

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) BAJO MALLAS RASCHEL EN  
AMBIENTE ATEMPERADO EN LA COMUNIDAD DE TACACHIRA  
DISTRITO 11 DE LA CIUDAD DE EL ALTO**

**Por:**

**Prudencia Quispe Tola**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Junio, 2016**

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) BAJO MALLAS RASCHEL EN AMBIENTE ATEMPERADO EN LA COMUNIDAD DE TACACHIRA DISTRITO 11 DE LA CIUDAD DE EL ALTO**

*Tesis de Grado presentado como requisito  
para optar el Título de Ingeniera en  
Ingeniería Agronómica*

**Prudencia Quispe Tola**

**Asesores:**

Ing. Elizabeth Filomena Callisaya Loza .....

**Tribunal Revisor:**

Ing. M.Sc. Víctor Paye Huaranca .....

Ing. René Felipe Coronel Cortez .....

Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez .....

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador .....



**DEDICATORIA:**

*El presente trabajo lo dedico al supremo creador por permitirme ver cada día un nuevo amanecer.*

*A mis queridos padres Juan Quispe, Josefa Tola, por su amor, apoyo, confianza y esfuerzo que me brindaron a lo largo de mi vida y durante mi formación profesional.*

*A mi hija Evelyn Mamani Quispe por ser la luz en mí ser, mi felicidad y mi alegría.*

*A mis queridos hnos. (as) por brindarme el apoyo moral y material incondicional, para culminar mi objetivo.*

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero dar gracias a Dios, por haber guiado mi camino y por ayudarme a lograr alcanzar mis sueños.

Expreso mis sinceros agradecimientos a la Universidad Pública De El Alto, especialmente a la Carrera de Ingeniería Agronómica, por acogerme en sus aulas durante mi formación académica.

Del mismo modo, agradezco al Centro de Comunicación Cultural "CHASQUI", a la UNIDAD EDUCATIVA REPUBLICA DEL URUGUAY del proyecto "**niñas y niños lideran el camino**", desarrollado por SAVE THE CHILDREN INTERNATIONAL y el programa MIS ESCUELAS DIGNAS, por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de campo.

A la Ing. Agr. Elizabeth F. Callisaya Loza por haber asesorado el presente trabajo de investigación, por transmitirme sus conocimientos, tiempo, paciencia y por su constante colaboración durante la ejecución de este trabajo de investigación de tesis.

A la Ing. Agr. Nelly Huallpa Mamani mi más sincero agradecimiento y gratitud por haberme colaborado con la enseñanza y un importante aporte, durante la ejecución de la tesis.

A mis tribunales revisores: Ing. Víctor Paya Huaranca, Ing. René Felipe Coronel Cortez e Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, por sus sugerencias y correcciones en la revisión del presente trabajo de investigación.

A mis queridos amigos (as) por su amistad y apoyo, en la investigación y la sincera colaboración, por el apoyo moral y por los momentos compartidos. Y a mí querida amiga y compañera Sofía Mamani.

## CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE TEMAS</b> .....	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiii</b>

## ÍNDICE DE TEMAS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Agricultura protegida.....	5
2.2. Ambientes atemperados .....	6
2.3. Importancia en el altiplano .....	6
2.4. Invernaderos.....	6
2.4.1. Orientación .....	6
2.5. Variables microclimáticas.....	7
2.5.1. Temperatura .....	7
2.5.2. Humedad relativa .....	7
2.5.3. Luminosidad .....	8

2.5.4. Ventilación .....	8
2.5.5. Fotoperiodo de la lechuga .....	8
2.6. Mallas sombra para ambientes atemperados.....	9
2.6.1. Mallas raschel.....	10
2.7. El cultivo de la lechuga .....	11
2.7.1. Origen de la lechuga.....	11
2.7.2. Importancia de la lechuga.....	11
2.7.3. Producción Nacional.....	12
2.7.4. Valor nutricional.....	12
2.7.5. Taxonomía .....	13
2.7.6. Clasificación científica .....	14
2.8. Descripción botánica.....	14
2.8.1. Fenología del cultivo de lechuga .....	15
2.8.2. Variedades .....	15
2.8.3. Suelo .....	15
2.9. Labores culturales del cultivo de lechuga.....	16
2.9.1. Preparación del suelo .....	16
2.9.2. Almacigado.....	16
2.9.3. Trasplante .....	16
2.9.4. Densidad de siembra.....	17
2.9.5. Escarda .....	17
2.9.6. Control de malezas.....	18
2.9.7. Plagas y enfermedades .....	18
2.9.8. Riego.....	19
2.9.9. Cosecha .....	19

2.10. Rendimiento en el cultivo de la lechuga.....	20
<b>3. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1. Localización.....	21
3.1.1. Ubicación geográfica.....	21
3.1.2. Características climáticas de la zona de trabajo.....	22
3.1.2.1. Clima.....	22
3.1.2.2. Suelos.....	22
3.1.2.3. Vegetación.....	22
3.2. Materiales.....	22
3.2.1. Material vegetal.....	22
3.2.2. Material inorgánico.....	22
3.2.3. Material de campo.....	23
3.2.4. Material de toma de datos.....	23
3.2.5. Material de laboratorio.....	24
3.2.6. Material de gabinete.....	24
3.3. Metodología.....	24
3.3.1. Metodología de campo.....	24
3.3.2. Preparación de suelo.....	25
3.3.3. Instalación de las mallas raschel.....	26
3.3.4. Desinfección del suelo.....	27
3.3.5. Muestreo del suelo para el análisis físico – químico.....	28
3.3.6. Siembra en almaciguera.....	28
3.3.7. Transplante de lechuga.....	29
3.3.8. Labores culturales.....	30
3.3.8.1. Riego.....	30

3.3.8.2. Escarda.....	31
3.3.8.3. Deshierbe.....	31
3.3.8.4. Cosecha.....	31
3.4. Diseño experimental .....	32
3.4.1. Modelo estadístico lineal .....	32
3.4.2. Tratamientos en estudio .....	33
3.5. Características del campo experimental .....	33
3.5.1. Croquis del experimento.....	34
3.6. Variables de respuesta .....	34
3.6.1. Variables climáticas.....	34
3.6.2. Variables agronómicas .....	34
3.6.2.1. Porcentaje de germinación.....	34
3.6.2.2. Altura de la planta .....	34
3.6.2.3. Número de hojas por planta.....	35
3.6.2.4. Ancho de la hoja .....	36
3.6.2.5. Longitud de raíz .....	36
3.6.2.6. Porcentaje de humedad de la planta.....	37
3.6.2.7. Porcentaje de humedad de la raíz.....	37
3.7. Rendimiento de materia verde .....	37
3.8. Variables económicos.....	38
3.8.1. Análisis de costos de producción.....	38
3.8.2. Beneficio bruto (BB) .....	39
3.8.3. Costos variables (CV).....	39
3.8.4. Beneficio neto (BN) .....	39
3.8.5. Relación beneficio / costo (B/C).....	39

<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>41</b>
4.1. Variables climáticas .....	41
4.1.1. Descripción de las temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo	41
4.1.2. Descripción de la humedad relativa dentro la malla raschel, datos registrados durante el desarrollo del cultivo de la lechuga .....	43
4.1.3. Descripción de la Intensidad de luz solar registradas dentro la malla raschel, durante el desarrollo del cultivo de la lechuga .....	45
4.1.4. Análisis físico químico del suelo .....	47
4.2. Análisis estadístico de variables de respuesta agronómicas.....	48
4.2.1. Porcentaje de germinación .....	48
4.2.2. Altura de planta .....	49
4.2.3. Número de hojas .....	52
4.2.4. Ancho de la hoja.....	55
4.2.5. Longitud de raíz.....	58
4.2.6. Porcentaje de humedad en la planta .....	61
4.2.7. Porcentaje de humedad en la raíz .....	63
4.3. Rendimiento de materia verde por tratamiento .....	64
4.4. Variables económicas.....	67
4.4.1. Análisis económico.....	67
4.4.2. Rendimiento ajustado.....	67
4.4.3. Ingreso neto (Bs) .....	68
4.4.4. Análisis de dominancia .....	70
4.4.5. Análisis de tasa de retorno marginal.....	71
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	<b>72</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>74</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIAS</b> .....	<b>75</b>

**8. ANEXOS ..... 82**

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rendimiento y consumo de hortalizas a nivel departamental.....	12
Cuadro 2. Composición química de la lechuga por cada 100 g. de parte comestible .....	13
Cuadro 3. Dimensión del área experimental.....	33
Cuadro 4. Temperaturas promedio por mes.....	42
Cuadro 5. Promedio de la Humedad relativa por tratamiento .....	44
Cuadro 6. Promedio de la intensidad de luz solar por tratamiento.....	46
Cuadro 7. Análisis de varianza para la altura de planta del cultivo de lechuga variedad Grand rapid evaluados en la gestión 2014.....	49
Cuadro 8. Altura de la planta - Prueba de Comparación de medias Duncan ( $\alpha=0,05$ ).....	50
Cuadro 9. Análisis de varianza, para el número de hojas del cultivo de lechuga variedad grand rapid, evaluados en la gestión 2014.....	52
Cuadro 10. Número de Hojas - Prueba de comparación de medias Duncan (0,05%).....	53
Cuadro 11. Análisis de varianza, para el ancho de hojas en el cultivo de lechuga variedad Grand rapid, evaluados en la gestión 2014.....	56
Cuadro 12. Ancho de hoja - Prueba de comparación de medias Duncan ( $\alpha= 0,05$ ).....	56
Cuadro 13. Análisis de varianza, para longitud de raíz del cultivo de lechuga variedad Grand rapid, evaluados en la gestión 2014.....	59
Cuadro 14. Longitud de raíz - Prueba de comparación de medias Duncan ( $\alpha= 0,05$ ).....	59
Cuadro 15. Análisis de varianza, para el rendimiento de materia verde en el cultivo de lechuga variedad Grand rapid, evaluados en la gestión 2014.....	64
Cuadro 16. Rendimiento de materia verde - Prueba de comparación de medias Duncan ( $\alpha=0,05$ .....	65
Cuadro 17. Comparación de Ingreso neto de los tratamientos en función a los resultados de precio; producción (kg/m <sup>2</sup> ), precio (Bs/kg), costo de producción (Bs/m <sup>2</sup> ) e ingreso neto (Bs/m <sup>2</sup> ) .....	68

Cuadro 18. Relación beneficio/costo de los tratamientos en función a los resultados de precio (Bs/m <sup>2</sup> ), costos de producción (Bs/m <sup>2</sup> ) y beneficio neto (Bs/m <sup>2</sup> ) .....	69
Cuadro 19. Análisis de tasa de retorno marginal .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentajes de sombra, mallas raschel para el estudio .....	10
Figura 2. Ubicación del trabajo experimental (GAMEA 2014).....	21
Figura 3. Ambiente de estudio parte externa e interna .....	24
Figura 4. Preparación de suelo para el experimento .....	25
Figura 5. Ubicación del termómetro dentro el invernadero .....	26
Figura 6. Ubicación del higrómetro en las camas orgánicas.....	27
Figura 7. Desinfección del suelo.....	28
Figura 8. Almacigo de lechuga (variedad gran rapid) .....	29
Figura 9. Transplante de lechuga (grand rapid).....	30
Figura 10. Riego manual, con regadera de 10 litros .....	30
Figura 11. Cosecha de la lechuga.....	32
Figura 12. Altura de planta según su desarrollo y crecimiento a los 15, 30 y 45 días. ....	35
Figura 13. Conteo de número de hojas después del transplante a los 15, 30 y 45 días ..	35
Figura 14. Toma de medidas, ancho de la hoja.....	36
Figura 15. Medida de longitud de la raíz.....	36
Figura 16. Porcentaje de humedad de la lechuga .....	37
Figura 17. Rendimiento de la materia verde, peso de cada tratamiento en (Kg/ m <sup>2</sup> ).....	38
Figura 18. Temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo.....	41
Figura 19. Porcentaje de humedad relativa registrada en el cultivo de la lechuga.....	43
Figura 20. Intensidad de luz solar, datos registrados durante el desarrollo del cultivo.....	45
Figura 21. Prueba de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mallas raschel, con relación a la altura de planta.....	51
Figura 22. Prueba de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mallas raschel, con relación a número de hoja por planta.....	54

Figura 23. Prueba de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mallas raschel, con relación a el ancho de hoja.....	57
Figura 24. Prueba de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mallas raschel, con relación a longitud de raíz a la cosecha.....	60
Figura 25. Porcentaje de humedad en la planta de lechuga, en función a los tratamientos con y sin malla raschel a los 50 días evaluados.....	61
Figura 26. Porcentaje de humedad en la raíz de la lechuga en función a los tratamientos con y sin malla raschel a los 50 días evaluados.....	63
Figura 27. Prueba de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mallas raschel, con relación al rendimiento de materia verde. ....	66
Figura 28. Gráfico de dominancia entre Beneficios netos y total de costos (Bs/m <sup>2</sup> ).....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de la instalación de la malla raschel, para cubrir las camas orgánicas .....	83
Anexo 2. Características del área experimental croquis del experimento .....	84
Anexo 3. Registros de temperaturas .....	85
Anexo 4. Registro de % de humedad relativa e intensidad de la luz.....	86
Anexo 5. Análisis físico químico de suelo.....	88
Anexo 6. Toma de datos, altura de planta en promedios.....	89
Anexo 7. Toma de datos, número de hoja en promedios .....	89
Anexo 8. Toma de datos, ancho de hoja en promedio.....	89
Anexo 9. Toma de datos, longitud de raíz en promedios.....	90
Anexo 10. Toma de datos, rendimiento de materia verde en promedios .....	90
Anexo 11. Análisis beneficios/costo (1m <sup>2</sup> /año), para el tratamiento N° 1 .....	91
Anexo 12. Análisis beneficios/costo (1m <sup>2</sup> /año), para el tratamiento N° 2.....	92
Anexo 13. Análisis beneficios/costo (1m <sup>2</sup> /año), para el tratamiento N° 3.....	93
Anexo 14. Análisis beneficios/costo (1m <sup>2</sup> /año), para el tratamiento N° 4.....	94
Anexo 15. Fotografías de instalación del ambiente atemperado, tipo túnel .....	95
Anexo 16. Fotografías del estudio experimental.....	96

**ABREVIATURAS**

cm	Centímetro
CE	Conductividad Eléctrica
CIC	Capacidad Intercambio Catiónico
HR	Humedad Relativa
kg/m <sup>2</sup>	Kilogramo por metro cuadrado
L	Litros
lux	Luxes
MO	Materia Orgánica
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
%	Porcentaje
pH	Potencia de Hidrogeniones
T°	Temperatura

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó en la ciudad de El Alto en la Comunidad de Tacachira, distrito 11 del Municipio de El Alto, localizada a 16° 30` latitud Sur y 68° 09` longitud Oeste. A una altura de 3,941 m.s.n.m.

El objetivo del presente estudio fue describir las variables climáticas del ambiente atemperado, evaluar las características agronómicas del cultivo de la lechuga variedad Grand rapid bajo tres diferentes porcentajes de sombra con malla raschel, evaluar el rendimiento del cultivo y calcular los costos parciales de producción.

Para el presente ensayo bajo ambiente protegido, se utilizó semilla de lechuga de la variedad Grand rapid, el tratamiento utilizado es la malla raschel de diferentes porcentajes en densidad, de 50%, 65%, 80%, respectivamente y un testigo 0% (sin malla), los cuales fueron instalados antes del transplante de la lechuga. Para ello se utilizó el modelo estadístico de diseño completamente al azar, donde el factor principal fue el efecto de las mallas raschel, con cuatro tratamientos y tres repeticiones en un periodo de tres meses; siendo las variables de respuesta, el clima, porcentaje de germinación, altura de la planta, número de hoja, ancho de la hoja, longitud de raíz, porcentaje de humedad en la planta y raíz, rendimiento de materia verde por tratamiento y el análisis de beneficio/costo.

Los análisis estadísticos registraron como el mejor tratamiento al T2 (50% de malla raschel), con una temperatura promedio de 21°C, humedad relativa de 68% y con intensidad de luz a 30.018 (Lux), con respecto a las características agronómicas los tratamientos que presentaron mejores resultados, en altura de planta fue el T4 (80% de malla raschel), con un promedio de 20 cm, seguido por el T3 (65% de malla raschel), T2 (50% de malla raschel) y T1 (sin malla), con promedios de 20 cm, 19 cm y 15 cm, con respecto al número de hojas promedio el T2 presentó 11 hojas/planta, seguido por el tratamiento sin malla T1, presentó 10 hojas/planta y presentando menores números de hoja fueron los tratamientos T3 y T4, con promedios de iguales de 7 hojas/planta. Respecto a la variable en ancho de hoja, el mejor tratamiento fue el T1, con 14.14 cm seguido por el T2, con 13.76 cm, en ancho de hoja, con respecto a la variable de longitud de raíz, el mejor tratamiento fue el T1, con una longitud promedio de 9 cm, en cuanto a la menor longitud de raíz, el T4 (80% de malla raschel), obtuvo un promedio de 7 cm. por

otra parte la variable de rendimiento en materia verde el mejor tratamiento presento un  $7.06 \text{ kg/m}^2$ , fue el T2 (50% de malla raschel) y el que presento un menor rendimiento, está el T4 (80% de malla raschel), con  $3.61 \text{ kg/m}^2$ .

En análisis de Beneficio/costo, los cuatro tratamientos presentaron un  $B/C > 1$ , lo cual significa que son aceptables y rentables para la producción del cultivo de la lechuga con la utilización de la malla raschel, pero el mejor tratamiento fue, el T2 (50% de malla raschel), con B/C de 3.1 Bs, es decir se recupera el capital invertido de 1 Bs y se genera una ganancia de 2.1 Bs.

**Palabras claves:** cultivo de lechuga, malla raschel y tipburn.

## ABSTRACT

This research was conducted in the city of El Alto in community Tacachira, 11th district of the municipality of El Alto, located at 16 ° South latitude and 68° 30` 09` west longitude. At a height of 3,941 m.s.n.m.

The aim of this study was to describe the climatic variables tempering environment, evaluate the agronomic characteristics of the crop of lettuce variety Grand rapid under three different percentages of raschel mesh shade, assess crop yield and calculate partial production costs.

For this assay under protected environment, lettuce seed variety Grand rapid used, the treatment used is raschel mesh of different percentages in density, 50%, 65%, 80% respectively and a control 0% (no mesh), which were installed before transplantation lettuce. For this, the statistical model completely random, where the main factor was the effect of raschel mesh, with four treatments and three repetitions over a period of three months design was used; being the response variables, climate, germination percentage, plant height, leaf number, leaf width, root length, moisture in the plant and root yield of green matter per treatment and analysis benefit / cost.

Statistical analyzes showed as the best treatment T2 (50% of raschel mesh), with an average temperature of 21 ° C, relative humidity of 68% and light intensity to 30,018 (Lux) with respect to agronomic feature the treatments showed better results in plant height was the T4 (80% of raschel mesh), with an average of 20 cm, followed by T3 (65% of raschel mesh), T2 (50% raschel mesh) and T1 (no mesh), with averages of 20 cm, 19 cm and 15 cm, compared to the average number of sheets Q2 I present 11 sheets / plant, followed by treatment without mesh T1, presented 10 sheets / plant and presenting lower numbers sheet were the T3 and T4 treatments, averaging 7 equal leaves / plant. Regarding the variable blade width, the best treatment was T1, with 14.14 cm followed by T2, with 13.76 cm in sheet width, with respect to the variable root length, the best treatment was T1, with an average length of 9 cm, in terms of reduced root length, the T4 (80% of raschel mesh) obtained an average of 7 cm. on the other variable yield of green matter the best treatment presented a 7.06 kg / m<sup>2</sup>, was the T2 (50% raschel mesh) and which present a lower yield, is the T4 (80% of raschel mesh) with 3.61 kg / m<sup>2</sup>.

In analysis of cost / benefit, the four treatments showed a  $B / C > 1$ , which means that are acceptable and profitable for crop production of lettuce with the use of raschel mesh, but the best treatment was the T2 (50% raschel mesh) with  $B / C 3.1$  B, ie invested capital of 1 B recovers and a gain of 2.1 B is generated.

**Key words:** lettuce crop, raschel mesh and tipburn.

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad importante dentro del sector económico y como parte de las actividades de producción implica una utilización del medio natural con el empleo y extracción de insumos y energía, para la obtención de alimentos que permitan la subsistencia de los seres humanos.

Las hortalizas han cobrado importancia, especialmente el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L), en el mercado local e internacional, por considerarse un cultivo hortícola de ciclo vegetativo corto, genera mayores ingreso que las demás hortalizas y es fuente en vitaminas y minerales; la diversificación en la producción de variedades de lechuga es ahora uno de los retos del campo según (Churquina 2000)

La producción de lechuga (*Lactuca sativa* L), bajo ambiente atemperado, puede estar garantizada durante todo el año; logrando el máximo rendimiento de producción de alta calidad comercial en superficies pequeñas y sobre todo aplicando tecnología relativamente baja en costos de producción. En la zona de estudio existe, varios ambientes atemperados, lo cual induce al comunario a buscar otros sistemas de producción, que le permite aprovechar al máximo el ambiente atemperado; la producción obtenida, lo comercializan en el mercado Rodríguez de la ciudad de La Paz.

Las hortalizas son de gran importancia en la dieta alimenticia humana, por el alto nivel que proporciona en vitaminas y minerales, entre ellas está la lechuga (*Lactuca sativa* L).

Entre los sistemas de producción de hortalizas que tienden a incrementar rendimientos, obtener buena calidad en la producción y provocar el menor impacto ambiental, se presenta la utilización de mallas raschel o semi-sombra. La utilización de mallas semi-sombra, mallas antigranizo, mallas anti heladas toman gran importancia en los últimos años, utilizándose en una diversidad de cultivos y regiones, por lo cual se han empleado en nuestro medio, tecnologías como la implementación de ambientes atemperados.

La práctica agrícola dentro del ambiente atemperado en el altiplano constituye una de las alternativas contra los factores climáticos que caracteriza a la zona, pero sin la utilización de malla raschel.

### **1.1. Antecedentes**

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es ampliamente conocida y cultivada en todo el mundo, a través de numerosos tipos y variedades. Siendo la planta más importante entre las hortalizas de hojas que se consumen crudas (Giaconi 1995).

En Guatemala la tecnología de protección de cultivos bajo cubierta y malla sombra, inició a finales del año 2001, con estructuras muy sencillas y básicas, en donde lo único que se pretendía era aislar el cultivo en cuestión de los insectos vectores de virus. Esta tecnología fue observada por algunos productores quienes luego de verificar los resultados fueron adoptando la tecnología (Cruz 2010).

