



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHoyo

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

### ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA

#### TESIS DE GRADO

Presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias como requisito previo para optar el título de:

Ingeniero Agrónomo

#### **Tema:**

Respuesta de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Con tres niveles de fertilización en producción hidropónica en la zona de Ibarra, Provincia de Imbabura

#### **Autor:**

Estuardo Garibalde Mafla Tapia

#### **Director:**

Ing. Agr. Eliceo Franklin Cárdenas Sandoval

El Ángel - Carchi – Ecuador

-2015-



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

### ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA

#### TESIS DE GRADO

PRESENTADA AL H. CONSEJO DIRECTIVO COMO REQUISITO PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

#### INGENIERO AGRONOMO

#### Tema:

Respuesta de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Con tres niveles de fertilización en producción hidropónica en la zona de Ibarra, Provincia de Imbabura

#### TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Ing. Agr. Oscar Mora Castro MBA.  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Agr. Joffre León Paredes MBA.

**VOCAL PRINCIPAL**

---

Ing. Agr. Tito Bohórquez Barros MBA

**VOCAL PRINCIPAL**

*Las investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor:*

---

*Estuardo Garibalde Masfía Tapia*

## *Dedicatoria*

A Dios por darme la vida y sabiduría para seguir adelante luchando por una de mis metas, a mis padres que siempre han querido lo mejor para mí, a mi esposa a mis hijos por cada día de comprensión, esfuerzo, paciencia y apoyo de días de lucha incondicional, a todas esas personas que Dios ha puesto en mi camino, que con su apoyo he conseguido este momento tan anhelado después de días de lucha incansable.

*Estuardo Garibaldi Masla Tapia*

## *Agradecimiento*

En primer lugar a Dios por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante, a mi familia por ser ese apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, por haberme instruido profesionalmente.

A mis maestros por su conocimiento y valores impartidos en el transcurso de esta carrera tan hermosa como es la agronomía.

*Estuardo Garibaldi Masla Tapia*

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Objetivos.....	2
1.1.1.	Objetivo general. ....	2
1.1.2.	Objetivos específicos .....	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1.	El cultivo de lechuga hidropónica. ....	4
2.1.1.	Características generales.....	4
2.1.2.	Características taxonómicas de la lechuga. ....	4
2.1.3.	Características morfológicas. ....	4
2.1.4.	Valor nutricional.....	5
2.1.5.	Fenología. ....	5
2.2.	Sistema Hidropónico.....	6
2.2.1.	Características generales.....	6
2.2.2.	Sistema NFT (Nutrient Flow Technic).....	6
2.2.3.	Elementos del Sistema.....	8
2.3.	Soluciones Nutritivas. ....	9
2.3.1.	Características generales.....	9
2.3.2.	Factores a considerar en la producción de cultivos hidropónicos. ....	9
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1.	Ubicación y Descripción del Área de Experimento.....	11

3.2.	Materiales de siembra .....	11
3.3.	Factores estudiados. ....	11
3.4.	Métodos .....	11
3.5.	Tratamientos .....	12
3.6.	Diseño Experimental.....	13
3.7.	Análisis de la varianza. ....	13
3.8.	Análisis funcional. ....	13
3.9.	Características del lote experimental. ....	13
3.10.	Manejo del Experimento. ....	14
3.10.1.	Ubicación .....	14
3.10.2.	Elaboración del sistema hidropónico. ....	14
3.10.3.	Solución nutritiva.....	14
3.10.4.	Trasplante.....	14
3.10.5.	Control de plagas. ....	14
3.10.6.	Cosecha.....	14
3.11.	VARIABLES EVALUADAS.....	14
3.11.1.	Niveles de fertirrigación (Tratamientos) .....	15
3.11.2.	Variedades de lechuga (Subtratamientos). ....	15
IV.	RESULTADOS .....	16
4.1.	Valores de pH en la solución madre A de los niveles de fertirrigación.....	16
4.2.	Valores de pH en la solución madre B de los niveles de fertirrigación.....	16

4.3.	Valores de conductividad eléctrica (C.E.) en la solución madre A en tres niveles de fertirrigación.....	17
4.4.	Valores de conductividad eléctrica (C.E.) en la solución madre B en tres niveles de fertirrigación.....	17
4.5.	Coefficiente de cultivo (Kc).....	18
4.6.	Altura de planta (cm). ....	18
4.7.	Número de hojas .....	23
4.8.	Longitud de Raíz (cm) .....	26
4.9.	Peso de Planta a la Cosecha (g) .....	28
4.10.	Peso de Raíz a la Cosecha (g). ....	28
4.11.	Análisis económico .....	29
V.	DISCUSIÓN.....	32
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	34
VII.	RESUMEN .....	35
	SUMARY .....	37
VIII.	LITERATURA CITADA .....	38
	ANEXOS.....	40
	Anexo 3. Diseño área experimental.....	62
	Anexo 4. Figuras.....	63



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características agronómicas de las variedades de lechuga. UTB. FACIAG. 2015. .....	11
Cuadro 2. Dosificaciones del Ensayo. UTB. FACIAG. 2015. ....	12
Cuadro 3. ADEVA. UTB. FACIAG. 2014.....	13
Cuadro 4. Altura de planta a los 7 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	20
Cuadro 5. Altura de planta a los 14 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	20
Cuadro 6. Altura de planta a los 21 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	21
Cuadro 7. Altura de planta a los 28 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	22
Cuadro 8. Altura 5 de planta a los 35 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	23
Cuadro 9. Número de hojas 7 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	24
Cuadro 10. Número de hojas a los 14 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	24
Cuadro 11. Número de hojas a los 21 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015	

.....	25
Cuadro 12. Número de hojas 28 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	26
Cuadro 13. Número de hojas a los 35 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	27
Cuadro 14. Longitud de raíz (cm) a los 14 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	27
Cuadro 15. Longitud de raíz a la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	28
Cuadro 16. Peso de planta a la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	29
Cuadro 17. Peso de raíz (g) al momento de la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	30
Cuadro 18. Análisis económico calculado por una hectárea y elevado a un año de producción evaluado en tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	31
Cuadro 1A. Valores de altura 7 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	48
Cuadro 2A. Análisis de varianza de altura 7 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.....	48
Cuadro 3A. Valores promedio de altura de planta 14 días después del trasplante en el	

estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	49
Cuadro 4A. Análisis de varianza de altura 14 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	49
Cuadro 5A. Valores de altura 21 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	50
Cuadro 6A. Análisis de varianza altura de planta 21 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	50
Cuadro 7A. Valores de altura 28 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	51
Cuadro 8A. Análisis de varianza de altura altura 28 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	51
Cuadro 9A. Valores de altura 35 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	52
Cuadro 10A. Análisis de varianza de altura 35 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	52
Cuadro 11A. Valores de número de hojas 7 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	53
Cuadro 12A. Análisis de varianza de número de hojas 7 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de	

lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	53
Cuadro 13A. Valores de número de hojas 14 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	54
Cuadro 14A. Análisis de varianza de número de hojas 14 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	54
Cuadro 15A. Valores de número de hojas 21 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	55
Cuadro 16A. Análisis de varianza de número de hojas 21 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	55
Cuadro 17A. Valores de número de hojas 28 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	56
Cuadro 18A. Análisis de varianza de número de hojas 28 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	56
Cuadro 19A. Valores de número de hojas 35 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	57
Cuadro 20A. Análisis de varianza de número de hojas 35 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	57
Cuadro 21A. Valores de tamaño de raíz 14 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	58

Cuadro 22A. Análisis de varianza de tamaño de raíz 1 en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	58
Cuadro 23A. Valores de tamaño de raíz 2 en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	59
Cuadro 24A. Análisis de varianza de tamaño de raíz 2 en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	59
Cuadro 25A. Valores de peso planta (g) al momento de la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	60
Cuadro 26A. Análisis de varianza de peso planta (g) al momento de la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	60
Cuadro 27A. Valores de peso de raíz (g) al momento de la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	61
Cuadro 28A. Análisis de varianza de peso de raíz (g) al momento de la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB. FACIAG. 2015 .....	61

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. . Valores de pH en la solución madre A. UTB. FACIAG. 2015.....	16
Gráfico 2. . Valores de pH en la solución madre B. UTB. FACIAG. 2015.....	16
Gráfico 3. Valores de conductividad eléctrica (C.E.) en la solución madre A. UTB. FACIAG. 2015 .....	17
Gráfico 4. Valores de conductividad eléctrica (C.E.) en la solución madre B. UTB. FACIAG. 2015 .....	17
Gráfico 5. Valores de consumo de agua (L/día/planta) en tres niveles de fertirrigación. UTB. FACIAG. 2015 .....	19
Gráfico 6. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la altura de planta 7 ddt. UTB. FACIAG. 2015.....	41
Gráfico 7. Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la altura de planta 14 ddt. UTB. FACIAG. 2015.....	41
Gráfico 8. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la altura de planta 21 ddt. UTB. FACIAG. 2015.....	42
Gráfico 9. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la altura de planta 28 ddt. UTB. FACIAG. 2015.....	42
Gráfico 10. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la altura de planta 35 ddt. UTB. FACIAG. 2015.....	43
Gráfico 11. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la número de hojas/planta 7 ddt. UTB. FACIAG. 2015.....	43
Gráfico 12. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la número de hojas/planta 14 ddt. UTB. FACIAG. 2015.....	44
Gráfico 13. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la número de hojas/planta 21 ddt. UTB. FACIAG. 2015.....	44

Gráfico 14. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la número de hojas/planta 28 ddt. UTB. FACIAG. 2015.....	45
Gráfico 15. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la número de hojas/planta 35 ddt UTB. FACIAG. 2015.....	45
Gráfico 16. Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la variable longitud de raíz 14 ddt. UTB. FACIAG. 2015 .....	46
Gráfico 17. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la variable longitud de raíz a la cosecha. UTB. FACIAG. 2015.....	46
Gráfico 18. Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la variable peso de planta. UTB. FACIAG. 2015.....	47
Gráfico 19. Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la variable peso de raíz a la cosecha (g). UTB. FACIAG. 2015 .....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema NFT (Hydroenv, s/f).....	8
Figura 2. Adecuación sistema NFT. ....	63
Figura 3. Elaboración sistema. ....	63
Figura 4. Tubos de PVC sistema NFT.....	63
Figura 5. Manguera para conexiones.....	63
Figura 6. Instalación bomba de agua. ....	63
Figura 7. Adecuación tanque soluciones. ....	63
Figura 8. Soportes para sistema NFT . ....	63
Figura 9. Elementos solución nutritiva.....	63
Figura 10. Solución nutritiva.....	64
Figura 11. Trasplante.....	64
Figura 12. Visita asesor 1. ....	64
Figura 13. Medición de pH.....	64
Figura 14. 1era Medición C.E. y pH. Lab. ....	64
Figura 15. Altura de planta 7 ddt.....	64
Figura 16. Altura de planta 14 ddt.....	64
Figura 17. Altura de planta 21 ddt.....	64
Figura 18. Altura de planta 28 ddt.....	65
Figura 19. Altura de planta 35 ddt.....	65
Figura 20. Numero de hojas/planta 7 ddt. ....	65



Figura 21. Sistema hidropónico.....	65
Figura 22. Medición de pH.....	65
Figura 23. Medición altura 35 ddt. ....	65
Figura 24. Cultivo de lechuga a cosecha. ....	65
Figura 25. 2da Medición C.E. y p.H laboratorio. ....	65
Figura 26. Fluido sistema NFT 1.....	66
Figura 27. Fluido sistema NFT 2.....	66
Figura 28. Campo experimental .....	66
Figura 29. Raíces en sistema NFT.....	66
Figura 30. Registro de datos.....	66
Figura 31. Medición raíces. ....	66
Figura 32. Peso planta. ....	66

## I. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), probablemente procede de Asia menor, empezó a aparecer hacia el año de 1.500 de nuestra era. Es la más importante del grupo de las hortalizas de hoja; es ampliamente conocida y se cultiva en casi todo el mundo. Se consume generalmente fresca, cómo complemento de otros alimentos.

La lechuga se considera un alimento con altas dosis de calcio y fósforo, es una gran fuente de oligoelementos no muy habituales en el mundo vegetal, como es el selenio, además concentra gran cantidad de aminoácidos como también vitamina C, E y beta carotenos.

Según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (Magap), en el 2011 en el país se contabilizaron 1 278 hectáreas cultivadas de lechuga.<sup>1</sup>

La provincia que tiene la mayor producción es Tungurahua, con 3.256 tm de lechuga cultivada en un área de 640 hectáreas, seguida de Chimborazo con 2.560 tm en una extensión de 366 hectáreas. Pichincha se coloca en tercer lugar con 68 hectáreas y una producción de 548 tm. Carchi, Imbabura, Azuay y Loja mantiene promedios de entre 45 y 49 hectáreas de sembríos, mientras que Cotopaxi y Cañar registran 4 y 29 hectáreas, respectivamente. Estas cifras, según el estudio, no variaron en los primeros seis meses de 2006.<sup>2</sup>

La producción de la lechuga se la viene realizando tanto en campo abierto como en invernadero, de esta manera permite intensificar la producción, sin embargo existen técnicas que se ameritan aplicar como es el sistema hidropónico que es una alternativa para fomentar métodos donde resulta aplicable para una agricultura tanto intensiva como urbana como una manera de favorecer el autoconsumo. Es meritorio tomar en cuenta que en otros países la hidroponía social o popular ha demostrado ser una opción casi única en los diferentes países latinoamericanos donde se ha realizado esta experiencia.

La palabra Hidroponía se deriva del griego Hydro (agua) y Ponos (labor, trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Esta definición se usa en la actualidad para describir todas las formas de cultivos sin suelo. En el mercado internacional, la lechuga hidropónica

---

<sup>1</sup> El Comercio. (2013). Seis variedades de lechuga acompañan las ensaladas. Revista Lideres, 36.

<sup>2</sup> INTY. (22 de 03 de 2011). Recuperado el 16 de 10 de 2014, de Cultivo de la lechuga: <http://cultivodelalechuga.blogspot.com/2011/03/clasificacion-taxomica.html>

es muy cotizada debido a las múltiples utilidades que se puede dar, desde producto alimenticio a medicinal. Uno de los principales demandantes de este producto es Alemania.<sup>3</sup>

Este es reemplazado por el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella. Las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones nutritivas, adecuadamente preparadas y sus alimentos orgánicos los elaboran por procesos de fotosíntesis y biosíntesis.

La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad libre de contaminación y de enfermedades, es más sano e higiénico; en otras palabras, en hidroponía no se usa suelo.

Hoy en día la técnica de hidroponía cumple un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura. La presión por el incremento de la población, los cambios en el clima, la erosión del suelo, la falta y contaminación de las aguas, son algunos de los factores que han influenciado la búsqueda de métodos alternos de producción de alimentos.

4

De la producción de lechuga hidropónica en Ecuador de este breve análisis podemos comprender que solo necesitamos el capital para invertir, puesto que el país tiene ventajas competitivas frente a los competidores externos, como son las condiciones de clima. Actualmente en el Ecuador se encuentran 8 huertos hidropónicos pilotos por parte del INNFA, con un área de cultivo en sustrato y balsa flotante de 400 a 800 m<sup>2</sup>. Existen otras empresas que realizan cultivos hidropónicos para consumo local pero no para exportaciones.

## **1.1. Objetivos.**

### **1.1.1. Objetivo general.**

Determinar el comportamiento agronómico de tres variedades de lechuga por el sistema hidropónico con la aplicación de tres niveles de fertilización.

---

<sup>3</sup> Magan, J. (5 de 10 de 2008). Recuperado el 21 de 08 de 2014

<sup>4</sup> DELFIN. (15 de 11 de 2001). Universidad zamorano. Recuperado el 1 de 09 de 2014, de Universidad zamorano: [www.google.com](http://www.google.com)

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la variedad de mejor respuesta de rendimiento agronómico en producción hidropónica.
- Identificar el nivel de fertirrigación que presente el mejor rendimiento agronómico en tres variedades de lechuga.
- Realizar análisis económico de cada uno de los tratamientos evaluados en el presente estudio.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El cultivo de lechuga hidropónica.

#### 2.1.1. Características generales.

Carrera (2009), indica que la lechuga (*Lactuca sativa* L) es una planta conocida y cultivada desde la antigüedad en las grandes culturas de Asia y del Mediterráneo. Se trata de una herbácea de la familia de las compuestas; esta popular hortaliza tiene un corto tallo terminado en una yema apical, y recubierto por hojas bien desarrolladas; las hojas; el tallo floral es alto, con hojas y flores en el extremo, formando cabezuelas de pétalos amarillentos con manchas violáceas; el fruto es seco, con una sola semilla.

#### 2.1.2. Características taxonómicas de la lechuga.

INTY (2011), menciona que las características taxonómicas del cultivo de la lechuga se presentan en el siguiente orden:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Subfamilia: Cichorioidae

Género: *Lactuca*

Especie: *Lactuca sativa* L.

Nombre científico: *Lactuca sativa* L.

Nombre común: Lechuga

#### 2.1.3. Características morfológicas.

Delfin (2001), manifiesta que la lechuga es una planta anual y autógena, perteneciente a la familia Compositae, de raíz no más de 25 cm de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones, las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo, y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos pueden ser liso, ondulado o serrado Tallo: es cilíndrico y ramificado, la

inflorescencia son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos, las semillas: están provistas de un vilano plumoso.

#### 2.1.4. Valor nutricional.

Según Agrino-nova (s/f), la lechuga es pobre en calorías aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores, su valor nutricional por cada 100 gramos es la siguiente.

Carbohidratos (g)	20,1
Proteínas (g)	8,4
Grasas (g)	1,3
Calcio (g)	0,4
Fosforo (g)	138,9
Vitamina A (U.I.)	1155,0
Vitamina C (g)	125,7
Hierro (mg)	7,5
Calorías (cal)	18,0

#### 2.1.5. Fenología.

Tarigo, Reppeto, & Acosta, 2004 citado por Hernandez (2014), manifiesta que:

La germinación se tarda entre cinco y siete días para que las semillas de lechuga broten, si se las riega adecuadamente. La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20 °C. La germinación es inhibida por encima de 28-30°C.

Fase de plántula: la etapa de plántula se produce después de que la semilla germina, y dura entre tres a cuatro semanas. Esta es la fase en la que el brote comienza a desarrollarse y la planta se encuentra en su etapa más delicada. Las primeras hojas empiezan a formarse y se comienza a desarrollar el sistema de la raíz.

Fase de roseta: en esta etapa empieza a disminuir la relación largo/ancho de las láminas foliares. Los pecíolos se hacen sumamente cortos o desaparecen, por lo que la planta adquiere aspecto de roseta. En esta etapa la planta llega a 12 a 14 hojas verdaderas.

