

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



**EVALUACION DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (*Lactuca sativa L*) BAJO DOS SISTEMAS DE CULTIVO HIDROPONICO EN AMBIENTE SEMI CONTROLADO EN CHOCLOCA**

**Andrea Cruz Mendoza**

Modalidad de graduación (Tesis) presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

**Diciembre de 2016**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
M.Sc. Ing. Freddy Castro Salinas  
**DOCENTE GUIA**

.....  
M. Sc. Ing. Linder Espinoza Marquez  
**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS**  
**Y FORESTALES**

.....  
M. Sc. Ing. Henry Esnor Valdes Huanca  
**VICEDECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y**  
**FORESTALES**

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....  
M. Sc. Ing. Yerko Sfarich Ruiz

.....  
M. Sc. Ing. Víctor Enrique Zenteno López

.....  
Dr. Gilberto Varas Catoira

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y siendo estas responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

A Dios y a la Virgen de Chaguaya  
por concederme un milagro en  
mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, por acogerme en su Casa Superior de Estudios.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales “Centro de Experimentación Chocloca”, a quien debo mi formación profesional.

A mis catedráticos, de la Fac. de Ciencias Agrícolas y Forestales (U.A.J.M.S.) por la enseñanza impartida en sus materias a lo largo de mi carrera universitaria

Al M.Sc. José Gino Aguirre UMSS “Universidad Mayor de San Simón” Cochabamba, por darme la orientación online para realizar la investigación, por la ayuda incondicional en la redacción del trabajo, gracias por ser un buen amigo.

Al Ing. a la Ing. Verónica Oller Muguertegui Jefe de Laboratorio de Rizobiología del CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical) Santa Cruz, por el apoyo constante en la tabulación estadística.

Al Ing. Javier Eddy Reyes Flores investigador del INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal) Tarija, por su ayuda incondicional en la redacción.

A la Fundación Alemana por darme apoyo para culminar mi formación universitaria.

A la Sra. Ana María Oller Muguertegui y a su hermosa familia por el inmenso cariño que me brindo y el apoyo moral recibido en todos los años académicos.

A mi hermano Hugo Cruz, por la ayuda económica su comprensión y apoyo moral.

Al Ingeniero Lindolfo Laime, por la colaboración prestada en el trabajo de campo y la información facilitada.

A mi niño hermoso Enzo Leonel, por su amor, por ser mi pilar en este proceso y acompañarme en los momento difíciles, por su paciencia y comprensión.

A todo el equipo de Trabajo del “Centro de Experimentación Chocloca” Álvaro Paul Ponce, Roxana Quispe, Fanor Gallardo Videz, Dimar Vega, Enrique R. Peralta, Milton Gutiérrez, Ricardo Nery Ruiz, Fidel A. Rodas Flores, Elva Hoyos, Santiago Rodas Flores por su ayuda incondicional en el trabajo de campo, gracias por ser buenos guías

## PENSAMIENTO

Para producir es necesario salir de las oficinas internarse en el campo, ensuciarse las manos y sudar es el único lenguaje que entiende el suelo, las plantas y los animales. (Dr. Norman E. Borlaug Premio Nobel de la paz)

## INDICE GENERAL

### Agradecimientos

### CAPITULO I: INTRODUCCION

Página

#### RESUMEN

1. Introducción.....	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivo específico.....	3
1.3. Hipótesis.....	3

### CAPITULO II: REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Origen.....	4
2.1.1. Importancia del cultivo hidropónico.....	4
2.2. Descripción de la lechuga.....	4
2.2.1. Datos generales.....	5
2.2.2. Descripción botánica.....	5
2.2.3. Características de las variedades de experimentación.....	6
2.2.3.1. Variedad de lechuga Grand Rapids Tbr.....	6
2.2.3.2. Variedad de lechuga Great Lakes.....	6
2.2.3.3. Variedad de lechuga White Boston.....	6
2.2.4. Usos.....	7
2.2.5. Propiedades de la lechuga.....	7
2.3. Situación mundial hidropónica.....	7
2.3.1. Ventajas y desventajas.....	7
2.3.1.1. Ventajas.....	7
2.3.1.2. Desventajas.....	8
2.4. Tipos de cultivos hidropónicos.....	9