En los cultivos agrícolas, se señala el uso de mallas raschel de color, para proporcionar distinta calidad de luz, además de controlar el porcentaje de cobertura o sombreado que ésta produce (Oren-Shamir et al. 2001). En estudios realizados en Israel sobre el mejoramiento de calidad y producción de (arbusto perenne, ornamental) por medio de sombreado con mallas de color, se indica que las plantas tienen la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones de iluminación, por medio de sus fotorreceptores logrando captar las variaciones en la cantidad y calidad de luz, mejorando así su crecimiento. Estos procesos se denominan fotomorfogénicos, e influyen la arquitectura de la planta, desde el momento en que brotan sus raíces hasta su florecimiento y la producción de nuevas semillas. Estos fotorreceptores le otorgan a las plantas la sensibilidad y la capacidad de captar señales en un amplio rango del espectro lumínico (Azcón- Bieto y Talón 2000).

### **1.2. Planteamiento del problema**

La agricultura en nuestro altiplano se desarrolla bajo condiciones adversas, principalmente la incidencia de heladas, granizadas y periodos de sequía, siendo los principales factores limitantes de la producción de cultivos. Esta situación hace necesaria la introducción de tecnologías que permitan el aprovechamiento de estas características propias del altiplano, como son los invernaderos.

La importancia e interés del agricultor, reside en atenuar la intensidad de luz que se genera por las fluctuaciones climáticas, para incrementar la producción y lograr mayores

ingresos; Al mismo tiempo, buscar alternativas para tener una seguridad alimentaria de toda la población.

El uso de las mallas semi-sombra en la producción de hortalizas es poco usual, debido a la inexistencia de investigaciones, principalmente el efecto de porcentajes de sombra que permite controlar diversas condiciones de luz, temperatura y humedad que requiere un cultivo para su actividad fotosintética para un buen desarrollo y la mitigación de la radiación solar.

### **1.3. Justificación**

En la actualidad la utilización de mallas raschel aún no han sido utilizados en la producción de cultivos de hortalizas de hoja y esto nos causa incógnitas sobre esta alternativa de utilizar, por esta razón esta investigación pretende más información acerca del uso de mallas raschel en la producción hortícola.

Con la investigación se promueve nuevas prácticas usando malla raschel en el cultivo de la lechuga, debido a que el incremento de la intensidad de luz es muy alta en épocas de invierno a un teniendo días cortos con horas luz, esto afecta en el rendimiento y en el normal desarrollo del cultivo, reflejándose claramente en los ambientes secos y de elevada transpiración, posiblemente se deba a un efecto de las fluctuaciones climáticas que se va sintiendo cada vez más en el ambiente.

Con la investigación se pretende controlar la cantidad de luz que ingresa al cultivo de la lechuga, esto con la aplicación de la malla raschel de 80%, 65%, 50% y testigo, que controlara la luz que penetra directamente al cultivo de la lechuga.

En este momento existe demanda debido a una nueva corriente en la gastronomía que le brinda a la lechuga un lugar especial y que esto nos impulsa a mejorar las técnicas de cultivo debido a las altas temperaturas y humedades que afectan al buen desarrollo del cultivo de la lechuga.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar el comportamiento agronómico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo malla raschel en ambiente atemperado en la comunidad de Tacachira distrito 11 de la Ciudad de El Alto

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Descripción de las características climáticas del ambiente atemperado.
- Evaluar las características agronómicas del cultivo de la lechuga variedad (*Grand rapid*) bajo tres diferentes porcentajes de sombra de malla raschel.
- Evaluar el rendimiento del cultivo de lechuga bajo tres diferentes porcentajes de semi-sombra de malla raschel.
- Evaluar los costos parciales de producción del cultivo de lechuga, bajo efecto de las mallas raschel.

## **1.5. Hipótesis**

- Ho: No existe diferencias significativas en el comportamiento agronómico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo malla raschel en ambiente atemperado en la comunidad de Tacachira distrito 11 de la Ciudad de El Alto

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Agricultura protegida

Para Bastida y Ramírez (2008), la agricultura protegida se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas. Así, mediante el empleo de diversas cubiertas se reducen las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales. A través de los años pero sobre todo en las últimas décadas se han desarrollado varios tipos de estructuras para la protección de las plantas que plantean diferentes alternativas, generan condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de cultivos, de acuerdo a los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región.

Básicamente la agricultura protegida se orienta a obtener el más alto rendimiento por medio de un mayor grado de control del cultivo y del ambiente a su alrededor, para rentabilizar al máximo la ocupación del terreno, pero también requiere de mayores inversiones en infraestructura y equipo, cambio en las prácticas culturales y una adecuada planificación en el diseño y en el uso de los recursos para evitar efectos nocivos en el ambiente (Serrano 1994).

De acuerdo a Santos y Salamé (2013), en la agricultura protegida se obtienen producciones con alto valor agregado. Además de:

- Proteger los cultivos de las bajas temperaturas.
- Reducir la velocidad del viento.
- Limitar el impacto de climas áridos y desérticos.
- Reducir los daños ocasionados por plagas, enfermedades, nematodos, malezas, pájaros y otros predadores.
- Reducir las necesidades de agua.
- Extender las áreas de producción y los ciclos de cultivo.
- Aumentar la producción, mejorar la calidad y preservar los recursos mediante el control climático.
- Garantizar el suministro de productos de alta calidad a los mercados hortícolas.
- Promover la precocidad (adelanto de la cosecha).
- Producir fuera de época.

## **2.2. Ambientes atemperados**

Recomiendan que la construcción de un ambiente atemperado se inicie como parte fundamental de una actividad económica para la producción de un determinado tipo de cultivo. Ello implica un cuidadoso estudio, previo de una serie de factores que condicionan la eficacia de la mencionada actividad. (Bernat et al. 1987).

## **2.3. Importancia en el altiplano**

La construcción de ambientes atemperados se adapta a las condiciones ecológicas de nuestro altiplano, en el cual se pueden explotar hortalizas de valle y trópico, asimismo facilita el mantenimiento de parámetros físicos como temperatura, humedad relativa y % de dióxido de carbono. (Flores 1996 citado por Condori 2005).

## **2.4. Invernaderos**

Hartman (1990), señala que un invernadero es la construcción más sofisticada de los ambientes atemperados, por lo tanto su tamaño es mayor y permite la producción de cultivos más delicados.

Vigliola (1992), sostiene que el uso de invernáculos tiene como objetivo obtener una mejor producción cualitativa y cuantitativa, anticipándose o atrasándose a la producción normal.

Bernat et al. (1987), menciona que un invernadero facilita el mantenimiento de parámetros físicos como mantenimiento de temperatura, humedad relativa, porcentaje de dióxido de carbono, condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas que se cultivan en su interior.

### **2.4.1. Orientación**

Guzmán (1993), indica, que el hemisferio sur la superficie transparente de la carpa debe estar orientado hacia el norte.

Hartman (1990), comenta que la lámina de protección o techo de un ambiente atemperado, en el hemisferio sur debe orientarse hacia el norte, con el objeto de captar la mayor cantidad de radiación solar, de esta manera, el eje longitudinal está orientado de este a oeste.

## **2.5. Variables microclimáticas**

### **2.5.1. Temperatura**

Hartman (1990), indica que la temperatura interior de un ambiente protegido depende en gran parte del efecto invernadero. Este se crea por la radiación solar que llega a la construcción y por la impermeabilidad de los materiales de recubrimiento que evitan la irradiación calorífica. La radiación calorífica atrapada es la que calienta la atmósfera interior del ambiente atemperado.

La temperatura ideal, para el cultivo de la lechuga, durante el día debe estar entre 25 a 28°C, principalmente durante la noche de invierno es necesario evitar que la temperatura ascienda a menos 0°C. (Estrada 1990).

Este cultivo soporta en su mayor caso temperaturas elevadas máximas hasta 30°C y como bajas hasta – 6°C. La lechuga exige que haya diferencias de temperaturas entre el día y la noche. Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia de nutrientes. (Infoagro 2003).

Las temperaturas diurnas comprenden entre 17 a 28°C y las nocturnas que varían entre 3 y 12°C, la incidencia de temperaturas más bajas pueden inhibir el crecimiento mientras la amplitud térmica más prolongada estimula la formación del tallo posteriormente la floración. (Maroto 1998).

### **2.5.2. Humedad relativa**

La mayoría de las plantas desarrollan en un medio ambiente de humedad relativa del aire que oscila entre los 30% – 70%. Una baja humedad relativa en las plantas provoca marchitez y por un exceso invita a la proliferación de plagas y enfermedades. (FAO 2006).

El cultivo de lechuga requiere permanente humedad de suelo que demanda unos 400 a 500 mm de agua durante el ciclo vegetativo. En caso de pocas lluvias se recomienda aplicar el riego cada ocho o diez días, el riego se debe suspender cinco días antes de la cosecha, con el fin de facilitar el trabajo y así evitar la compactación del suelo (Terranova 1995).

### **2.5.3. Luminosidad**

Serrano (1979), comenta que la luminosidad interviene en la fotosíntesis y en el fotoperiodismo (influencia que tiene la duración del día solar en la floración de los vegetales); también en fototropismo, en el crecimiento de los tejidos, en la floración y en la maduración de los frutos.

Fersini (1979), afirma que en el caso de la intensidad de la luz para hacer adecuado al fotoperiodismo de las especies cultivadas, sea con el uso de materiales lúcidos y translúcidos, idóneos por el pasaje, la reflexión y absorción de particulares radiaciones luminosas, sea con el uso de coberturas y tintas de colores aptas para el sombreo.

La lechuga es una planta muy exigente en relación a la cantidad de luz. En caso de escasez de luz, las hojas se adelgazan y la roseta formada y el acogollo, si se llega a formar, son muy sueltos y las plantas no alcanzan su peso característico (Nava 1992).

El exceso de luz provoca altas temperaturas, que causan daños por el calor como “tipburn” (Sadaba 2008).

### **2.5.4. Ventilación**

Guzmán (1993), comenta, que todos los invernaderos requieren de un eficiente sistema de ventilación por tres razones fundamentales:

- Para abastecimiento de dióxido de carbono utilizando por las plantas en el proceso de fotosíntesis.
- Para limitar y controlar la elevación de la temperatura del aire.
- Para reducir la humedad procedente de la transpiración de las plantas.

Hartman (1990), indica que el intercambio de aire que existe dentro el interior de un ambiente atemperado y la humedad relativa, es decir que una mezcla del aire, optimiza el crecimiento de las plantas.

### **2.5.5. Fotoperiodo de la lechuga**

Casseres (1984), indica que la lechuga, es típica de climas frescos. En los trópicos se las encuentra en las elevaciones con climas templados y húmedos que favorezcan su desarrollo; las temperaturas altas aceleran el desarrollo del tallo floral y la calidad del

cultivo se deteriora rápidamente con el calor, debido a una acumulación de látex en su sistema vascular.

Serrano (1979), señala que la lechuga es un cultivo que soporta las temperaturas más elevadas que las relativamente bajas. Como temperaturas máximas se considera 30°C y como mínima 6°C, aunque las plantas pueden vivir por debajo de algunos grados bajo cero.

## **2.6. Mallas sombra para ambientes atemperados**

Los plásticos, denominados Agrofilm, han permitido convertir tierras aparentemente improductivas en modernas explotaciones agrícolas. El plástico en agricultura se utiliza en: invernaderos, macro túneles, micro túneles, encamados, para el control de plagas (plásticos fotoselectivos), en el control de enfermedades (solarización), en el riego, etc. (Infoagro 2003).

La agricultura cada vez se encuentra en un ambiente menos amigable por la combinación de los procesos de urbanización y cambio de clima global, una de las estrategias para subsanar esta problemática es la protección de los cultivos, siendo la malla sombra una solución efectiva contra los riesgos ambientales (Shahak et al. 2004).

La ventaja de la malla sombra es que nos brinda protección de la radiación solar excesiva del viento, granizo, afidos, mejorar el microclima para las plantas, reducción del calor y como consecuencia descenso del estrés calórico (Briassoulis 2007 citado por Ruiz 2012).

De acuerdo a Gmia (2013), las ventajas de las mallas sombras son:

- Fácil de manejar.
- Elimina el estrés de la planta.
- Precisión de sombra desde 30% hasta 90%.
- Luminosidad adecuada a cada tipo de cultivo para una respuesta máxima.
- Reforzada y protegida contra los rayos UV.

### 2.6.1. Mallas raschel

La malla raschel es un tejido fabricado a partir de cintas de polietileno de alta densidad, tratadas especialmente para resistir la acción de los rayos ultravioletas provenientes del sol. Este material no solo sirve para crear sombra, también permite controlar diversas condiciones de luz, temperatura y humedad (Raschel tex 2014).

Las mallas raschel controlan la radiación solar, el principal objetivo de estas mallas es limitar los excesos de temperatura resultantes de un incremento de la radiación neta en el cultivo. Esta puede disminuir tanto la radiación infrarroja como la fotosintéticamente activa correspondiente al espectro visible (Bouzo et al. 2005).

Las mallas raschel, utilizados en la agricultura se designan para permitir un mejor control de los niveles de irradiación de acuerdo a los requisitos específicos de diversas plantas en las distintas fases de desarrollo y de las distintas estaciones en diferentes regiones climáticas. Debido a esto existe diferentes densidades de sombreo (Zari 2006).



**Figura 1. Porcentajes de sombra, mallas raschel para el estudio**

## **2.7. El cultivo de la lechuga**

### **2.7.1. Origen de la lechuga**

Aunque Vavilov pensaba que el origen de la lechuga había que situarlo en el Cercano Oriente, hoy en día los botánicos no se ponen de acuerdo al respecto, por existir un seguro antecesor de la lechuga, (*lactuca scariola* L.), que puede encontrarse en estado silvestre en la mayor parte de las áreas templadas. (Mallar 1978).

Recogiendo citas diversas, se indica que las variedades de lechuga cultivadas actualmente son el producto de una hibridación entre especies distintas, continuando por el normal proceso de selección de mutaciones. (Maroto 1998).

También fue conocida y cultivada por los antiguos persas, griegos y romanos, desde el mediterráneo su cultivo se expandió rápidamente por Europa y fue introducida en América por los primeros colonizadores en el año 1494 y su cultivo se difundió rápidamente (Promosta 2005).

### **2.7.2. Importancia de la lechuga**

La lechuga es un alimento importante por su alto tenor en elementos minerales y por su riqueza vitamínica, pero su contenido calórico es bajo; es rica en betacaroteno, pectina, fibra, lactucina y una gran variedad de vitaminas como A, E, B1, B2 y B3, siendo también rica en calcio, magnesio, potasio y sodio (Nutricion.pro). Es una hortaliza que se consume en fresco, principalmente en ensaladas o como ingrediente, en la preparación de hamburguesas o emparedados en la comida rápida. Su contenido de agua es alto, además posee un bajo valor energético, por lo que puede utilizarse en las dietas hipocalóricas o para disminuir de peso y sedante. (Promosta 2005, citado por Emagister 2011).

Kohl (1990). Las deficiencias nutricionales en el altiplano, suelen ser por la falta de consumo insuficiente de proteínas, calorías y la carencia de vitaminas y minerales, el mismo autor menciona que con el cultivo de hortalizas se puede disminuir significativamente las deficiencias en vitamina A, para lo cual cada familia debería poseer por lo menos 5 m<sup>2</sup> de cultivo y así permitir el consumo adecuado de vitaminas y minerales

La importancia de la lechuga ha llegado a incrementarse en los últimos años, debido a la diversificación de tipos de variedades como el aumento de cultivos intensivos, España produce alrededor de un millón de toneladas anuales y Chile ocho y medio millones de toneladas por año (Infoagro, citado por Farfán 2004).

### 2.7.3. Producción Nacional

La superficie cultivada, del cultivo de la lechuga fue de 1.223 ha, la producción de 10.799 tm, y el rendimiento 8.830 kg/ha, en el año agrícola 2007 - 2008 (INE-ENA 2008).

INE-ENA (2008) señala que la superficie cultivada en el departamento de La Paz del cultivo de la lechuga es de 192 ha, la producción fue de 1.506 tm y el rendimiento fue de 7.844 kg/ha, en el año agrícola 2007 - 2008.

En el departamento de La Paz el rendimiento de producción y consumo de hortalizas son los siguientes:

**Cuadro 1. Rendimiento y consumo de hortalizas a nivel departamental**

Hortaliza	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (tm)	Consumo Per cápita (g/día)
Lechuga	215.8	7157.4	1542.2	1.89
Rábano	51.4	4221.4	217.1	0.26
Coliflor	41.4	4529.2	187.8	0.23
Tomate	505.1	6769.2	3413.6	4.4

Fuente: INE (2001).

### 2.7.4. Valor nutricional

Rozano et al. (2004) menciona que el contenido de agua en la lechuga es alto de 94%, además posee un bajo valor energético por lo que puede utilizarse en las dietas hipocalóricas o para disminuir de peso.

Esta hortaliza se caracteriza por ser rica en calcio, fibra, vitamina A,C,E y K, teniendo en las hojas exteriores mayor cantidad, con lo que protege la osteoporosis y aporta mucho potasio y fosforo, ácido fólico, se utiliza en fresco en ensaladas, industrialmente para la fabricación de cremas cosméticas (Alzate 2008).

**Cuadro 2. Composición química de la lechuga por cada 100 g. de parte comestible**

N°	Nutrientes	Unidades	Resultados
1	Agua		95.5
2	Proteínas	(g)	0.9
3	Grasas	(g)	0.1
4	Hidratos de carbono	(g)	2.9
5	Fibra		0.5
6	Cenizas		0.9
7	Calcio	(mg)	20
8	Hierro	(mg)	0.5
9	Fosforo	(mg)	22
10	Potasio	(mg)	175
11	Sodio	(mg)	9
12	Vitaminas		330
13	Tiamina	(mg)	0.06
14	Riboflavina	(mg)	0.06
15	Niacina	(mg)	0.3
16	Vitamina C		5
17	Valor energético	(cal)	13

Fuente: (Watt et al. 1975)

### 2.7.5. Taxonomía

La lechuga grand rapid, es una variedad precoz de hojas anchas y cortas, de bordes muy rizados. Superficie abullonada, de color verde claro, de consistencia tierna y sabor dulce, lenta a subir a flor (Vigliola 1992).

### 2.7.6. Clasificación científica

Vigliola (1992), clasifica de la siguiente manera a la lechuga variedad grand rapid

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Sub reino:</b>	Embryobionta
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Sub clase:</b>	Asteridae
<b>Orden:</b>	Asterales
<b>Familia:</b>	Asteraceae
<b>Género:</b>	Lactuca
<b>Especie:</b>	<i>Lactuca sativa</i> L.

### 2.8. Descripción botánica

Mallar (1978), describe la variedad grand rapid como una forma de roseta de tamaño mediano a grande, hojas de lámina crespada de borde muy rizado y de color claro, semilla negra textura regular y sabor regular cuando la planta llega a su máximo tamaño pero si se cosecha a la mitad de su desarrollo a los 45 días. Este mismo autor comenta que en Europa se la emplea para cultivo bajo invernadero y también en huerto familiar.

Infoagro citado por Farfán (2004), las principales características morfológicas de la lechuga son:

- **Raíz:** Es pivotante, corta y con ramificaciones, no llega sobre pasar los 30 cm de profundidad del suelo.
- **Hoja:** Están colocadas en forma de rosetas, desplegadas al principio, en algunos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas) y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos pueden ser lisos, ondulado y aserrado.

- **Tallo:** El tallo se forma una vez pasada la madurez comercial, puede llegar a medir de 1 a 1,20 m de altura en algunas variedades, es cilíndrico ramificado.
- **Inflorescencia:** Son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos y son autógamias.
- **Semillas:** Son pequeños de color marrón oscuro casi negro, marrón más claro, gris amarillento o blanco grisáceo y mide unos 2 mm de longitud.

### 2.8.1. Fenología del cultivo de lechuga

Se considera que las hortalizas tienen cuatro fases de desarrollo: inicial, crecimiento, mediados y final del periodo del cultivo (Doorembos 1976).

### 2.8.2. Variedades

Infoagro citado por Farfán (2004). La clasificación de variedades de lechuga de acuerdo al grupo botánico es:

- Romanas: (*Lactuca sativa*) var. Longifolia no forman un verdadero cogollo, las hojas son oblongas con bordes enteros y la nervadura central ancho.
- Acogolladas: (*Lactuca sativa*) var. Capitata estas lechugas forman un cogollo apretado de hojas, también conocidas como variedades de tipo cabeza.
- De hojas sueltas: (*Lactuca sativa*) var. Inybacea son lechugas que poseen las hojas sueltas y dispersas.
- Lechuga espárrago: (*Lactuca sativa*) var. Augustaza son aquellas que se aprovechan por sus tallos, teniendo las hojas puntiagudas y lanceoladas.
- Lechuga latina: (*Lactuca sativa*) var. Capitata cabeza alargada, menos compacta de tamaño mediano o grande, hojas algo crespas, con abolladuras entre las nervaduras, borde liso, nervadura central marcada; buena textura y sabor agradable.

### 2.8.3. Suelo

En los invernaderos, el suelo debe ser preparado con el fin de facilitar las operaciones de desinfección y plantación. Las lechugas se desarrollan mejor en suelos arcillo arenosos en un pH de 6 a 6,5 (Gostinchar 1967).

Las hortalizas pueden ser cultivadas en suelos que tengan un pH al menos de 6,0. En la práctica es preferible ajustar el pH añadiendo cal durante la preparación del suelo hasta alcanzar un pH de 6,5 debido a que este cultivo es susceptible a las deficiencias de calcio (Maroto 1998).

Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenoso-limoso, con buen drenaje. El pH óptimo se sitúa entre 6,7 a 7,4. En los suelos humíferos, la lechuga vegeta bien, pero si son excesivamente ácidos será necesario encalar (Mallar 1978).

## **2.9. Labores culturales del cultivo de lechuga**

### **2.9.1. Preparación del suelo**

Uno de los aspectos más importantes para la obtención de buenos resultados en estos cultivos es la preparación del suelo, con lo que se garantiza la efectividad del uso de herbicidas, mayor efectividad en el riego, mayor eliminación de la vegetación espontánea. La cama de siembra es una operación importante en la producción de lechuga, ya que depende de este trabajo el rendimiento (Zavala y Ojeda 1980).

Los sustratos o mezclas orgánicas proporcionan nutrientes a las plantas, ayudan a una buena germinación de las semillas, al enraizamiento, crecimiento y soporte. Este mismo autor menciona que los sustratos orgánicos son mezclas de suelo con materia orgánica, que pueden contener arena de acuerdo a las características de los materiales existentes y de los suelos (Estrada 2010).

### **2.9.2. Almacigado**

Mallar (1978) la lechuga es una planta que puede sembrarse tanto en almacigueras y en forma directa; en almacigueras la siembra es al voleo o en surcos, y se requiere realizar el trasplante cuando las plántulas tienen 3 a 4 hojitas; en siembra directa esta puede ser en líneas, la distancia entre ellas es de 35 cm. como promedio.