## **2.2. Sistema Hidropónico.**

### 2.2.1. Características generales.

Alarcon (s/f), define etimológicamente que el concepto hidroponía deriva del griego y significa literalmente trabajo o cultivo (ponos) en agua (hydros). Cultivo hidropónico puro, es aquel en el que, mediante un sistema adecuado de sujeción, la planta, desarrolla sus raíces en medio líquido (agua con nutrientes disueltos) sin ningún tipo de sustrato sólido.

Christian (2001) menciona que unas características importantes al cultivar plantas en un medio sin tierra es que permite tener más plantas en una cantidad limitada de espacio, las cosechas madurarán más rápidamente y producirán rendimientos mayores, se conservan el agua y los fertilizantes, ya que pueden reciclarse, además, la hidroponía permite ejercer un mayor control sobre las plantas, con resultados más uniformes y seguros.

El mismo autor hace mención que todo esto se hace posible por la relación entre la planta y sus elementos nutrientes. No es tierra lo que la planta necesita; son las reservas de nutrientes y humedad contenidos en la tierra, así como el apoyo que la tierra da a la planta. Cualquier medio de crecimiento dará un apoyo adecuado, y al suministrar nutrientes a un medio estéril donde no hay reserva de estos, es posible que la planta consiga la cantidad precisa de agua y nutrientes que necesita. La tierra tiende a menudo a llevar agua y nutrientes lejos de las plantas lo cual vuelve la aplicación de cantidades correctas de fertilizante un trabajo muy difícil. En hidroponía, los nutrientes necesarios se disuelven en agua, y esta solución se aplica a las plantas en dosis exactas en los intervalos prescritos.

De la misma manera indica que varios autores coinciden en que la hidroponía, considerada como un sistema de producción agrícola que tiene gran importancia dentro de los contextos ecológico, económico y social. Consideran que dicha importancia se basa en la gran flexibilidad del sistema, es decir, por la posibilidad de aplicarlo con éxito, bajo muy distintas condiciones y para diversos usos.

### 2.2.2. Sistema NFT (Nutrient Flow Technic).

Según Innovación agrícola (s/f), se presentan sistemas como NFT (Nutrient Film Technique) que traducido al español significa "la técnica de la película de nutriente", cuyas características se menciona de la siguiente manera:

Es el sistema hidropónico recirculante más popular para la producción de cultivos en el mundo, este sistema de cultivo destinado principalmente a la producción de hortalizas de alta calidad., especialmente especies de hoja, a gran y mediana escala.

Este sistema se basa principalmente en la reducción de costos y comprende una serie de diseños, en donde el principio básico es la circulación continua o intermitente de una fina capa de solución nutritiva a través de las raíces, por una serie de canales de PVC, polietileno, poliuretano, etc. de forma rectangular llamados canales de cultivo.

En cada canal hay agujeros donde se colocan las plantas, estos canales están apoyados sobre mesas o caballetes que pueden tener una ligera pendiente o desnivel que facilita la circulación de la solución nutritiva, dependiendo del diseño del sistema.

La solución es recolectada y almacenada en un recipiente ya sea cubeta o un tanque (esto depende de los litros de solución nutritiva) a través de una bomba que permite la circulación de la solución nutritiva por los canales de cultivo.

Esta recirculación mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y un suministro adecuado de nutrientes minerales para el desarrollo de las plantas. Como los nutrientes se encuentran fácilmente disponibles para las plantas, el gasto de energía es mínimo, de esta manera la planta gasta la energía en otros procesos metabólicos.

Ventajas del NFT:

- Permite un control más preciso sobre la nutrición de la planta.
- Simplifica enormemente los sistemas de riego, porque elimina la esterilización del suelo y asegura una cierta uniformidad entre los nutrientes de las plantas.
- Maximiza el contacto directo de las raíces con solución nutritiva, por lo que el crecimiento de los productos es acelerado siendo posible obtener en el año más producción.
- Si se maneja de la forma correcta el sistema, permite cultivar hortalizas de consumo en fresco y de alta calidad.
- En el sistema NFT la recirculación de la solución nutritiva, permite evitar posibles deficiencias nutricionales.



- La instalación de un sistema NFT resulta más sencilla (menor número de bombas para el riego de la solución nutritiva, la obstrucción de los goteros, etc.).
- Las plantas cosechadas se remueven fácilmente.
- Puede operar casi automáticamente.
- Un sistema pequeño puede soportar a una planta grande.

#### Desventajas del NFT:

- Este sistema requiere de un cuidado adecuado del estado de la solución nutritiva para rendir resultados.
- Los costos iniciales son mayores que con otros sistemas.



Figura 1: Sistema NFT (Hydroenv, s/f)

Horticultura Global (2010) informa que en ensayo realizados de lechuga en sistemas NFT, este sistema de cultivo ha producido en las 18 plantaciones llevadas a cabo en un año, una producción equivalente a 12 ciclos del resto de sistemas de cultivo. 6 ciclos reales (18 plantaciones de 1/3 de la superficie) a doble densidad dan como resultados esos 12 ciclos equivalentes.

#### 2.2.3. Elementos del Sistema

Gilsanz (2007) indica que los elementos del sistema utilizado comprenden:

- Un Tanque: Para almacenar y coleccionar la solución, el tamaño del tanque estará determinado por la cantidad de plantas y tamaño del sistema.
- Caños o canales para el cultivo: Generalmente en este sistema las plantas pueden ser colocadas en estos caños o canales donde corre la solución nutritiva.

- Bomba impulsora en el reciclaje de la solución, existen dos tipos principales aquellas que son sumergibles y las que no.
- Red de Distribución y cañería colectora Se refiere a los implementos necesarios para acercar la solución nutritiva a los caños o canales para el cultivo.

### **2.3. Soluciones Nutritivas.**

#### 2.3.1. Características generales.

Hidroponia y Cultivos Hidroponicos (2011), afirma que la solución nutritiva, es quizá la parte más importante de toda la técnica hidropónica. Se trata nada menos que de la alimentación de la planta, que al estar exclusivamente a merced de nuestro acierto en la elección y preparación de los nutrientes que le suministraremos ya que no dispondrá de la posibilidad que tienen cuando son cultivadas en tierra, de proporcionarse los alimentos y el agua por sus propios medios, por lo tanto cobra una vital importancia. En general, la tendencia es a utilizar los nutrientes en forma de sólidos y conteniendo ambos elementos en un mismo preparado, lo que permite obtener una solución más homogénea, máxime cuando se trata de pequeños cultivos.

Al hablar de la preparación de soluciones nutritivas (Alarcon, s/f) afirma que: para preparar la solución nutritiva hay dos recomendaciones: No debe mezclarse la solución concentrada “A” con la solución concentrada “B” sin la presencia de agua, pues esto inactivaría gran parte de los elementos nutritivos que cada una de ellas contiene, por lo que el efecto de esa mezcla sería más perjudicial que benéfico para los cultivos. Su mezcla sólo debe hacerse en agua, agregando una primero y la otra después

#### 2.3.2. Factores a considerar en la producción de cultivos hidropónicos.

Hydroenv (s/f), señala que una de la base fundamental para manejo de cultivos en hidroponía hay que considerar los siguientes parámetros:

- Calidad del agua: es importante analizar el suministro de agua, la cual puede provenir de lluvia o ser potable. Cuando el agua es dura, se requiere bajar su pH a 6.
- La temperatura: una característica de la NFT, es la facilidad con la que la temperatura de la raíz puede ser manipulada para satisfacer los requerimientos

de los cultivos. Es importante mantener las soluciones entre 13 y 15 °C con el fin de prevenir una absorción reducida de nutrimentos.

- El pH: en general, la absorción máxima de un ión ocurre entre pH 5 y 7. Normalmente se mantiene el pH entre 5.5 y 6.5, para la mayoría de los cultivos en invernadero.
- La conductividad eléctrica (CE): se recomienda mantener un nivel de Electroconductividad en los rangos adecuados para que las plantas dentro del sistema no se deshidraten por exceso de sales ó al contrario, absorban menos nutrientes por ausencia de los mismos.
- La longitud del canal: un máximo de 20 m de longitud es generalmente recomendado, se considera que la longitud no debe superar los 20 a 25 m.
- La pendiente del canal: para asegurar las condiciones convenientes en la zona de las raíces, el canal deberá tener una pendiente que permita a la solución fluir a lo largo del mismo. En general, pendientes entre 1.5 y 2 % parecen convenientes y las menores de 1 % deberán evitarse.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación y Descripción del Área de Experimento

Esta investigación se llevó a cabo en la zona de Ibarra cantón Ibarra, provincia de Imbabura con coordenadas 00° 21' 01'' de latitud norte y 78° 00' 01'' de longitud oeste y a una altitud de 2.221 msnm.

Los promedios anuales de condiciones bioclimáticas presentan: precipitación 351 mm, temperatura 18 °C. Estos datos bioclimáticos lo clasifican a la zona de acuerdo a Holdrig como bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

#### 3.2. Materiales de siembra

El experimento se realizó con tres variedades de lechuga que se describen a continuación:

Cuadro 1. Características agronómicas de las variedades de lechuga. UTB. FACIAG. 2015.

Variedades	Características agronómicas
Red Salad Volcán.	Precocidad o rapidez a la cosecha (18 días al trasplante) alta densidad de siembra (36 plantas m <sup>2</sup> ).
Dark Green Boston.	Es un tipo intermedio entre la lechuga de cabeza y la de hoja suelta tiene hojas alargadas suavemente apretadas, rígidas y frágiles que forman una bola tipo repollo pero de manera más suelta que la lechuga de cabeza.
Black Seed Simpson.	Planta criolla de hojas grandes y de color ligeramente verde-amarillo crece rápidamente alcanzando su madurez a los 45 días desde la siembra de semillas.

#### 3.3. Factores estudiados.

Los factores estudiados fueron los siguientes:

Tres niveles de fertirrigación (tratamientos) y tres variedades (subtratamientos)

#### 3.4. Métodos

Se empleó los métodos: inductivo - deductivo, análisis - síntesis, y el empírico llamado experimental.

### 3.5. Tratamientos

Los tratamientos fueron tres niveles de fertirrigación (bajo, medio y alto), y los subtratamientos fueron las variedades: Red Salad Volcán, Dark Green Boston, Black Seed Simpson.

Cuadro 2. Tratamientos estudiados en el cultivo de lechuga hidropónica. UTB-FACIAG, 2015.

Niveles de fertirrigación	Tratamientos		Nro	Subtratamientos
	Soluciones madres	Dosis g/L		Variedades de lechuga
Nivel 1	A: Nitrato de potasio Nitrato de amonio Superfosfato triple	27,50 17,75 9,25	1	Red Salad Volcán
	B: Sulfato de magnesio Quelato de hierro 6% Fe	28,13 2,25	2	Dark Green Boston.
	Micronutrientes: Sulfato de Manganeso Ácido Bórico Sulfato de Zinc Sulfato de Cobre Molibdato de Amonio	1,75 1,25 0,48 0,50 0,10	3	Black Seed Simpson
Nivel 2	A: Nitrato de potasio Nitrato de amonio Superfosfato triple	55,00 35,50 18,50	1	Red Salad Volcán
	B: Sulfato de magnesio Quelato de hierro 6% Fe	56,25 4,50	2	Dark Green Boston.
	Micronutrientes: Sulfato de Manganeso Ácido Bórico Sulfato de Zinc Sulfato de Cobre Molibdato de Amonio	3,50 2,50 0,95 1,00 0,20	3	Black Seed Simpson
Nivel 3	A: Nitrato de potasio Nitrato de amonio Superfosfato triple	82,50 53,25 27,75	1	Red Salad Volcán
	B: Sulfato de magnesio Quelato de hierro 6% Fe	84,38 6,75	2	Dark Green Boston.
	Micronutrientes: Sulfato de Manganeso Ácido Bórico Sulfato de Zinc Sulfato de Cobre Molibdato de Amonio	5,25 3,75 1,43 1,50 0,30	3	Black Seed Simpson

### 3.6. Diseño Experimental

En el presente experimento se utilizó el Diseño de Parcelas Divididas, con tres tratamientos, tres subtratamientos y tres repeticiones.

### 3.7. Análisis de la varianza.

El esquema de análisis de varianza que se utilizó se presenta a continuación:

Cuadro 3. ADEVA. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.
Bloques	2
Tratamientos	2
Error (a)	4
Parcela Grande	8
Subtratamientos	2
Interacción (Tratamientos x Subtratamientos)	4
Error (b)	12
Total:	26

### 3.8. Análisis funcional.

La comprobación de los valores promedios de tratamientos se realizó mediante la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 % de probabilidad.

### 3.9. Características del lote experimental.

Área total: 38,34 m<sup>2</sup>

Área unidad experimental: 0,75 m<sup>2</sup>

Área neta: 0,56 m<sup>2</sup>

Numero de planta por parcela: 16

Distancia entre plantas: 0,125 m

Distancia entre tubos: 0,20 m

Distancia entre bloques: 0,40

### **3.10. Manejo del Experimento.**

#### 3.10.1. Ubicación

Para evitar daños causados ya sea por la naturaleza o provocados se construyó un sistema protegidos de invernadero.

#### 3.10.2. Elaboración del sistema hidropónico.

Para la elaboración del sistema hidropónico un sistema NFT (Nutrient Film Technique) conocido como "la técnica de la película de nutriente", bajo un diseño de circulación continua de una fina capa de solución nutritiva a través de las raíces, por una serie de canales de PVC, el cual estuvo constituido por manguera para conexiones, una bomba de agua, un tanque, soportes de madera donde sostuvo los tubos de PVC.

#### 3.10.3. Solución nutritiva

Las soluciones nutritivas se prepararon de acuerdo a lo propuesto en los tratamientos, donde las soluciones (A) macro nutriente y solución (B) micronutrientes se disolvió por separado para luego agregar en un recipiente de donde fue distribuido a cada tratamiento.

#### 3.10.4. Trasplante.

El trasplante se lo realizó a las tres semanas de germinado las plantas para lo cual se utilizó vasos pequeños para sostener la planta en los tubos de PVC.

#### 3.10.5. Control de plagas.

Debido a que el sistema brinda un ambiente adecuado para el desarrollo del cultivo, no se presentaron enfermedades patogénicas ni insectos, por lo que no se realizó ningún control fitosanitario.

#### 3.10.6. Cosecha.

Se lo efectuó en forma manual cuando el cultivo presentó su madures fisiológica comercial.

### **3.11. Variables Evaluadas.**

Se evaluó al cultivo de cada variedad con las tres soluciones nutritiva.

### 3.11.1. Niveles de fertirrigación (Tratamientos)

- Medición de pH y conductividad eléctrica.

Se lo realizó periódicamente con la ayuda de un medidor pH-metro y conductímetro para mantener un nivel óptimo y evitar el exceso de sales.

- Coeficiente de cultivo (Kc).

Se tomó el volumen de consumo diario por solución nutritiva de cada nivel de fertirrigación y luego se transformó a consumo L/día/planta.

### 3.11.2. Variedades de lechuga (Subtratamientos).

- Altura de planta (cm).

Se tomó 8 plantas al azar de cada contenedor, se midió desde el medio del sostén hasta al ápice de la hoja central de la planta los datos fueron medidos en (cm) con la unidad de medida el flexómetro.

- Longitud de la raíz (cm).

Se midió la longitud a la cosecha con la ayuda de un flexómetro se registraron los resultados en (cm).

- Numero de hojas por planta.

Se contabilizó el número de hojas tomando en cuenta la edad de la planta a los 20 días del trasplante

- Rendimiento por m<sup>2</sup>.

Se pesó a cada planta de las evaluadas anteriormente para saber el rendimiento por metro cuadrado.

- Análisis económico

El análisis económico se lo realizó en base de la producción, venta y los costos fijos y variables de producción de cada tratamiento con los promedios obtenidos de la producción de la cosecha.



## IV. RESULTADOS

### 4.1. Valores de pH en la solución madre A de los niveles de fertirrigación

Al realizar la preparación de las soluciones nutritivas A en las diferentes concentraciones, los resultados obtenidos de pH con pH-metro digital en los tres niveles de fertirrigación se observa valores similares entre el nivel 1 y 3 con 7,05 de pH, mientras el nivel 2 presentó 7,02 de pH, valores que son considerados aceptables para hidroponía (Gráfico 1).

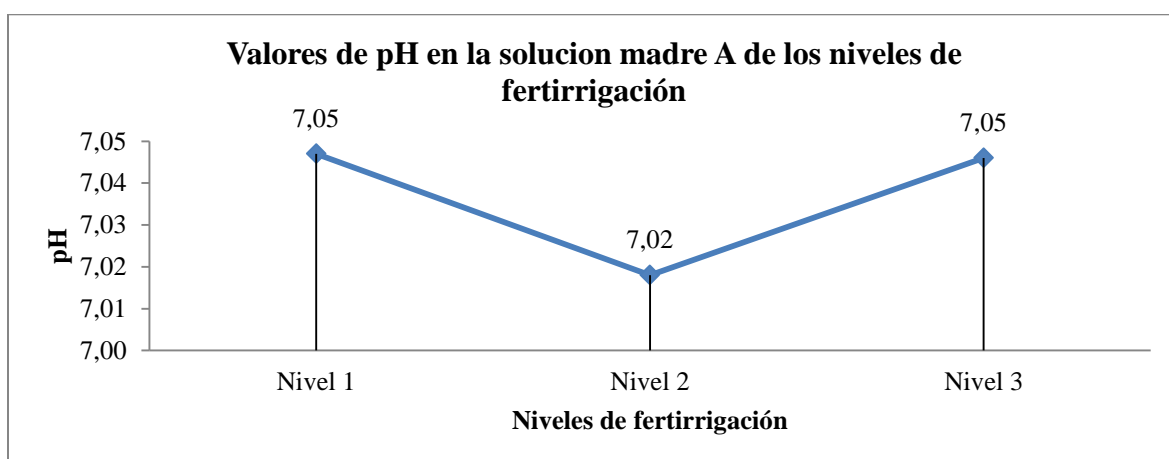


Gráfico 1. . Valores de pH en la solución madre A. UTB. FACIAG. 2015

### 4.2. Valores de pH en la solución madre B de los niveles de fertirrigación

El grado de concentración de pH en la solución B aplicado en tres niveles de fertirrigación se presentan en el Gráfico 2, el cual obtiene en los tres niveles 1-2-y 3 valores de 6,86; 6,27 y 6,28 de pH respectivamente.