2.4.1. Sistemas hidropónicos en agua.....	9
2.5. Tipos de sistemas.....	9
2.5.1. Recirculante ó NFT.....	9
2.5.1.1. Componentes y requerimientos del sistema.....	9
2.5.1.1.1. Tanque.....	9
2.5.1.1.2. Bomba de Agua.....	10
2.5.1.1.3. Tubería de Distribución.....	10
2.5.1.1.4. Canales de Cultivo.....	10
2.5.1.1.5. Tubería de Recolección o de Drenaje.....	10
2.5.1.1.6. Soportes.....	10
2.5.1.1.7. Pendiente.....	11
2.5.1.1.8. Longitud de los canales de cultivo.....	11
2.5.2. Sistema Raíz Flotante.....	11
2.5.2.1. Componentes y requerimientos del sistema.....	12
2.5.2.1.1. Maderas.....	12
2.5.2.1.2. Clavos.....	12
2.5.2.1.3. Plásticos.....	12
2.5.2.1.4. Chinchas.....	12
2.5.2.1.5. Soportes.....	12
2.5.3. Localización de los sistemas "NFT" y "raíz flotante".....	13
2.6. Diferencias.....	13
2.6.1. Similitudes entre hidropónico y orgánico.....	13
2.7. Preparación y producción de almácigos.....	14
2.7.1. Factores que intervienen en la germinación de la semilla.....	14
2.8. Condiciones de la siembra.....	14
2.8.1. Forma de la semilla.....	14
2.8.2. Profundidad de la siembra.....	14
2.9. Condiciones medio ambientales.....	15
2.9.1. Temperatura.....	15
2.9.2. Humedad.....	15
2.9.3. Luz.....	15



2.10. Sustrato.....	15
2.10.1. Materiales usados como sustratos.....	16
2.10.2. Materiales Inorgánicos.....	16
2.10.3. Propiedades de los sustratos.....	16
2.11. Propiedades físicas.....	17
2.12. Propiedades químicas.....	17
2.12.1. Salinidad.....	17
2.12.2. pH.....	17
2.13. Características del contenedor.....	18
2.14. Solución nutritiva.....	18
2.14.1. Solución concentrada A.....	18
2.14.2. Solución concentrada B.....	18
2.6. Etapas del sistema de raíz flotante.....	18
2.15. Nutrientes que contiene una solución nutritiva.....	19
2.15.2. Nutrición mineral.....	19
2.15.3. Deficiencia nutricional.....	19
2.16. La solución nutritiva y calidad de agua.....	22
2.17. Duración y renovación de la solución nutritiva.....	22
2.18. Cuidados de la solución nutritiva.....	22
2.18.1. Aireación.....	22
2.18.2. Temperatura.....	23
2.18.3. Luz.....	23
2.19. Automatización del riego.....	23
2.20. Plagas y enfermedades en los cultivos hidropónicos.....	23
2.20.1. Plagas.....	24
2.20.2. Enfermedades fisiológicas.....	24
<b>CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS</b>	
3.1. Ubicación del ensayo.....	26
3.1.1. Ubicación geográfica del proyecto.....	26
3.1.2. Condiciones climáticas del “CECH”.....	27

3.1.3. Características edafoclimáticas.....	28
3.1.4. Suelo.....	28
3.1.5. Vegetación de la zona.....	29
3.1.6. Hidrografía.....	29
3.1.7. Precipitación.....	29
3.1.8. Fase seca.....	29
3.1.9. Clima del departamento de Tarija.....	30
3.1.10. Calidad de agua del depósito.....	30
3.2. Materiales.....	30
3.2.1. Material biológico.....	30
3.2.2. Material de Construcción del sistema hidropónico NFT y raíz flotante.....	30
3.2.3. Material de laboratorio.....	32
3.2.4. Material de campo.....	33
3.2.5. Material de escritorio.....	34
3.3. Métodos y procedimiento.....	34
3.3.1. Factor 1.....	34
3.3.1.1. Descripción de los factores (F1).....	34
3.3.2. Factor 2.....	35
3.3.2.1. Descripción de los factores (F2).....	35
3.3.3. Descripción de los 3 tratamientos.....	35
3.3.3.1. Codificación y descripción T1.....	35
3.3.3.2. Codificación y descripción T2.....	36
3.4. Diseño experimental.....	37
3.4.1. Tratamiento 1.....	37
3.4.2. Tratamiento 2.....	37