### **2.9.3. Trasplante**

El trasplante es el traslado de las plántulas germinadas de una almaciguera al lugar definitivo de crecimiento, ya sea en un ambiente atemperado o en un huerto a la

intemperie, el proceso de trasplante es muy delicado ya que de él depende el crecimiento de las plantas hasta la cosecha (Hartmann 1990).

Generalmente se transplanta cuando los plantines tienen cuatro hojas definitivas o cuando alcanzan una altura de 8 a 10 centímetros y se debe evitar transplantar plantines enfermos o poco desarrollados (Estrada 2010).

#### **2.9.4. Densidad de siembra**

La densidad de plantación de acuerdo a los diversos sistemas más usados sería de 25 cm entre planta y de 30 cm entre fila. Se recomienda 2 o 4 filas en lugar de tres para facilitar la instalación de las líneas de riego por goteo, el ancho de los canteros es de 1 a 1,50m y 30 cm de alto para prevenir daños de compactación, inundación y en verano favorecer la circulación de aire y bajar la incidencia de enfermedades. También se recomienda su realización con bastante anterioridad a la fecha de siembra o trasplante (INIA 1995)

La densidad depende del tipo de siembra y de la época del año. Al voleo se utiliza entre 3 - 4 kg/ha y en surco entre 2 a 3 kg/ha, las mayores densidades corresponden a las siembras de verano. La siembra debe ser superficial, no conviene a una profundidad mayor de 1,5 cm porque retardaría la emergencia. (Vigliola 1992).

#### **2.9.5. Escarda**

La escarda se realiza por lo menos una vez a la semana, no permite los encostramientos y permite mantener los suelos permeables; facilita la penetración de agua, evitando su rápida evaporación. Favorece la aireación u oxigenación (Estrada 2010)

Los suelos pesados o arcillosos no son muy convenientes en partes por que se forma una costra en su superficie después del riego o por las lluvias, por lo que la escarda se debe realizar de forma repetida y frecuente para romper la corteza dura originada en la superficie del suelo. Caso contrario la planta tendría escaso desarrollo, así también se eliminará toda hierba adventicia que pudiera entorpecer el desarrollo de la planta (Casseres 1984).

### 2.9.6. Control de malezas

Consiste en la eliminación de las plantas que no deseamos o plantas ajenas al cultivo (denominan malezas), con la finalidad de suprimir la competencia por el espacio y los nutrientes. (Estrada 2010).

El control de malezas se puede hacer por medio de carpidas o herbicidas, normalmente se usa una combinación de los dos métodos, se realiza de 2 a 3 carpidas según se haya aplicado herbicidas, los cuales deben ser superficiales para no dañar las raíces de la lechuga. (Vigliola 1992).

### 2.9.7. Plagas y enfermedades

La mejor forma de controlar las plagas y enfermedades, es preparando un suelo con buena proporción de nutrientes, humedad y aire, para que las plantas se desarrollen fuertes y sanas de modo que no hay susceptibilidad a ataques. Otra es el de mantener limpio mediante deshierbes continuos y controlados, también evitar lugares sombreados muy húmedos que propicien el crecimiento de los hongos, limpiar periódicamente con las herramientas de labranzas (Hartmann 1990).

Las plagas y enfermedades más comunes en la lechuga son:

- Pulgón (*Hyperomyzus lactucae*)
- Septoriosis (*Septoria lactucae*)
- Mildiu vellosos (*Bremia lactucae*)
- Botrytis o moho gris (*Botrytis cinerea*)
- Sclerotinia (*sclerotinia sclerotiorum*)
- Rizoctonia (*Pellicularia filamentosa*)
- Tizón (*Esclerotium rolfsii*)
- Quemaduras del borde de las hojas o Tipbum (es de carácter fisiológico)
- Mosaicos.
- Caracoles y babosas.
- Negrilla.

El mejor método para el control de plagas es el orgánico, pero la utilización debe ser en la primera etapa del ataque, que consiste en utilizar diferentes repelentes como tabaco,

pimienta, ajo, cebolla, kerosene, cola de caballo y q'hoa (Serrano citado por Quisbert 2002).

### **2.9.8. Riego**

El riego es necesario para que el suelo tenga apropiado contenido de humedad, si se riega en exceso hace que los nutrientes del suelo se vayan al fondo y queden fuera del alcance de las raíces. Además mucha agua hace más fácil el desarrollo de enfermedades. Si se riega menos las raíces crecen sólo en la superficie y no pueden aprovechar bien los nutrientes del suelo, entonces las plantas quedarán pequeñas y tendrán poco rendimiento (FAO 2006).

El riego se debe aplicar con bastante frecuencia, una vez que se ha realizado el trasplante, resulta de gran importancia el primer riego que dependerá fundamentalmente del porcentaje de prendimiento, posteriormente a los 6 a 8 días se dará el segundo riego (Maroto 1998).

Mallar (1978), indica que la mayor parte de las raíces de la lechuga se encuentran en los primeros 30 cm del suelo, además para que exista un buen desarrollo, este debe tener un buen contenido de humedad.

Casseres (1984), menciona que la lechuga debe ser cultivada bajo riego, donde la frecuencia de riego debe determinarse según el tipo de suelo, el tamaño de la planta y el clima. Además indica que el riego es importante para asegurar el crecimiento uniforme y continuo de la planta.

### **2.9.9. Cosecha**

La cosecha consiste en realizar el corte de la planta al nivel de suelo empleando un cuchillo, se recomienda no cosechar inmediatamente después de una lluvia o riego ya que las hojas están muy quebradizas, la lechuga de variedad crespa se puede cosechar casi en su totalidad, cuando estas hojas alcanzan su madurez comercial y el precio en el mercado (Montes 2004).

La lechuga se cosecha cortando toda la planta a ras del suelo tanto en las variedades de hoja suelta y repollada. La operación de cosecha se hace a mano, planta por planta, haciendo un recorte limpio sin llevar hojarasca innecesaria (Casseres 1984).

## **2.10. Rendimiento en el cultivo de la lechuga**

Para un buen rendimiento, hay que dejar una distancia entre las plantas dependiendo de su tamaño. Con una densidad de plantación alta se aumenta la producción por m<sup>2</sup>, pero simultáneamente disminuye el tamaño de la planta y favorece el desarrollo de hongos. Asimismo cuando las plantas están demasiado densas, el nivel de humedad aumenta porque se dificulta la circulación del aire. Por lo general se planta entre 12 y 16 unidades por m<sup>2</sup>, un cultivo que produce 5 kg de lechuga por m<sup>2</sup> extrae del suelo 100 kg de N, 20 kg de P y 200 kg de K. Se debe evitar un exceso de nitrógeno ya que retrasa la formación del cogollo y además puede aumentar el contenido de nitrógeno en la hoja hasta niveles de riesgo. En invierno la proporción K/N debe ser mayor que en verano ya que se necesita compensar la deficiencia de luz. (FAO 2010).

El rendimiento de lechuga bajo carpa solar en la localidad de Palcomarca es de 7.2 kg/m<sup>2</sup>, mientras en la localidad de Ballivián muestra un promedio de 7.14 kg/m<sup>2</sup> para la variedad de Gran rapid (Avilés citado por Choque 2005).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito 11 Tacachira en la Unidad Educativa República del Uruguay. Geográficamente está ubicado en la ciudad de El Alto a  $16^{\circ} 30'$  latitud Sur y  $68^{\circ} 09'$  longitud Oeste. A una altura de 3.941 m.s.n.m. El lugar se encuentra en el Departamento de La Paz, a 13 km de la Ceja de El Alto (INE 2011).

Según el INE (2013), la población de la ciudad de La Paz y El Alto alcanza a un total de 10.520.759 habitantes. El distrito 11 (Tacachira) de reciente creación perteneciente al Municipio de El Alto, limita al norte y este con la provincia Murillo (La Paz), al sur con Viacha y oeste con Laja. Este distrito cuenta con 855 habitantes.

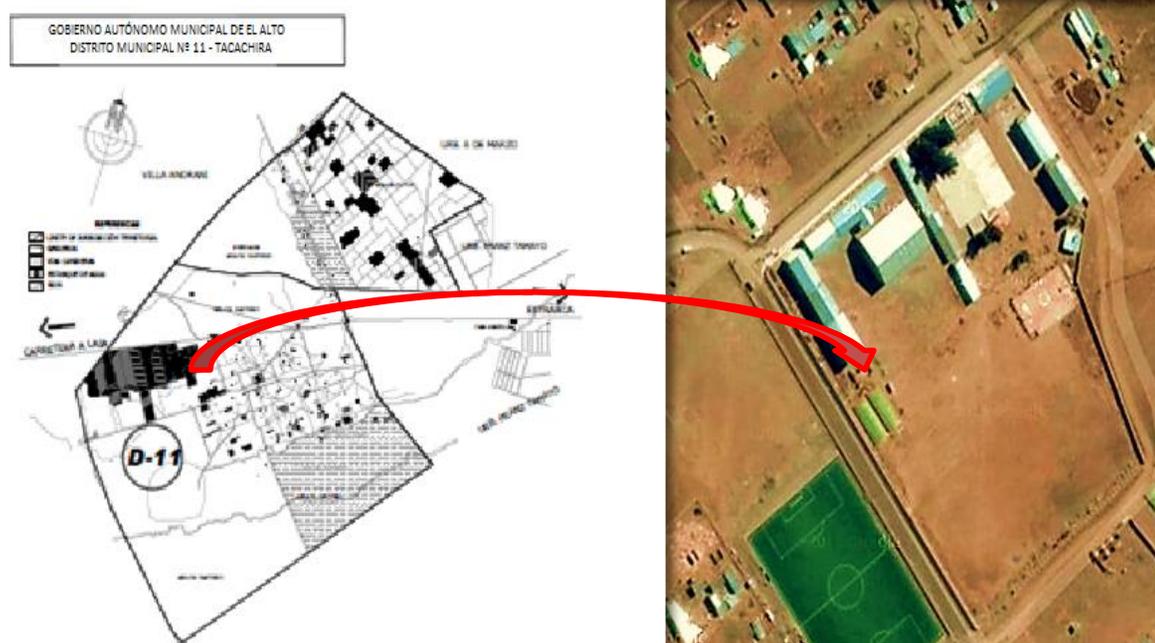


Figura 2. Ubicación del trabajo experimental (GAMEA 2014)

### **3.1.2. Características climáticas de la zona de trabajo**

#### **3.1.2.1. Clima**

La zona de estudio presenta una temperatura media anual de 10°C, con heladas muy frecuentes a partir de mes de abril a agosto. La precipitación media anual es de 447 mm, con una distribución de las lluvias de enero a marzo disminuyendo los meses de abril a diciembre. La humedad relativa esta alrededor de 40 % (SENAMHI 2003).

#### **3.1.2.2. Suelos**

El suelo del lugar, presenta una textura arcillosa, con un pH de 7.8, con capa arable de 30 cm de profundidad (GAMEA 2014).

#### **3.1.2.3. Vegetación**

La vegetación predominante de la zona está constituida por paja brava gramíneas nativas, como también la presencia de zonas húmedas (bojedales). Por otro lado, entre los cultivos principales se encuentran los tubérculos (papa, oca e isaño), forrajes: (avena, cebada y alfalfa). Con respecto a especies forestales se encuentra en etapa de forestación e introducción de nuevas especies arbóreas y arbustivas (GAMEA 2014).

### **3.2. Materiales**

#### **3.2.1. Material vegetal**

Semilla de Lechuga (*Lactuca sativa L.*) Variedad Grand rapid. Esta semilla se adquirió de la distribuidora “MULTIAGRO La Almería” de la ciudad de La Paz debidamente autorizada y certificada por INIAF, para la autorización de venta de la semilla.

#### **3.2.2. Material inorgánico**

El material inorgánico utilizado en el estudio, para el sombreado fueron las mallas raschel, el material de sombra se adquirió de la distribuidora “MULTIAGRO La Almería” de la ciudad de La Paz debidamente autorizada y certificada.

### 3.2.3. Material de campo

Para poder llevar adelante el experimento se emplearon las siguientes herramientas:

- Una picota
- Una pala
- Una carretilla
- Un tamizador
- Dos rastrillo
- Una chonta
- Una regla niveladora de suelo
- Un martillo
- Cinta métrica de 10 m.
- Dos repicadores
- Un escardador de mano
- Palito de transplante
- Una manguera de 20 m.
- Dos regaderas de 10 L.
- Doce letreros
- Estacas
- Una madeja de pita
- Una mochila fumigadora de 20 L.
- Clavo 1½"
- Dos tubos plásticos para revestir al fierro
- Dieciocho fierros de construcción de 0,70 cm.
- Lienzo

### 3.2.4. Material de toma de datos

- Un termómetros de máximas y mínimas
- Un higrómetro para medir la humedad en porcentajes
- Un luxómetro para medir la densidad de la luz
- Una regla calibrada
- Cámara fotográfica
- Una regla de madera de 30 cm.
- Cuchillo
- Una Balanza analítica
- Una libreta de campo
- Planillas para toma de datos
- Lápices y marcadores

### 3.2.5. Material de laboratorio

- Mufia
- Balanza digital
- Bolsa de papel

### 3.2.6. Material de gabinete.

- Computadora
- Calculadora
- Dispositivo de almacenamiento extraíble
- Planilla de control
- Un cuaderno de campo
- Marcadores, lápices, y bolígrafos
- Una cámara fotográfica

## 3.3. Metodología

### 3.3.1. Metodología de campo

#### a) Descripción del ambiente de estudio

El estudio se desarrolló en la infraestructura de producción de hortalizas de la Unidad Educativa Republica del Uruguay, con las siguientes características: invernadero tipo túnel, pared de adobe con 8 ventanas laterales con columnas de viguetas ubicadas en el centro, cubierta de Agrofilm de 250 micrones. El área del ensayo experimental destinado fue de 88 m<sup>2</sup> que se encontraba en la parte central del invernadero.



**Figura 3. Ambiente de estudio parte externa e interna**

## **b) Campo experimental**

El campo experimental contaba con tres repeticiones cada uno media 8 m de largo y 3.60 m de ancho, con pasillo centrales de 0.60 m y pasillos laterales de 0.40 m, el cual contaba con 4 tratamientos es decir (T1= sin malla, T2= 50% de malla, T3=65% de malla y T4=80% de malla), de los cuales teniendo las tres repeticiones con los mismos tratamientos se tenía un área total de 88 m<sup>2</sup>.

### **3.3.2. Preparación de suelo**

La preparación del suelo consistió en incorporar tierra cernida del lugar, abono de camélido y turba a las camas orgánicas, la mezcla se realizó de forma manual utilizando una pala, una picota y un rastrillo, estas camas orgánicas contaban con medidas de 1.50 m de ancho, 3.70 m de largo y 0.30 m de alto.

Teniendo estos datos se realizó las relaciones correspondientes para incorporar los sustratos a cada cama orgánica, seguidamente se realizó la mezcla del suelo.



**Figura 4. Preparación de suelo para el experimento**

### 3.3.3. Instalación de las mallas raschel

La instalación de las Mallas Raschel para el estudio fue de manera sencilla, (anexo 1).

A continuación detallamos el siguiente procedimiento, que se siguió para el armado de las mallas raschel en las camas orgánicas, de igual manera la implementación de los instrumentos meteorológicos como ser el termómetro y el termohigrómetro:

- **1° pasó**, se plantaron los fierros revestidos con tubos plásticos de una medida de 0.80 m de largo, del cual 0.10 m se introdujo dentro quedando 0.70 m para el sostenimiento de la malla Raschel en cada esquina de las camas orgánicas que daban al pasillo central.
- **2° pasó**, las camas orgánicas fueron cubiertas con mallas raschel y luego tesadas para tener una proporción de sombra uniforme en los distintos porcentajes, reduciendo la radiación solar y mejorando el microclima de las plantas. Solo se cubrió tres tratamientos en cada bloque, cada tratamiento de diferente porcentaje, es por eso que se utilizaron mallas raschel de 50%, 65%, 80 % y el testigo sin malla.
- **3° pasó**, ubicación del termómetro, se utilizó este instrumento para obtener datos exactos de temperaturas de máximas y mínimas, el cual se ubicó en una columna de vigueta es decir que estaba ubicado en el centro del invernadero tipo túnel, el termómetro se encontraba a una altura de 1.40 m y así lograr una buena visión de los datos.



**Figura 5. Ubicación del termómetro dentro el invernadero**

- 4° paso, se realizó la instalación de cuatro higrómetro cada uno en su respectivo tratamiento es decir: en el T1= sin malla raschel, T2= 50% de malla raschel, T3= 65% de malla raschel y T4=80% de malla raschel, para tener los datos de porcentaje de humedad dentro de cada tratamiento, este instrumento se instaló en el centro de cada cama orgánica a una altura de 0.30 m, el cual se sujeto en una columna de vigueta que tenia dicha cama orgánica en un costado.



**Figura 6. Ubicación del higrómetro en las camas orgánicas**

#### **3.3.4. Desinfección del suelo**

Una vez realizada la preparación del suelo se desinfectó el suelo utilizando la técnica conocida como solarización, pero en este caso no fue suficiente esta técnica ya que en la comunidad se tenían ataques de plagas que se encontraban en el suelo, este era el gusano alambre (*Agriotes sp*), las especies de este género con diferencia a las que causan mayores daños atacan a las plantas jóvenes mordiendo y troceando el tallo, y efectivamente se tuvo esta plaga dentro el invernadero, y se utilizó el siguientes tratamiento:

- Tratamientos térmicos (desinfección con agua hervida)
- Tratamiento químico permitido (hipoclorito de sodio y un plaguicida de etiqueta verde)



**Figura 7. Desinfección del suelo**

### **3.3.5. Muestreo del suelo para el análisis físico – químico**

Las muestras de suelo se recolectaron, operando el sistema de muestreo de zig – zag, a lo largo de las parcelas, extrayendo con la ayuda de una pala a una profundidad de 20 cm, las muestras se mezclaron y se realizó su respectivo cuarteaje, obteniendo una sola muestra del cual se tomó una sub muestra de 1 kg, se embolsó y etiquetó para enviar al laboratorio paso que se realiza según (Chilón 1997).

### **3.3.6. Siembra en almaciguera**

La almaciguera utilizada para este experimento se encontraba en la misma carpa solar el cual media 0.90 m x 2 m, para el estudio se utilizó 0.90 m x 0.90 m.

Previamente a la siembra se procedió a realizar la desinfección del sustrato mediante un tratamiento térmico con agua hervida.

El sustrato preparado para el almacigo de lechuga (*Lactuca sativa L*), fue en una proporción de 1:1:1 (una parte de tierra, una parte de abono de animal descompuesto y otra de arena); la siembra de las semillas de lechuga (Grand rapid), fue por el método en surco o línea de forma manual, este método nos permite ahorrar semillas y controlando mejor las malezas y así obtener plantines más fuertes con un menor tiempo de crecimiento



**Figura 8. Almacigo de lechuga (variedad gran rapid)**

### **3.3.7. Transplante de lechuga**

El transplante se realizó a los 25 días después del almacigo cuando los plantines alcanzaron una altura apropiada, previo al transplante día ante se realizó un riego profundo para humedecer el suelo y facilitar la apertura de los orificios.

El transplante se llevó acabo el 21 de agosto de 2014. Primeramente se realizó el nivelado del sustrato preparado, seguidamente se hizo el marcado de distancias entre plantas y surcos, las cuales fueron de 0.25 m y 0.30 m y con la ayuda del palito trasplantador se hizo los orificios en los puntos marcados con profundidad de 0.5 a 0.6 m esto en función a la longitud de la raíz, el transplante se inició a horas 16:00 pm. Esto para darle condiciones adecuadas a los plantines de lechuga, para su recuperación después de haber pasado un estrés fisiológico.

El transplante se realizó cuando los plantines presentaron 3 a 4 hojas verdaderas y una altura promedio de 0.5 a 0.8 m en altura. El transplante se realizó de forma manual, ajustando la parte radicular con la finalidad de que no exista aire en el suelo, para tener un buen prendimiento de los plantines, para este estudio se utilizaron 792 unidades de plantines de lechuga, cada cama orgánica contaba con 66 unidades de plantines de lechuga (figura 9).



**Figura 9. Transplante de lechuga (grand rapid)**

### **3.3.8. Labores culturales**

#### **3.3.8.1. Riego**

La aplicación de riego se realizó durante todo el ciclo vegetativo de la lechuga, con una regadera manual de 10 litros, en cada tratamiento se aplicaron 30 litros de agua según su fase.

En la primera semana después del transplante se aplicó diariamente el riego, en la fase de crecimiento se aplicó el riego día por medio con 30 litros de agua a cada tratamiento en estudio (figura 10).



**Figura 10. Riego manual, con regadera de 10 litros**

### **3.3.8.2. Escarda**

Se realizó a los 10, 25 y 30 días después del transplante, para que el suelo este a capacidad de campo, con la finalidad de facilitar la penetración de agua, de la misma manera para su rápida evaporación y oxigenación o aireación.

### **3.3.8.3. Deshierbe**

Se realizó el deshierbe junto con la escarda, extrayendo las plantas que no sean del cultivo, por que compite por nutrientes, de la misma forma manteniendo un cultivo limpio durante su ciclo vegetativo.

### **3.3.8.4. Cosecha**

La cosecha se realizó el 10 de octubre de 2014 fecha en la que alcanzó su madures fisiológica que se dio a los 50 días después del transplante, para esta tarea primeramente se realizó el descubrimiento de las mallas raschel para poder realizar la cosecha que se efectuó manualmente en horas de la mañana, cortando al ras del suelo incluyendo las hojas basales, luego se colocó en bandejas, posteriormente fueron seleccionados, lavados y secados a una determinada humedad, para su posterior pesado hasta alcanzar un peso favorable que el mercado exige. En el momento de la cosecha fueron pesadas 16 plantas de lechuga que estaban en 1 m<sup>2</sup>, para obtener el rendimiento en kg/m<sup>2</sup>, de cada tratamiento (figura 11).

Durante la cosecha también se registraron los datos referentes en: rendimiento de materia verde foliar, longitud radicular, Seguidamente se realizó la determinación del porcentaje de humedad de la planta y el porcentaje de humedad de la raíz, los costos que varían entre tratamientos, beneficios brutos en campo y el beneficio neto de la producción respectivamente.



**Figura 11. Cosecha de la lechuga**

### **3.4. Diseño experimental**

Para el presente trabajo de investigación se aplicó el diseño completamente al azar (DCA), constituido por 4 tratamientos y 3 repeticiones, totalizándose en 12 unidades experimentales, la evaluación de estos tratamientos experimentales se efectuaron bajo el modelo lineal estadístico, sugerido por (Vásquez 1990).