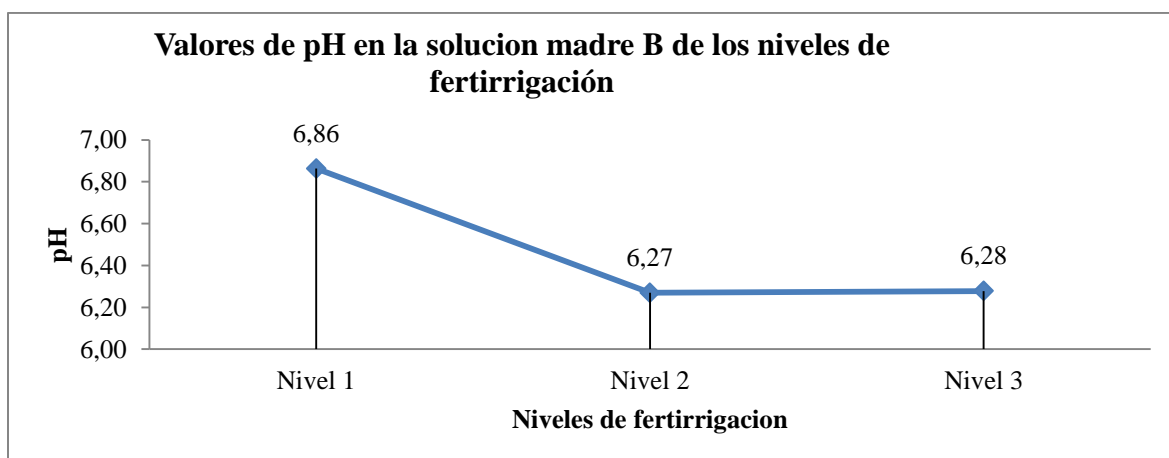


Gráfico 2. . Valores de pH en la solución madre B. UTB. FACIAG. 2015

#### 4.3. Valores de conductividad eléctrica (C.E.) en la solución madre A en tres niveles de fertirrigación.

La medición de conductividad eléctrica con el uso de un conductivímetro por el método amperimétrico en la solución madre A en los tres niveles 1-2-y 3 de fertirrigación, presentaron valores de 0,69; 0,69 y 0,68  $\text{dS m}^{-1}$  respectivamente, resultados que fueron favorables en las solución nutritivas preparadas (Grafico 3).

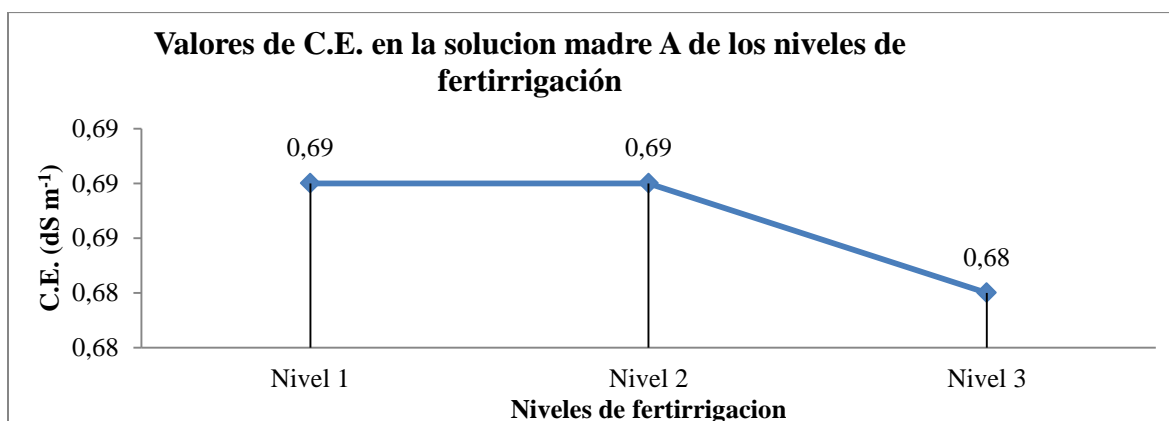


Gráfico 3. Valores de conductividad eléctrica (C.E.) en la solución madre A. UTB. FACIAG. 2015

#### 4.4. Valores de conductividad eléctrica (C.E.) en la solución madre B en tres niveles de fertirrigación.

Con respecto a la cantidad de sales disueltas presentes en la solución B, se obtuvo medidas de conductividad eléctrica en los niveles 1, 2 y 3 de 0,96; 1,09 y 0,94  $\text{dS m}^{-1}$  respectivamente (Grafico 4).

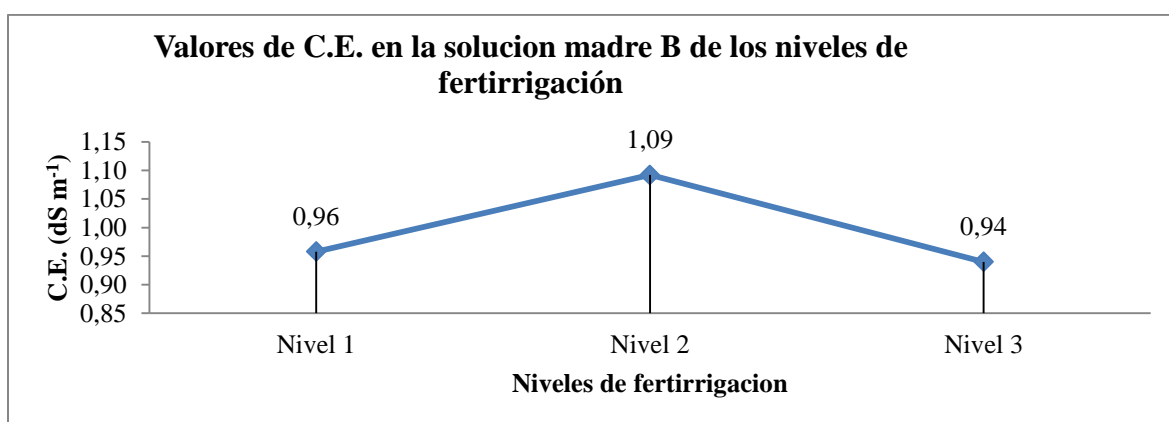


Gráfico 4. Valores de conductividad eléctrica (C.E.) en la solución madre B. UTB. FACIAG. 2015

#### **4.5. Coeficiente de cultivo (Kc).**

En función al consumo de agua (L/día/planta) se pudo obtener el coeficiente de cultivo (Kc), el cual durante su desarrollo fenológico presentó consumos que variaron en los tres niveles de fertirrigación a partir del día 3 al 38 de la cosecha, donde el nivel 1 alcanza (0,05 a 0,12 L/día/planta), nivel 2 (0,06 a 0,07 L/día/planta) y nivel 3 (0,03 a 0,08 L/día/planta). (Gráfico 5)

#### **4.6. Altura de planta (cm).**

Los promedios de altura de planta en centímetros evaluada 7 días después del trasplante se presentan en el Cuadro 4. Al realizar el Análisis de la Varianza no se determinó diferencias estadísticas en Tratamientos y en la Interacción Tratamientos x Subtratamientos, mientras que en Subtratamientos se presentó alta significancia. El promedio general fue de 3,12 cm y el coeficiente de variación de 5,87 %. En Tratamientos se observó estadísticamente el valor más alto en el Nivel 1 de fertirrigación con 3,17 cm de altura y el menor valor con el Nivel 2 de fertirrigación que obtuvo 3,06 cm de altura de planta. En Subtratamientos, el promedio más alto se obtuvo estadísticamente en la variedad Boston con 3,42 cm, mientras el menor promedio se obtuvo con las variedades Simpson y Volcán con 2,90 y 3,05 cm respectivamente.

El Cuadro 5, presenta los promedios de altura de planta en centímetros evaluada 14 ddt. Al realizar el análisis estadístico, no se observa diferencias estadísticas en Tratamientos y en la Interacción Tratamientos x Subtratamientos, mientras que en Subtratamientos se presentó alta significancia estadística. El promedio general fue de 8,04 cm y el coeficiente de variación fue de 8,30 %. En Tratamientos se observó estadísticamente el valor más alto en el Nivel 3 de fertirrigación con 8,29 cm de altura y el menor valor con el Nivel 2 de fertirrigación que obtuvo 7,87 cm de altura de planta. Según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 % de probabilidad se observó en Subtratamientos, estadísticamente el promedio más alto se obtuvo en la variedad Boston con 3,42 cm, el menor promedio se obtuvo con la variedad Volcán con 6,38 cm seguido de Simpson con 6,34 cm.

**Coefficiente de cultivo (Kc) adimensional en base al consumo de agua durante el desarrollo vegetativo en tres niveles de fertirrigación**

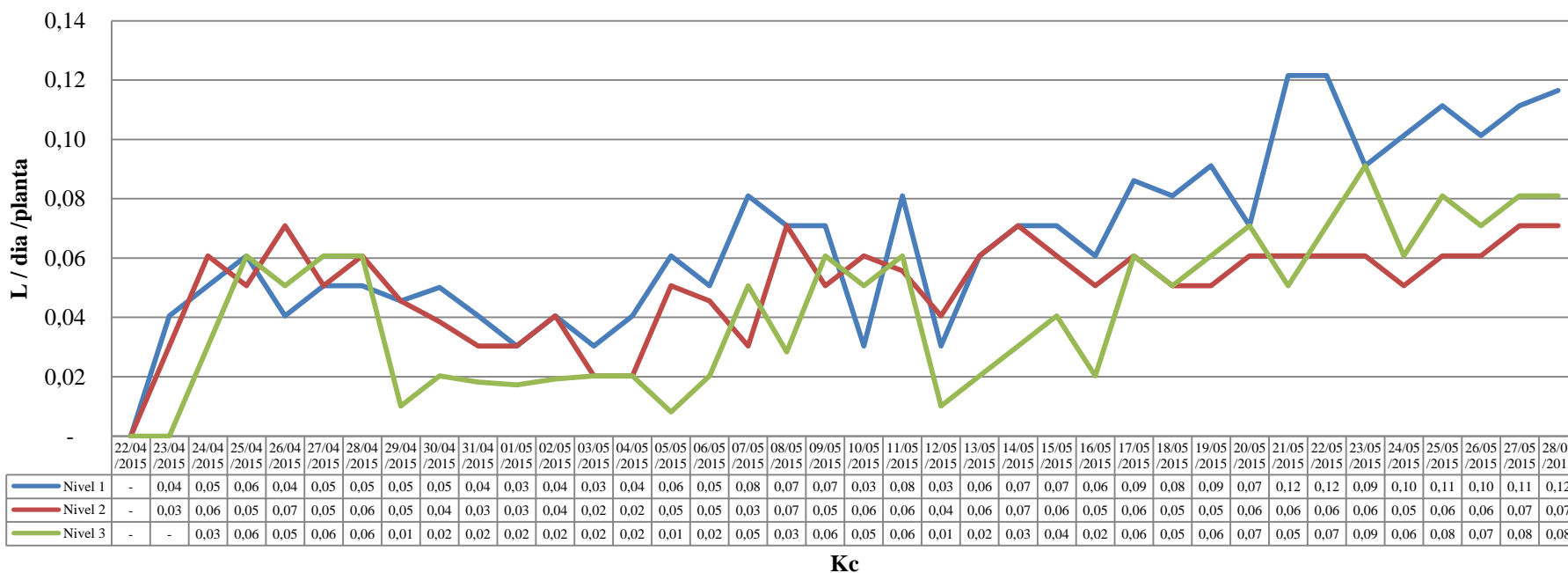


Gráfico 5. Valores de consumo de agua (L/día/planta) en tres niveles de fertirrigación. UTB-FACIAG, 2015.

Cuadro 4. Altura de planta a los 7 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades de lechuga) (cm)			$\bar{x}$
	Volcán	Boston.	Simpson	(ns)
Nivel 1	3.05	3.54	2.92	3.17
Nivel 2	3.02	3.30	2.85	3.06
Nivel 3	3.08	3.41	2.94	3.14
$\bar{x}$ (**)	3.05 b	3.42 a	2.90 b	3.12
C.V.:	5.87%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*\* : altamente significativo al 1 %.

ns: no significativo

Cuadro 5. Altura de planta a los 14 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades de lechuga) (cm)			$\bar{x}$
	Volcán	Boston.	Simpson	(ns)
Nivel 1	6.52	11.10	6.23	7.95
Nivel 2	6.29	11.04	6.29	7.87
Nivel 3	6.33	12.02	6.50	8.29
$\bar{x}$ (**)	6.38 b	11.39 a	6.34 b	8.04
C.V.:	8.30%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*\* : altamente significativo al 1 %.

ns: no significativo

Los promedios de altura de planta en centímetros evaluada 21 ddt se presentan en el Cuadro 6. Al realizar el Análisis de la Varianza no se determinó diferencias estadísticas en Tratamientos, mientras que en Subtratamientos se presentó alta significancia y en la Interacción Tratamientos x Subtratamientos significancia estadística. El promedio general fue de 10.6 cm y el coeficiente de variación de 15,78 %. En Tratamientos se observó estadísticamente el valor más alto en el Nivel 2 de fertirrigación con 11.62 cm de altura y el menor promedio en el Nivel 1 de fertirrigación con 9.96 cm de altura de planta. En Subtratamientos al realizar la Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 % de probabilidad se observó que estadísticamente el promedio más alto se mantiene en la variedad Boston con 16,42 cm, mientras el menor promedio lo mantuvieron las variedades Simpson y Volcán con 7.94 y 7.45 cm respectivamente.

Cuadro 6. Altura de planta a los 21 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades de lechuga) (cm)			$\bar{x}$  (ns)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	7,83 c	14.25 b	7.79 c	9.96
Nivel 2	7.50 c	20.08 a	7.27 c	11.62
Nivel 3	7.00 c	14.92 b	8.75 c	10.22
$\bar{x}$ (**)	7.45 b	16.42 a	7.94 b	10.60
C.V.:	15.78%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*\* : altamente significativo al 1 %.

ns: no significativo

El Cuadros 7, presenta los promedios de altura de planta en centímetros evaluada 28 ddt. Al realizar el análisis de varianza, no se observa diferencias estadísticas en Tratamientos, mientras que en Subtratamientos y en la Interacción Tratamientos x Subtratamientos, se presentó alta significancia estadística. El promedio general fue de 13,06 cm y el coeficiente de variación fue de 7,39 %. En Tratamientos se observó que estadísticamente

el valor más alto en Nivel 3 de fertirrigación con 13,52 cm de altura y el menor valor con el Nivel 2 de fertirrigación que obtuvo 12,32 cm de altura de planta. La Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 % de probabilidad para el factor de Subtratamientos se obtuvo que estadísticamente la variedad Boston con 18.71 cm alcanzó la mayor altura de planta, mientras que el menor promedio fue para la variedad Volcán con 9,89 cm seguido de Simpson con 10,62 cm.

Cuadro 7. Altura de planta a los 28 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades de lechuga) (cm)			$\bar{x}$  (ns)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	9.75 d	19.75 a	10.54 cd	13.35
Nivel 2	8.02 e	18.46 ab	10.48 cd	12.32
Nivel 3	11.82 c	17.92 b	10.84 c	13.52
$\bar{x}$ (**)	9.86 b	18.71 a	10.62 b	13.06
C.V.:	7.39%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*\* : altamente significativo al 1 %.

ns: no significativo

Los promedios de altura de planta en centímetros en la última evaluación 35 ddt se presentan en el Cuadro 8. Al realizar el Análisis de la Varianza se determinó alta significancia estadística en Tratamientos, y Subtratamientos y en la Interacción Tratamientos x Subtratamientos. El promedio general fue de 22,84 cm y el coeficiente de variación de 2,56 %. Al realizar la Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 %, en Tratamientos se observó que estadísticamente el promedio más alto Nivel 3 de fertirrigación con 24.02 cm mientras que el menor promedio fue para el Nivel 2 con 21.75 cm. Así mismo en Subtratamientos estadísticamente se observó que el promedio más alto lo mantuvo Boston alcanzo promedios de altura de 24.57 cm, mientras que el menor promedio fue para la variedad Volcán con 20.99 cm.

Cuadro 8. Altura de planta a los 35 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades de lechuga) (cm)			$\bar{x}$  (**)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	20.63 f	24.54 c	23.09 d	22.75 B
Nivel 2	23.13 d	21.96 e	20.17 fg	21.75 C
Nivel 3	19.21 g	27.21 a	25.63 b	24.02 A
$\bar{x}$ (**)	20.99 c	24.57 a	22.96 b	22.84
C.V.:	2.56%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*\* : altamente significativo al 1 %.

#### 4.7. Número de hojas

Los promedios de número de hojas 7 días después del trasplante se presentan en el Cuadro 9. En el Análisis de la Varianza no se determinó significancia estadística en Tratamientos, sin embargo se presentó en Subtratamientos significancia estadística y en la interacción Tratamientos x Subtratamientos alta significancia estadística. El promedio general fue de 11,35 hojas/planta y el coeficiente de variación de 8,54 %. En Tratamientos se observó que los promedios fueron similares numéricamente en los tres niveles oscilando de 11,29 a 11,38 hojas/planta. Con respecto a Subtratamientos estadísticamente se observó que el promedio más alto lo presentó Volcán con 11.76 hojas/planta siendo superior estadísticamente a las demás variedades, el menor promedio lo presentó la variedad Simpson con 10.80 hojas/planta.

En el Cuadro 10, se presentan los promedios de número de hojas 14 ddt. Después de haber realizado el Análisis de la Varianza no se determinó significancia estadística en Tratamientos e interacciones Tratamientos x Subtratamientos, sin embargo se presentó en Subtratamientos alta significancia estadística. El promedio general fue de 14,93 hojas/planta y el coeficiente de variación de 6,88 %. En esta variable los Tratamientos presentaron promedios similares en los tres niveles oscilando de 14,57 a 15,20 hojas/planta. En cuanto a Subtratamientos la variedad Volcán presentó el mayor número



con 16,34 hojas/planta estadísticamente superior a las demás variedades, mientras el menor promedio lo presentaron las variedades Boston y Simpson con 13,97 y 14.49 hojas/planta siendo estadísticamente similares y diferentes a la otra variedad.

