	2.96
Interacción A x B	3	563596.66	187865.55	4.353 *	2.96
Testigo vs. factorial	1	4166.32	4166.32	0.097 ns	4.21
Error experimental	27	1165384.61	43162.39		
Total	35	1959049.22			

$$C.V. = 6,2 \%$$

**Cuadro 25A. Temperaturas durante la investigación**

DIA	MAYO				JUNIO				JULIO			
	t min	t 08h00	t max	t 16h00	t min	t 08h00	t max	t 16h00	t min	t 08h00	t max	t 16h00
1					24,0	24,5	28,5	24,5	22,0	29,0	28,5	25,5
2					22,5	23,5	25,0	24,0	22,5	24,5	25,5	24,0
3					22,9	24,6	27,5	25,0	22,0	23,5	26,3	24,5
4					22,5	22,5	29,0	25,5	21,5	24,6	25,7	24,0
5					23,0	24,0	25,2	23,8	22,0	23,5	26,2	23,5
6					22,5	24,2	23,0	23,0	21,0	22,5	25,4	23,0
7					22,0	23,0	24,0	29,0	21,0	23,5	27,5	24,5
8					22,5	23,6	28,0	23,5	21,5	24,8	25,8	24,5
9					22,5	23,5	28,5	23,8	21,0	21,6	24,0	22,0
10	24,2	24,8	33,0	25,0	23,0	23,5	31,0	26,0	21,0	24,0	29,0	23,5
11	25,0	31,0	32,5	21,6	20,5	23,0	29,0	24,5	21,5	23,5	26,5	24,0
12	24,8	25,3	32,9	25,5	22,2	24,5	25,0	21,0	21,8	24,5	28,5	23,0
13	25,2	28,5	28,5	25,0	22,0	23,5	23,5	22,0	19,0	21,0	26,0	22,0
14	22,0	27,0	32,8	25,5	22,5	23,0	24,0	22,0	19,0	21,0	27,0	23,5
15	25,0	23,9	29,0	25,0	21,8	23,0	25,0	23,0	22,0	25,0	28,0	24,0
16	24,5	24,2	28,5	25,4	21,5	23,2	25,3	22,4	21,0	24,5	28,5	24,5
17	22,8	30,0	29,2	25,3	23,2	24,0	28,0	22,0	21,0	24,5	24,5	22,5
18	25,0	32,4	32,0	24,0	22,5	24,5	29,0	26,0	21,5	22,5	24,5	21,5
19	23,0	22,5	30,8	25,5	22,2	23,5	25,2	23,0	21,0	22,8	24,5	21,3
20	22,8	21,8	31,5	24,7	22,0	25,0	23,0	22,0	19,0	21,5	24,5	21,2
21	22,0	24,5	29,0	22,2	21,5	22,6	28,0	24,2	21,8	23,2	24,0	22,2
22	22,5	23,2	28,8	25,2	20,8	23,5	25,5	22,0	21,0	21,5	24,2	22,5
23	21,0	24,5	30,5	25,5	21,2	21,8	23,0	22,0	21,5	23,3	23,0	20,9
24	22,5	30,4	30,8	24,9	21,0	22,0	29,0	24,0	20,8	21,5	23,0	21,5
25	22,5	24,9	31,0	25,5	21,2	23,5	24,0	24,0	20,0	21,8	25,0	23,0
26	21,5	23,5	30,5	24,8	21,0	22,5	21,5	21,0	20,5	21,5	22,5	21,5
27	22,0	28,8	33,1	22,0	21,0	21,5	21,7	20,8	21,0	22,0	27,2	24,5
28	24,5	25,0	28,5	25,0	20,5	21,0	24,3	22,5	19,0	20,5	29,5	22,0
29	24,7	25,6	27,0	25,0	21,5	22,5	22,5	23,0	21,0	25,0	25,0	23,0
30	24,0	25,0	32,0	24,5	22,0	28,0	24,0	23,8	22,0	25,0	26,5	24,0
31	23,8	23,0	29,0	25,0					22,3	24,5	27,0	23,0
$\Sigma$	515,3	569,8	670,9	542,1	659,5	678,8	770,2	703,3	653,2	722,1	803,3	714,6
$\bar{X}$	23,4	25,9	30,5	24,6	22,0	23,4	25,7	23,4	21,1	23,3	25,9	23,1