#### **3.4.1. Modelo estadístico lineal**

$$Y_{ij} = u + \alpha_i + E_{ji}$$

**Dónde:**

**$Y_{ij}$**  = Una observación

**$u$**  = Media general del experimento

**$\alpha_i$**  = Efecto del  $i$  – ésimo tratamiento (porcentaje de mallas raschel de 50%, 65% y 80% de densidad)

**$E(ij)$**  = Error experimental

### 3.4.2. Tratamientos en estudio

Los tratamientos de estudio de la investigación fueron los porcentajes de malla raschel, (tratamientos) que consta de:

**Tratamiento 1** = Testigo (sin malla raschel)

**Tratamiento 2** = Malla raschel al 50%

**Tratamiento 3** = Malla raschel al 65%

**Tratamiento 4** = Malla raschel al 80%

### 3.5. Características del campo experimental

**Cuadro 3. Dimensión del área experimental**

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Superficie total del ensayo	160	m <sup>2</sup>
Superficie útil del ensayo	88	m <sup>2</sup>
Superficie de cada unidad experimental	5.40	m <sup>2</sup>
Número de repeticiones	3	Cuadrantes
Número de tratamiento	4	Cuadrantes
Número de tratamiento total	12	Cuadrantes
Largo del bloque	11	m
Ancho del bloque	8	m
Largo de la cama orgánica	3.60	m
Ancho de la cama orgánica	1.50	m
Ancho del pasillo centrales	0.60	m
Ancho del pasillo laterales	0.40	m
Distancia entre surcos	0.30	m
Distancia entre plantas	0.25	m

Fuente: Elaboración Propia (2014).

### **3.5.1. Croquis del experimento**

Las dimensiones de las unidades experimentales y el croquis del experimento (Anexo 2).

## **3.6. Variables de respuesta**

### **3.6.1. Variables climáticas**

Se tomaron registros de temperatura dentro la carpa solar, la humedad relativa fue registrada dentro la malla raschel a una altura de 0.30 m. del suelo del cultivo, también se tomó datos de intensidad de luz solar dentro las mallas raschel, a la alturas que presentaba el cultivo durante su crecimiento, los datos se registraron en toda la etapa de crecimiento y desarrollo del cultivo de la lechuga, variedad (Grand rapid). Todo esto se realizó con la ayuda de instrumentos meteorológicos como ser: termómetro (T°C ambiente), higrómetro (% HR° ambiente) y luxómetro con medidas (lux).

### **3.6.2. Variables agronómicas**

#### **3.6.2.1. Porcentaje de germinación**

Se determinó en el almácigo, contabilizando la cantidad de semillas germinadas del total de semillas sembradas por surco, a los 6 días desde la siembra, a temperatura de 28 a 30 °C.

#### **3.6.2.2. Altura de la planta**

La medición se realizó desde el cuello de la planta hasta el nivel que alcanzó el ápice de la hoja superior. Los datos se tomaron en tres oportunidades que son a los 15, 30 y 45 días con la ayuda de una regla graduada de 0.30 m, con el propósito de obtener datos exactos de dicha variable (figura 12).



**Figura 12. Altura de planta según su desarrollo y crecimiento a los 15, 30 y 45 días.**

### **3.6.2.3. Número de hojas por planta**

La determinación del número de hojas por planta se realizó mediante el conteo, desde la primera hoja con desarrollo completo a excepción de aquellas que recién emergían de la roseta, los datos se tomaron en tres oportunidades de su desarrollo vegetativo que fueron a los 15, 30 y 45 días, después del transplante. Esto se realizó a siete plantas de lechuga o también llamadas muestras de cada tratamiento (figura 13).



**Figura 13. Conteo de número de hojas después del transplante a los 15, 30 y 45 días**

### 3.6.2.4. Ancho de la hoja

Esta variable se realizó, midiendo la parte más ancha de la hoja de la lechuga con una regla plástica calibrada, al igual que las otras variables se tomaron datos en tres oportunidades que son 15, 30 y 45 días (figura 14).



Figura 14. Toma de medidas, ancho de la hoja

### 3.6.2.5. Longitud de raíz

Con la ayuda de una regla de 0.30 m; se tomó las medidas de distancia comprendida entre el cuello y la zona de crecimiento radicular de la raíz principal de siete plantas por tratamiento. Se empleó como unidad de medida al (cm) (figura 15).



Figura 15. Medida de longitud de la raíz

### 3.6.2.6. Porcentaje de humedad de la planta

Se realizó pesando las plantas, una vez cosechadas y luego se llevó al laboratorio y poner las muestras de lechuga a la mufla, y obtener el peso en seco de una planta por cada tratamiento (figura 16). Para determinar el porcentaje de humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso húmedo}} \times 100 =$$

Peso húmedo



**Figura 16. Porcentaje de humedad de la lechuga**

### 3.6.2.7. Porcentaje de humedad de la raíz

Se realizó una vez ya cosechada la planta, se extrajeron las raíces del suelo para obtener el peso húmedo y luego se llevaron al laboratorio y en una mufla realizar el secado y obtener el peso en seco. Utilizando la fórmula de porcentaje de humedad.

### 3.7. Rendimiento de materia verde

Para determinar dicha variable, se realizó al concluir el ciclo vegetativo de la lechuga que fue a los 50 días, se pesó 16 plantas de lechuga que existían en 1m<sup>2</sup>, la cual se expresó kg/m<sup>2</sup>, realizando dicho pesaje a cada tratamiento se pudo determinar el rendimiento en cada tratamiento (figura 17).



**Figura 17. Rendimiento de la materia verde, peso de cada tratamiento en (Kg/m<sup>2</sup>)**

### **3.8. Variables económicos**

#### **3.8.1. Análisis de costos de producción**

El análisis económico de producción del cultivo de la lechuga, se calculó a los costos realizados en materiales e insumos como ser: la malla raschel, semilla, mano de obra y el rendimiento de cada tratamiento.

Para identificar los tratamientos que nos reportan mayores beneficios económicos empleando la malla raschel, se realizó bajo la metodología empleada por el Perrin (1988), con este propósito se tomó en cuenta los costos variables de producción, costos fijos, beneficio neto y la relación Benéfico/costo.

La evaluación de costos parciales de producción se realiza, con la metodología propuesta por Perrin (1988), que recomienda el análisis de beneficios netos y el cálculo de la tasa de retorno marginal de los tratamientos alternativos, para obtener los beneficios y costos marginales. Los rendimientos se ajustaron al menos 10 % por efecto del nivel de manejo, puesto que el experimento estuvo sujeto a cuidados y seguimientos que normalmente no se dan en condiciones de producción tradicional.

### 3.8.2. Beneficio bruto (BB)

Es llamado también ingreso bruto, es el rendimiento ajustado, multiplicado por el precio del producto (Perrin 1988).

$$BB = R * PP \text{ (Ec. 1)}$$

Dónde:

BB = Beneficio Bruto (Bs)

R = Rendimiento Ajustado (Bs)

PP = Precio del producto (Bs)

### 3.8.3. Costos variables (CV)

Es la suma que varía de una alternativa a otra, relacionados con los insumos, mano de obra, maquinaria, utilizados en cada tratamiento, fertilizantes, jornales y transporte (Perrin 1988).

### 3.8.4. Beneficio neto (BN)

Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción (BB), menos los costos de producción (CP).

$$BN = BB - CP \text{ (Ec. 2)}$$

Dónde:

BN = Beneficios Netos (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

CP = Costos de producción (Bs)

### 3.8.5. Relación beneficio / costo (B/C)

Es la relación que existe entre los beneficios brutos (BB), sobre los costos de producción (CP).

$$B/C = BB / CP \text{ (Ec. 3)}$$

Dónde:

B/C = Beneficio Costo (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

CP = Costos de Producción (Bs)

Cuando:

$(B / C) > 1$  Aceptable

$(B / C) = 1$  Dudoso

$(B / C) < 1$  Rechazado

(Perrin 1988).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Variables climáticas

#### 4.1.1. Descripción de las temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo

Las variaciones de temperaturas máximas y mínimas, en el interior del ambiente atemperado se obtuvieron mediante el uso de un termómetro, ubicado a 1.40 m de altura, realizando un registro diario.

Los datos registrados durante el ciclo productivo del cultivo de la lechuga, se presenta en la siguiente figura

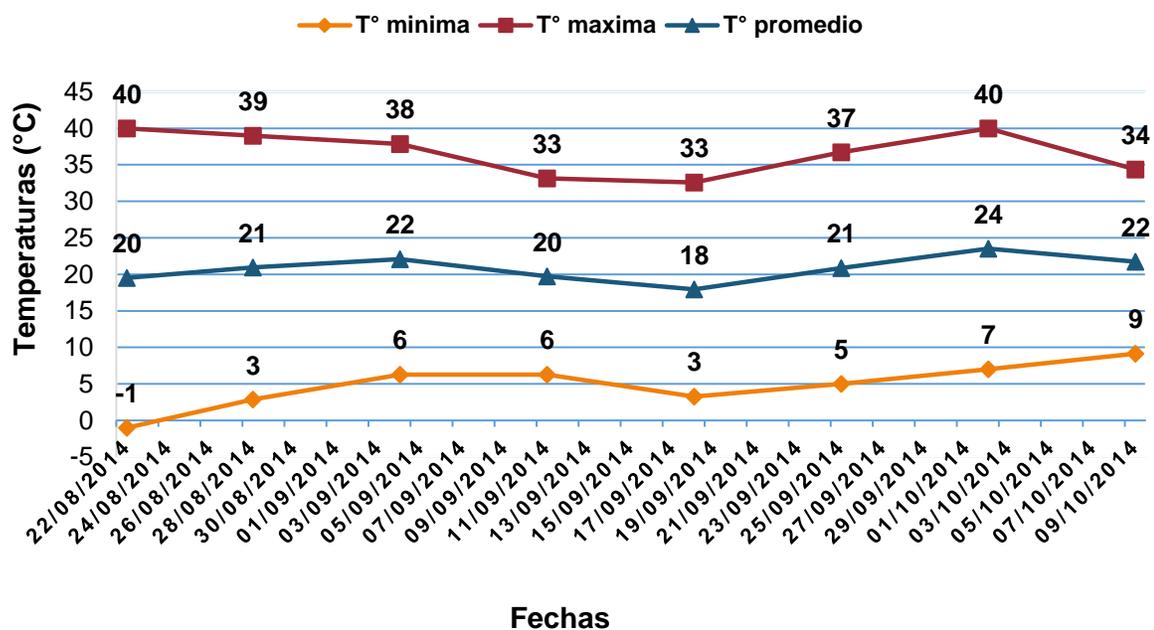


Figura 18. Temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo

El registro de temperaturas se inició desde el 22 de agosto hasta el 9 de octubre de 2014 fecha en la que se realizó la última toma de datos en temperatura, durante esa fecha se observó variaciones térmicas dentro el invernadero.

**Cuadro 4. Temperaturas promedio por mes**

<b>Temperaturas</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>
T°. Máximas	38.5	36.10	34.2
T°. Mínimas	3.8	5.43	8.7
<b>T°. Promedio</b>	<b>21.5</b>	<b>20.77</b>	<b>21.45</b>

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18 y cuadro 4 se muestra las fluctuaciones de temperaturas mínimas durante el mes de Agosto en el interior del ambiente atemperado, con 3.8 °C y temperaturas máximas de 38.5 °C, es decir que tuvimos mayores fluctuaciones pero con un promedio de 21.5 °C esto debido al cambio de estación en que se estaba entrando, en cambio en el mes de septiembre las temperaturas registradas no tuvieron mayores fluctuaciones, es así que se presentó temperaturas mínimas con valores de 5.43 °C, y temperaturas máximas de 36.10 °C con promedios de 20.77 °C. Mientras que en el mes de octubre se registraron temperaturas mínimas de 8.7 °C, mientras que en las temperaturas máximas se registraron 34,2 °C respectivamente estas temperaturas no tuvieron ninguna incidencia en el desarrollo de la planta, por estar en el rango de óptimo crecimiento, donde se tuvo una temperatura promedio de 21.45 °C. (Anexo 3).

A lo largo del desarrollo del cultivo estas temperaturas no tuvieron ninguna incidencia en el desarrollo de la planta, porque al tener la malla raschel, cubriendo a la lechuga se observó que esta fue controlando las altas temperaturas que se presentaban en el mes de agosto, y las mininas temperaturas que también se tuvieron en este mismo mes así mismo no se tuvo ninguna incidencia con el cambio de las estaciones climáticas, Valadez (1989), indica que el rango de temperatura para el buen desarrollo de la lechuga, está entre 13° a 25 °C, siendo la óptima entre 16 °C y 22 °C.

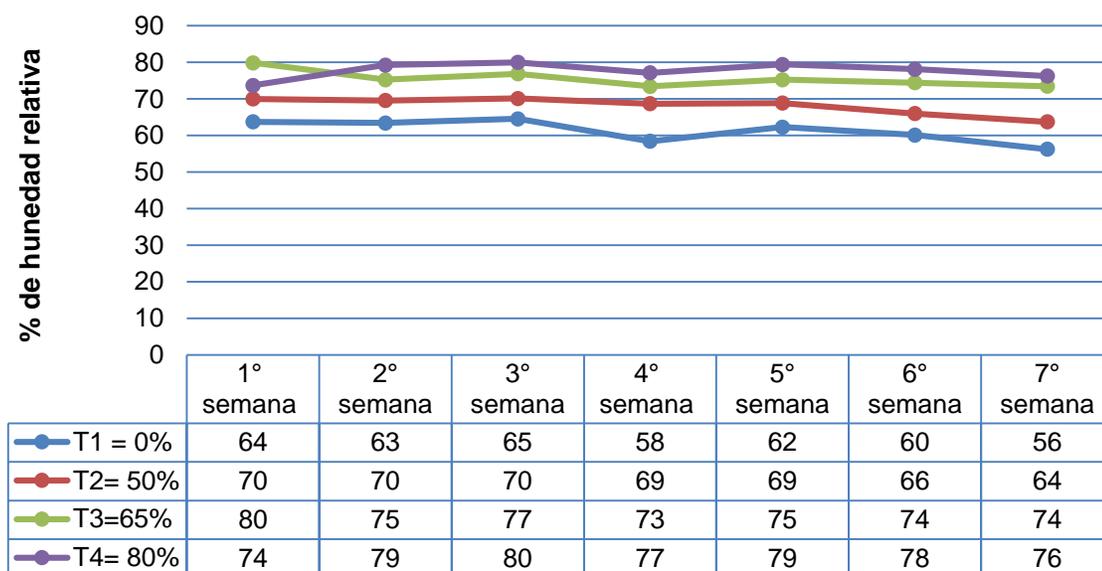
Según Quisbert (2002), estudiando el uso intensivo de la carpa solar para la producción de lechuga en el altiplano norte reportó temperaturas máximas de 29.17 °C, promedios de 18 °C y mínimas de 5.13 °C para rendimientos de 5.25 kg/m<sup>2</sup>, en los meses de junio a agosto.

Según Vigliola (1992) indica que, la variedad Gran Rapids TBR (crespa) tiene un crecimiento rápido, la cosecha se puede realizar antes de los 45 días, es tolerante a las temperaturas elevadas y sensibles al frío.

#### 4.1.2. Descripción de la humedad relativa dentro la malla raschel, datos registrados durante el desarrollo del cultivo de la lechuga

La humedad relativa que se tuvo al interior de las mallas raschel, fueron registradas durante el ciclo vegetativo del cultivo, para lo cual se utilizaron cuatro higrómetros uno para cada tratamiento.

Los datos registrados durante el ciclo productivo del cultivo de la lechuga, se presenta en la siguiente figura.



**Figura 19. Porcentaje de humedad relativa registrada en el cultivo de la lechuga**

El registro que se tomó del porcentaje de humedad relativa al igual que la temperatura se inició desde el 22 de agosto de 2014 y finalizando el 10 de octubre 2014 fecha en la que se realizó la cosecha.

**Cuadro 5. Promedio de la Humedad relativa por tratamiento**

Tratamiento	Promedios de % humedad relativa
T1= (testigo) Sin malla raschel	61%
T2= 50% de malla raschel	68%
T3= 65% de malla raschel	76%
T4= 80% de malla raschel	78%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 y cuadro 5. Se demuestra que en T1 (testigo) se tiene un promedio de 61% de humedad, mostrando el T2 (50% malla raschel) con un promedio de 68% de humedad, el T3 (65% malla raschel) con un promedio de 76% de humedad y por último en T4 (80% malla raschel) se tiene 78% de humedad. Vale decir que a mayor sombra mayor es la humedad relativa, (figura 19) y (anexo 4).

La humedad relativa es variable según los tratamientos como se presenta en la figura 19, ya que esta influye en el crecimiento y desarrollo de la planta, la mayor humedad relativa que se presentó es del T4 (80% malla raschel) en 79% a 80%, por presentar una mayor sombra y en cambio T1 (sin malla) presentó una menor humedad relativa de 56% este descenso es notorio debido a que existió una mayor radiación solar, uno de los tratamientos como T2 (50% malla raschel), presentó una humedad relativa de 70% esta cifra se encuentra en un rango óptimo de un buen crecimiento y desarrollo de la lechuga.

Con relación a la humedad relativa dentro la malla raschel, el tratamiento con (80% de malla raschel), presenta mayor retención de humedad con relación a los demás tratamientos con un valor de 78% en humedad. La presencia de la malla raschel, al (50% en densidad), alcanzo a preservar la humedad relativa de suelo y del ambiente, evitando de esta manera la pérdida de agua mediante la evapotranspiración del suelo, dando como resultado mayor crecimiento y desarrollo de la planta.

Al respecto Serrano (1979) citado por Chura (2014), menciona que la humedad relativa conveniente para las hortalizas es de 60 – 80%, aunque en determinados momentos favorece menos del 60%. Los problemas que presentan estos cultivos en ambiente

atemperado, es que se incrementa la humedad ambiental, la cual favorece el desarrollo de enfermedades, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permita.

Hartman (1990) citado por Mamani (2006), menciona la mayoría de las plantas se desarrollan bien en ambientes donde la humedad relativa del aire esta entre 30 y 70% mayores o menores a estas cifras suelen retardar su crecimiento y desarrollo, como también son susceptibles al ataque de muchas enfermedades.

#### 4.1.3. Descripción de la Intensidad de luz solar registradas dentro la malla raschel, durante el desarrollo del cultivo de la lechuga

La obtención de los datos de intensidad de luz solar se obtuvo con la ayuda de un luxómetro que este se encontraba incorporado en un celular de marca (SAMSUNG en un S4), el cual estaba en una precisión de 10.000 (lux). Estos datos fueron registrados durante los 50 días, tiempo en que llegó a su ciclo vegetativo.

Los datos registrados de intensidad de luz, durante el ciclo productivo del cultivo de la lechuga, se presenta en la siguiente figura.

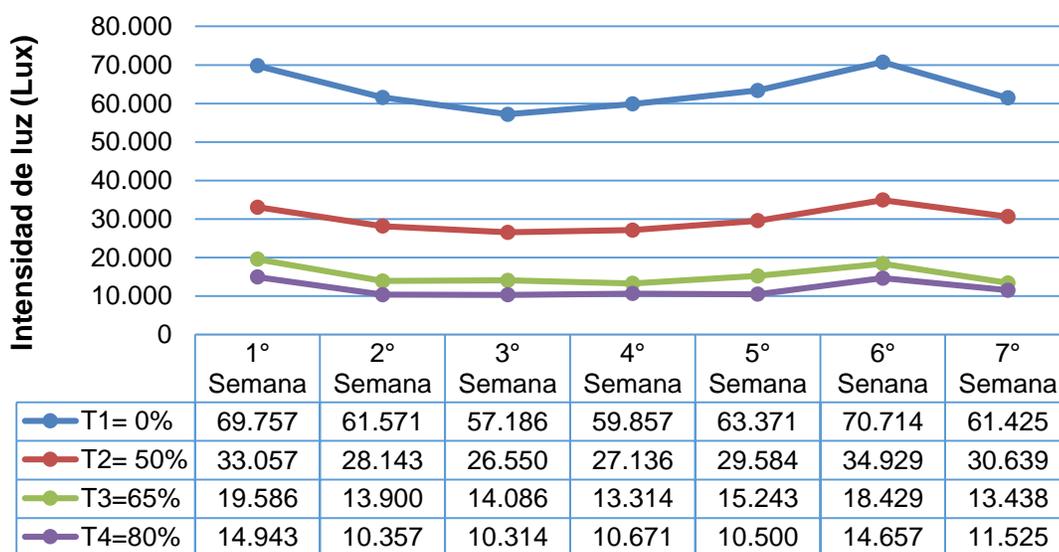


Figura 20. Intensidad de luz solar, datos registrados durante el desarrollo del cultivo

Los datos obtenidos se tomaron durante los 50 días es decir desde el transplante hasta la cosecha.

**Cuadro 6. Promedio de la intensidad de luz solar por tratamiento**

Tratamiento	Promedios de intensidad de luz solar (Lx)
T1= (testigo) Sin malla raschel	63.372 (Lux)
T2= 50% de malla raschel	30.018 (Lux)
T3= 65% de malla raschel	15.388 (Lux)
T4= 80% de malla raschel	11.846 (Lux)

Fuente: elaboración propia

En la figura 20 y cuadro 6. se denota que en T1 (testigo) se muestra que la luz es más intensa con un promedio de 63.372 (Lux) lo cual nos indica que es superior a los tratamientos T2,T3 y T4, en T2 (50% malla raschel), se tiene un promedio de 30.018 (Lux), que es inferior a la T1y superior a T3 y T4, el T3 (65% malla raschel) obteniendo un promedio de 15.388 (Lux)la cual es inferior a los T1 y T2, superior al T4, y el T4 (80% malla raschel) tiene un promedio de 11.846 (Lux) que es inferior a los T1,T2 y T3, (figura 20) y (anexo 4).

Según los promedios obtenidos el T2 (50% malla raschel), obtuvo los niveles óptimos de luz que requiere la lechuga para su desarrollo, los cuales son: 12.000 a 30.000 (lux), y el T2 (50% malla raschel), presentó un promedio de 30.018 (Lux), esto nos señala que el cultivo de la lechuga se encontraba con una buena luminosidad.

Chura, (2014) en un ensayo realizado en cuatro ambientes atemperados utilizando tres porcentajes de malla raschel, menciona que en su tratamiento sin malla, la luz es más intensa con un promedio de 73.712 lux, también indica que en su tratamiento a (50% cubierto con malla Raschel), obtuvo un promedio de 35.006 lux, obteniendo buenos rendimientos en su cultivo de espinaca con 21.92 t/ha, siendo superior al testigo sin malla, con 16.21 t/ha.

Los niveles óptimos de luz para el cultivo de la lechuga es de 120.00 a 300.00 (lx) en días largos (Hydroenvironment 2014).

No todas las plantas responden igual a la intensidad de luz, el hecho de que una planta sea de días largos no quiere decir que deba estar en un lugar donde la intensidad de luz es de 100.000 lx (luz del sol en un día despejado), algunas plantas de días largos como el jitomate y la lechuga se desarrollan mejor entre 100.00 y 400.00 lx, por lo que colocar una protección, como un plástico lechoso o una malla sombra en un invernadero, para disminuir la intensidad de luz que es muy importante. (Hydroenvironment 2014).