Cuadro 9. Número de hojas 7 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertilización)	Subtratamientos (Variedades de lechuga)			$\bar{x}$ (ns)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	12.25 a	12.17 a	9.71 b	11.38
Nivel 2	11.83 a	11.38 ab	10.67 ab	11.29
Nivel 3	11.21 ab	10.88 ab	12.02 a	11.37
$\bar{x}$ (*)	11.76 a	11.47 ab	10.80 b	11.35
C.V.:	8.54%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*: significativo al 5 %.

ns: no significativo

Cuadro 10. Número de hojas a los 14 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertilización)	Subtratamientos (Variedades de lechuga)			$\bar{x}$ (ns)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	16.84	13.38	14.88	15.03
Nivel 2	16.38	14.25	14.96	15.20
Nivel 3	15.80	14.29	13.63	14.57
$\bar{x}$ (**)	16.34 a	13.97 b	14.49 b	14.93
C.V.:	6.88%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*\* : altamente significativo al 1 %.

ns: no significativo

Los valores promedios de número de hojas 21 ddt se presentan en el Cuadro 11. Después de haber realizado el Análisis de la Varianza no se determinó significancia estadística en Tratamientos y en la interacción Tratamientos x Subtratamientos, mientras en Subtratamientos se presentó alta significancia estadística. El promedio general fue de 17,81 hojas/planta y el coeficiente de variación de 3,41 %. Los resultados obtenidos en Tratamientos no presentaron diferencias estadísticas en los tres niveles oscilando en número de 17,49 a 18,04 hojas/planta. En el factor de Subtratamientos estadísticamente se observó que el promedio más alto lo presentó Volcán con 18,61 hojas/planta estadísticamente superior a las demás variedades, reportando las variedades Boston y Simpson el menor valor con 17,70 y 17,13 hojas/planta.

Cuadro 11. Número de hojas a los 21 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades de lechuga)			$\bar{x}$ (ns)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	18.13	17.50	16.84	17.49
Nivel 2	18.79	17.79	17.13	17.90
Nivel 3	18.92	17.79	17.42	18.04
$\bar{x}$ (**)	18.61 a	17.70 b	17.13 b	17.81
C.V.:	3.41%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*\* : altamente significativo al 1 %.

ns: no significativo

Los promedios de número de hojas 28 días después del trasplante ddt se presentan en el Cuadro 12. En el Análisis de la Varianza se estableció significancia estadística en Tratamientos, sin embargo no se presentó significancia estadística en Subtratamientos y en la interacción Tratamientos x Subtratamientos. El promedio general fue de 21,10 hojas/planta y el coeficiente de variación de 4,04 %. En Tratamientos se observó que el mayor promedios lo alcanzó el nivel de fertirrigación 2 con 21.86 hojas/planta, igual estadísticamente al nivel 1 de fertirrigación que obtuvo 21.53 hojas/planta obteniendo el nivel 3 el menor número con 19,91 hojas/planta. En cuanto a Subtratamientos no se presentó ninguna significancia estadística con valores que oscilaron de 20,66 a 21,45 hojas/planta.

Cuadro 12. Número de hojas 28 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades de lechuga)			$\bar{x}$ (* )
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	21.88	21.30	21.42	21.53 A
Nivel 2	21.67	22.29	21.63	21.86 A
Nivel 3	20.79	20.00	18.92	19.91 B
$\bar{x}$ (ns)	21.45	21.20	20.66	21.10
C.V.:	4.04%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*: significativo al 5 %.

ns: no significativo

En el Cuadro 13 se presentan los promedios de número de hojas 35 ddt, el mismo que realizado el Análisis de la Varianza presentó alta significancia estadística en Tratamientos, mientras que no se observa significancia estadística alguna en Subtratamientos e interacciones Tratamientos x Subtratamientos. El promedio general fue de 23,62 hojas/planta y el coeficiente de variación de 2,75 %. En esta evaluación realizada los Tratamientos del nivel 2 de fertirrigación reportó el mayor valor de 24,29 hojas/planta, igual estadísticamente al nivel 1 de fertirrigación que obtuvo 23,77 hojas/planta y superior al nivel 3 de fertirrigación que obtuvo el valor más bajo de 22,79 hojas/planta.

#### 4.8. Longitud de Raíz (cm)

Los promedios de longitud de raíz 14 ddt se presentan en el Cuadros 14. Después de realizado el Análisis de la Varianza no se determinó significancia estadística en Tratamientos, Subtratamientos y en la interacción Tratamientos x Subtratamientos. El promedio general fue de 3,95 cm y el coeficiente de variación de 11,36 %. En Tratamientos y Subtratamientos se observó que los promedios fueron similares numéricamente oscilando de 3,86 a 4,06 cm y 3,85 a 4,09 cm respectivamente.

En el Cuadros 15 se presentan los promedios de longitud de raíz 35 ddt. Después de haber realizado el Análisis de la Varianza no se determinó significancia estadística en Tratamientos, Subtratamientos e interacciones Tratamientos x Subtratamientos. El promedio general fue de 25,39 cm y el coeficiente de variación de 3,50 %. En esta

variable los Tratamientos y Subtratamientos presentaron promedios similares oscilando valores de 24,80 a 25,74 y 25,11 a 25,72 cm de longitud de raíz respectivamente.

Cuadro 13. Número de hojas a los 35 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades de lechuga)			$\bar{x}$  (**)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	24.00	23.50	23.80	23.77 A
Nivel 2	24.08	24.34	24.46	24.29 A
Nivel 3	23.09	22.21	23.08	22.79 B
$\bar{x}$ (ns)	23.72	23.35	23.78	23.62
C.V.:	2.75%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*\* : altamente significativo al 1 %.

ns: no significativo

Cuadro 14. Longitud de raíz (cm) a los 14 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades de lechuga)			$\bar{x}$  (ns)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	4.13	3.83	4.23	4.06
Nivel 2	3.50	4.06	4.02	3.86
Nivel 3	3.94	3.85	4.02	3.94
$\bar{x}$ (ns)	3.85	3.92	4.09	3.95
C.V.:	11.36%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

ns: no significativo

Cuadro 15. Longitud de raíz a la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)			$\bar{x}$ (ns)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	24.67 de	27.21 b	25.04 cd	25.64
Nivel 2	29.13 a	26.50 bc	21.58 f	25.74
Nivel 3	23.38 e	21.63 f	29.38 a	24.80
$\bar{x}$ (ns)	25.72	25.11	25.34	25.39
C.V.:	3.50%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

ns: no significativo

#### 4.9. Peso de Planta a la Cosecha (g)

Los promedios de peso de planta (g) registrado al momento de la cosecha se presentan en el Cuadros 16. Al realizar el Análisis de la Varianza se determinó alta significancia estadística en Tratamientos, Subtratamientos y en la Interacción Tratamientos x Subtratamientos. El promedio general fue de 54,08 g y el coeficiente de variación de 7,27 %. Al realizar la Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 %, en Tratamientos se observó que estadísticamente el promedio más alto fue el Nivel 3 de fertirrigación con 60,14 g igual estadísticamente al Nivel 2 de fertirrigación que obtuvo 59.30 g, pero diferentes al Nivel 1 que presentó el menor promedio con 42,81 g/planta. En Subtratamientos estadísticamente se observó que el promedio más alto lo obtuvo la variedad Simpson con 61,50 g/planta, mientras que el menor promedio fue para las variedades Volcán y Boston cuyos promedios estadísticamente fueron similares con valores de 50.03 y 50.71 g/planta respectivamente.

#### 4.10. Peso de Raíz a la Cosecha (g).

En el Cuadro 17, del Anexo se presentan los valores de peso de raíz (g) al momento de la cosecha. Una vez efectuado el Análisis de la Varianza se determinó alta significancia estadística en Tratamientos, Subtratamientos y en la Interacción Tratamientos x

Subtratamientos. El promedio general fue de 16,59 g y el coeficiente de variación de 4,31 %. Duncan al 5%, para Tratamientos establece el promedio más alto con el Nivel 2 de fertirrigación con 17,21 g diferente estadísticamente a los Niveles 1 y 3 que obtienen el menor promedio con 16,39 y 16,16 g respectivamente. En Subtratamientos estadísticamente se observó que el promedio más alto lo obtuvo la variedad Simpson con 19,14 g/planta, mientras que el menor promedio fue para la variedad Volcán con 14,93 g estadísticamente diferente a las demás variedades.

Cuadro 16. Peso de planta a la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)			$\bar{x}$  (**)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	38.21 f	48.92 d	41.29 ef	42.81 B
Nivel 2	65.05 bc	42.50 def	70.34 ab	59.30 A
Nivel 3	46.84 de	60.71 c	72.88 a	60.14 A
$\bar{x}$ (**)	50.03 b	50.71 b	61.50 a	54.08
C.V.:	7.27%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*\* : Altamente significativo al 1 %.

#### 4.11. Análisis económico

Los promedios del análisis económico se presentan en los Cuadros 18. El Costo fijo de producción fue de \$ 17.450. USD. En cuanto al Beneficio Neto el promedio más alto en Siembra Directa se obtuvo con el Nivel 3 de fertirrigación y la variedad Simpson con \$ 85.040 USD, mientras el menor valor lo obtuvo Nivel 1 de fertirrigación con la variedad Volcán que apenas alcanzó \$ 36.843 USD.

Cuadro 17. Peso de raíz (g) al momento de la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)			$\bar{x}$ (**)
	Volcán	Boston.	Simpson	
Nivel 1	13.67 e	16.71 c	18.79 b	16.39 B
Nivel 2	16.75 c	14.67 de	20.21 a	17.21 A
Nivel 3	14.38 de	15.67 cd	18.42 b	16.16 B
$\bar{x}$ (**)	14.93 c	15.68 b	19.14 a	16.59
C.V.:	4.31%			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test: Duncan Alfa=0.05

\*\* : altamente significativo al 1 %.

Cuadro 18. Análisis económico calculado por una hectárea y elevado a un año de producción evaluado en tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	Rendimiento (kg/ha)	Costos de Producción		Beneficio Bruto USD/ha	Beneficio Neto USD/ha
			Fijos USD/ha	Variables USD/ha		
Nivel 1	Volcán	61409	17450	975	55268	36843
	Boston.	78621	17450	975	70759	52334
	Simpson	66359	17450	975	59723	41298
$\bar{x}$		68796	17450	975	61917	43492
Nivel 2	Volcán	104544	17450	1950	94090	74690
	Boston.	68303	17450	1950	61473	42073
	Simpson	113046	17450	1950	101742	82342
$\bar{x}$		95298	17450	1950	85768	66368
Nivel 3	Volcán	75278	17450	2925	67751	47376
	Boston.	97569	17450	2925	87812	67437
	Simpson	117128	17450	2925	105415	85040
$\bar{x}$		96659	17450	2925	86993	66618

Numero de cosechas al año = 9

Precio \$/kg de lechuga de hoja = 0,90 USD

Precio Fertilizantes Nivel 1 = 975 USD/AÑO

Nivel 2 = 1950 USD/AÑO

Nivel 3 = 2925 USD/AÑO



## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se tuvo como propósito disponer de alternativas producción mediante un sistema de hidroponía para brindar condiciones favorables en el desarrollo productivo de cultivos hortícolas como la lechuga, y sobre todo evaluar el rendimiento agronómico mediante programas de fertirrigación con niveles adecuados de requerimiento del cultivo; además de realizar el análisis económico de cada uno de los tratamientos. Con base en esto se planteó la hipótesis en la que se desarrolló esta investigación.

De acuerdo con los resultados encontrados en esta investigación se puede decir que en general, en el establecimiento del cultivo hidropónico de lechuga, se logró el mejor manejo de acuerdo a los requerimientos del mercado concluyendo que este sistema permitió adaptar este cultivo en una cantidad limitada de espacio, lo cual permitió cosechas más rápidas y con rendimientos mayores, en este sistema donde el agua y los fertilizantes, permite ejercer un mayor control sobre las plantas, con resultados más uniformes y seguros como lo menciona (Christian, 2001), en los cuales con este sistema se pudo alcanzar los siguientes resultados de la investigación: al comparar los valores encontrados, en altura y peso de planta al momento de la cosecha importante componente del rendimiento, el tratamiento del nivel 3 de fertirrigación alcanzó el mejor promedio, las comparaciones de los tratamientos y subtratamientos se les puede observar en la Figura 5 y 13; al analizar el número de hojas y peso de raíz por planta, el nivel 2 expresó un mayor comportamiento en el sistema hidropónico, estos resultados obtenidos en estos componentes pueden aducirse que los valores requeridos por el cultivo en estos niveles nutricionales aportaron el equilibrio adecuado de nutrientes, además podemos mencionar que la solución en sus valores de pH y conductividad eléctrica (gráfico 1-2-3 y 4) en sus soluciones “A” y “B” fueron óptimas ya que en general, la absorción máxima de un ión ocurre entre pH 5 y 7 lo cual concuerda con lo que menciona Hidroponía y Cultivos Hidropónicos en el año (2011). Además cabe mencionar que la conductividad eléctrica de acuerdo a su concentración de iones permite la adsorción de nutrientes en medida que esta aumente o disminuya, por lo que elementos como el potasio en conductividades altas son adsorbidos en mayor porcentaje. En lo que se refiere a tamaño de raíz en el ensayo realizado, no se observó que los resultados obtenidos en promedio sean diferentes estadísticamente, por lo que la coincidencia observada probablemente se deba a que los niveles de fertirrigación aplicados por separado mantuvieron un similar efecto fisiológico en estos componentes.

Los resultados adquiridos en los subtratamientos (variedades de lechuga) demostraron que la variedad Boston alcanzó la mayor altura, mientras que la variedad Simpson obtuvo el mayor peso de planta y raíz, valores que se atribuyen a las características agronómicas propias de las variedades (Cuadro 1), los componentes de número de hojas y tamaño de raíz no presentaron diferencia estadística alguna en sus promedios, lo cual podría atribuirse que no se presenta efecto diferencial alguno por parte de las variedades en estos componentes.

En lo que se refiere a los costos de producción entre ellos, los beneficios netos logrados se encuentran que la diferencia mostrada en los niveles de fertirrigación y variedades es significativo, pues en esta se pudo alcanzar la mayor utilidad con el nivel 3 de fertirrigación y la variedad Simpson con \$ 85.040 USD/ha.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- 1) En altura y peso de planta la mejor respuesta se observa con el Nivel 3 de fertirrigación, mientras que en número de hojas y peso de raíz con el Nivel 2 de fertirrigación se alcanza el mejor promedio. En tamaño de raíz en los tres niveles de fertirrigación tienen un comportamiento similar estadísticamente.
- 2) En altura de planta en las variedades evaluadas Boston sobresale con el mayor promedio adquirido, mientras que en peso de planta y raíz la variedad Simpson presenta una mejor respuesta. En lo concerniente a número de hojas y tamaño de raíz, las variedades no presentaron diferencias significativas.
- 3) Al interaccionar los niveles de fertirrigación y variedades, el nivel Nivel 3 de fertirrigación con la variedad Boston obtienen el mayor promedio en altura de planta, mientras que el Nivel 3 de fertirrigación con la variedad Simpson alcanzan el mayor tamaño de raíz y peso de planta, y el nivel 2 de fertirrigación y la variedad Simpson obtienen el mejor resultado en peso de raíz. En el componente número de hojas las interacciones no presentaron diferencias significativas.
- 4) Tanto en el rendimiento como en el análisis económico, la diferencia encontrada se pudo observar con el Nivel 3 de fertirrigación y la variedad Simpson la mayor utilidad económica.

Con base a lo indicado se recomienda lo siguiente:

- 1) Realizar siembras de lechuga en hidroponía debido a la gran utilidad económica que presenta este sistema.
- 2) Utilizar la variedad Simpson en sistemas de hidroponía debido a que presenta el mayor rendimiento y la mayor utilidad económica.
- 3) Emplear el nivel 2 o 3 de fertirrigación en sistemas de hidroponía del cultivo de lechuga previo ensayo que se ajuste de acuerdo a la variedad a establecer.

## VII. RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en un sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) conocido como "la técnica de la película de nutriente", bajo un diseño de circulación continua de una fina capa de solución nutritiva a través de las raíces, por una serie de canales de PVC, el sitio experimental estuvo ubicado en la zona de Ibarra cantón Ibarra, provincia de Imbabura con coordenadas 0° 21' 01'' de latitud norte y 78° 0' 01'' de longitud oeste y a una altitud de 2.221 msnm. Los objetivos fueron los siguientes: evaluar la mejor respuesta de rendimiento agronómico de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica, identificar el nivel de fertirrigación que presente el mejor rendimiento agronómico en tres variedades de lechuga y realizar análisis económico de cada uno de los tratamientos evaluados en el presente estudio.

El material que se utilizó fue tres variedades de lechuga Red Salad Volcán, Dark Green Boston y Black Seed Simpson. Los factores estudiados fueron tres niveles de fertirrigación (tratamientos) y tres variedades (subtratamientos). Durante el desarrollo del ensayo se utilizó el Diseño de Parcelas Divididas y la comprobación de medidas mediante la Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 % de probabilidad. Las variables evaluadas fueron en los niveles de fertirrigación (Tratamientos): medición de pH y conductividad eléctrica, coeficiente de cultivo (Kc). En variedades de lechuga (Subtratamientos): altura de planta (cm), longitud de la raíz (cm), número de hojas por planta, rendimiento por m<sup>2</sup>, y el análisis económico.

En el manejo hidropónico de la lechuga, en altura y peso de planta la mejor respuesta se observa con el Nivel 3 de fertirrigación, mientras que en número de hojas y peso raíz con el Nivel 2 de fertirrigación se alcanza el mejor promedio; en tamaño de raíz los tres niveles de fertirrigación tienen un comportamiento similar estadísticamente; en altura de planta en las variedades evaluadas Boston sobresale con el mayor promedio adquirido, mientras que en peso de planta y raíz la variedad Simpson presenta una mejor respuesta; en lo concerniente a número de hojas y tamaño de raíz, las variedades no presentaron diferencias significativas; al interaccionar los niveles de fertirrigación y variedades, el nivel Nivel 3 de fertirrigación con la variedad Boston obtienen el mayor promedio en altura de planta, mientras que el Nivel 3 de fertirrigación con la variedad Simpson alcanzan el mayor tamaño de raíz y peso de planta, y el nivel 2 de fertirrigación y la variedad Simpson

obtienen el mejor resultado en peso de raíz; en el componente número de hojas las interacciones no presentaron diferencias significativas y tanto en el rendimiento como en el análisis económico, la diferencia encontrada se pudo observar con el Nivel 3 de fertirrigación y la variedad Simpson la mayor utilidad económica.

Palabras claves: sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique), fertirrigación, rendimiento agronómico, cultivo de lechuga.