**Continuación cuadro 26A**

Mano de obra	jornal	20	10.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
<b>5. INSUMOS PARA LA SIEMBRA</b>													
Semillas	unidad	30000	0.00168	50.40	50.40	50.40	50.40	50.40	50.40	50.40	50.40	50.40	50.40
Baldes	unidad	10	2.50	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Esponja	m <sup>2</sup>	10	5.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Vasos plásticos de 3 onzas	unidad	30000	0.018	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00
<b>6. SIEMBRA</b>													
Semilleros	jornal	4	8.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00
Pre Transplante	jornal	20	8.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
Transplante definitivo	jornal	20	8.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
<b>7. FERTILIZANTES</b>													
Nitrato de potasio	kg	61.11	0.80	48.89	48.89	48.89	48.89	48.89	48.89	48.89	48.89	48.89	48.89
Nitrato de amonio	kg	27.41	0.88	24.12	24.12	24.12	24.12	24.12	24.12	24.12	24.12	24.12	24.12
Nitrato de calcio	kg	16.84	0.35	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90
Fosfato monoamónico MAP	kg	17.31	0.75	12.98	12.98	12.98	12.98	12.98	12.98	12.98	12.98	12.98	12.98
Sulfato de magnesio	kg	12.22	2.80	34.22	34.22	34.22	34.22	34.22	34.22	34.22	34.22	34.22	34.22
Grow combi	kg	0.67	30.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Acido bórico	kg	0.07	5.60	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
<b>8. CONTROL FITOSANITARIO</b>													
Insecticidas	litro	1	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Trampas para insectos	unidad	40	1.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
<b>9. COSECHA</b>													
Cosecha manual	jornal	30	10.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
<b>10. AGUA</b>													
Solución nutritiva	m <sup>3</sup>	120	0.05	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Mano de obra	jornal	15	10.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
<b>11. Costo de sulfato de hierro</b>					0.816	0.82	0.82	0.82	1.63	1.63	1.63	1.63	-
<b>12. Costo del ácido húmico</b>					140.00	280.00	420.00	560.00	140.00	280.00	420.00	560.00	-
<b>13. Costo del quelato de hierro</b>					-	-	-	-	-	-	-	-	1200.00
<b>TOTAL DE COSTOS</b>					4897.90	5037.90	5177.90	5317.90	4898.72	5038.72	5178.72	5318.72	5957.09
<b>Beneficio bruto en campo</b>					6488.87	6062.59	7082.95	6774.25	6377.74	6718.68	6272.10	6773.84	6635.97
<b>Benéfico neto</b>					6348.06	5781.78	6672.13	6213.43	6236.11	6437.05	5850.47	6212.21	5435.97
<b>Relación beneficio/costo</b>					1.33	1.2	1.37	1.27	1.3	1.33	1.21	1.27	1.11





**Cuadro 28 A. Análisis químico de tejidos del cultivo de lechuga, Manglaralto 2010**



GOBIERNO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR



INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
ESTACION EXPERIMENTAL LITORAL SUR  
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS



<b>PROPIETARIO:</b>	SR. FRANKLIN GUTIERREZ	<b>FACTURA:</b>	
<b>REMITENTE:</b>	ING. EISON VALDIVIEZO	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	15/07/2010
<b>HACIENDA:</b>	UPSE	<b>FECHA DE INGRESO:</b>	16/07/2010
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	MANGLARALTO - SANTA ELENA	<b>FECHA DE SALIDA:</b>	18/10/2010
<b>CULTIVO:</b>	LECHUGA		

**REPORTE DE ANALISIS FOLIARES**

NO LABORATORIO	IDENTIFICACION		(%)							(ppm)				
	DE MUESTRAS	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B
2259	T-1		4.90	0.50	7.35	0.86	0.23	0.27		45.00	7.00	133.50	81.70	30.00
2260	T-2		4.80	0.53	6.60	0.76	0.22	0.27		47.50	8.10	209.00	75.90	37.00
2261	T-3		5.00	0.57	7.20	0.72	0.21	0.27		47.50	8.50	134.50	65.50	35.00
2262	T-4		4.50	0.53	7.95	1.13	0.24	0.27		47.50	10.40	162.00	100.80	33.00
2263	T-5		4.80	0.52	6.85	0.82	0.22	0.29		45.00	8.10	136.00	88.40	37.00
2264	T-6		5.00	0.60	7.17	0.75	0.23	0.28		50.00	9.30	128.50	74.80	36.00
2265	T-7		4.80	0.47	7.75	0.99	0.24	0.31		42.50	9.70	163.00	79.70	35.00
2266	T-8		4.80	0.48	8.05	0.92	0.24	0.30		45.00	9.30	165.50	76.60	33.00
2267	T-9		4.60	0.49	7.55	1.05	0.24	0.29		32.50	9.30	179.00	91.60	39.00