#### **4.1.4. Análisis físico químico del suelo**

El análisis del suelo es fundamental para conocer el grado de fertilidad que tiene un suelo en estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio, se muestra el siguiente resultado de análisis físico químico del suelo comprobados en el Laboratorio del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) (anexo 5).

El pH obtenido fue de 6.08 este valor según Molina (2002) se encuentra en rango óptimo para el cultivo de la lechuga por su parte Maroto (2000) menciona en términos generales, la lechuga es más sensible a la salinidad de suelos y aguas en los estadios más jóvenes. Su límite óptimo de pH es entre 6.8 y 7.4 aunque a veces se llega a señalar que si bien, el intervalo óptimo de pH esta entre 6.5 – 7, puede vegetar sin problema (con un manejo agronómico adecuado).

La conductividad eléctrica que se obtuvo fue de 0.240 dS/m, es inferior a 1.3 dS/m lo que indica que no se encuentra en un rango con problema de sales (Maroto 2000).

El mismo autor menciona que en los invernaderos, el desarrollo del cultivo puede ser afectado por el incremento en sales solubles, producido por una fertilización excesivamente intensa en un recinto acotado.

La capacidad de intercambio catiónico fue de 12.11 meq/100g suelo, según Chilón (1997) se encuentra en el rango intermedio.

El contenido de Materia Orgánica es de 6.08%, este se encuentra en un rango óptimo, la materia orgánica debe estar entre 5 a 10%, según (Molina 2002).

Según Chilon (1997) señala; que el contenido de Nitrógeno en el suelo se tubo 0.30% que está dentro de un rango de nitrógeno total medio, el Fosforo disponible que se encontró es de 46.87ppm, es un valor óptimo, el Sodio intercambiable fue de 0.37 mq/100g de suelo esto nos indica que es un valor moderado.

El valor del potasio intercambiable fue de 1.51 meq/100 g de suelo, el calcio intercambiable mostró un valor de 7.31 meq/100 g de suelo el magnesio intercambiable fue 2.82 mq/100g de suelo que está en el rango de moderado.

Asimismo Condori (2003) manifiesta que no debe olvidarse que la asimilación de nutrientes por la planta depende de muchos factores como ser la temperatura, la humedad y la vida microbiana en el suelo.

## **4.2. Análisis estadístico de variables de respuesta agronómicas**

Según el diseño experimental utilizado en el estudio de investigación, los análisis de varianza, comparaciones de medias de Duncan al 5% de probabilidad estadística y las interpretaciones respectivas se muestran a continuación.

### **4.2.1. Porcentaje de germinación**

El porcentaje de germinación, se observó a los seis días después de la siembra, se tuvo un 96% de germinación, probablemente se deba al potencial genético, tiempo de almacenamiento de la semilla, que son características propias de cada variedad que en interacción con el medio ambiente, natural del lugar dieron esos resultados, otro factor que pudo influir en la germinación fue condiciones ambientales como temperaturas registradas de mínimas 1.5°C, optimas 22°C, máximas 35°C. Al respecto Duran (2009) menciona que la lechuga se propaga siempre por semilla. Para este fin es indispensable la siembra en semilleros. La semilla germina mejor con temperaturas entre 20 y 26°C. La óptima es de 24°C. En estas condiciones las plántulas emergen a los 5 u 8 días después de la siembra.

#### 4.2.2. Altura de planta

El cuadro 7, presenta el análisis de varianza para la variable altura de planta. Para esta variable se muestra resultados significativas al 5% de probabilidad, entre tratamientos en la altura de planta, por lo que cada tipo de malla raschel tuvo influencias diferenciales sobre el desarrollo del cultivo de la lechuga. El coeficiente de variación (CV), obtenido es de 7.38 %, lo que demuestra la confiabilidad de los datos obtenidos durante la investigación.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para la altura de planta del cultivo de lechuga variedad Grand rapid evaluados en la gestión 2014.**

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	FC	Pr > F
Tratamiento	3	53,938	17,979	9,742	0,005*
Error	8	14,764	1,845		
Total	11	68,702			
<b>C. V.</b>			<b>7,38%</b>		

\* = Significativo ( $p < 0.05$ )

Existen diferencias significativas entre tratamientos en la altura de la planta, por lo que cada tipo de malla raschel tuvo influencia diferente sobre el desarrollo del cultivo.

En virtud a la significancia de los factores de estudio, se determinó realizar una comparación de medias a través de la prueba de Duncan, para establecer la diferencia. Se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 8. Altura de la planta - Prueba de Comparación de medias Duncan ( $\alpha=0,05$ )**

Tratamientos	Media Altura de Planta (cm)	Prueba de Duncan (*) Significancia (5%)
T4= (80% de malla raschel)	20	A
T3= (65% de malla raschel)	20	A
T2= (50% de malla raschel)	19	A B
T1= (sin malla)	15	B

(\*) Letras desiguales son estadísticamente significativas

(NS) Letras iguales son estadísticamente no significativas

En el cuadro 8, se puede observar que no existen diferencias en la altura de planta entre los tratamientos T4 (80% de malla raschel), T3 (65% de malla raschel) y T2 (250% de malla raschel).

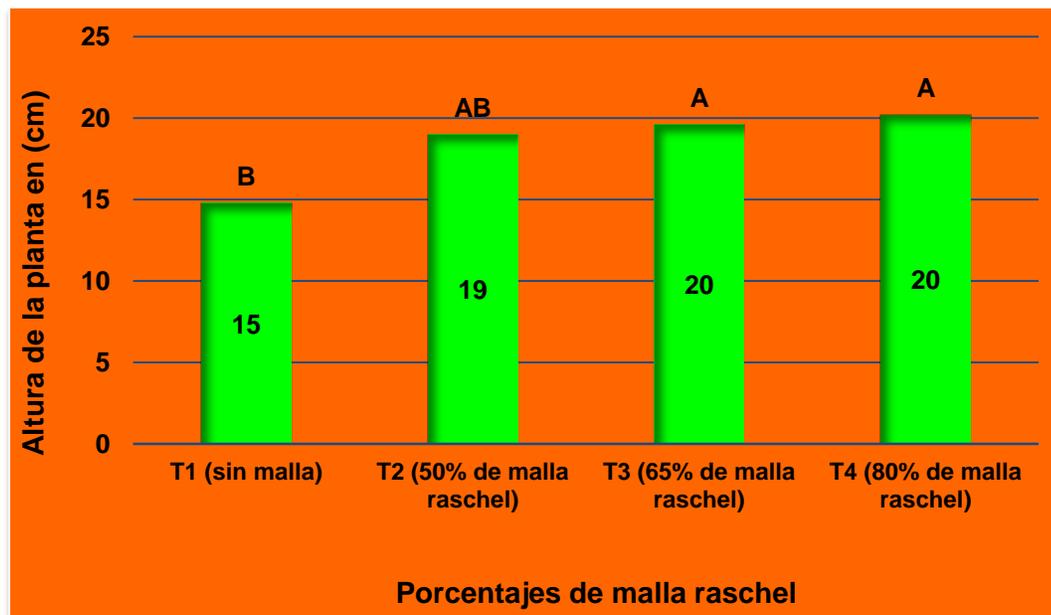
Existe altamente diferencias significativas entre el T4 (80% de malla raschel) la cual posee una altura superior a los demás tratamientos y T1 Testigo posee una menor altura a diferencia de los anteriores tratamientos.

La no significancia entre los T4, T3 y T2, demuestra que no hay efecto para la altura de planta al cubrir con los diferentes porcentajes de malla raschel al cultivo de la lechuga. La diferencia se da por el porcentaje de malla raschel de 80% que tiene el T4, ante el T1 sin malla.

Al respecto Chura (2014) en su estudio evaluación del efecto de porcentaje de Mallas raschel, obtuvo un buen resultado, en altura de la planta con la malla raschel al 50%.

Los promedios de altura de planta para los tratamientos, muestran diferencias significativas en base a la prueba de Duncan al 5% (figura 21) y (anexo 6), se muestran, que para altura de planta los tratamientos presentaron diferencias entre alturas promedio como el T4 (80% de malla), frente al T1 (sin malla) con promedios de 20 cm a 15 cm, por lo que existe diferencia significativa. Sin embargo presentaron valores similares

estadísticamente los tratamientos T4 (80% de malla), T3 (65% de malla) y T2 (50% de malla raschel), obteniendo promedios iguales 20 cm, 20 cm y 19 cm. correspondientes en la altura de planta.



**Figura 21. Prueba de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mallas raschel, con relación a la altura de planta**

Las diferencias obtenidas en altura de planta probablemente puede atribuirse, al sombreado con mayor densidad, en porcentajes de mallas raschel que se utilizó en la investigación, del cual nos referimos a la malla raschel de 80% de densidad que tuvo el tratamiento T4 con un promedio final de 20 cm, pero también debemos mencionar los otros tratamientos que se obtuvieron alturas adecuadas como ser el T2 (50% de malla raschel), que tuvo una altura promedio de 19 cm, al respecto Maroto (2000) menciona que factores del medio pueden tener una cierta influencia en el desarrollo y crecimiento de la planta.

El crecimiento y tamaño de la lechuga es influenciado por el equilibrio entre luz y la temperatura. En periodos con escasa iluminación, las lechugas se desarrollan mal, como ser el alargamiento del tallo casi sin color, demasiado largo y delgado con poca vitalidad y con una gran distancia entre los entrenudos. (Maroto 2000).

Según Blanco (2013) en su estudio en dos variedades de lechuga, determino que principalmente se atribuye la arquitectura de planta, considerando que para la formación de la cabeza en las Lechugas del tipo crespa es necesario un equilibrio entre luz y temperatura, y que el acogollado responde favorablemente ante el incremento del estímulo lumínico acompañado por una temperatura superior a 20°C.

#### 4.2.3. Número de hojas

La variable número de hojas fue medida desde los 15 días, una vez realizado el transplante. Para esta información obtenida fue procesada con un Análisis de Varianza a un nivel de significancia del 5%.

**Cuadro 9. Análisis de varianza, para el número de hojas del cultivo de lechuga variedad grand rapid, evaluados en la gestión 2014.**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	Pr > F
Tratamientos	3	44,555	14,852	33,862	0,000*
Error	8	3,509	0,439		
Total	11	48,063			
<b>C.V.</b>				<b>7.17%</b>	

\* = Significativo ( $p < 0.05$ )

De acuerdo al análisis de varianza para la variable de respuesta número de hojas nos indica que las diferencias son significativas entre los tratamientos con y sin mallas raschel, el empleo pertinente del análisis de varianza como prueba para una estadística paramétrica, indica con un grado de validez interna aceptable al 5% de significancia, entre los tratamientos, como podemos apreciar en el cuadro 9, corroborando la presencia del factor climático y la fisiología de la planta en todo el área experimental, estableciendo un coeficiente de variación de 7.17% lo que demuestra la confiabilidad de los datos.

Debido a la significancia en los tratamientos, se realizó una comparación de medias a través de la prueba de Duncan para establecer la diferencia, mostrada en el siguiente cuadro.

**Cuadro 10. Número de Hojas - Prueba de comparación de medias Duncan (0,05%)**

Tratamientos	Media hojas/Planta	Prueba de Duncan (*) Significancia (5%)
T2= (50% de malla raschel)	11	A
T1= (sin malla)	11	AB
T4= (80% de malla raschel)	7	B
T3 = (sin malla)	7	B

(\*) Letras desiguales son estadísticamente significativas

(NS) Letras iguales son estadísticamente no significativas

En la prueba de comparación de medias de Duncan, se observa que no existen diferencias significativas en los promedios del número de hojas por planta en los siguientes tratamientos T2 (50% de malla raschel) y T1 (sin malla), detallando que no existen diferencias significativas entre los tratamientos T4 (80% de malla raschel) y T3 (65% de malla raschel).

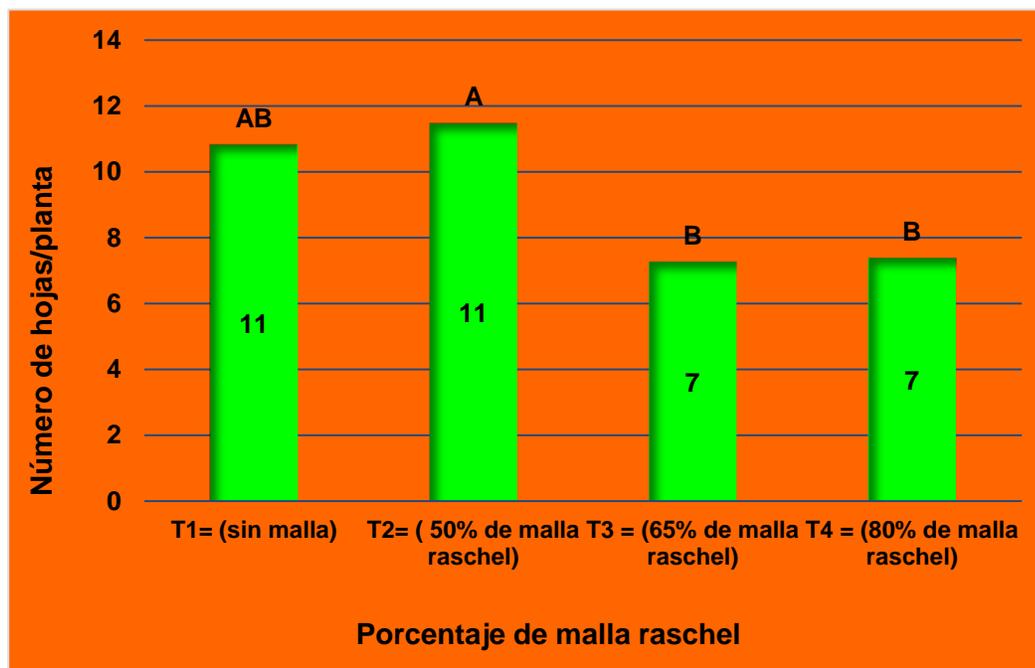
Se determina que existen diferencias significativas entre los tratamientos T1, T4 y T3, teniendo en cuenta que el T2 presenta una superioridad entre los dos tratamientos, que se muestra los promedios en la figura 22.

Obteniendo diferencias significativas, se puede mencionar que los tratamientos con malla raschel tuvieron diferencias en el número de hojas, por lo que cada porcentaje de malla raschel tuvo efecto en el número de hojas, probablemente se deba a la sombra que las planta tenían, que no era favorable para su desarrollo de la lechuga.

Al respecto FAO (2010), la luz favorece a la fotosíntesis fenómeno responsable del aumento de la masa vegetal, actuando negativamente sobre el crecimiento en longitud de

los tallos, favoreciendo en cambio al desarrollo de las hojas, ya que la falta de luz da lugar a un crecimiento desordenado de los tallos con el alargamiento de los entrenudos.

Las temperaturas en el orden de los 22°C y una elevada iluminación, promueve el incremento en el número de hojas (Huerres y Carballo 2001).



**Figura 22. Prueba de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mallas raschel, con relación a número de hoja por planta.**

De acuerdo a la clasificación de Duncan, para el número de hojas por planta, se observa en la figura 22, se tiene resultados con significancia, de los cuales el T2 (50% de malla) estadísticamente es diferente y superior al resto de los tratamientos con un promedio de 11 hojas por planta, seguido del T1 (sin malla) resulta significativamente diferente e inferior al T2, es decir con un promedio de 10 hojas por planta, pero significativamente superior a T3 y T4, los cuales resultan estadísticamente similares con promedios de 7 hojas por planta respectivamente, pero significativamente diferentes e inferiores al T2 (50% de malla), con un promedio de 11 hojas por planta.

La diferencia numérica entre los tratamientos es debido a los diferentes porcentajes de malla raschel que se emplearon en el estudio, Se puede decir que con una buena

luminosidad y un buen manejo del cultivo, se tiende a incrementar el número de hojas del cultivo de la lechuga.

Según Salinas (2004) menciona que el número de hojas por planta no solo es el resultado de los nutrientes del suelo, sino también del clima, en la planta un buen manejo en el cultivo, además por las bajas y altas temperaturas la absorción de nutrientes es menor o se encuentra en un estado de reposo, hasta que el suelo tenga una temperatura adecuada para reactivar a los microorganismos posterior a mineralizar los minerales para su fácil absorción de las plantas.

Por su lado García (1996), en su estudio en el cultivo de la lechuga crespa (TBR) y el uso de fertilizantes químicos obtuvo un promedio de 17.12 hojas /planta.

En el estudio realizado a nivel de número de hojas son menores en el presente experimento como ser los tratamientos T3 y T4, esto probablemente se deba a la poca luminosidad que recibían las plantas de lechuga, ya que a una buena intensidad de luz aumenta la fotosíntesis, con la cual se produce la materia orgánica para su crecimiento y buen desarrollo. Pero sin embargo los tratamientos T1 y T2, presentaron promedios aceptables en números de hojas por planta, esto probablemente se deba a que el T2 se encontraba con una buena luminosidad y temperatura ya que el rango óptimo de luminosidad para la planta de la lechuga es de 12.000 a 30.000 lux en día largo, y el tratamiento T2 (50% de malla) presentaba en los datos tomados de intensidad de luz un promedio de 30.018lx. Es decir que se encontraba con una buena luminosidad para su desarrollo y crecimiento.

Por otro lado Stamps (2009) reporta que la malla negra produce el mayor número de hojas y hay un incremento en el crecimiento vegetativo.

#### **4.2.4. Ancho de la hoja**

El análisis de varianza para la variable de respuesta ancho de hoja, indica que existe una diferencia significativa entre tratamientos, por lo que cada tipo de malla raschel tuvo influencias diferenciales sobre el cultivo de la lechuga.

El coeficiente de variación de 6.98%, nos indica que el estudio fue manejado adecuadamente, y los datos son confiables. De la misma manera que el coeficiente de variación está dentro el rango establecido.

**Cuadro 11. Análisis de varianza, para el ancho de hojas en el cultivo de lechuga variedad Grand rapid, evaluados en la gestión 2014**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	Pr > F
Tratamientos	3	19,422	6,474	8,245	0,008*
Error	8	6,281	0,785		
Total	11	25,703			
<b>C.V.</b>			<b>6,98%</b>		

\* = Significativo ( $p < 0.05$ ).

En el análisis de varianza nos muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos, para saber con exactitud los resultados entre tratamientos se realiza la prueba de comparación de Duncan, que se muestra en el cuadro.

**Cuadro 12. Ancho de hoja - Prueba de comparación de medias Duncan ( $\alpha = 0,05$ )**

Tratamiento	Media Ancho de hoja (cm)	Prueba de Duncan (*) Significancia (5%)
T1= (sin malla)	14.14	A
T2= (50% de malla raschel)	13.76	AB
T3= (65% de malla raschel)	11.63	B
T4= (80% de malla raschel)	11.24	B

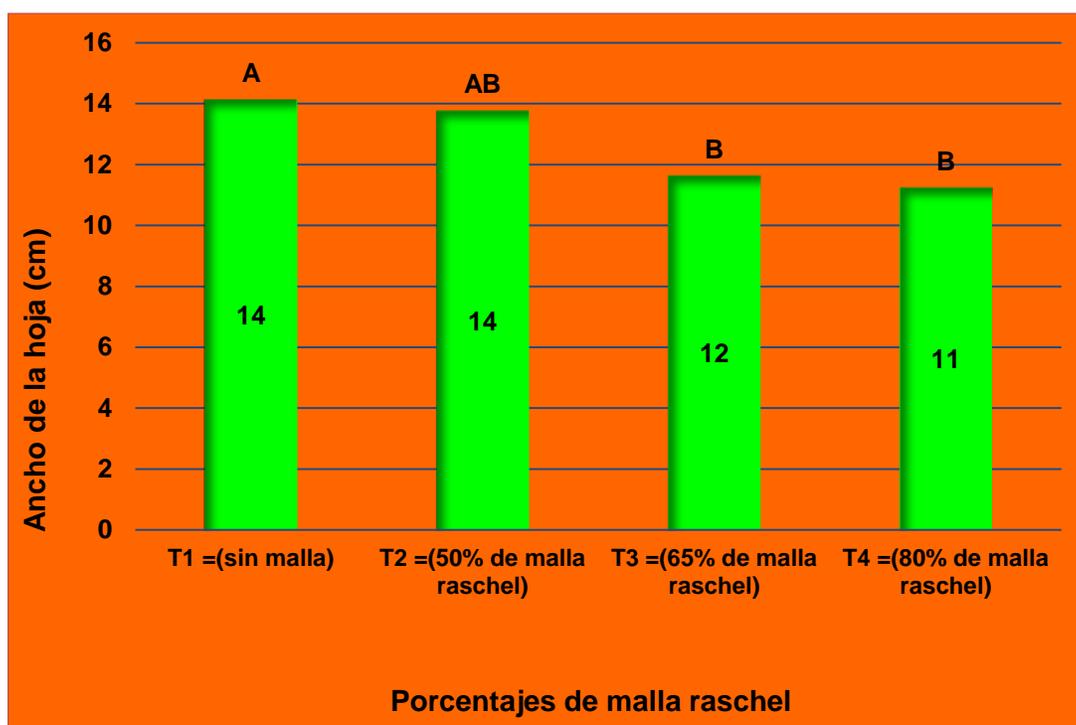
(\*) Letras desiguales son estadísticamente significativas

(NS) Letras iguales son estadísticamente no significativas

En la prueba de comparación de medias de Duncan, se observa que no existen diferencias significativas en los promedios del número de hojas por planta en los siguientes tratamientos T1 (sin malla) y T2 (50% de malla raschel), detallando así mismo que no existen diferencias significativas entre los tratamientos T4 (80% de malla raschel) y T3 (65% de malla raschel).

La significancia entre los diferentes tratamientos, probablemente se deba a que la planta de lechuga, se haya encontrado con una buena radiación solar, que le permitía la malla raschel al cultivo para obtener un buen ancho de hoja más se determina la asimilación en largo de hoja en su desarrollo y crecimiento.

Por otra parte la FAO (2010). Indica que la intensidad de luz afecta el tamaño y la forma de las hojas diferencialmente. Generalmente, las hojas de la planta crecerán menos a intensidades bajas, que aquellas que crecen a intensidades altas.



**Figura 23. Prueba de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mallas raschel, con relación a el ancho de hoja.**

Los promedios de ancho de hoja para los tratamientos, muestran diferencias significativas en base a la prueba Duncan al 5% (figura 23) (anexo 8).

De acuerdo a la prueba Duncan al ( $\alpha=5\%$ ) de probabilidad, en la figura 23, se observa las diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, T1 (sin malla) fue superior en porcentaje de promedio frente a T2 (50% de malla raschel), con promedios de 14.14 cm y 13.76 cm, sin embargo T2 (50% de malla raschel), es superior en porcentaje a T3 (65% de malla) con promedios de 13.76 cm a 11.63 cm. Se diferencian con el T4 (80% de malla) con promedio de 11.24 cm, en ancho de la hoja.