## SUMMARY

The research was conducted in a hydroponic system NFT (Nutrient Film Technique) known as "technical nutrient film" design under a continuous flow of a thin layer of nutrient solution through the roots, through a series PVC channels, the experimental site estubo located in the canton Ibarra Ibarra, Imbabura province with coordinates  $0^{\circ} 21' 01''$  north latitude and  $78^{\circ} 0' 01''$  west longitude at an altitude of 2,221 meters. The objectives were: to evaluate the best response of agronomic performance of three varieties of lettuce with three levels of fertilizer in hydroponic production, identify the level of fertigation to present the best agronomic performance in three varieties of lettuce and perform economic analysis of each treatments evaluated in this study. The material used was three varieties of lettuce Salad Volcano Red, Dark Green and Black Seed Boston Simpson. The studied factors were three levels of fertigation (treatments) and three varieties (subtratamientos). During assay development the split plot design and verification measures used by multiple range test Duncan at 5% probability. The variables were fertigation levels (treatments): measuring pH and electrical conductivity, crop coefficient (Kc). In varieties of lettuce (subtreatments): plant height (cm), root length (cm), number of leaves per plant. yield per  $m^2$ , and economic analysis. In hydroponic lettuce management in plant height and weight of the best response observed with fertigation Level 3, while the number of leaves and root weight with Level 2 of fertigation best average is achieved; Root size fertigation three levels have a statistically similar behavior; in plant height in Boston evaluated varieties with higher average protrudes acquired while plant weight and root Simpson variety presents a better response; with regard to number of leaves and root size, the varieties were not significantly different; to interact fertigation levels and varieties, the Tier 3 level fertigation with variety Boston obtained the highest average plant height, while Level 3 of fertigation with the variety Simpson reach larger root and plant weight, and level 2 of fertigation and variety Simpson obtained the best results in root weight; in the number of component interactions leaves no significant differences and both the yield and economic analysis, the found difference was observed with Level 3 of fertigation and variety Simpson greater economic usefulness.

Keywords: hydroponic system NFT (Nutrient Film Technique), fertigation, agronomic performance, growing lettuce.

## VIII. LITERATURA CITADA

Agrino-nova. (s/f). *www.agri-nova.com*. Recuperado el 16 de 10 de 2014, de La lechuga:  
<http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

Agronomia para todos. (07 de 12 de 2012). *Agronomia para todos*. Recuperado el 14 de 10 de 2014, de Cultivo hidropónico de lechuga:  
<http://www.agronomiaparatodos.org/2012/12/cultivo-hidroponico-de-la-lechuga.html>

Alarcon, A. (s/f). *Infoagro*. Recuperado el 05 de 10 de 2014, de Los cultivos hidropónicos de hortalizas extratempranas:  
[http://www.infoagro.com/riegos/hidroponicos\\_hortalizas\\_extratempranas.htm](http://www.infoagro.com/riegos/hidroponicos_hortalizas_extratempranas.htm)

Calderon Saenz, F. (18 de 05 de 2001). *Que son los cultivos hidroponicos y el porque de la hidrponia*. Recuperado el 09 de 10 de 2014, de  
[http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Presentacion\\_De\\_La\\_Hidroponia.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Presentacion_De_La_Hidroponia.htm)

Carrera. (02 de 2009). *CICP AR- Patrimonio Gastronomico*. Recuperado el 13 de 10 de 2014, de Fundacion Josep Carrera: <http://cicop-patrimoniogastronomico.blogia.com/2009/febrero.php>

Christian, C. (2001). La Hidroponía como Alternativa de Produccion Vegetal. *Revista Practical Hydroponics*, 191.

DELFIN. (15 de 11 de 2001). Recuperado el 1 de 09 de 2014, de Universidad zamorano:  
<http://181.198.25.144:8080/bitstream/123456789/2187/1/4%20-%203%20TESIS%20DE%20LECHUGA%20HIDROPONICA%20MARIO%20Y..pdf>

El Comercio. (2013). Seis variedades de lechuga acompañan las ensaladas. *Revista Lideres*, 36.

Gilsanz, J. (2007). Hidroponía. (U. d. Tecnología, Ed.) *HIDROPONIA*, 31.

Hernandez, J. (2014). *Universidad Politecnica del Carchi*. Recuperado el 17 de 10 de

2014, de Fenología de la lechuga: <https://es.scribd.com/doc/235709583/Fenologia-de-La-Lechuga>

Hidroponia y Cultivos Hidroponicos. (08 de 2011). Recuperado el 14 de 10 de 2014, de Sobre Hidroponía, concepto e informacion tecnica: [http://www.hidroponiaaldia.com/2011\\_08\\_01\\_archive.html](http://www.hidroponiaaldia.com/2011_08_01_archive.html)

Horticultura Global. (2010). Cultivo hidroponico de lechuga. *Horticultura Global*, 40.

Hydroenv. (s/f). *Innovación agrícola*. Recuperado el 13 de 10 de 2014, de ¿Que es el sistema NFT?: [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=101](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=101)

Infojardin. (2002). *Infojardin.com*. Recuperado el 17 de 10 de 2014, de Cultivo de lechuga: <http://articulos.infojardin.com/huerto/cultivo-lechuga-lechugas.htm>

INTY. (22 de 03 de 2011). Recuperado el 16 de 10 de 2014, de Cultivo de la lechuga: <http://cultivodelalechuga.blogspot.com/2011/03/clasificacion-taxomica.html>



# **ANEXOS**

Anexo 1. Gráficos de resultados obtenidos en tratamientos

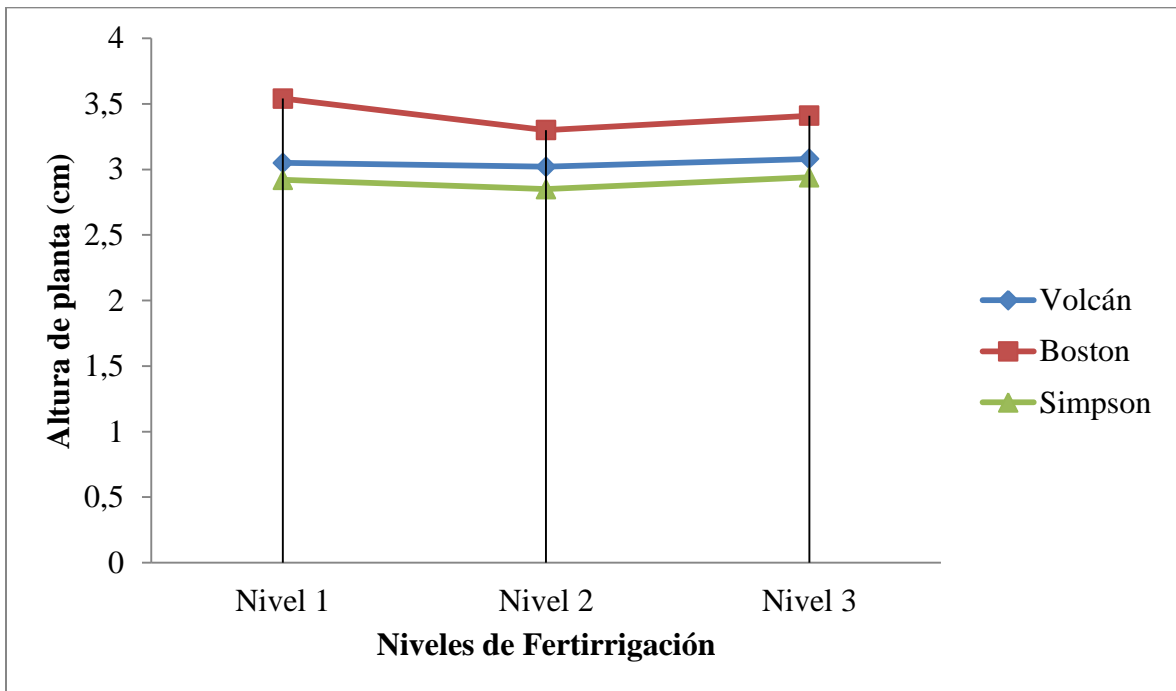


Gráfico 6. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la altura de planta 7 ddt. UTB-FACIAG, 2015.

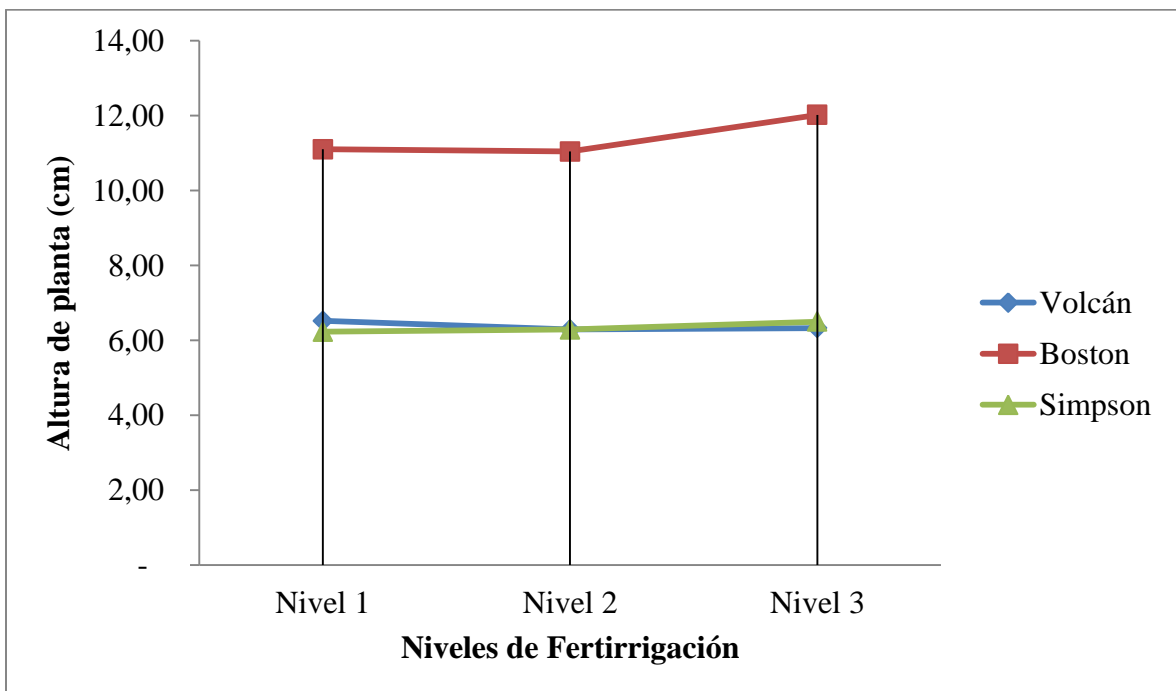


Gráfico 7. Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la altura de planta 14 ddt. UTB-FACIAG, 2015.

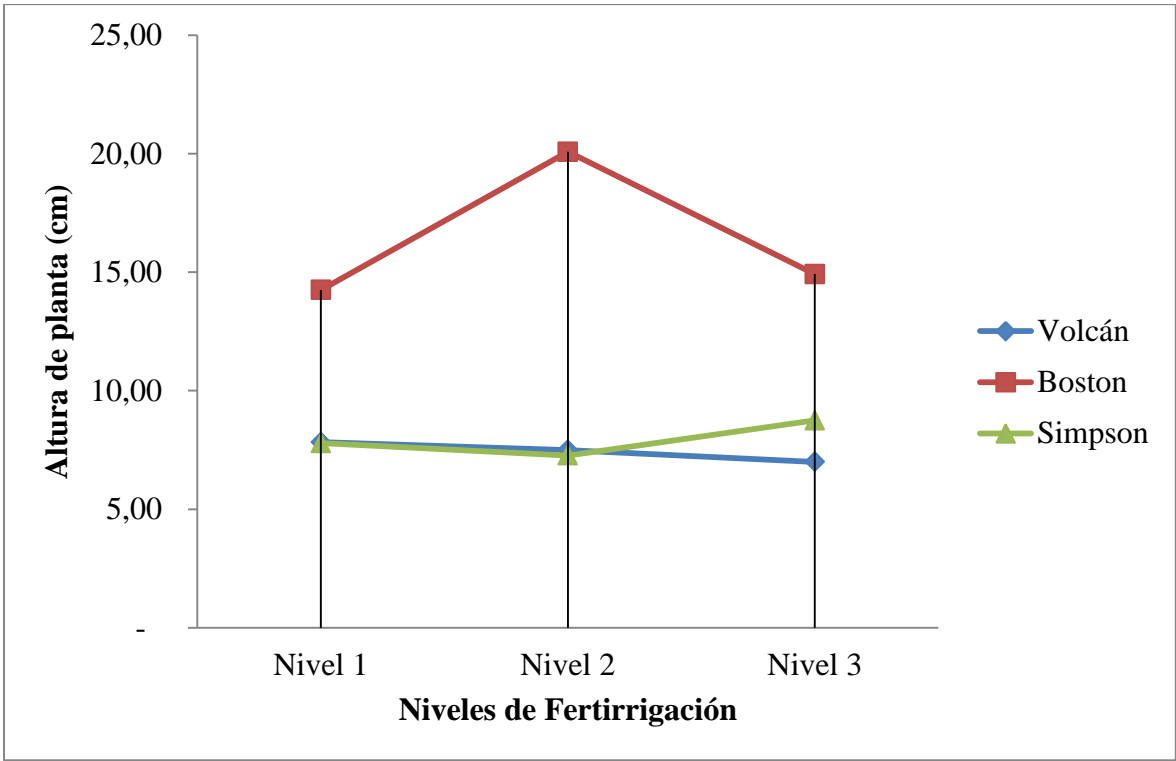


Gráfico 8. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la altura de planta 21 ddt. UTB-FACIAG, 2015.

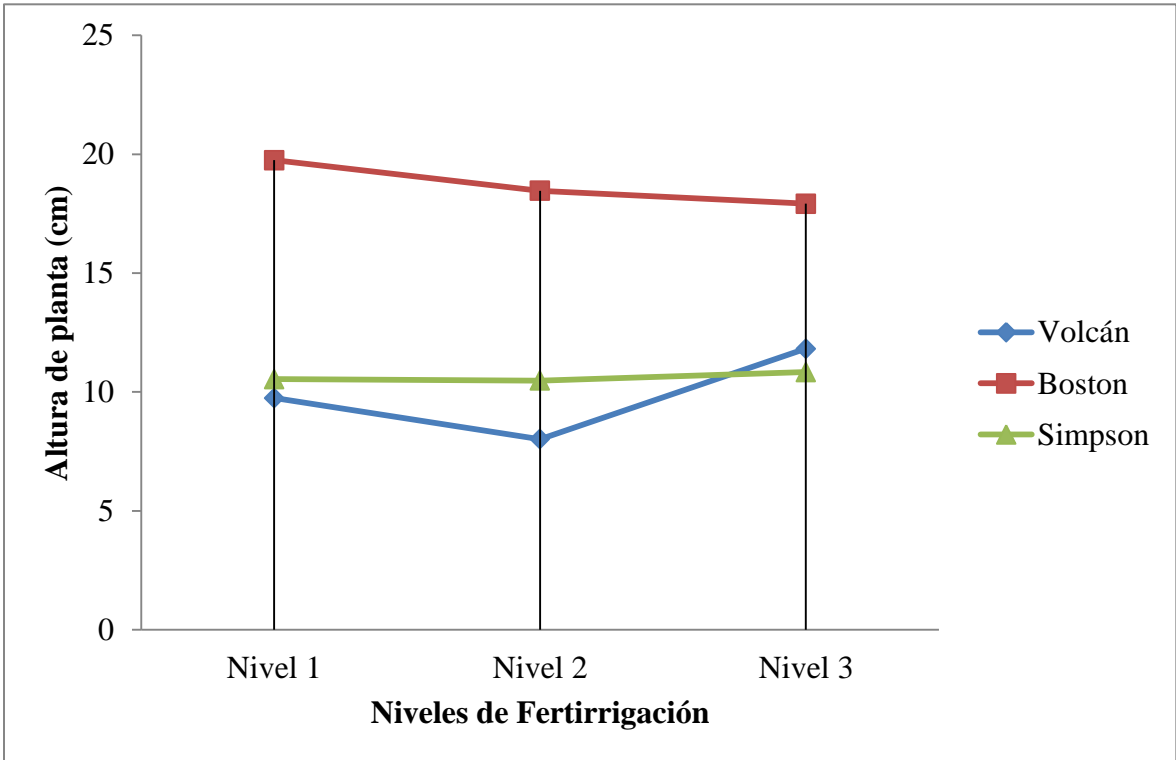


Gráfico 9. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la altura de planta 28 ddt. UTB-FACIAG, 2015.

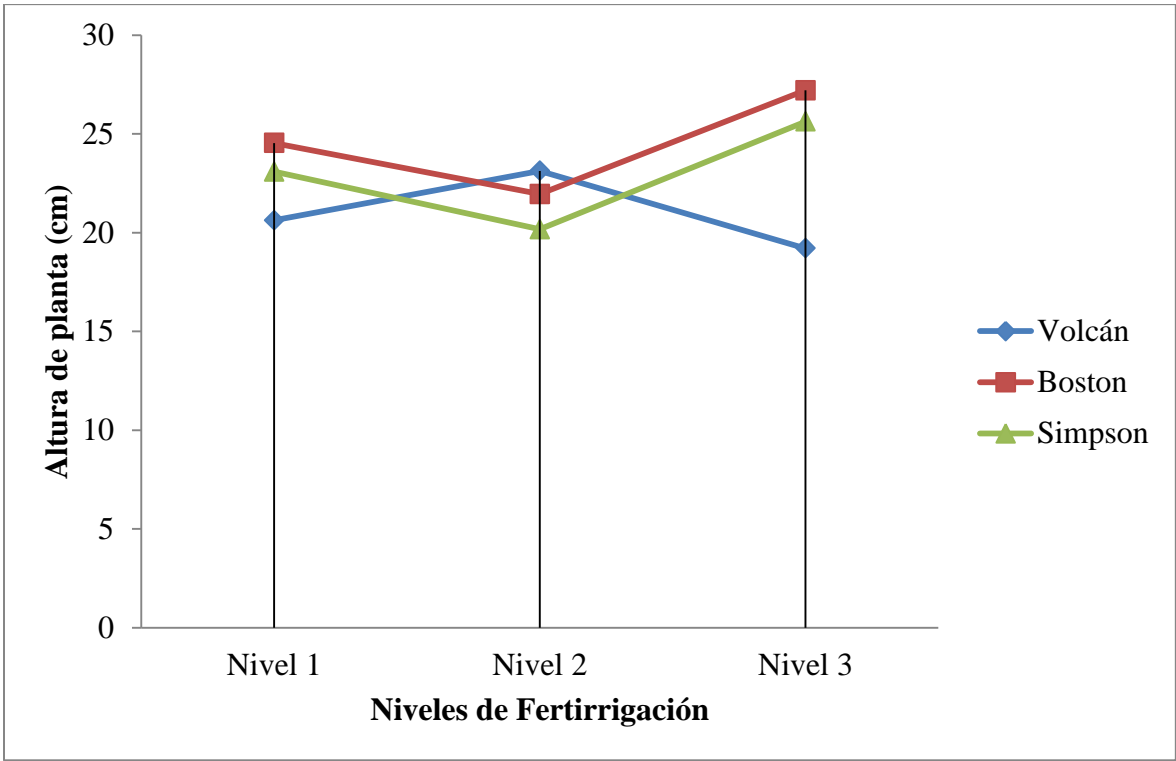


Gráfico 10. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la altura de planta 35 ddt. UTB-FACIAG, 2015.