3.4.1. Detalle de la unidad experimental raíz recirculante.....	37
3.4.2. Detalle de la unidad experimental raíz recirculante.....	40
3.4.3. Detalle total de todo el ensayo.....	41
3.5. Establecimiento del ensayo.....	42
3.5.1. Restauración y limpieza del área.....	42
3.5.2. Nivelado y pintado de las estructuras del área.....	42
3.5.3. Cubrimiento del invernadero con malla sombra.....	43
3.5.4. Armado del sistema raíz flotante.....	43
3.5.5. Cubrimiento del contenedor.....	44
3.5.6. Diseño y perforación del plastaformo.....	44
3.5.7. Colocación de los plastafores al contenedor.....	45
3.6. Armado del sistema re circulante.....	45
3.6.1. Cortado de los fierros.....	45
3.6.2. Material listo para el armado de los caballetes.....	46
3.6.3. Soldado de los fierros.....	46
3.6.4. Caballetes armados.....	47
3.6.5 Trazado, alineación y replanteo de los caballetes.....	47
3.6.6. Cortado y colocado de nylon en los Tubos PVC.....	48
3.6.7. Circulación de agua por las tuberías.....	48
3.6.8. Cortado de las tuberías de circulación.....	49
3.6.9. Armado de las tuberías de entrada y salida.....	49
3.6.10. Perforación de vasos desechables.....	50
3.6.11. Tanque.....	50
3.6.12. Tubería de desagüe.....	51
3.6.13. Bomba de agua.....	51
3.6.14. Sistema eléctrico y programación.....	52

3.7. Preparación del almácigos para el sistema hidropónico raíz flotante y recirculante	52
3.7.1. Prueba de germinación.....	52
3.7.2. Almacigo.....	53
3.7.3. Preparación de la solución nutritiva.....	54
3.7.4. Balanza analítica.....	55
3.7.5. pH y conductividad.....	55
3.8. Preparación de la solución nutritiva para el sistema recirculante y raíz flotante....	56
3.8.1. Concentración media.....	56
3.8.2. Concentración completa.....	57
3.9. Primer trasplante o post almacigo para los dos sistemas raíz flotante y NFT.....	58
3.10. Preparación de la solución nutritiva para el trasplante definitivo de los dos sistemas.....	60
3.10.1. El sistema recirculante.....	60
3.10.2. El sistema raíz flotante.....	61
3.11. Trasplante definitivo de los dos sistemas.....	62
3.11.1. Sistemas hidropónicos recirculante.....	62
3.11.2. Sistema hidropónico raíz flotante.....	65
3.11.3. Proceso de aclimatación de las tres variedades de lechuga de los dos sistemas hidropónicos.....	65
3.11.3.2. Sistema raíz flotante.....	65
3.11.4. Establecimiento de las tres variedades de lechuga bajo los dos sistemas hidropónico.....	65
3.12. Perdida del sistema raíz flotante.....	66
3.13. Cosecha.....	67
3.14. Evaluación.....	68
3.15. Tratamiento de post-cosecha.....	68
3.16. Variable respuesta.....	68
3.16.1. Peso de las plántulas iniciales de los dos sistemas.....	68
3.16.2. Peso a la cosecha con raíz.....	68
3.16.3. Peso a la cosecha sin raíz.....	68
3.16.4. Largo de raíces.....	69

3.16.5. Diámetro de tallo.....	69
3.16.6. Numero de hojas.....	69
3.16.7. pH inicial y final.....	69
3.17. Análisis estadístico.....	69
3.17.1. Tratamiento 1.....	69
3.17.2. Tratamiento 2.....	70
3.18. Análisis de mercado.....	70
3.19. Análisis económico.....	71

### **CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Variables agronómicas del sistema “NFT”.....	72
4.1.1. Rendimiento en materia verde.....	72
4.1.2. Rendimiento de las tres variedades de lechuga.....	72
4.2. Peso inicial.....	73
4.2.1. Tabla de datos.....	75
4.2.2. Análisis de varianza.....	75
4.2.3. Tabla de medias del factor a (sistemas hidropónicos).....	76
4.2.4. Tabla de medias del factor b (variedades de lechuga).....	76
4.2.5. Comparaciones múltiples (Tukey) medias del factor a seguidas de la misma letra no difieren significancia entre sí en D.M.S. al 5% de probabilidad.....	76
4.2.6. Comparación de medias del factor b seguidas de la misma letra no difieren significancia entre sí en D.M.S. al 5% de probabilidad.....	77
4.2.7. Comparación de medias del factor b dentro del nivel 1 del factor 1 (variedad), letra no difieren significancia entre sí en D.M.S. al 5% de probabilidad.....	77
4.2.8. Comparación de medias del factor a dentro del nivel 1 del factor b (sistema), letra no difieren significancia entre sí en D.M.S. al 5% de probabilidad.....	78
4.2.9. Comparación de medias del factor a dentro del nivel 2 del factor b; letra no difieren significancia entre sí en D.M.S. al 5% de probabilidad.....	78
4.2.9. Comparación de medias del factor a dentro del nivel 3 del factor b, letra no	