Analizando los datos de cada tratamiento, se observó que a menor intensidad de luz las plantas presentaron hoja delgada es decir menos ancha y en cambio el tratamiento T1 (sin malla) y T2 (50% de malla), presentaron hojas anchas.

Por otra parte Lira (2002). Indica que la intensidad de luz afecta, la forma de las hojas diferencialmente. Generalmente, las hojas de la planta crecerán menos a intensidades bajas, que aquellas que crecen a intensidades altas.

Las temperaturas mayores a 22°C y baja intensidad lumínica, el área foliar disminuye en la lechuga de forma significativa (Huerres y Carballo 2001).

#### **4.2.5. Longitud de raíz**

El análisis de varianza del cuadro 10, muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en relación a la longitud de raíz. El análisis de varianza realizado para estas variables muestran que el coeficiente de variación es de 13.34%, menor a 30 %, por tanto los datos se pueden considerar confiables.

**Cuadro 13. Análisis de varianza, para longitud de raíz del cultivo de lechuga variedad Grand rapid, evaluados en la gestión 2014.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	Pr > F
Tratamiento	3	5,031	1,677	1,523	0,281 NS
Error	8	8,807	1,101		
Total	11	13,838			
<b>C. V.</b>			<b>13.34%</b>		

**NS** = No significativo

El análisis de varianza realizado al 5% de significancia entre los tratamientos, determina la presencia de diferencias no significativas entre tratamientos, como se observa en el cuadro 10, lo que confirma la homogeneidad en el área experimental y su influencia en el comportamiento en la longitud de raíz.

Para saber con exactitud los resultados entre tratamientos se realiza la prueba de comparación de Duncan, que se muestra en el cuadro.

**Cuadro 14. Longitud de raíz - Prueba de comparación de medias Duncan ( $\alpha = 0,05$ )**

Tratamiento	Media Longitud de raíz (cm)	Prueba de Duncan (*) Significancia (5%)
T1 = (sin malla)	8.90	A
T2 = (50% de malla raschel)	7.78	B
T1= (65% de malla raschel)	7.62	B
T4 = (80% de malla raschel)	7.14	B

(\*) Letras desiguales son estadísticamente significativas

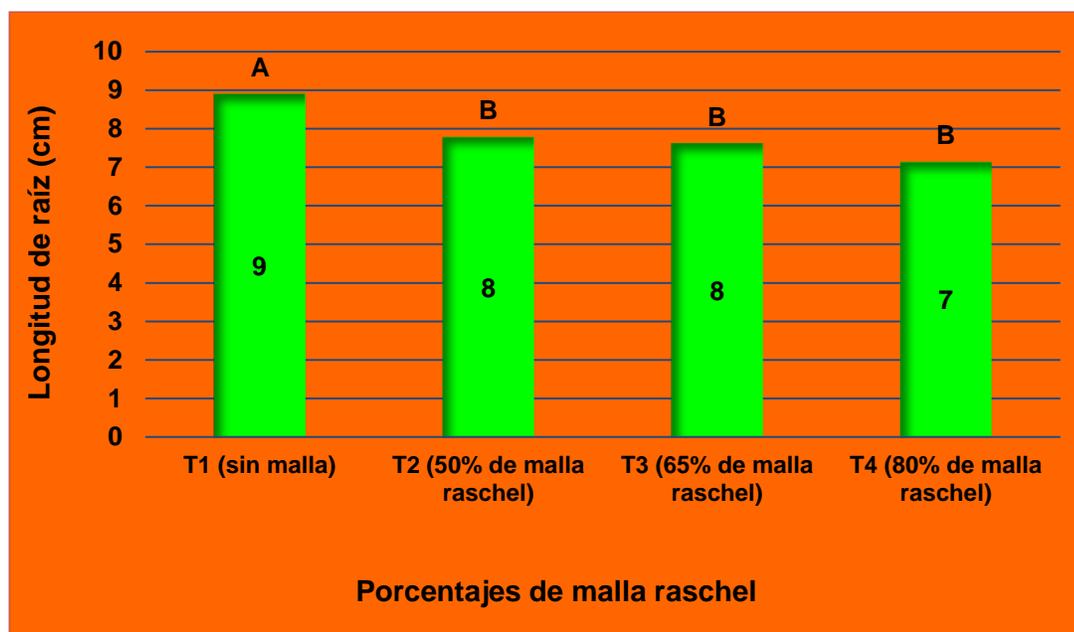
(NS) Letras iguales son estadísticamente no significativas

En el cuadro 14, en la prueba de comparación de medias de Duncan, se observa que no existen diferencias significativas entre los promedios en longitud de raíz en los siguientes tratamientos, T2 (50% de malla raschel), T3 (65% de malla raschel) y T4 (80% de malla raschel).

Existe diferencias significativas entre el tratamiento, T1 (sin malla) respecto a los T2 (50% de malla raschel), T3 (65% de malla raschel) y T4 (80% de malla raschel).

La no significancia entre las diferentes mallas raschel es debido a que la planta se encontraba con una sombra, probablemente no adecuada, se confirma la representación homogénea en el área experimental y su influencia en el comportamiento en la longitud radicular.

En un suelo cubierto, se promueve el desarrollo de raíces en la capa arable, que es rico en nutrientes y donde abundan microorganismos beneficiosos para la raíz (Lippert y Takatori 1964 citado por Rodríguez 2007).



**Figura 24. Prueba de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mallas raschel, con relación a longitud de raíz a la cosecha.**

Los promedios de longitud de raíz para los tratamientos, muestran diferencias en base a la prueba Duncan al 5% (figura 24) y (anexo 9).

Según los datos obtenidos de la prueba de Duncan en la figura 24, se observa que existen diferencias no significativas, entre los tratamientos con relación a la longitud de raíz, puesto que el T2 (50% de malla) presenta 8 cm, seguido T3 (65% de malla) con un promedio igual de 8 cm y el T4 (80% de malla) con 7 cm, menor al tratamiento que obtuvo un valor más alto fue el T1 (sin malla) con 9 cm. este comportamiento es reflejado en la misma figura, probablemente es debido a la distribución de la humedad en la capa arable de un suelo cubierto es más uniforme, comparada con un suelo descubierto, como el caso del testigo.

Por su parte Ruiz (2012) en su estudio bajo mallas de color, indica que sin malla presentaron las raíces más largas, con longitudes de 10.64 cm respectivamente superando a los tratamientos con mallas.

#### 4.2.6. Porcentaje de humedad en la planta

Los resultados del porcentaje de humedad en la planta en función a los tratamientos con y sin malla, se observa en la figura 25.

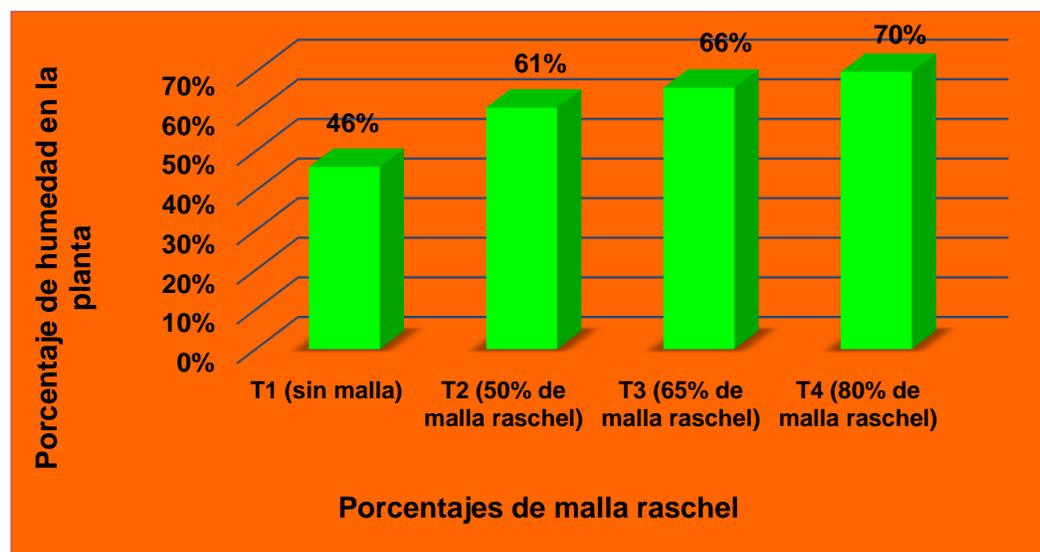


Figura 25. Porcentaje de humedad en la planta de lechuga, en función a los tratamientos con y sin malla raschel a los 50 días evaluados.

Los resultados obtenidos del porcentaje de humedad en la planta, mostraron diferencias en los tratamientos de estudio. El T1 (sin malla) presentó un resultado de 46% de humedad frente al T2 (50% de malla) con un 61% de humedad, donde el T3 (65% de malla) presenta un 66% de humedad y el T4 (80% de malla) muestra un porcentaje de 70% de humedad, donde se muestra claramente los efectos, que con la presencia de una mayor sombra se tiene un alto porcentaje de humedad como se muestra en la en la figura 25.

Esto demuestra que en base a los resultados de densidad de mallas raschel y el porcentaje de aireación que estos brindan, interviene en el almacenamiento de contenido hídrico, en la protección de plagas y la conservación de la plantas bajo las condiciones antes mencionadas.

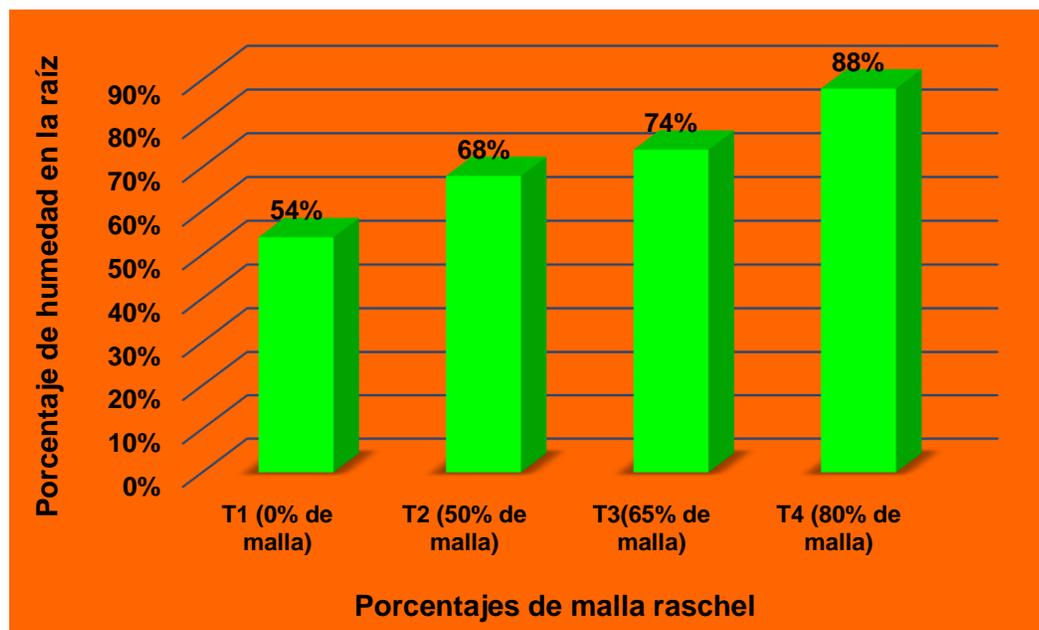
Por otra parte, Hernández (2002) quien halló el peso seco colocando el tejido vegetal entre 100-105° C, se eliminó el agua, esencias orgánicas volátiles, produciéndose un error casi despreciable, sin embargo es recomendable secar en la estufa a 75° C. Así mismo, es recomendable saber las proporciones de humedad y de materia seca en los órganos sometidos al análisis. La determinación del peso seco es indispensable, ya que el contenido de agua de los órganos vegetales está entre 50 y 90%; aunque para un órgano determinado puede variar también dependiendo de su estado de desarrollo.

Estos resultados se explican por lo registrado Hernández (2002), quien explica que el agua como componente del citoplasma vivo, participa en el metabolismo y en todos los procesos bioquímicos. Una disminución del contenido hídrico va acompañado por una pérdida de turgencia, marchitamiento, daños producidos por plagas y enfermedades y una disminución del alargamiento celular, se cierran los estomas, se reduce la fotosíntesis, la respiración y se interfieren varios procesos metabólicos básicos. La deshidratación continuada ocasiona la desorganización del protoplasma y la muerte de muchos organismos.

#### 4.2.7. Porcentaje de humedad en la raíz

Los porcentajes de humedad en la raíz para los tratamientos, muestran diferencias en base a los diferentes porcentajes de malla raschel que se tuvo en el estudio.

Los resultados del porcentaje de humedad en la raíz en función a los tratamientos con y sin malla, se observa en la figura.



**Figura 26. Porcentaje de humedad en la raíz de la lechuga en función a los tratamientos con y sin malla raschel a los 50 días evaluados.**

En la figura 26, se aprecia el efecto de las diferentes densidades de malla raschel en el cultivo de la lechuga, observando que la intensidad de sombra sobre el cultivo posee una relación directa en la variable de estudio como es el porcentaje de humedad en la raíz, donde los tratamientos presentaron: T2 (50% de malla) un 68%, T3 (65% de malla) un 74% y T4 (80% de malla) presentó un 88%, un mayor porcentaje de humedad en la raíz y el tratamiento T1 (sin malla) presentó un menor porcentaje de humedad en la raíz, con un 54%, inferior a los otros tratamientos como se observa en la figura 26. Esta variable fue examinada a través de los datos obtenidos en peso húmedo y el peso en seco de la raíz, y tener en cuenta el efecto del agua en la raíz, que es tan importante para su desarrollo en la planta.

Por su parte Alboladejo (1995).menciona que el agua de la transpiración viene de la raíz. Esto hace que se potencie el sistema de transporte y con él la distribución de sales y nutrientes por eso la transpiración debe mantenerse al menos hasta un mínimo nivel. El mismo autor indica que en días de mucha luz, la temperatura de la planta podría ir a 10°C por encima de la temperatura ambiente. El estoma a más de 35°C se puede cerrar por que no tiene suficiente agua y la planta se deshidrata, pero con una malla sombra adecuada la temperatura y la transpiración bajarían evitando las quemaduras en las plantas.

#### 4.3. Rendimiento de materia verde por tratamiento

En el análisis de varianza de rendimiento en materia verde del cultivo de la lechuga, para rendimiento por tratamiento, en análisis de varianza nos muestra que las diferencias entre tratamientos son significativas, con 5.99% coeficiente de variabilidad, para los diferentes tratamientos con y sin malla el cual indica que los datos son confiables, por ser < a 30%.

**Cuadro 15. Análisis de varianza, para el rendimiento de materia verde en el cultivo de lechuga variedad Grand rapid, evaluados en la gestión 2014.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	Pr > F
Tratamiento	3	22,667	7,556	77,159	0,000*
Error	8	0,783	0,098		
Total	11	23,451			
<b>C. V.</b>			<b>5.99%</b>		

\* = Significativo (p<0.05).

Existen diferencias significativas entre tratamientos en el rendimiento de materia verde, por lo que cada tipo de malla raschel tuvo influencias diferentes sobre el rendimiento del cultivo de la lechuga en esta variable.

Para saber con exactitud la significancia entre tratamientos se aplicó la prueba de comparación de medias Duncan, para establecer la diferencia. Que se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 16. Rendimiento de materia verde - Prueba de comparación de medias Duncan ( $\alpha=0,05$ )**

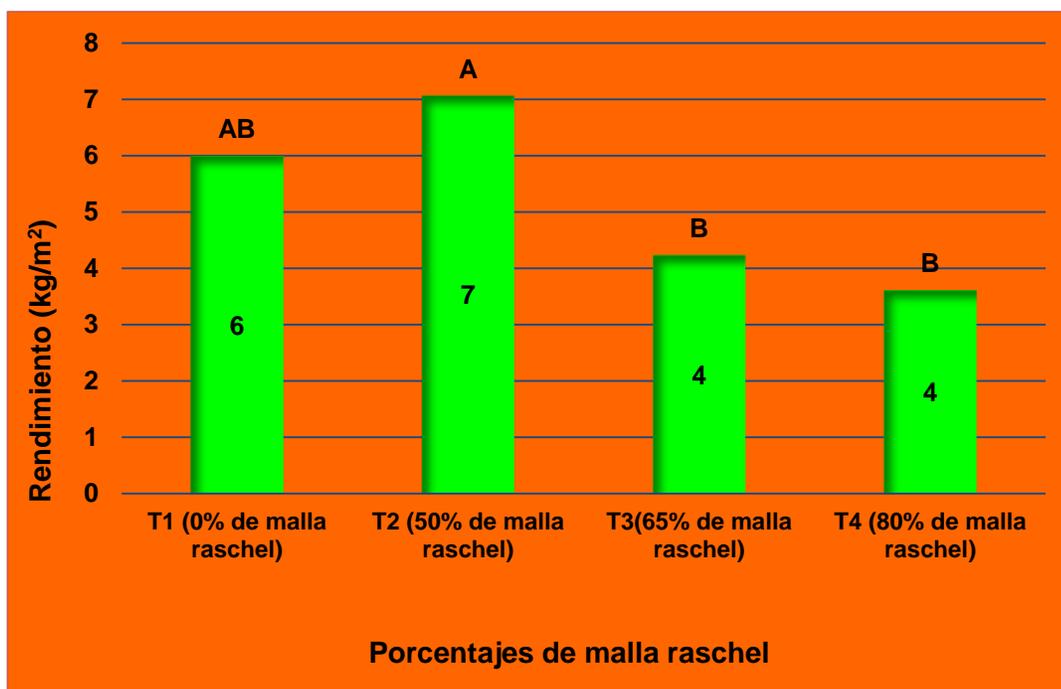
Tratamiento	Media Rendimiento $\text{kg/m}^2$	Prueba de Duncan (*) Significancia (5%)
T2 = (50% de malla raschel)	7.06	A
T1 = (sin malla)	6.00	AB
T3 = (65% de malla raschel)	4.23	B
T4 = (80% de malla raschel)	3.61	B

(\*) Letras desiguales son estadísticamente significativas

(NS) Letras iguales son estadísticamente no significativas

La comparación de medias Duncan indica que existen diferencias significativas entre los T2 (50% de malla raschel), con los T1 (sin malla), T3 (65% de malla raschel) y T4 (80% de malla raschel). También se observa que no existen diferencias significativas entre los T3 y T4 con los porcentajes de malla correspondientes (65% y 80%).

Estas diferencias de rendimiento de la lechuga de la variedad Grand rapid, con los porcentajes de mallas raschel respectivamente en cada tratamiento, puede ser debido a las condiciones climáticas presentes en cada tratamiento, es decir que con las utilización de las mallas sombra al 50% en densidad, frente a los otros porcentajes correspondientes, el tratamientos T2 presento estadísticamente superioridad al T1 (sin malla), lo cual concuerda con Martínez (2013), en su estudio Evaluación técnica y financiera del cultivo de lechuga en invernadero con mallas sombra, como alternativa para invierno, tuvo la mayor producción por planta, en la producción total por parcela y por metro cuadrado. Esto fue atribuido a la capacidad de adaptación a las condiciones climáticas, competencia por agua, luz, nutrimentos y espacio edáfico de las variedades.



**Figura 27. Prueba de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mallas raschel, con relación al rendimiento de materia verde.**

Los promedios de rendimiento en materia verde, para los tratamientos muestran diferencias en base a la prueba Duncan al 5% (figura 27 y anexo 10).

En la figura 27, los resultados en la prueba Duncan al 5% de significancia, se observa que el T2 (50% de malla) obtuvo mayor rendimiento en comparación al T1 (sin malla) con promedios de 7 y 6 kg/m<sup>2</sup>, sin embargo el T1 (sin malla), es superior estadísticamente frente al T3 (65% de malla), con promedios respectivos de 6 y 4 kg/m<sup>2</sup>, a su vez el T3 (65% de malla), presentó promedios superior e igual estadísticamente con el T4 (80% de malla), con promedios de 4 y 4 kg/m<sup>2</sup>.

Sin embargo, el tratamiento T2 exhibe el mayor rendimiento en el cultivo, alcanzando un promedio en rendimiento de 7 kg/m<sup>2</sup>, además fue superior al tratamiento de comparación T4 (80% de malla), que obtuvo un valor de 4 kg/m<sup>2</sup>. Por lo tanto existen diferencias significativas.

Las diferencias obtenidas en rendimiento kg/m<sup>2</sup>, probablemente se atribuyan a los diferentes porcentajes de malla raschel, que se utilizó en el estudio en comparación al T1

(sin malla), pero sin embargo el tratamiento con una densidad de malla raschel al 50% nos presentó un mayor rendimiento, esto debido a los factores que presentaba el tratamiento, de mantenimiento uniforme de temperatura, una mejor humedad, mayor concentración de CO<sub>2</sub>, mejorando de la textura del suelo y contribuyendo a mejorar el rendimiento del cultivo. (ISA 2009).

El crecimiento y el rendimiento de cultivo son funciones de muchas variables como ser suelo, cultivo y manejo y las condiciones climáticas que requiere la planta (Sánchez 1999).

La gran mayoría de los caracteres genéticos que controlan aspectos fenotípicos tales como el tamaño, la calidad, la producción y el rendimiento son altamente influenciados por el ambiente (Chávez 1998).

La producción depende del tamaño de las plantas en el momento de la recolección y del número de plantas por m<sup>2</sup>. Se considera un buen rendimiento cuando se recogen entre 5 y 6 kg/m<sup>2</sup>. (FAO 2010).

#### **4.4. Variables económicas**

##### **4.4.1. Análisis económico**

El análisis económico es considerado de mucha importancia debido a que nos proporciona información económica, procurando siempre tener en cuenta respectiva del agricultor, para que de esta manera se pueda orientar los beneficios que podría obtener en términos de rentabilidad.

##### **4.4.2. Rendimiento ajustado**

El rendimiento ajustado de cada tratamiento con y sin malla raschel es el beneficio medio reducido en un cierto porcentaje, con el fin de reflejar la diferencia entre la ventaja experimental con malla sombra frente a sin malla sombra en la lechuga, a una producción comercial a pequeña escala podría lograr con ese tratamiento (Perrin, 1988).

En el presente análisis se reflejan los costos económicos de inversión para producir lechugas en 1 m<sup>2</sup>, con diferentes porcentajes de mallas raschel. A tal fin dentro del análisis económico se consideró los ingresos y costos totales que incluyen los insumos

empleados y costos de mano de obra que se puede apreciar en el (Anexo 11, 12, 13 y 14).