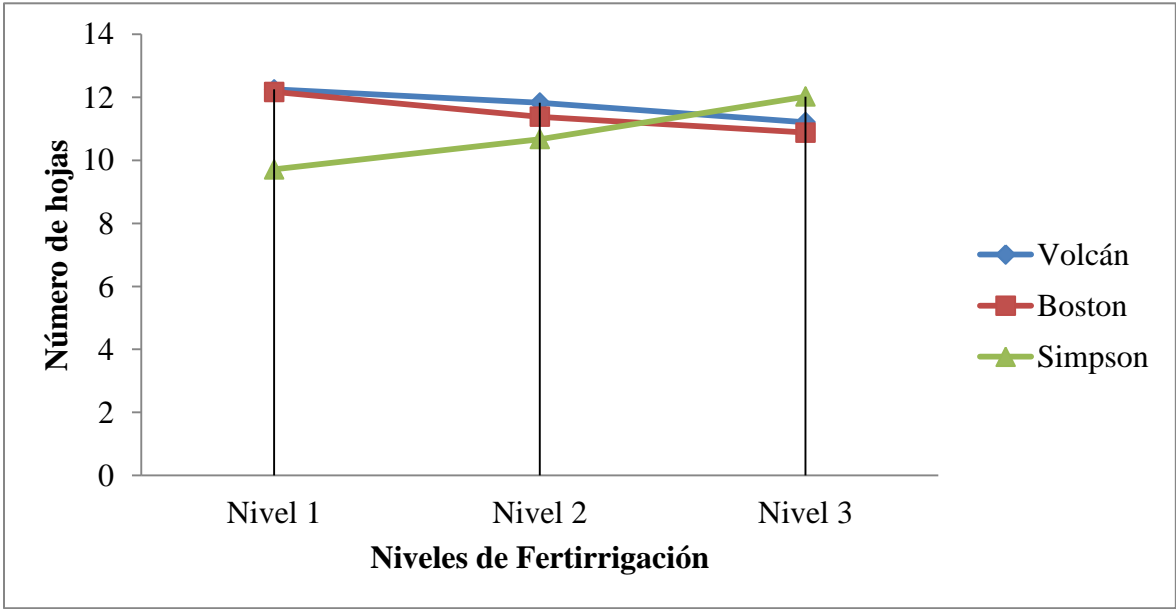


Gráfico 11. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la número de hojas/planta 7 ddt. UTB-FACIAG, 2015.

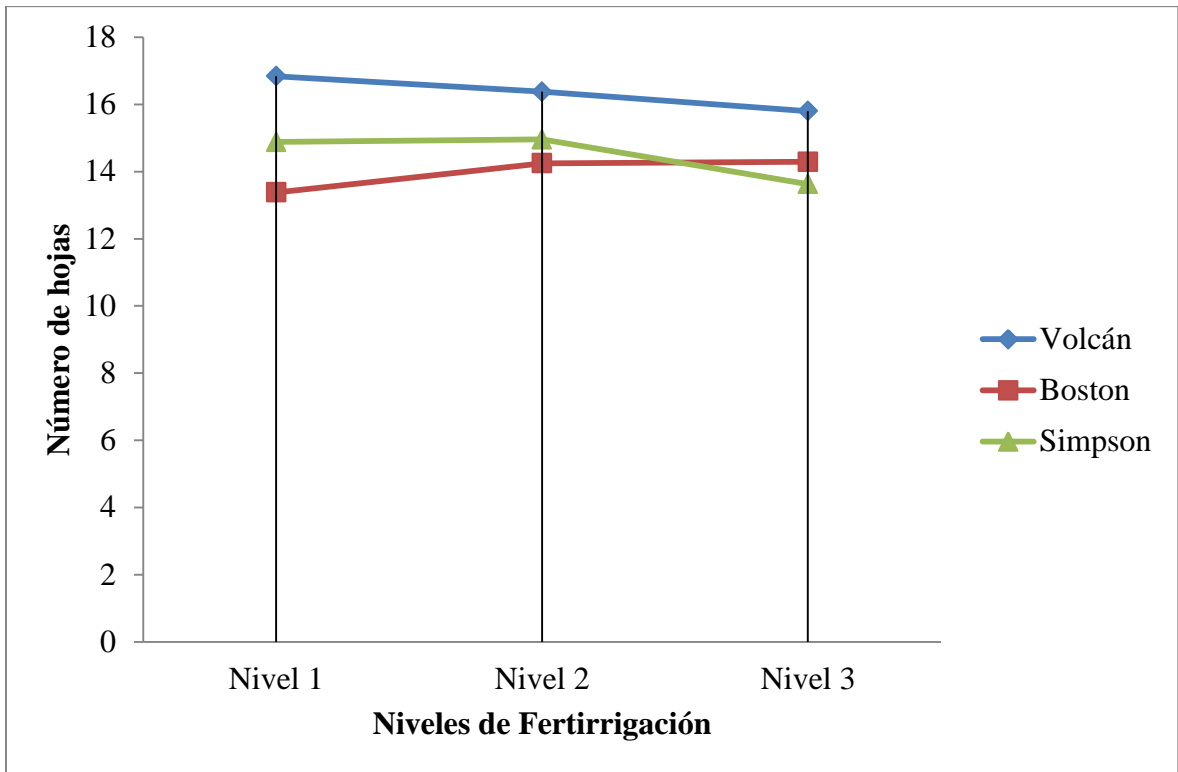


Gráfico 12. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la número de hojas/planta 14 ddt. UTB-FACIAG, 2015.

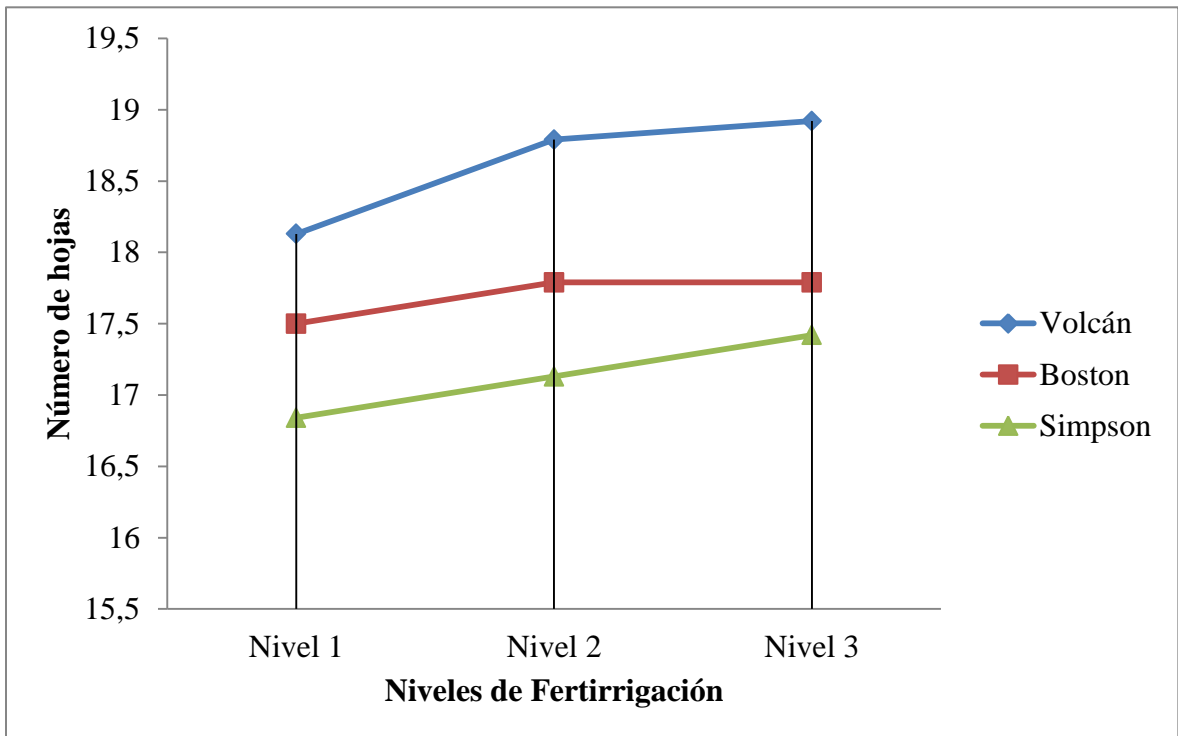


Gráfico 13. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la número de hojas/planta 21 ddt. UTB-FACIAG, 2015.

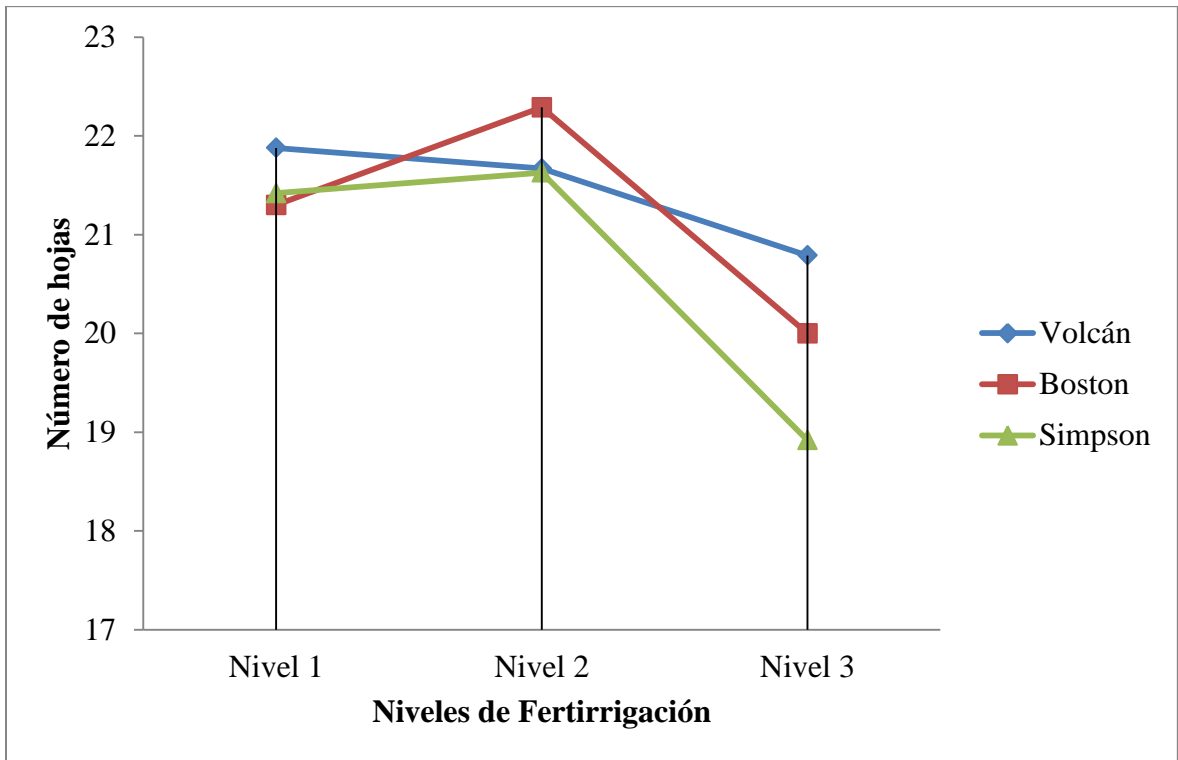


Gráfico 14. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la número de hojas/planta 28 ddt. UTB-FACIAG, 2015.

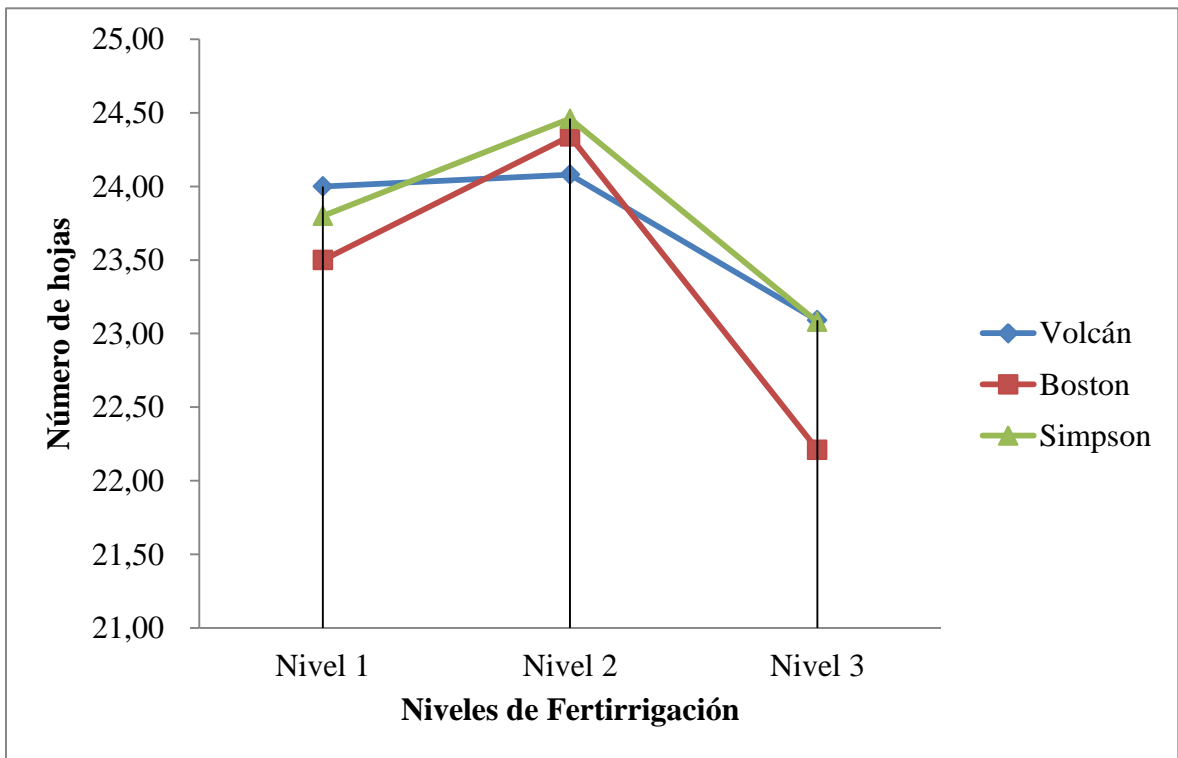


Gráfico 15. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la número de hojas/planta 35 ddt UTB-FACIAG, 2015.

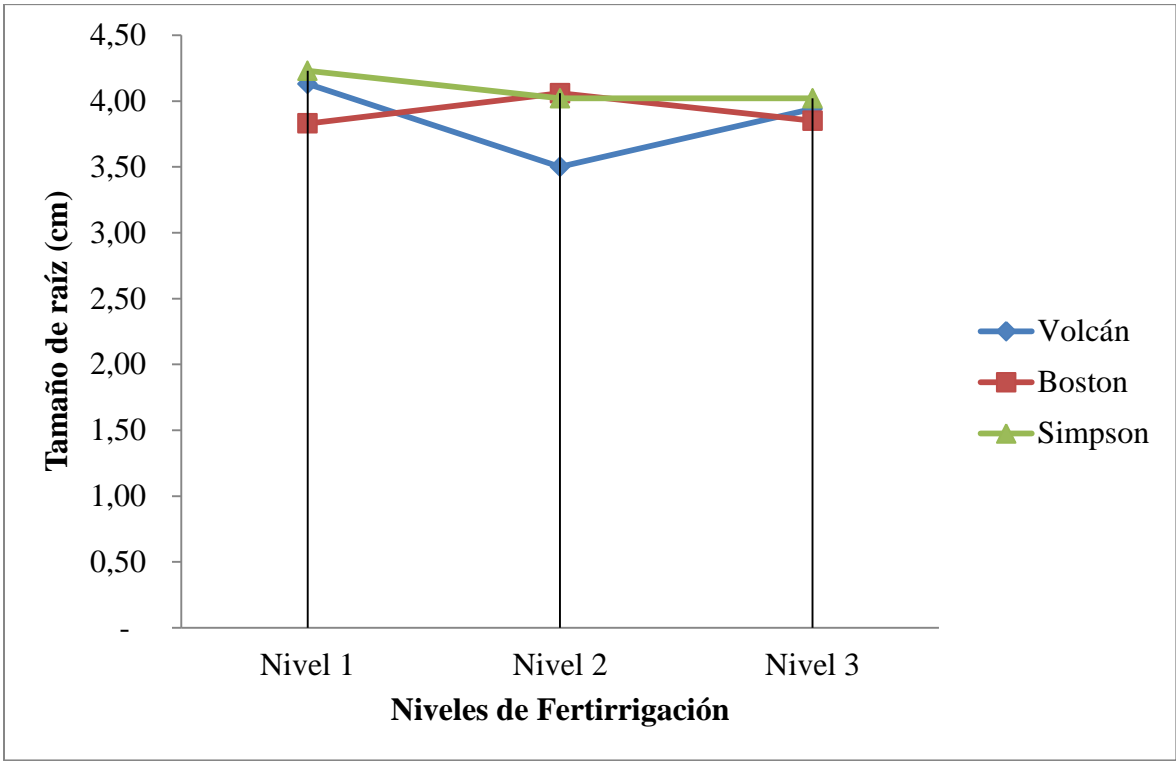


Gráfico 16. Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la variable longitud de raíz 14 ddt. UTB-FACIAG, 2015.