**NOTA:** El Laboratorio no es responsable de la toma de las muestras

N.D.- No detectable

DRA. GLORIA CARRERA  
 RESP. LABORATORIO DMSA

**Cuadro 29 A. Análisis químico de conductividad eléctrica de la solución nutritiva en el cultivo hidropónico de lechuga, Manglaralto 2010**



GOBIERNO NACIONAL DE LA  
REPUBLICA DEL ECUADOR



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR



**LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS**

<b>PROPIETARIO:</b> FRANKLIN RODRIGUEZ	<b>PLANILLA:</b>	PIC-2006-2-010
<b>REMITENTE:</b> ING. EISON VALDIVIEZO	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	01/07/2010
<b>HACIENDA:</b> UPSE	<b>FECHA DE INGRESO:</b>	02/07/2010
<b>LOCALIZACIÓN:</b> MANGLARALTO - SANTA ELENA	<b>FECHA DE SALIDA:</b>	12/07/2010

**ANÁLISIS QUÍMICO**

No. LABORATORIO	IDENTIFICACION	ms
		C. E
140	Tratamiento - 1	2.21
141	Tratamiento - 2	2.38
142	Tratamiento - 3	2.45
143	Tratamiento - 4	2.48
144	Tratamiento - 5	2.33
145	Tratamiento - 6	2.33
146	Tratamiento - 7	2.39
147	Tratamiento - 8	2.51
148	Tratamiento - 9	2.30

NOTA: El Laboratorio no es responsable de la toma de muestras

  
**DRA. GLORIA CARRERA DE POZO**  
 RESPONSABLE LABORATORIO DMSA

**Cuadro 30 A. Análisis químico de pH de la solución nutritiva en el cultivo  
hidropónico de lechuga, Manglaralto 2010**



GOBIERNO NACIONAL DE LA  
REPUBLICA DEL ECUADOR



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR



**LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS**

<b>PROPIETARIO:</b> FRANKLIN RODRIGUEZ	<b>PLANILLA:</b>	PIC-2006-2-010
<b>REMITENTE:</b> ING. EISON VALDIVIEZO	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	01/07/2010
<b>HACIENDA:</b> UPSE	<b>FECHA DE INGRESO:</b>	02/07/2010
<b>LOCALIZACIÓN:</b> MANGLARALTO - SANTA ELENA	<b>FECHA DE SALIDA:</b>	12/07/2010

**ANÁLISIS QUÍMICO**

No. LABORATORIO	IDENTIFICACION	pH
140	Tratamiento - 1	7.12
141	Tratamiento - 2	7.19
142	Tratamiento - 3	7.35
143	Tratamiento - 4	7.40
144	Tratamiento - 5	6.93
145	Tratamiento - 6	7.02
146	Tratamiento - 7	7.31
147	Tratamiento - 8	7.36
148	Tratamiento - 9	6.76