Para este fin se utilizó el método de presupuestos parciales, recomendadas por Perrin (1988), permitiendo determinar las aplicaciones económicas en costos y beneficios, el cual se adecuó a las características del estudio experimental.

#### 4.4.3. Ingreso neto (Bs)

**Cuadro 17. Comparación de Ingreso neto de los tratamientos en función a los resultados de precio; producción (kg/m<sup>2</sup>), precio (Bs/kg), costo de producción (Bs/m<sup>2</sup>) e ingreso neto (Bs/m<sup>2</sup>)**

Tratamiento	Producción Kg/m <sup>2</sup>	Producción Ajustado (5%)	Precio Bs/Kg	Ingreso bruto (IB)	Costos de producción (CP)	Ingreso neto (IN)
T1 = Sin malla	6.000	5.700	6	34.200	12.269	21.931
T2 = 50% de malla	7.067	6.713	6	40.281	13.160	27.121
T3 =65% de malla	4.237	4.025	6	24.150	13.279	10.871
T4 = 80% de malla	3.616	3.436	6	20.616	13.470	7.146

El rendimiento de la lechuga varía según los tratamientos con y sin malla raschel, se observa en el cuadro 17 que se constituye en la primera columna los tratamientos en estudio, la segunda columna muestra la producción de los tratamientos en kilogramos por metro cuadrado, de tal manera se demuestra que el T2 (50% de malla raschel) tiene un valor alto en rendimiento con un 7.067 kg/m<sup>2</sup>, así mismo el T1 (sin malla) obtuvo un alto valor en rendimiento de 6.000 kg/m<sup>2</sup>, en cambio el T3 (65% de malla raschel) con un rendimiento de 4.237 kg/m<sup>2</sup> y el T4 (80% de malla raschel) con 3.616 kg/m<sup>2</sup> presentando este valor inferior en rendimiento, en la cuarta columna se presenta el precio en 6 Bs/kg, y no teniendo diferencias en precio por tratamiento.

En el cuadro se observa, los resultados del ingreso bruto en Bs/m<sup>2</sup>, mostrando un mayor ingreso bruto en el T2 (50% de malla raschel) con un 40.281 en Bs/m<sup>2</sup>, que significa que es rentable para el cultivo de la lechuga a la comparación de los otros tratamientos, por lo

tanto cabe recalcar que el tratamiento T1 (sin malla) tiene un ingreso bruto de 34.200 en Bs/m<sup>2</sup> y los tratamientos T3 (65% de malla raschel) y el T4 (80% de malla raschel) con beneficio bruto de 24.150 Bs/m<sup>2</sup> y 20.616 Bs/m<sup>2</sup>, con costos inferiores a los tratamientos anteriormente mencionados.

Como se observa en el cuadro 17, se muestra el total de los costos de producción para cada tratamiento, los costos varían según el porcentaje en densidad de la malla raschel, el mayor costo que se presentó en el estudio fue del T4 (80% de malla raschel) con un total de 13.470 Bs/m<sup>2</sup>, seguido por el T3 (65% de malla raschel) con un 13.279 Bs/m<sup>2</sup> y por último los tratamientos T2 (50% de malla raschel) y el T1 (sin malla) establecieron costos de producción, en un 13.160 Bs/m<sup>2</sup> y 12.269 Bs/m<sup>2</sup>.

En la séptima columna se observa el ingreso neto, de un incremento proporcional por cada tratamiento, donde se observa que el tratamiento de T2 (50% de malla raschel), reporto el mayor ingreso en Bs/m<sup>2</sup> 27.121, seguido por los otros tratamientos como podemos observar en el (cuadro 17).

**Cuadro 18. Relación beneficio/costo de los tratamientos en función a los resultados de precio (Bs/m<sup>2</sup>), costos de producción (Bs/m<sup>2</sup>) y beneficio neto (Bs/m<sup>2</sup>)**

Tratamiento	Ingreso bruto (Bs)	Costo de producción (Bs)	Beneficio neto (Bs)	Relación B/C
T1 = sin malla	34.200	12.269	21.931*	2.8
T2 = 50% de malla	40.281	13.160	27.121*	3.1
T3 = 65% de malla	24.150	13.279	10.871 <sup>D</sup>	1.8
T4 = 80% de malla	20.616	13.470	7.146 <sup>D</sup>	1.5

(\*) Tratamiento no dominado (D) Tratamiento dominado

Según el cuadro anterior, la producción de lechuga es rentable con la utilización de la malla raschel al 50%, como se observa en el T2 (50% de malla), con una relación beneficio costo de 3.1 respectivamente. Es preciso también mencionar la relación de beneficio costo del T1 (sin malla), con 2.8 respectivamente, de igual manera los

tratamientos T3 (65% de malla) y T4 (80% de malla), con relación beneficio costo de 1.8 y 1.5, respectivamente.

Sin embargo, mencionar que el tratamiento T2 con (50% de malla raschel), presenta la mejor rentabilidad con 3.1 de relación beneficio costo, es decir que por cada 1Bs. Invertido se recupera 3.1 Bs, esto significa que el tratamiento con 50% de malla raschel de densidad, es recomendable para el agricultor que se encuentra con una producción de lechuga en un ambiente atemperado.

También es propio considerar la factibilidad de B/C de los otros tratamientos de estudio, por encontrarse sobre el valor  $> 1$ .

Por tanto, se considera factible el B/C de todos los tratamientos de estudio, por encontrarse sobre el valor  $> 1$ .

#### 4.4.4. Análisis de dominancia

Para realizar el análisis de dominancia, es necesario realizar un análisis de los costos totales y los beneficios netos de cada tratamiento, este proceso se denomina análisis de dominancia, el cual nos sirve para excluir algunos tratamientos y como consecuencia simplificar el análisis (Perrin 1988).

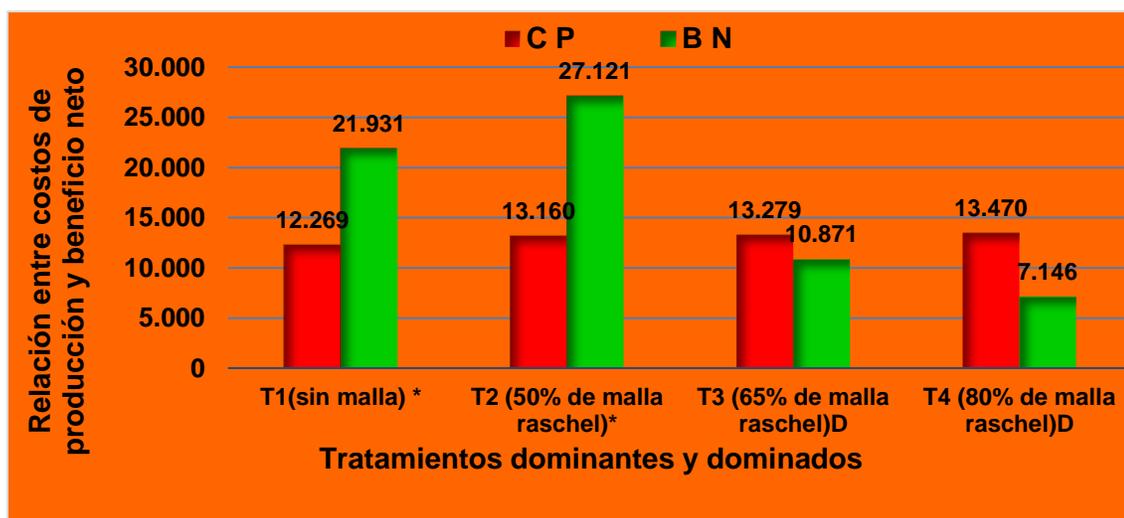


Figura 28. Gráfico de dominancia entre Beneficios netos y total de costos (Bs/m<sup>2</sup>).

En la figura 28, el análisis de dominancia se presenta en (Bs/m<sup>2</sup>), para los costos que varían y el beneficio neto de los tratamientos, donde se señala que con la utilización de malla raschel al 50% en densidad resulta ser aceptables en el estudio, el tratamiento T1 (sin malla), de igual manera este tratamiento presento un beneficio neto, pero con una menor cifra de 21.931 Bs/m<sup>2</sup>, frente al T2 (50% de malla raschel) con un 27.121 Bs/m<sup>2</sup>. Los tratamientos que se encontraron dominados frente a los costos de producción son el T3 (65% de malla raschel), con beneficio neto de 10.871 Bs/m<sup>2</sup> y T4 (80% de malla raschel), con beneficio neto de 7.146 Bs/m<sup>2</sup>, donde se señala que con la utilización de estas mallas los costos de producción son más altos, que los beneficios netos de estos tratamientos, siendo de esta manera estos tratamientos pasarían a una exclusión en el estudio realizado.

#### 4.4.5. Análisis de tasa de retorno marginal

Una vez realizado el análisis de dominancia y eliminados los tratamientos dominados, la tasa marginal de retorno es calculada entre los tratamientos no dominados. Se procede con el tratamiento de menor costo y siguiendo con el tratamiento de mayor costo, la tasa marginal de retorno es calculada expresando la diferencia entre los beneficios netos de ambos tratamientos como un porcentaje del costo total adicional (Perrin, 1988).

**Cuadro 19. Análisis de tasa de retorno marginal**

Tratamiento	Costos variables	Costos marginales	Beneficio neto	Beneficio marginal	TRM %
T1 (sin malla)	12.269	0.000	21.930	0.000	
T2 (50% de malla raschel)	13.168	0.890	27.121	5.190	583.13%

La tasa de retorno mínima aceptable fue fijada en un 100%, se observa que al utilizar la malla raschel de 50% en densidad, se representa una tasa marginal de retorno de 583.13%, es decir que por cada 1Bs. que se invierte en la utilización de la malla raschel se recupera el 5.190 Bs más.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio de investigación permiten derivar las siguientes conclusiones:

- La descripción de las características climáticas tomadas en el ambiente atemperado, se encuentra dentro el rango establecido, La temperatura de 21.45 °C, el promedio en humedad relativa es de 68%, grados lux 30.018 (Lux)
- La utilización de la malla raschel al 80% en densidad, en el cultivo de la lechuga variedad grand rapid, para la altura de planta presentó una altura mayor en cuanto a promedios se trata, la altura fue de 20 cm, mostrando una superioridad entre los tratamientos, por otro lado podemos mencionar que el tratamiento sin malla (T1), presentó la menor altura con un promedio de 15 cm.
- Con respecto al número de hojas, la mayor cantidad de hojas lo presentó el T2 con 50% de malla raschel, con un promedio de 11 hojas/planta, el menor número de hojas que presentó para este estudio fueron los tratamientos T3 (65% de malla raschel) y T4 (80% de malla raschel), con promedios similares de 7 hojas/planta.
- En el ancho de hoja se muestra, que con la utilización de malla raschel y sin ella, correspondiente al T1 y T2, presentaron un ancho mayor en hoja frente a los otros tratamientos con un promedio de 14 cm y un menor ancho de hoja presentó el T4 (80% de malla raschel), con un promedio de 11 cm.
- Para la longitud de raíz se muestra que sin la utilización de la malla raschel se presentó una mejor longitud de raíz que corresponde al tratamiento sin malla T1, con un promedio de 9 cm, en cuanto a la menor longitud de raíz, se presentó en el tratamiento con (80% de malla raschel) perteneciente al T4, con un promedio de 7cm.
- El porcentaje de humedad en la planta está relacionado con la mayor densidad de sombra, que tuvo el T4 (80% de malla raschel), presentando un mayor porcentaje de humedad en la planta de 70%, seguido por los tratamientos T3 y T2, con

porcentajes de humedad de 66% y 61% respectivamente, el que presentó un menor porcentaje de humedad, fue el T1 (sin malla), con un 46%.

- En cuanto a la raíz en su porcentaje de humedad, se encontró que el tratamiento T4 (80% malla raschel) presentó un dato alto en cuestión de humedad en la raíz, con un 88%. Seguido por el T3 (65% de malla raschel), con 74% y el T2 (50% de malla raschel), con un 68% de porcentaje de humedad en la raíz, el menor porcentaje de humedad en la raíz presentó el T1 (sin malla), con un 54%.
- La influencia de las malla raschel en el cultivo de lechuga variedad grand rapid, demuestra que se puede tener un mejor desarrollo en las plantas, analizando principalmente en el rendimiento, la altura de la planta, número de hojas, el ancho de la hoja, longitud de raíz y mostrando el efecto que causa en la hoja, raíz y el análisis de costo de producción.
- El mejor rendimiento de materia verde, alcanzado en el estudio según la prueba Duncan fue el T2 (50% de malla raschel), con 7.06 kg/m<sup>2</sup>, seguido por T1 (sin malla) con 6.00 kg/m<sup>2</sup>, T3 (65% de malla raschel), con 4.23 kg/m<sup>2</sup>, mientras que el T4 (80% de malla raschel) presentó un promedio menor en rendimiento de 3.61 kg/m<sup>2</sup>.

El análisis económico del estudio, el beneficio/neto de los tratamientos, con la malla raschel de 50% de densidad se obtuvo valores de: 27.121 Bs/m<sup>2</sup>, con el T1 (sin malla), 21.931 Bs/m<sup>2</sup>, con T3 (65% de malla raschel), 10.871 Bs/m<sup>2</sup>. Mientras el T4 (80% de malla raschel) presentó el valor más bajo con 7.146 Bs/m<sup>2</sup>.

## 6. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se ve oportuno realizar las siguientes recomendaciones a los productores del cultivo de la lechuga:

- Se recomienda utilizar la malla raschel de 50% en densidad como sombra en la producción del cultivo de la lechuga, debido a que se obtiene mejores características agronómicas en cuanto al número de hojas, ancho de hoja, rendimiento de la materia verde y costos de producción, lo cual es un principal indicador de la calidad y rentabilidad en la lechuga, respondiendo al mercado que es tan exigente.

Las recomendaciones para futuras investigaciones son:

- Se sugiere realizar estudios con otros porcentajes de malla raschel, para ver los efectos en el cultivo, para aportar y validar con una mayor información para obtener un mejor cultivo de lechuga.
- Se recomienda investigar acerca de la utilización de malla raschel, en otros tipos de cultivo de hojas o en la producción de cultivos de consumo directo, o en otra variedad de lechuga.
- Difundir la utilización de la malla raschel en el cultivo de la lechuga, en proyectos y talleres a los agricultores de lechuga, que producen bajo ambientes atemperados como una alternativa frente a las fluctuaciones climáticas.
- Realizar estudios experimentales complementarios bajo las mismas condiciones con el comportamiento en otras variedades de lechuga, de esa manera aportar mayor información para el desarrollo comercial de diferentes cultivares de lechuga.

## 7. BIBLIOGRAFÍAS

- Alboladejo, A. 1995. Control de clima en invernadero. Comprendió de horticultura. Ed. Aedos p. 35
- Alzate, J. 2008. Monografía del cultivo de la lechuga. Inteligencia en la producción. Colinagro p. 6
- Azcón B., J; Talón M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal; ed. Universidad de Barcelona. España, editorial Mcgraw-Hill Interamericana de España, S.A.U., 522 p.
- Bastida, A. y Ramírez, J. 2008. Los Invernaderos en México. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo p. 123
- Bernat, C.; Victoria, J.; Martínez, J. 1987. "Invernaderos"; Edición AEDOS; Barcelona – España; p. 5 – 13.
- Blanco, Y. J. 2013. Determinación de la calidad de estiércol de vicuña en dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo ambiente protegido en Patacamaya La Paz, Bolivia p. 48
- Bouzo, C. Pilatti R. Favoros J. Norberto F. 2005. Facultad de ciencias agrarias UNL Gariglia. Cultivo de tomate en invernadero alternativa para el control de temperaturas extremas 42 p.
- Casseres, E. 1984. Producción de Hortalizas, Tercera Edición. Editorial IICA. San José, Costa Rica p.181-182
- Chávez, J. 1998. Mejoramiento de plantas 1.Segunda Edición. Editorial Trillas. Distrito Federal – México. MX. p. 136.
- Chilon, E. 1997. Manual de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. Segunda Edición. C.I.D.A.T. La Paz, Bolivia. 119 p.
- Choque, L. 2005. Uso intensivos de invernaderos mediante la producción vertical de Lechuga (*Lactuca sativa*). Tesis Lic. Ing. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia. 22 p.

- Chura, O. 2014. Evaluación del efecto de porcentaje de Mallas Raschel, concentraciones de biol en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) en ambiente protegido en la Comunidad Ancocala Baja del Municipio de Laja Tesis Lic. Ing. La Paz, Bo. UMSA p. 4 – 20
- Churquina, 2000. Apuntes de la investigación. Centro de Investigación en Línea Organizada. La Paz, Bolivia.
- Condori, CH. 2005. Efecto de la Semi-sombra en la lechuga repollada con tres niveles de fertilización nitrogenada bajo carpa solar Tesis Lic. Ing. La Paz, Bolivia UMSA p. 25
- Condori, V. L. 2003. Evaluación de dos Métodos de Aplicación de fertilizantes Nitrogenados y dos tipos de trasplante en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) en carpa solar. Tesis Lic. Ing. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia. 92 p.
- Cruz, E. (2010). Sistematización del proceso de introducción de macro túneles con cobertura de polipropileno, en la producción de tomate (*solanum lycopersicum*, Solanaceae) en finca los tinos, Santa Catarina Mita, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, 67 p.
- Doorembo, J. 1976. Las Necesidades de Agua de los Cultivos. Publicaciones FAO. Roma, Italia. 101 p.
- Duran, R. F. 2009. Producción de pimentón, tomate y lechuga. Primera Edición GRUPO LATINO. Bogotá p. 48
- Emagister, 2011. Características de las lechugas (En línea). Consultado el 20 de junio de 2014. Disponibles en: <http://www.emagister.com/curso-comportamiento-agronomico-lechuga-intibuca/caracteristicas-lechuga>.
- Estrada, P.J. 1990. Ambiente atemperado; Técnicas de producción para hortalizas
- Estrada, P. J. J. 2010. FAO Tríptico de Cultivo de la Lechuga. Huertas Orgánicas en Invernaderos.

- FAO. 2006. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA). Cultivo de lechuga (En línea). Consultado el 20 de abril de 2013. Disponible en [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/Pfrescos/lechuga.htm](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/Pfrescos/lechuga.htm)
- FAO, 2010. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación IT). Departamento de Agricultura. El cultivo protegido en el mediterráneo (en línea). Consultado el 22 de noviembre del 2015. Disponible: <http://www.fao.org>
- Farfán, M. 2004. Evaluación de Dos Sistemas de Riego Localizado (uno Semi artesanal) en condiciones de Carpa Solar en el Altiplano Norte. Tesis Lic. Ing. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia. 5-15 p.
- Fersini, A. 1979. Hortícola práctica, Ed. Diana México; p. 101 – 102
- García, V. 1996. Efecto de seis épocas de deshierbe manual y uso de herbicidas en el cultivo de lechuga bajo carpa solar. Tesis Lic. Ing. Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia. p. 51
- GAMEA, (2014). Gobierno Municipal de El Alto. Plan de Ordenamiento Urbano y Territorial. Estudio de identificación y analisis de la cadena productiva hortícola (lechugas) distrito 11 Tacachira - municipio El Alto – Provincia Murillo – departamento de La Paz p. 2- 3
- Giaconi V. 1995. Cultivo de Hortalizas. Undécima edición. Editorial Universitaria Santiago, Chile 337 p.
- Gmia, Geosintéticos, Mallas, Ingeniería Agrícola, 2013. Agricultura, Malla de Sombra. Consultado el 30 de mayo del 2015. Disponibles en: <http://www.gemia.com.mx/documents/92.html>.
- Gostinchar, J. 1967. Tratado de Especialización Agrícola. Primer Editorial oikos tau S.A. Edición. Mundi, Prensa Barcelona. España. 8-65 p.
- Guzmán, M. 1993. Construcción y Manejo de invernaderos. (Memorias, U.M.S.A.) p. 3-7
- Hartmann, F. 1990. Invernaderos y Ambientes Atemperados Editorial OFFSET Bolivia Ltda. La Paz, Bolivia p. 9-30

- Hernández G.2002. Libro Botánica Online. Nutrición Mineral de las Plantas. Copyright © 2001 - Versión 2.0 - Reservados todos los derechos. Revisado: 08 de octubre de 2015.
- Hydroenvironment, 2014. Catalogo Luz en las plantas. Consultado el 16 de Abril del 2015. Disponible en: [http:// www. hydroenvironment.com.mx/ catalogo/ index. Php? Main page= page & id= 221.](http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?Mainpage=page&id=221)
- Huerres, C. Y Carballo, N. 2001. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. Habana, Cuba p. 144.
- INIA, 1995. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria manejo de variedades en el cultivo de la lechuga. Editorial Las Brujas. Uruguay. 2 p.
- INE, 2011. (Instituto Nacional de Estadística).Ubicación geográfica de la Ciudad El Alto, (en línea), Consultado 11 junio 2015. Disponible en: [http://www.ine.org.bo/anuario\\_2000](http://www.ine.org.bo/anuario_2000)
- INE, 2013. (Instituto Nacional de Estadística).Ubicación geográfica de la Ciudad El Alto, (en línea), Consultado 11 junio 2015. Disponible en: [http://www.ine.org.bo/anuario\\_2000](http://www.ine.org.bo/anuario_2000)
- INE-ENA (Instituto Nacional de Estadística-Encuesta Nacional Agropecuaria). 2008. Parte II Bolivia superficie cultivada, producción y rendimiento: Bolivia y La Paz. p. 51- 84.
- Infoagro, 2003. Los plásticos en la agricultura (en línea). España. Consultado el 4 septiembre 2015. Disponible en: [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/plasticos.asp](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos.asp).
- ISA, 2009. INTERNATIOCNAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. Técnicas apropiadas para aplicar el mulch. (En línea). Consultado el 15 de Septiembre del 2015. Disponible: [http:// www.isahispana.com/treecare/resources/mulching\\_spanish.pdf](http://www.isahispana.com/treecare/resources/mulching_spanish.pdf)
- Khol, B. 1990, “Diagnostico de los sistemas de cultivo protegidos en el Altiplano Boliviano”. La Paz, Bolivia. SEMTA. 80 p.
- Lira, S. R. 2002. Fisiología vegetal Primera Edición. Trillas. Distrito Federal, MX. p. 237.