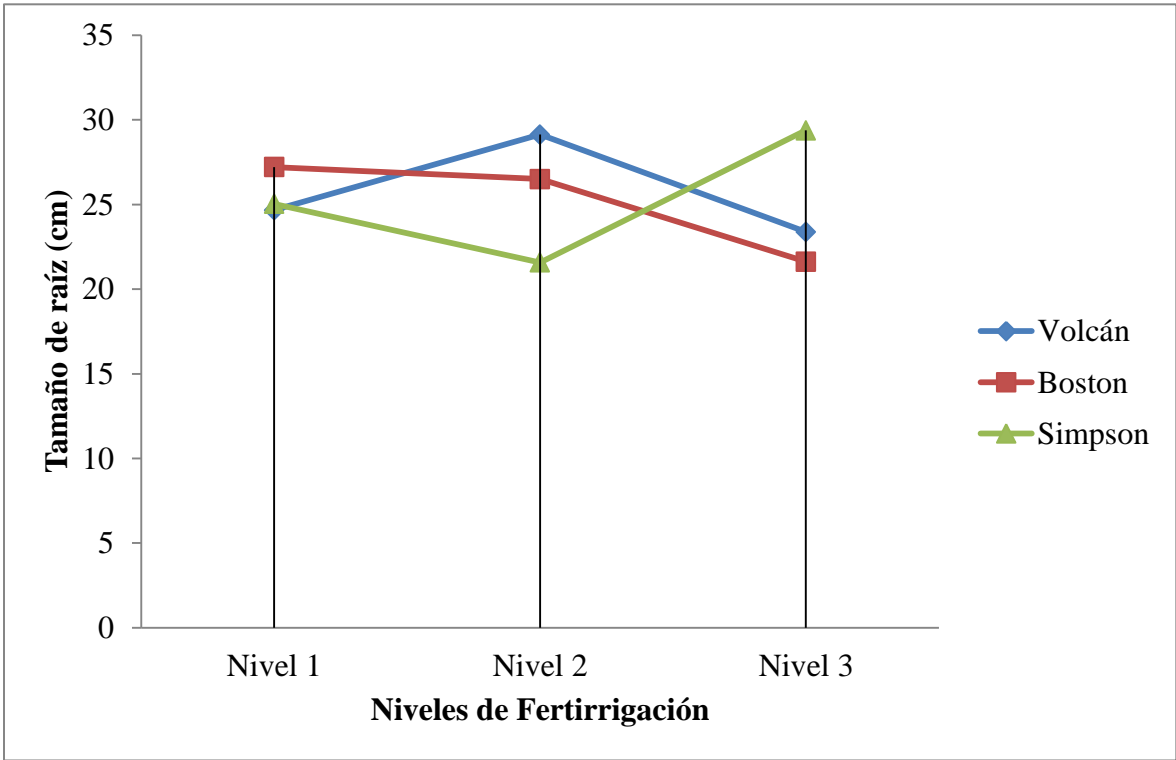


Gráfico 17. . Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la variable longitud de raíz a la cosecha. UTB-FACIAG, 2015.

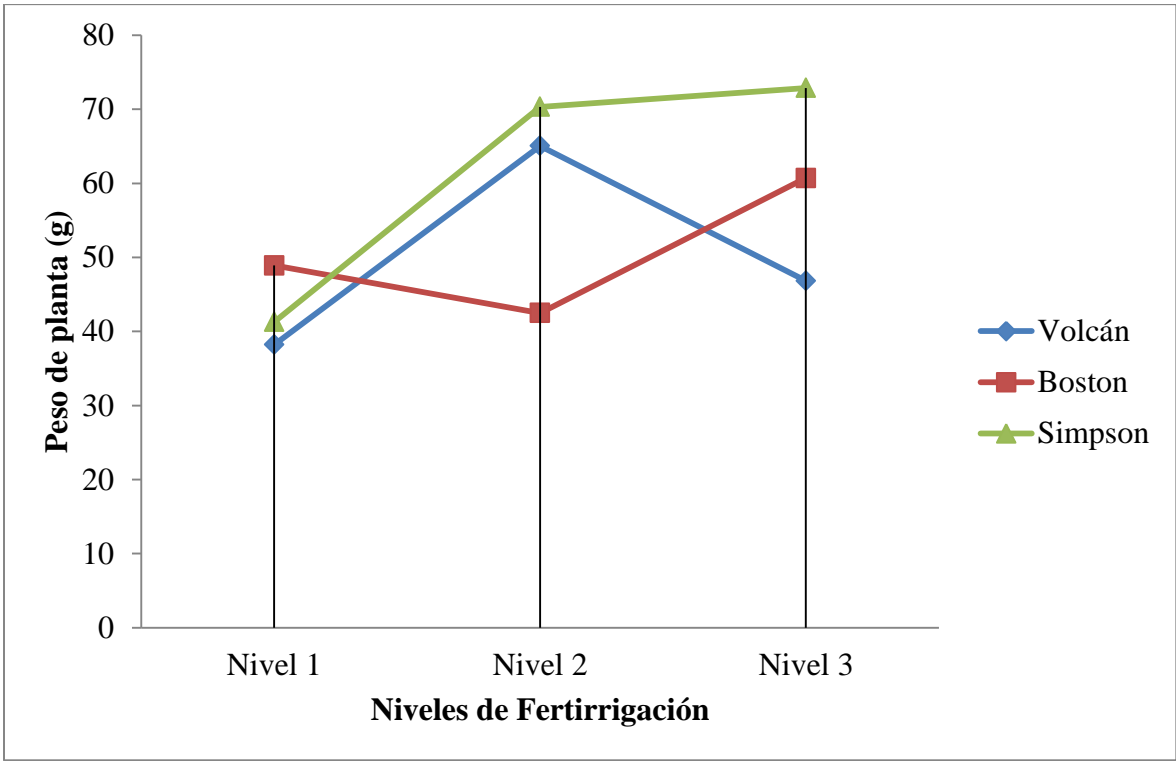


Gráfico 18. Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la variable peso de planta. UTB-FACIAG, 2015.

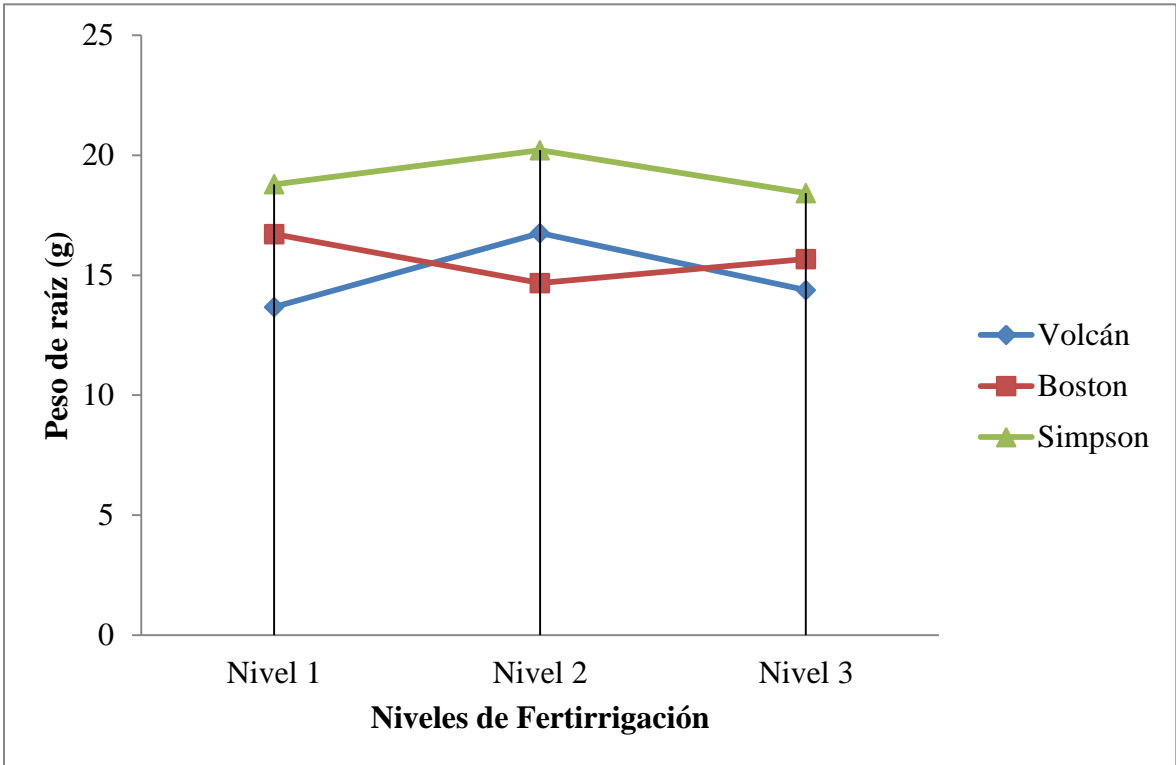


Gráfico 19. Efecto de tres niveles de fertirrigación y tres variedades de lechuga en la variable peso de raíz a la cosecha (g). UTB-FACIAG, 2015.



## Anexo 2. Promedios y ADEVA de los datos evaluados.

Cuadro 1A. Valores de altura 7 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	3.35	2.94	2.88	9.16	3.05
	Boston.	3.63	3.44	3.56	10.63	3.54
	Simpson	3.13	2.88	2.75	8.75	2.92
$\Sigma$ P. Grande		10.10	9.25	9.19	28.54	9.51
Nivel 2	Volcán	3.19	3.06	2.81	9.06	3.02
	Boston.	3.13	3.50	3.29	9.91	3.30
	Simpson	3.00	2.88	2.69	8.56	2.85
$\Sigma$ P. Grande		9.31	9.44	8.79	27.54	9.18
Nivel 3	Volcán	3.29	3.00	2.94	9.23	3.08
	Boston.	3.50	3.04	3.69	10.23	3.41
	Simpson	3.19	2.88	2.75	8.81	2.94
$\Sigma$ P. Grande		9.98	8.91	9.38	28.26	9.42
$\bar{X}$		3.27	3.07	3.04	9.37	3.12
S		29.39	27.60	27.35	84.34	28.11

Cuadro 2A. Análisis de varianza de altura 7 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	0.50				
Bloques	2	0.27	0.137	3.28	ns	6.94
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	0.06	0.030	0.71	ns	6.94
Error A:	4	0.17	0.042			
Factor B (Variedades):	2	1.27	0.634	20.51	**	3.89
Interacción A x B:	4	0.04	0.010	0.34	ns	3.26
Error B	12	0.37	0.031			
Total:	26	2.18				
Coeficiente de variación:		5.87%				
Promedio:		3.12				

NS = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 3A. Valores promedio de altura de planta 14 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	7.13	5.56	6.88	19.56	6.52
	Boston.	11.25	11.00	11.06	33.31	11.10
	Simpson	6.13	5.88	6.69	18.69	6.23
$\Sigma$ P. Grande		24.50	22.44	24.63	71.56	23.85
Nivel 2	Volcán	7.25	5.81	5.81	18.88	6.29
	Boston.	11.06	11.44	10.61	33.11	11.04
	Simpson	6.25	5.56	7.06	18.88	6.29
$\Sigma$ P. Grande		24.56	22.82	23.49	70.86	23.62
Nivel 3	Volcán	7.81	5.81	5.38	19.00	6.33
	Boston.	12.88	11.50	11.69	36.07	12.02
	Simpson	6.19	6.00	7.31	19.50	6.50
$\Sigma$ P. Grande		26.88	23.31	24.38	74.57	24.86
$\bar{X}$		8.44	7.62	8.05	24.11	8.04
S		75.94	68.57	72.49	216.99	72.33

Cuadro 4A. Análisis de varianza de altura 14 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	4.62				
Bloques	2	3.03	1.513	8.25	*	6.94
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	0.86	0.431	2.35	ns	6.94
Error A:	4	0.73	0.183			
Factor B (Variedades):	2	151.63	75.814	142.51	**	3.89
Interacción A x B:	4	1.17	0.292	0.55	ns	3.26
Error B	12	6.38	0.532			
Total:	26	163.80				
Coefficiente de variación:	8.30%					
Promedio:	8.04					

NS = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 5A. Valores de altura 21 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	7.69	6.88	8.94	23.50	7.83
	Boston.	14.75	13.38	14.63	42.76	14.25
	Simpson	6.88	8.50	8.00	23.38	7.79
$\Sigma$ P. Grande		29.31	28.76	31.56	89.63	29.88
Nivel 2	Volcán	7.25	7.88	7.38	22.51	7.50
	Boston.	23.50	21.25	15.50	60.25	20.08
	Simpson	6.63	6.56	8.63	21.82	7.27
$\Sigma$ P. Grande		37.38	35.69	31.51	104.58	34.86
Nivel 3	Volcán	7.31	7.00	6.69	21.00	7.00
	Boston.	15.25	14.00	15.50	44.75	14.92
	Simpson	7.63	9.25	9.38	26.25	8.75
$\Sigma$ P. Grande		30.19	30.25	31.57	92.00	30.67
$\bar{X}$		10.76	10.52	10.52	31.80	10.60
S		96.88	94.70	94.64	286.21	95.40

Cuadro 6A. Análisis de varianza altura de planta 21 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	22.31				
Bloques	2	0.36	0.182	0.10	ns	6.94
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	14.35	7.173	3.77	ns	6.94
Error A:	4	7.60	1.900			
Factor B (Variedades):	2	457.86	228.930	73.96	**	3.89
Interacción A x B:	4	51.22	12.805	4.14	*	3.26
Error B	12	37.15	3.096			
Total:	26	568.54				
Coefficiente de variación:	15.78%					
Promedio:	10.60					

NS = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 7A. Valores de altura 28 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	9.75	9.63	9.88	29.26	9.75
	Boston.	19.00	19.00	21.25	59.25	19.75
	Simpson	10.00	9.94	11.69	31.63	10.54
$\Sigma$ P. Grande		38.75	38.57	42.82	120.14	40.05
Nivel 2	Volcán	7.75	8.00	8.31	24.06	8.02
	Boston.	19.88	17.13	18.38	55.39	18.46
	Simpson	9.88	10.50	11.06	31.44	10.48
$\Sigma$ P. Grande		37.51	35.63	37.75	110.89	36.96
Nivel 3	Volcán	12.88	11.94	10.63	35.45	11.82
	Boston.	19.25	17.56	16.94	53.75	17.92
	Simpson	10.25	10.38	11.88	32.51	10.84
$\Sigma$ P. Grande		42.38	39.88	39.45	121.71	40.57
$\bar{X}$		13.18	12.68	13.34	39.19	13.06
S		118.64	114.08	120.02	352.74	117.58

Cuadro 8A. Análisis de varianza de altura 28 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	14.02				
Bloques	2	2.15	1.074	1.01 ns	6.94	18.00
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	7.60	3.800	3.56 Ns	6.94	18.00
Error A:	4	4.27	1.068			
Factor B (Variedades):	2	432.78	216.390	243.83 **	3.89	6.93
Interacción A x B:	4	19.60	4.901	5.52 **	3.26	5.41
Error B	12	10.65	0.887			
Total:	26	477.05				
Coeficiente de variación:	7.39%					
Promedio:	13.06					

NS = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 9A. Valores de altura 35 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	21.63	19.38	20.88	61.89	20.63
	Boston.	24.75	23.50	25.38	73.63	24.54
	Simpson	23.75	21.63	23.88	69.26	23.09
$\Sigma$ P. Grande		70.13	64.51	70.14	204.78	68.26
Nivel 2	Volcán	23.13	22.13	24.13	69.39	23.13
	Boston.	21.63	20.63	23.63	65.89	21.96
	Simpson	20.38	19.75	20.38	60.50	20.17
$\Sigma$ P. Grande		65.14	62.50	68.14	195.77	65.26
Nivel 3	Volcán	19.50	17.75	20.38	57.63	19.21
	Boston.	26.50	26.25	28.88	81.63	27.21
	Simpson	25.25	25.00	26.63	76.88	25.63
$\Sigma$ P. Grande		71.25	69.00	75.89	216.14	72.05
$\bar{X}$		22.95	21.78	23.80	68.52	22.84
S		206.52	196.01	214.17	616.69	205.56

Cuadro 10A. Análisis de varianza de altura 35 días después del trasplante en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	43.71				
Bloques	2	18.46	9.231	17.60	*	6.94
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	23.15	11.577	22.07	**	6.94
Error A:	4	2.10	0.524			
Factor B (Variedades):	2	57.94	28.969	102.90	**	3.89
Interacción A x B:	4	86.57	21.642	76.88	**	3.26
Error B	12	3.38	0.282			
Total:	26	191.60				
Coefficiente de variación:	2.56%					
Promedio:	22.84					

NS = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 11A. Valores de número de hojas 7 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	11.88	12.25	36.75	12.25	12.63
	Boston.	12.13	12.25	36.50	12.17	12.13
	Simpson	9.75	9.38	29.13	9.71	10.00
$\Sigma$ P. Grande		34.75	33.75	33.88	102.38	34.13
Nivel 2	Volcán	12.00	12.75	35.50	11.83	10.75
	Boston.	10.50	13.00	34.13	11.38	10.63
	Simpson	10.75	11.38	32.00	10.67	9.88
$\Sigma$ P. Grande		31.25	33.25	37.13	101.63	33.88
Nivel 3	Volcán	8.50	12.63	33.63	11.21	12.50
	Boston.	9.75	11.38	32.63	10.88	11.50
	Simpson	11.13	12.38	36.07	12.02	12.57
$\Sigma$ P. Grande		36.57	29.38	36.38	102.32	34.11
$\bar{X}$		11.40	10.71	11.93	34.04	11.35
S		102.57	96.38	107.38	306.32	102.11

Cuadro 12A. Análisis de varianza de número de hojas 7 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.		F5%	F1%
Parcela Grande	8	17.39					
Bloques	2	6.76	3.379	1.28	ns	6.94	18.00
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	0.04	0.019	0.01	ns	6.94	18.00
Error A:	4	10.59	2.648				
Factor B (Variedades):	2	4.40	2.201	5.96	*	3.89	6.93
Interacción A x B:	4	12.28	3.069	8.31	**	3.26	5.41
Error B	12	4.43	0.370				
Total:	26	38.50					
Coefficiente de variación:	8.54%						
Promedio:	11.35						

NS = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 13A. Valores de número de hojas 14 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	15.88	17.13	17.50	50.51	16.84
	Boston.	14.25	11.13	14.75	40.13	13.38
	Simpson	14.75	14.38	15.50	44.63	14.88
$\Sigma$ P. Grande		44.88	42.64	47.75	135.26	45.09
Nivel 2	Volcán	16.63	15.00	17.50	49.13	16.38
	Boston.	14.13	12.50	16.13	42.75	14.25
	Simpson	15.25	14.88	14.75	44.88	14.96
$\Sigma$ P. Grande		46.00	42.38	48.38	136.76	45.59
Nivel 3	Volcán	17.13	15.13	15.13	47.39	15.80
	Boston.	14.25	14.50	14.13	42.88	14.29
	Simpson	12.63	13.75	14.50	40.88	13.63
$\Sigma$ P. Grande		44.00	43.38	43.76	131.14	43.71
$\bar{X}$		14.99	14.27	15.54	44.80	14.93
S		134.88	128.40	139.89	403.16	134.39