difieren significancia entre sí en D.M.S. al 5% de probabilidad.....	79
4.3. Comparación de medias de peso final con raíz de las tres variedades.....	79
4.4. Comparación de medias de peso final sin raíz de las tres variedades.....	81
4.5. Comparación de medias del largo de raíz de las tres variedades.....	82
4.6. Comparación de medias del diámetro de tallo de las tres variedades.....	84
4.7. Comparación de medias del número de hojas de las tres variedades.....	86
4.8. Comparación de pH inicial y final en el cultivo de lechuga.....	88
4.9. Porcentaje del análisis de mercado.....	88
4.9.1. Porcentaje de Sexo de personas.....	88
4.9.2. Porcentaje de edad.....	89
4.9.3. Porcentaje del lugar de residencia.....	90
4.9.4. Porcentaje de la ocupación de los encuestados.....	90
4.9.5. Porcentaje de las personas que viven dentro del hogar del encuestado.....	91
4.9.6. Porcentaje de consumo semanal de lechuga por familia.....	91
4.9.7. Porcentaje de la época de consumo.....	92
4.9.8. Porcentaje de la calidad de la lechuga a la hora de compra.....	92
4.9.9. Porcentaje de la importancia del producto si es orgánico.....	93
4.9.10. Porcentaje del consumo de lechuga hidropónica.....	94
4.9.11. Porcentaje de las medidas publicitarias.....	94
4.10. Análisis Químico del agua.....	95
4.11. Análisis económico.....	96
4.11.1. Aplicación de las formulas.....	96

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

### **BIBLIOGRAFIA**

### **ANEXOS**

## **INDICE DE CUADRO**

Cuadro N° 1. Taxonomía.....	5
Cuadro N° 2. Comparación de producción en suelo e hidropónico.....	13
Cuadro N° 3. Micronutrientes comerciales.....	18
Cuadro N° 4. Deficiencia y toxicidad de los elementos esenciales.....	20
Cuadro N° 5 Resumen climatológico.....	27
Cuadro N° 6. Resumen climatológico Gestiones 2014.....	28
Cuadro N° 7. Codificación y descripción del tratamiento 1.....	36
Cuadro N° 8. Codificación y descripción del tratamientos 2.....	36
Cuadro N° 9. Balance nutricional para el cultivo de lechuga.....	54
Cuadro N° 10. Composición de las sales nutritivas.....	54
Cuadro N° 11. Concentración media de Solución nutritiva.....	56
Cuadro N° 12. Concentración completa de la solución nutritiva.....	57
Cuadro N° 13. Cantidad de fertilizantes para 1000 litros de agua.....	61
Cuadro N° 14. Cantidad de fertilizantes para 593 litros de agua.....	62
Cuadro N° 15. Valoración productiva de las variedades de lechuga.....	73
Cuadro N° 16. Variable: peso inicial de los 6 tratamientos.....	75
Cuadro N° 17. Análisis de varianza del peso final con raíz de la lechuga.....	80
Cuadro N° 18. Análisis de varianza del peso final sin raíz de las variedades de lechuga.....	82
Cuadro N° 19. Análisis de varianza del largo de raíces de las variedades de lechuga	83
Cuadro N° 20. Análisis de varianza del diámetro del tallo de las variedades de lechuga.....	85
Cuadro N° 21. Análisis de varianza del número de hojas de las variedades de lechuga	87
Cuadro N° 22. Comparación de pH inicial y final en el cultivo de lechuga.....	88
Cuadro N° 23. Análisis financiero del sistema hidropónico NFT (Bs).....	96
Cuadro N° 24. Campaña del cultivo de lechuga.....	97
Cuadro N° 25. Análisis financiero del sistema hidropónico Raíz Flotante (Bs).....	98
Cuadro N° 26. Campaña del cultivo de lechuga.....	98