NOTA: El Laboratorio no es responsable de la toma de muestras

DRA. GLORIA CARRERA DE POZO  
RESPONSABLE LABORATORIO DMSA





**Figura 1A. Elaboración de las cajas**



**Figura 2A. Semilleros en arena dulce**



**Figura 3A. Plántulas de lechuga**



**Figura 4A. Agua de pozo para preparar soluciones**





**Figura 5A. Llenado de las cajas con agua**



**Figura 6A. Soluciones concentradas**

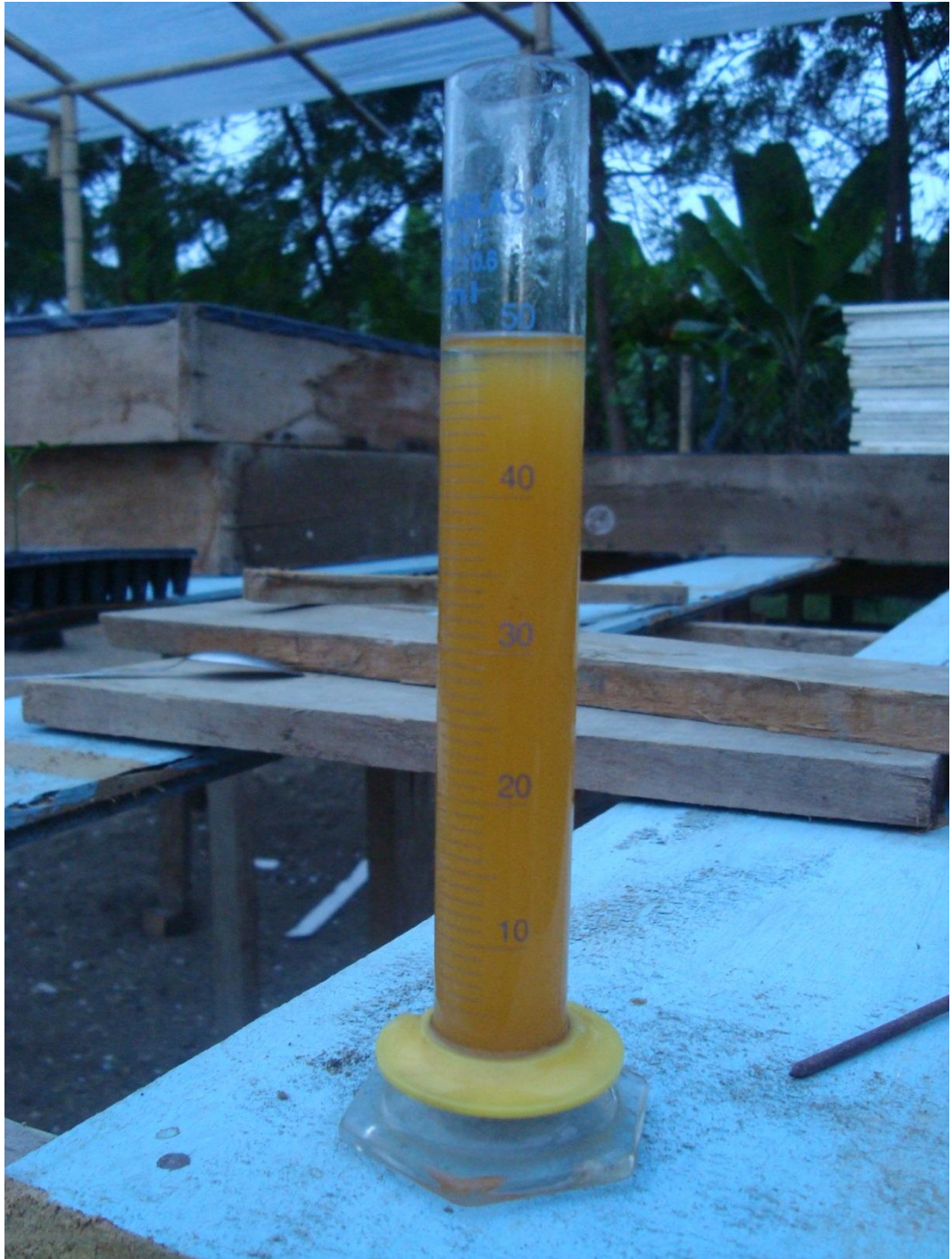


**Figura 7A. Dosificación de los nutrientes para preparar las soluciones**



**Figura 8A. Soluciones concentradas A y B**





**Figura 9A. Solución de sulfato de hierro**



**Figura 10A. Plántulas en cajas de pre trasplante**



**Figura 11A. Trasplante definitivo**





**Figura 12A. Raíces de lechugas en solución nutritiva**



**Figura 13A. Trasplante definitivo**



**Figura 14A. Vista superior del ensayo**



**Figura 15A. Oxigenación de la solución nutritiva**





**Figura 16A. Lechugas listas para la cosecha**



**Figura 17A. Evaluación de las variables**



**Figura 18A. Toma de datos de las variables**



**Figura 19A. Lechugas cosechadas**