Cuadro 14A. Análisis de varianza de número de hojas 14 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	12.40				
Bloques	2	7.37	3.687	4.68	ns	6.94
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	1.88	0.940	1.19	ns	6.94
Error A:	4	3.15	0.787			
Factor B (Variedades):	2	27.78	13.889	12.12	**	3.89
Interacción A x B:	4	4.72	1.179	1.03	ns	3.26
Error B	12	13.75	1.146			
Total:	26	58.65				
Coefficiente de variación:	6.88%					
Promedio:	14.93					

ns = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 15A. Valores de número de hojas 21 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			Σ	x̄
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	18.50	17.75	18.13	54.38	18.13
	Boston.	17.13	17.88	17.50	52.51	17.50
	Simpson	16.63	17.00	16.88	50.51	16.84
Σ P. Grande		52.26	52.63	52.51	157.40	52.47
Nivel 2	Volcán	19.38	18.75	18.25	56.38	18.79
	Boston.	18.25	18.00	17.13	53.38	17.79
	Simpson	17.75	16.00	17.63	51.38	17.13
Σ P. Grande		55.38	52.75	53.01	161.14	53.71
Nivel 3	Volcán	19.75	18.00	19.00	56.75	18.92
	Boston.	17.88	17.75	17.75	53.38	17.79
	Simpson	16.63	17.88	17.75	52.26	17.42
Σ P. Grande		54.26	53.63	54.50	162.39	54.13
Σ		17.99	17.67	17.78	53.44	17.81
x̄		161.90	159.01	160.02	480.92	160.31

Cuadro 16A. Análisis de varianza de número de hojas 21 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	3.06				
Bloques	2	0.48	0.238	0.88	ns	6.94
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	1.49	0.747	2.76	ns	6.94
Error A:	4	1.08	0.271			
Factor B (Variedades):	2	10.11	5.055	12.59	**	3.89
Interacción A x B:	4	0.26	0.066	0.16	ns	3.26
Error B	12	4.82	0.401			
Total:	26	18.25				
Coefficiente de variación:	3.41%					
Promedio:	17.81					

ns = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo



Cuadro 17A. Valores de número de hojas 28 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	20.63	22.75	22.25	65.63	21.88
	Boston.	21.63	20.38	21.88	63.89	21.30
	Simpson	20.63	21.63	22.00	64.26	21.42
$\Sigma$ P. Grande		62.88	64.76	66.13	193.77	64.59
Nivel 2	Volcán	20.38	22.38	22.25	65.01	21.67
	Boston.	23.13	22.00	21.75	66.88	22.29
	Simpson	21.75	20.75	22.38	64.88	21.63
$\Sigma$ P. Grande		65.26	65.13	66.38	196.77	65.59
Nivel 3	Volcán	21.00	20.13	21.25	62.38	20.79
	Boston.	20.63	18.50	20.88	60.01	20.00
	Simpson	19.25	18.63	18.88	56.76	18.92
$\Sigma$ P. Grande		60.88	57.26	61.01	179.15	59.72
$\bar{X}$		21.00	20.79	21.50	63.30	21.10
S		189.02	187.15	193.52	569.68	189.89

Cuadro 18A. Análisis de varianza de número de hojas 28 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	24.84				
Bloques	2	2.38	1.190	1.75	ns	6.94
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	19.74	9.868	14.48	*	6.94
Error A:	4	2.73	0.682			
Factor B (Variedades):	2	2.94	1.471	1.98	ns	3.89
Interacción A x B:	4	3.76	0.941	1.27	ns	3.26
Error B	12	8.92	0.743			
Total:	26	40.46				
Coefficiente de variación:	4.04%					
Promedio:	21.10					

ns = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 19A. Valores de número de hojas 35ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	23.13	23.50	25.38	72.01	24.00
	Boston.	24.13	22.38	24.00	70.51	23.50
	Simpson	23.88	23.38	24.13	71.39	23.80
$\Sigma$ P. Grande		71.14	69.26	73.51	213.91	71.30
Nivel 2	Volcán	23.75	23.75	24.75	72.25	24.08
	Boston.	24.88	23.63	24.50	73.01	24.34
	Simpson	24.88	23.88	24.63	73.39	24.46
$\Sigma$ P. Grande		73.51	71.26	73.88	218.65	72.88
Nivel 3	Volcán	23.88	21.50	23.88	69.26	23.09
	Boston.	22.75	21.75	22.13	66.63	22.21
	Simpson	22.75	23.50	23.00	69.25	23.08
$\Sigma$ P. Grande		69.38	66.75	69.01	205.14	68.38
$\bar{X}$		23.78	23.03	24.04	70.85	23.62
S		214.02	207.27	216.40	637.69	212.56

Cuadro 20A. Análisis de varianza de número de hojas 35 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	16.15				
Bloques	2	4.98	2.491	13.70	*	6.94
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	10.44	5.220	28.70	**	6.94
Error A:	4	0.73	0.182			
Factor B (Variedades):	2	0.98	0.492	0.98	ns	3.89
Interacción A x B:	4	1.14	0.286	0.57	ns	3.26
Error B	12	6.00	0.500			
Total:	26	24.28				
Coefficiente de variación:	2.75%					
Promedio:	23.62					

ns = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 21A. Valores de tamaño de raíz 14 ddt en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	3.75	4.19	4.44	12.38	4.13
	Boston.	3.94	4.31	3.25	11.50	3.83
	Simpson	3.63	4.38	4.69	12.69	4.23
$\Sigma$ P. Grande		11.31	12.88	12.38	36.56	12.19
Nivel 2	Volcán	3.88	3.75	2.88	10.50	3.50
	Boston.	3.88	4.00	4.31	12.19	4.06
	Simpson	4.25	3.75	4.06	12.06	4.02
$\Sigma$ P. Grande		12.00	11.50	11.25	34.75	11.58
Nivel 3	Volcán	3.56	4.19	4.06	11.81	3.94
	Boston.	3.69	3.69	4.19	11.56	3.85
	Simpson	4.44	4.31	3.31	12.06	4.02
$\Sigma$ P. Grande		11.69	12.19	11.56	35.44	11.81
$\bar{X}$		3.89	4.06	3.91	11.86	3.95
S		35.00	36.56	35.19	106.75	35.58

Cuadro 22A. Análisis de varianza de tamaño de raíz 1 en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	0.78				
Bloques	2	0.16	0.081	0.75 ns	6.94	18.00
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	0.19	0.093	0.86 ns	6.94	18.00
Error A:	4	0.43	0.108			
Factor B (Variedades):	2	0.27	0.135	0.58 ns	3.89	6.93
Interacción A x B:	4	0.61	0.154	0.66 ns	3.26	5.41
Error B	12	2.79	0.233			
Total:	26	4.46				
Coefficiente de variación:	11.36%					
Promedio:	3.95					

ns = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 23A. Valores de tamaño de raíz 2 en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	24.88	23.25	25.88	74.01	24.67
	Boston.	28.88	25.13	27.63	81.64	27.21
	Simpson	25.38	24.75	25.00	75.13	25.04
$\Sigma$ P. Grande		79.13	73.13	78.51	230.77	76.92
Nivel 2	Volcán	28.13	29.63	29.63	87.38	29.13
	Boston.	27.75	25.88	25.88	79.51	26.50
	Simpson	22.25	21.25	21.25	64.75	21.58
$\Sigma$ P. Grande		78.13	76.76	76.76	231.64	77.21
Nivel 3	Volcán	23.38	23.38	23.38	70.14	23.38
	Boston.	22.88	21.00	21.00	64.88	21.63
	Simpson	29.88	29.13	29.13	88.14	29.38
$\Sigma$ P. Grande		76.14	73.51	73.51	223.16	74.39
$\bar{X}$		25.93	24.82	25.42	76.17	25.39
S		233.40	223.40	228.78	685.57	228.52

Cuadro 24A. Análisis de varianza de tamaño de raíz 2 en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	14.05				
Bloques	2	5.57	2.783	3.05	ns	6.94
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	4.83	2.416	2.65	Ns	6.94
Error A:	4	3.65	0.912			
Factor B (Variedades):	2	1.72	0.860	1.14	Ns	3.89
Interacción A x B:	4	196.74	49.184	65.47	**	3.26
Error B	12	9.02	0.751			
Total:	26	221.52				
Coefficiente de variación:	3.50%					
Promedio:	25.39					

ns = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 25A. Valores de peso planta (g) al momento de la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	38.88	37.13	38.63	114.64	38.21
	Boston.	50.13	50.25	46.38	146.76	48.92
	Simpson	31.88	43.00	49.00	123.88	41.29
$\Sigma$ P. Grande		120.89	130.38	134.01	385.28	128.43
Nivel 2	Volcán	63.38	65.13	66.63	195.14	65.05
	Boston.	40.75	44.88	41.88	127.51	42.50
	Simpson	71.63	68.50	70.88	211.01	70.34
$\Sigma$ P. Grande		175.76	178.51	179.39	533.66	177.89
Nivel 3	Volcán	46.75	44.63	49.13	140.51	46.84
	Boston.	61.50	63.38	57.25	182.13	60.71
	Simpson	77.25	73.00	68.38	218.63	72.88
$\Sigma$ P. Grande		185.50	181.01	174.76	541.27	180.42
$\bar{X}$		53.57	54.43	54.24	162.25	54.08
S		482.15	489.90	488.16	1.460.21	486.74

Cuadro 26A. Análisis de varianza de peso planta (g) al momento de la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.		F5%	F1%
Parcela Grande	8	1.771.31					
Bloques	2	3.68	1.840	0.15	Ns	6.94	18.00
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	1.718.91	859.453	70.55	**	6.94	18.00
Error A:	4	48.73	12.182				
Factor B (Variedades):	2	745.45	372.725	22.48	**	3.89	6.93
Interacción A x B:	4	1.766.34	441.585	26.64	**	3.26	5.41
Error B	12	198.94	16.579				
Total:	26	4.482.05					
Coefficiente de variación:	7.27%						
Promedio:	54.08						

ns = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

Cuadro 27A. Valores de peso de raíz (g) al momento de la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

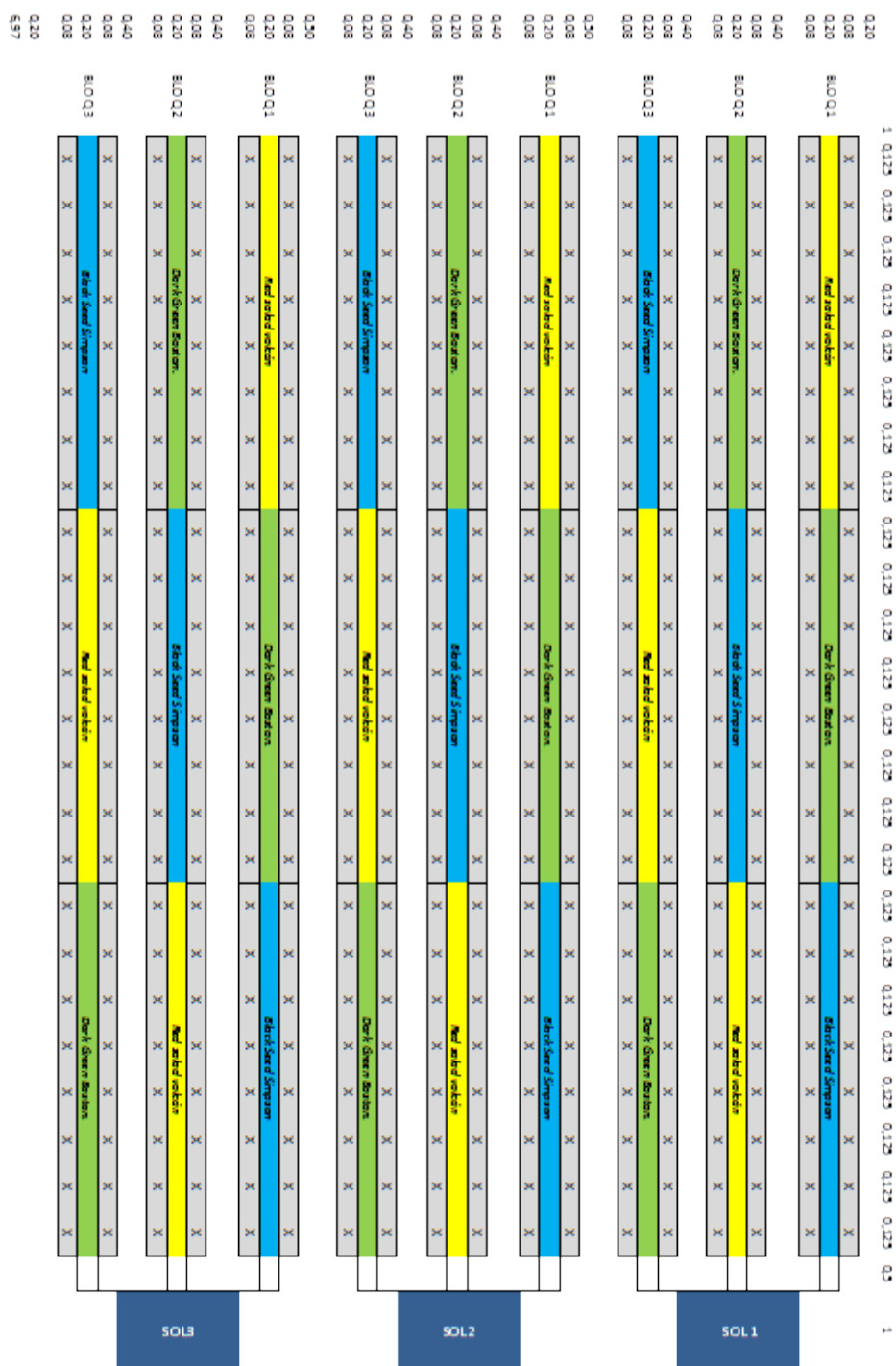
Tratamientos (Niveles de Fertirrigación)	Subtratamientos (Variedades)	BLOQUES			TOTAL	$\bar{X}$
		I	II	III		
Nivel 1	Volcán	14.25	12.88	13.88	41.01	13.67
	Boston.	17.13	15.75	17.25	50.13	16.71
	Simpson	19.13	18.25	19.00	56.38	18.79
$\Sigma$ P. Grande		50.51	46.88	50.13	147.52	49.17
Nivel 2	Volcán	17.25	15.25	17.75	50.25	16.75
	Boston.	15.25	14.00	14.75	44.00	14.67
	Simpson	19.00	19.88	21.75	60.63	20.21
$\Sigma$ P. Grande		51.50	49.13	54.25	154.88	51.63
Nivel 3	Volcán	14.50	14.75	13.88	43.13	14.38
	Boston.	16.63	14.50	15.88	47.01	15.67
	Simpson	18.38	17.63	19.25	55.26	18.42
$\Sigma$ P. Grande		49.51	46.88	49.01	145.40	48.47
$\bar{X}$		16.84	15.88	17.04	49.76	16.59
S		151.52	142.89	153.39	447.80	149.27

Cuadro 28A. Análisis de varianza de peso de raíz (g) al momento de la cosecha en el estudio de tres variedades de lechuga con tres niveles de fertilización en producción hidropónica de lechuga. UTB-FACIAG, 2015.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F5%	F1%
Parcela Grande	8	13.83				
Bloques	2	6.97	3.486	10.25 *	6.94	18.00
Factor A (Niveles de Fertirrigación)	2	5.50	2.751	8.09 *	6.94	18.00
Error A:	4	1.36	0.340			
Factor B (Variedades):	2	90.72	45.362	80.04 **	3.89	6.93
Interacción A x B:	4	21.73	5.433	9.59 **	3.26	5.41
Error B	12	6.80	0.567			
Total:	26	133.09				
Coefficiente de variación:	4.31%					
Promedio:	16.59					

ns = No significativo \*\* = Altamente significativo \* = Significativo

### Anexo 3. Diseño área experimental



#### Anexo 4. Figuras



Figura 2. Adecuación sistema NFT.



Figura 6. Instalación bomba de agua.



Figura 3. Elaboración sistema.



Figura 7. Adecuación tanque soluciones.



Figura 4. Tubos de PVC sistema NFT.



Figura 8. Soportes para sistema NFT.



Figura 5. Manguera para conexiones.



Figura 9. Elementos solución nutritiva.





Figura 10. Solución nutritiva.



Figura 14. 1era Medición C.E. y pH. Lab.



Figura 11. Trasplante.



Figura 15. Altura de planta 7 ddt.



Figura 12. Visita asesor 1.



Figura 16. Altura de planta 14 ddt.

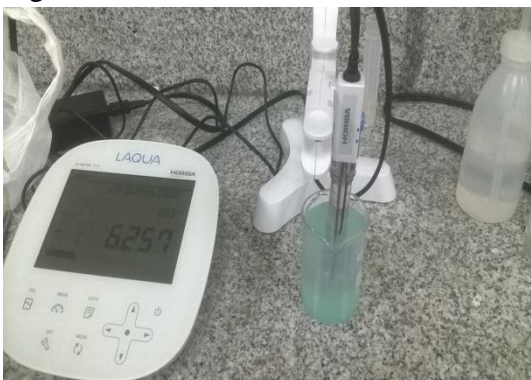


Figura 13. Medición de pH.



Figura 17. Altura de planta 21 ddt.



Figura 18. Altura de planta 28 ddt.



Figura 22. Medición de pH.



Figura 19. Altura de planta 35 ddt



Figura 23. Medición altura 35 ddt.



Figura 20. Numero de hojas/planta 7 ddt.



Figura 24. Cultivo de lechuga a cosecha.



Figura 21. Sistema hidropónico.



Figura 25. 2da Medición C.E. y p.H laboratorio.



Figura 26. Fluído sistema NFT 1



Figura 26. Plantas cosechadas.



Figura 27. Fluído sistema NFT 2

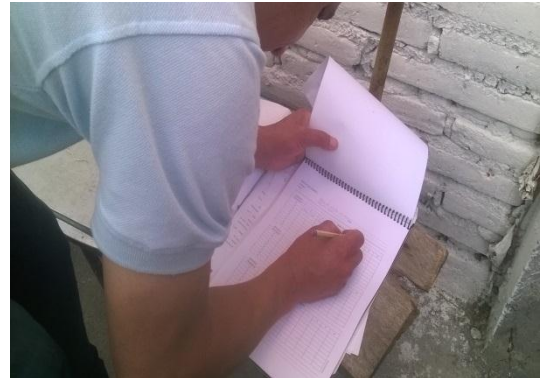


Figura 30. Registro de datos.



Figura 28. Campo experimental



Figura 31. Medición raíces.



Figura 29. Raíces en sistema NFT



Figura 32. Peso planta.