#### **CROQUIS**

Croquis N° 1. Distancia entre los centros del sistema Raíz Flotante.....	38
--	----

Croquis N° 2. Sistema raíz flotante.....	39
Croquis N° 3.Sistema recirculante.....	40
Croquis N° 4.Unidad experimental del sistema hidropónico.....	41

#### INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Área destinada a los sistemas hidropónicos.....	42
Figura N° 2. Nivelado del área y pintado de las estructuras del invernadero.....	42
Figura N° 3. Cubrimiento con malla sombra el invernadero.....	43
Figura N° 4. Armado del contenedor.....	43
Figura N° 5. Cubrimiento del contenedor.....	44
Figura N° 6. Marcado de los orificios al plastaformo.....	44
Figura N° 7. Colocación de los plastafores al contenedor.....	45
Figura N° 8.Cortado del fierro corrugado.....	45
Figura N° 9. Material listo para el armado de los caballetes.....	46
Figura N° 10. Soldado de los caballetes con fierro corrugado de $\frac{3}{4}$ .....	46
Figura N° 11. Caballetes armados.....	47
Figura N° 12.Trazado, alineación y replanteo de los caballetes.....	47
Figura N° 13. Colocado del nylon a las tuberías.....	48
Figura N° 14.Circulación de agua por las tuberías.....	48
Figura N° 15.Equipo para el armado de tuberías de entrada y salida.....	49
Figura N° 16. Armado de las tuberías de entrada.....	49
Figura N° 17. Perforación de los vasos de 1 onza.....	50
Figura N° 18. Tanque colector.....	50
Figura N° 19. Tubería de desagüe.....	51
Figura N° 20. Conexión de la bomba de agua.....	51
Figura N° 21. Programador de riego automático.....	52
Figura N° 22. Prueba de germinación.....	53
Figura N° 23. Día 1 del almacigo.....	53
Figura N° 24. Tarado de la balanza analítica.....	55
Figura N° 25. Detalle de las mediciones de pH y conductividad.....	55
Figura N° 26. Plántulas cumpliendo los 7 días.....	57



Figura N° 27. Selección de las plántulas.....	58
Figura N° 28. Recipientes de plástico.....	58
Figura N° 29. Transplante de las plántulas a los alveolos.....	59
Figura N 30. Plántulas listas para el transplante definitivo.....	59
Figura N° 31. Transplante definitivo de la lechuga en el sistema “NFT”.....	63
Figura N ° 32. Transplante definitivo sistema raíz flotante.....	64
Figura N° 33. Proceso de aclimatación de las variedades de lechuga.....	65
Figura N° 34. Establecimiento de las tres variedades de lechuga en los dos sistemas hidropónicos.....	66
Figura N° 35. Pérdida del sistema raíz flotante.....	66
Figura N° 36. Cosecha.....	67
Figura N° 37. Comparación de peso inicial de los 6 tratamientos en los dos sistemas hidropónicos.....	74
Figura N° 38. Comparación de medias de peso final con raíz entre variedades de lechuga.....	80
Figura N° 39. Comparación de medias de peso final sin raíz de las tres Variedades...	81
Figura N° 40. Comparación de medias del largo de raíz de las tres variedades.....	83
Figura N°41. Comparación de diámetro del tallo de las tres variedades.....	85
Figura N°42. Comparación de número de hojas de las tres variedades de lechuga.....	87
Figura N°43. Porcentaje de sexo de las personas encuestadas.....	89
Figura N°44. Porcentaje de edad de las personas en el análisis de mercado.....	89
Figura N°45. Porcentaje de residencia de las personas en el análisis de mercado.....	90
Figura N°46. Porcentaje de ocupación los encuestados.....	90
Figura N°47. Porcentaje de las personas que viven dentro del hogar del encuestado...	91
Figura N°48. Porcentaje de consumo semanal de lechuga por familia.....	91
Figura N°49. Porcentaje de la época de consumo.....	92
Figura N° 50. Porcentaje de la calidad de la lechuga a la hora de compra.....	93
Figura N° 51. Porcentaje de la importancia del producto si es orgánico.....	93
Figura N° 52. Porcentaje del consumo de lechuga hidropónica.....	94
Figura N°53. Porcentaje de las medidas publicitarias.....	95