- Mallar, A. 1978. La Lechuga. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires. Ediciones Mundi-Prensa p. 3-27
- Mamani, E. (2006). Efecto de la aplicación de abonos en el cultivo de lechuga suiza (*Valerianella locusta*) en walipinis de la localidad de Ventilla. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. p. 3-7
- Maroto, J.V. 1998. Historia de la Agronomía. Ed. Mundi-Prensa S.A. Madrid, p. 27
- Maroto, J.V. 2000. La Lechuga y la Escarola Ed. Mundi –Prensa S.A. Madrid, p. 33-36-37
- Martínez, C. 2013. Evaluación Técnica y Financiera de Cultivo de Lechuga en Invernadero como Alternativa para Invierno. Terra Latinoamericana; Chapingo México p. 551
- Molina, E. y Meléndez, G. (2002) Tabla de interpretación de analisis de suelos. CIA (Centro de Investigación Agraria); UCR (Universidad de Costa Rica), San José, Costa Rica. Consultado el 20 de Enero del 2016. Disponible: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Montes, M. 2004. Evaluación agronómica de cinco Cultivares de Lechuga (*Lactuca sativa*) en condiciones de invernadero. Tesis Lic. Ing. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia. 49 p.
- Nava, S. 1992. Producción intensiva de la lechuga (*lactuca sativa* L) en hidroponía bajo invernadero. Universidad Autónoma de Chapingo: p. 4
- Oren-Shamir M., Gussakovsky E. E., Spiegel E., Nissim-Levi A, Ratner K., Ovadia R., Giller Y. E. y Shahak Y. 2001. Mallas de sombreado de color pueden mejorar la producción y la calidad de ramas decorativas verdes de *Pittosporum variegatum*. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 76: 353-361 p.
- Perrin, R.; Anderson, J. 1988. “La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos”. Publicado por CIMMYT. Programa de Economía. México. 92 p.
- Promosta 2005. El cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) documento técnico Guías tecnológicas de Frutas y Vegetales. Proyectos de modernización de los servicios de tecnología agrícola 12: 1 p.

- Quisbert, C. 2002. Uso intensivo de la carpa solar para la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el altiplano Norte. Tesis Lic. Ing. Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia. 96 p.
- Raschel, Tex. 2014. Mallas de sombra. Tecnología para el desarrollo. Lurín, Lima Perú.
- Rodríguez, G. (2007). Efecto de la cobertura del suelo con cascarilla de arroz en el crecimiento y rendimiento del tomate de ramillete. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimítrova Quivicán, La Habana, Cuba. CP 33500. p. 86-87
- Rozano V, C Quiroz, J Acosta, L Pimentel, E Quiñones. (2004) Hortalizas las llaves de la energía p. 13
- Ruiz N. 2012. Evaluación de cepas de (*Azospirillum sp*) y malla sombra de colores sobre la morfología y bioquímica de la lechuga. Tesis Lic. Ing. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buena vista México 10 – 56 p.
- Sadaba, Salom, et al; 2008. Cultivo hidropónico de la lechuga Navarra Agraria: España: Fundación instituto técnico y de gestión agrícola. p.6
- Salinas, I. 2004. Efecto de humus de residuos urbanos sobre las propiedades de suelo y en la producción de lechuga. Tesis Lic. Ing. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia. 97 p.
- Sánchez, P. (1999). Materia orgánica del suelo Modulo II. Edición CIED. Lima – Perú. p. 161
- Santos, B. y Salame, T. 2013. Producción de hortalizas en ambientes protegidos: Estructuras para la agricultura protegida. Serie de publicaciones del Departamento de Horticultural Sciences, UF/IFAS Extensión. (UF/IFAS). Universidad de Florida, Estados Unidos p. 4
- SENAMHI, 2003. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología La Paz, Bolivia 56 p.
- Serrano, Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernadero. Primera Edición. Ed. Barcelona, España p. 34 -213
- Serrano, Z. 1994. Construcción de invernaderos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 444 p.

- Shahak Y. E Gussakovsky Y. E Gal R. Ganelevin 2004. Color nets crop protection and lighty manipulation in one technology. Acta horticulturae 146 p.
- Stamps R. 2009. Use of colored Shade Netting in Horticulture. Horticulture Sciences 44:2. 239- 241 p.
- Terranova, A. 1995. Enciclopedia Agropecuaria. Terranova, Terranova. Editores volumen dos. Bogotá, Colombia. 21-293 p.
- Valadez, A. 1989. Producción de hortalizas. Edición. LIMUSA, S.A. México. pág. 149 – 163
- Vásquez, A. 1990. Experimentación Agrícola. Diseños estadísticos para la investigación científica y tecnológica, Primera Edición, Editorial AMARU. Perú 40 - 69 p.
- Vigliola, M. 1992. Manual de Horticultura, Segunda edición, Editorial HEMISFERIO SUR. Argentina p. 81-85
- Watt, B. 1975. Composition of Foods .Agric. Handbook p.28
- Zabala, L. Y Ojeda, L. 1988. Fitotecnia Especial, Tomo II. Pueblo y Educación la Habana. 58 p.
- Zari G. 2006. El efecto de mallas de sombreado sobre invernaderos microclima 16 p.

## **8. ANEXOS**

**Anexo 1. Fotografías de la instalación de la malla raschel, para cubrir las camas orgánicas**

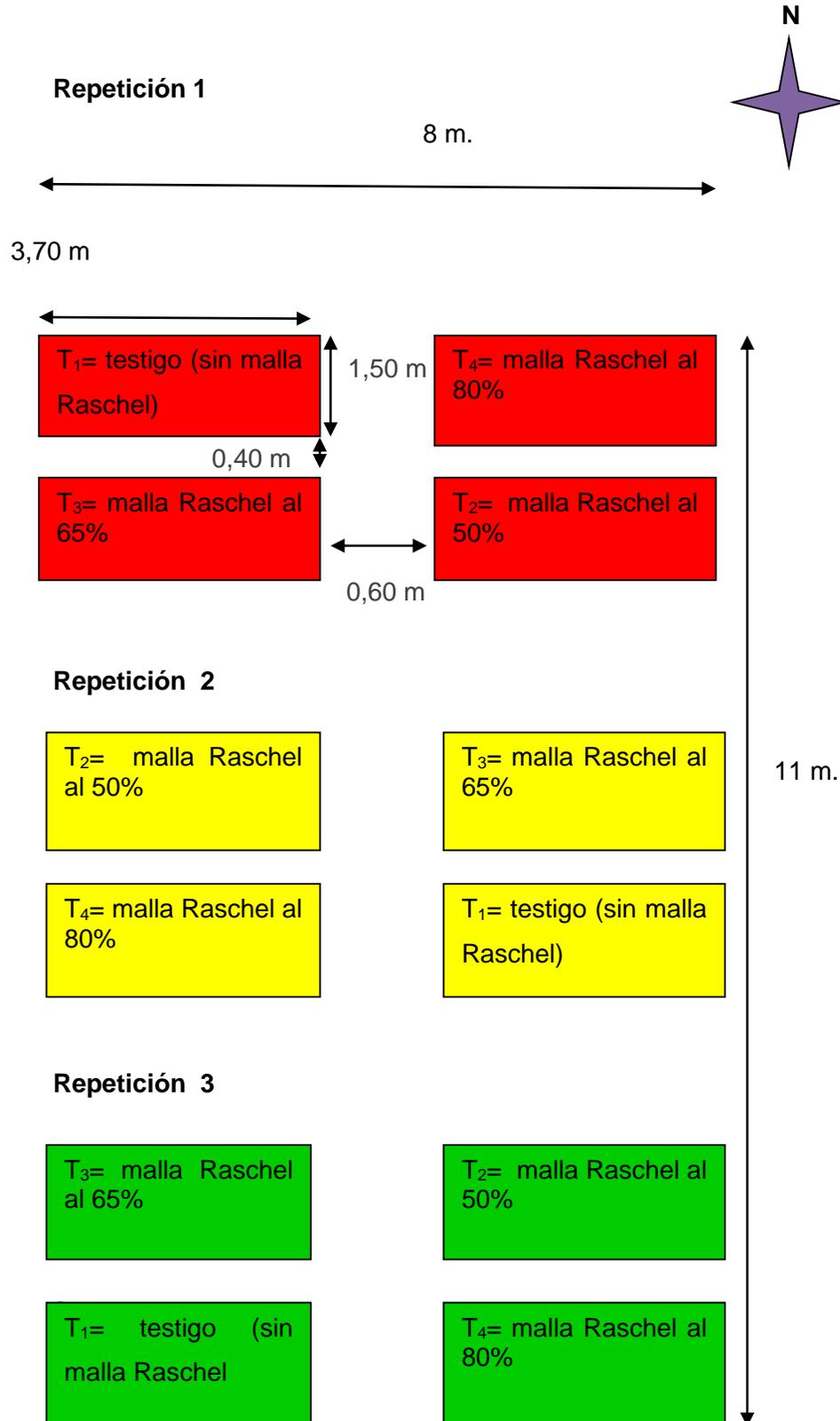
**Foto 1.** Plantado de los fierros revestidos con tubo plástico



**Foto 2.** Instalación de las mallas raschel de 50%, 65% y 80% de densidad para cada tratamiento



## Anexo 2. Características del área experimental croquis del experimento



### Anexo 3. Registros de temperaturas

REGISTROS DE TEMPERATURAS DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN											
AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
día	T° min.	T° máx.	T° prom.	día	T° min.	T° máx.	T° prom.	día	T° min.	T° máx.	T° prom.
22	-1	40	19,5	1	5	38	21,5	1	7	39	23
23	-2	38	18	2	4	43	23,5	2	7	28	17,5
24	5	40	22,5	3	7	40	23,5	3	8	36	22
25	-2	40	19	4	10	32	21	4	9	35	22
26	5	33	19	5	11	28	19,5	5	8	40	24
27	10	40	25	6	7	30	18,5	6	10	18	14
28	5	42	23,5	7	6	38	22	7	7	29	18
29	8	37	22,5	8	8	32	20	8	8	30	19
30	6	35	20,5	9	7	40	23,5	9	8	45	26,5
31	4	40	22	10	7	41	24	10	15	42	28,5
<b>Promedio</b>	<b>3.8</b>	<b>38.5</b>	<b>21.15</b>	11	-2	23	10,5	<b>Promedio</b>	<b>8.7</b>	<b>34.2</b>	<b>21.45</b>
				12	1	34	17,5				
				13	3	38	20,5				
				14	6	40	23				
				15	5	40	22,5				
				16	3	37	20				
				17	6	18	12				
				18	-1	21	10				
				19	8	31	19,5				
				20	5	35	20				
				21	3	38	20,5				
				22	-1	31	15				
				23	6	40	23				
				24	5	41	23				
				25	9	41	25				
				26	11	42	26,5				
				27	10	40	25				
				28	6	40	23				
				29	4	45	24,5				
				30	4	46	25				
				<b>Promedio</b>	<b>5.43</b>	<b>36.10</b>	<b>20.77</b>				

#### Anexo 4. Registro de % de humedad relativa e intensidad de la luz

fechas	% DE HUMEDAD RELATIVA				INTENCIDAD DE LUZ			
	T1 0%	T2%	T3%	T4%	T1 = 0%	T2 = 50%	T3= 65%	T4= 80%
22	60	69	80	70	74.000	35.800	25.000	19.000
23	55	68	82	80	70.000	34.000	18.400	15.000
24	65	72	85	80	70.500	33.700	22.000	17.000
25	70	75	85	70	68.000	30.200	17.000	15.000
26	70	70	80	70	65.000	33.000	16.000	11.000
27	61	68	72	75	72.300	33.000	20.000	15.600
28	65	68	75	71	68.500	31.700	18.700	12.000
29	60	65	70	70	65.000	32.200	17.000	11.000
30	68	70	75	78	60.000	27.000	10.000	10.000
31	70	75	80	80	64.000	28.300	16.000	12.500
1	60	65	70	79	60.000	27.400	12.000	11.000
2	55	60	70	75	67.000	29.700	15.000	9.000
3	69	77	82	88	60.000	26.800	14.000	10.000
4	62	75	80	85	55.000	25.600	13.300	9.000
5	70	75	80	80	50.000	22.800	12.600	10.200
6	70	70	85	88	54.300	24.750	15.000	11.000
7	68	72	75	85	60.000	28.000	16.000	11.000
8	67	70	85	86	68.000	30.600	17.000	11.500
9	62	71	75	78	70.000	33.000	15.000	12.000
10	61	70	70	75	73.000	33.700	16.000	12.500
11	54	63	68	68	25.000	13.000	7.000	4.000
12	60	69	75	78	65.000	28.000	12.000	11.000
13	50	60	68	70	60.000	24.650	13.000	12.000
14	55	60	65	70	70.000	32.000	17.000	14.000
15	60	65	72	84	60.000	27.900	12.200	8.500
16	62	68	72	74	75.000	36.000	18.000	13.000
17	60	79	80	81	65.000	27.800	13.000	12.000
18	62	80	82	83	24.000	13.600	8.000	4.200
19	68	70	75	79	48.000	23.700	9.900	5.400
20	70	75	80	85	60.600	28.900	15.000	10.000
21	65	75	82	88	72.000	34.000	16.000	13.100
22	50	62	72	75	65.000	27.890	13.000	5.000
23	61	65	75	79	68.000	32.000	20.000	13.000
24	62	70	73	78	70.000	33.000	18.000	16.000
25	60	65	70	72	60.000	27.600	14.800	11.000
26	61	64	74	80	62.000	32.000	16.900	10.000
27	65	75	80	83	80.000	39.800	23.500	19.500

fechas	% DE HUMEDAD RELATIVA				INTENCIDAD DE LUZ			
	T1 0%	T2%	T3%	T4%	T1 = 0%	T2 = 50%	T3= 65%	T4= 80%
28	60	78	80	85	75.000	36.000	19.600	14.000
29	70	71	74	75	70.000	34.700	17.000	14.000
30	60	61	75	78	60.000	29.900	15.000	12.000
1	55	58	68	72	78.000	37.100	20.000	18.000
2	50	55	70	74	70.000	35.000	17.000	15.100
3	55	60	75	75	60.400	30.000	12.500	13.000
4	50	65	70	72	58.000	28.800	10.000	10.000
5	70	70	80	75	60.000	28.000	14.000	11.000
6	55	62	70	78	50.000	26.800	11.900	10.000
7	50	55	70	70	55.000	28.750	11.000	9.000
8	60	68	75	80	60.000	30.000	16.000	12.000
9	55	70	78	80	75.000	36.800	17.000	15.200
10	55	60	70	80	73.000	35.960	15.100	12.000
<b>PROMEDIO</b>	<b>61</b>	<b>68</b>	<b>76</b>	<b>78</b>	<b>63.372</b>	<b>30.018</b>	<b>15.388</b>	<b>11.846</b>

## Anexo 5. Análisis físico químico de suelo

**MINISTERIO DE EDUCACION**

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES  
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

**ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS**

INTERESADO : *PRUDENCIA QUISPE TOLA*  
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*  
*Provincia: MURILLO*  
*Zona: TACACHIRA*

NO SOLICITUD: *220 / 2014*  
FECHA DE RECEPCION : *21 / Octubre / 2014*  
FECHA DE ENTREGA : *24 / Noviembre / 2014*  
Nº Factura : *7982 / 14*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Comunidad Tacachira, U. E. República del Uruguay.*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
599-01 /2014	TEXTURA	ARENA	59	%	Hidrómetro de Bouyoucos
599-02 /2014		ARCILLA	24	%	Hidrómetro de Bouyoucos
599-03 /2014		LIMO	17	%	Hidrómetro de Bouyoucos
599-04 /2014		CLASE TEXTURAL	FYA	-	Hidrómetro de Bouyoucos
599-05 /2014		GRAVA	23,6	%	Gravimetría
599-06 /2014	CARBONATOS LIBRES	P	-	Reacción ácida	
599-07 /2014	pH en agua 1:5	6,08	-	Potenciometría	
599-08 /2014	pH en KCl 1N, 1:5	5,43	-	Potenciometría	
599-09 /2014	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,240	dS/m	Potenciometría	
599-10 /2014	CATIONES	Acidez de cambio (Al+H)	0,10	meq/100 g	Volumetría
599-11 /2014		Calcio	7,31	meq/100 g	Absorción atómica
599-12 /2014		Magnesio	2,82	meq/100 g	Absorción atómica
599-13 /2014		Sodio	0,37	meq/100 g	Emisión atómica
599-14 /2014		Potasio	1,51	meq/100 g	Emisión atómica
599-15 /2014		Total de bases	12,01	meq/100 g	Suma de base
599-16 /2014		C. I. C.	12,11	meq/100 g	Volumetría
599-17 /2014	SATURACIÓN BÁSICA	99,17	%	Cálculo matemático	
599-18 /2014	Materia Orgánica	6,08	%	Walkley Black	
599-19 /2014	Nitrógeno total	0,30	%	Kjeldahl	
599-20 /2014	Fósforo asimilable	46,87	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

OBSERVACIONES,- \*\* Cationes de Cambio extraídos con Acetato de amonio 1N.

C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.

CARBONATOS LIBRES; A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

**CLASE TEXTURAL**

F : Franco    Y : Arcilloso    FA : Franco Arenoso.    YL : Arcilloso Limoso  
L : Limoso    YA : Arcilloso Arenoso    AF : Arenoso Franco    FYL : Franco Arcilloso Limoso  
A : Arenoso    FYA : Franco Arcilloso Arenoso    FY : Franco Arcilloso    FL : Franco Limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

### Anexo 6. Toma de datos, altura de planta en promedios

Tratamientos	R1	R2	R3
T1(sin malla)	12,81	14,81	16,77
T2 (50% de malla raschel)	19,26	20,26	17,50
T3 (65% de malla raschel)	20,69	19,69	18,38
T4 (80% de malla raschel)	20,67	19,95	19,95
<b>Promedio total</b>			<b>18,40</b>

### Anexo 7. Toma de datos, número de hoja en promedios

Tratamientos	R1	R2	R3
T1(sin malla)	10,04	10,19	12,23
T2 (50% de malla raschel)	11,23	11,42	11,47
T3 (65% de malla raschel)	7,71	7,33	6,76
T4 (80% de malla raschel)	7,23	7,38	7,52
<b>Promedio total</b>			<b>9,23</b>

### Anexo 8. Toma de datos, ancho de hoja en promedio

Tratamientos	R1	R2	R3
T1(sin malla)	13,01	13,43	15,98
T2 (50% de malla raschel)	13,76	13,82	13,71
T3 (65% de malla raschel)	12,23	10,96	11,72
T4 (80% de malla raschel)	11,69	11,03	11
<b>Promedio total</b>			<b>12,69</b>

### Anexo 9. Toma de datos, longitud de raíz en promedios

Tratamientos	R1	R2	R3
T1(sin malla)	8,26	8,33	10,14
T2 (50% de malla raschel)	7,86	9,21	6,26
T3 (65% de malla raschel)	8,57	6,51	7,79
T4 (80% de malla raschel)	7,00	7,07	7,36
<b>Promedio total</b>			<b>7,87</b>

### Anexo 10. Toma de datos, rendimiento de materia verde en promedios

Tratamientos	R1	R2	R3
T1(sin malla)	6.100	6.000	5.900
T2 (50% de malla raschel)	6.950	7.100	7.150
T3 (65% de malla raschel)	4.300	4.160	4.250
T4 (80% de malla raschel)	3.150	3.400	4.300
<b>Promedio total</b>			<b>5.230</b>

## Anexo 11. Análisis beneficios/costo (1m<sup>2</sup>/año), para el tratamiento N° 1

**Cultivo** Lechuga (grand rapid)  
**Ciclo** 50 días (de transplante a cosecha)

### A. COSTOS DE INVERSIÓN

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)	Vida útil (año)	Unidad de sub División	Cantidad (m <sup>2</sup> /año)	Amortización (Bs.)
Herramientas (Regadera, picota, pala)	global	1	160,00	160,00	10	parcela	88	0,18
Sin Malla Raschel	m	0	0,00	0,00	0		0	0,00
Fierro revestido con tubo plástico	pieza	18	4,60	82,80	10		9	0,92
Estuco	fanega	0,5	16,00	8,00	10		10	0,08
Termómetro	pieza	1	100,0	100,0	10		11	0,91
Higrómetro	pieza	4	100,0	400,0	10		12	3,33
Análisis de Suelo	kg	1,00	215,0	215,0	10,0	2150,00	292,92	0,07
Carpa solar	global	1,00	10000,0	10000,0	10,0		88,00	11,36
<b>Total A</b>								<b>16,86</b>

### B. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR M2

#### B1. COSTOS VARIABLES

Detalle	Unidad	Cantidad por ciclo	Costo Unitario BS	Costo Total por ciclo (Bs.)	N° Ciclos año	Costo Total/año (Bs.)
Semilla	gramo	0,03	0,600	0,018	7,00	0,126
Estiercol (20%)	m3	0,05	120,00	6,00	3,00	18,00
Turba (10%)	m3	0,03	120,00	3,60	3,00	10,80
Agua (4 litros/día) durante 1 año	litro	152,00	0,003	0,380	7,00	2,66
<b>Sub Total B1</b>						<b>31,59</b>

#### B2. COSTOS FIJOS

Detalle	Unidad	Cantidad	N° de Ciclos	Costo Unitario (Bs./min)	Total/año (Bs.)	Total/año (\$us)
MANO DE OBRA (20 Bs./día)						
Preparacion de sustrato	minutos	16	7,0	0,1	11,20	
Almacigado	minutos	5	7,0	0,1	3,50	
Transplante	minutos	2,7	7,0	0,1	1,89	
Riego	minutos	19	7,0	0,1	13,30	
Control de maleza y escarda	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78	
Cosecha y empaque	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78	
<b>Sub Total B2</b>					<b>37,45</b>	<b>1,00</b>
<b>Total B1 + B2</b>					<b>69,04</b>	

### C. INGRESOS/BENEFICIO

Detalle	Unidad	Cantidad por ciclo	Factor de eficiencia	Precio unitario (Bs.)	Precio total por ciclo (Bs.)	N° ciclos / año	Ingreso total por año (Bs.)
T1 (sin malla)	kg	6	0,7	6	25,2	7	176,4
<b>Total</b>							

### D. UTILIDAD/PERDIDA

Total	(Bs.)	
INGRESOS C.	176,40	
COSTOS A+B	85,90	
<b>UTILIDAD</b>	<b>90,50</b>	

## Anexo 12. Análisis beneficios/costo (1m<sup>2</sup>/año), para el tratamiento N° 2

**Cultivo** Lechuga (grand rapid)  
**Ciclo** 50 días (de transplante a cosecha)

### A. COSTOS DE INVERSIÓN

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)	Vida útil (año)	Unidad de sub División	Cantidad (m <sup>2</sup> /año)	Amortización (Bs.)
Herramientas (Regadera, picota, pala)	global	1	160,00	160,00	10	parcela	88	0,18
Malla Raschel (50%)	m	0,5	35,00	17,50	7		1	2,50
Fierro revestido con tubo plástico	pieza	18	4,60	82,80	10		9	0,92
Estuco	fanega	0,5	16,00	8,00	10		10	0,08
Termómetro	pieza	1	100,0	100,0	10		11	0,91
Higrómetro	pieza	4	100,0	400,0	10		12	3,33
Análisis de Suelo	kg	1,00	215,0	215,0	10,0	2150,00	292,92	0,07
Carpa solar	global	1,00	10000,0	10000,0	10,0		88,00	11,36
<b>Total A</b>								<b>19,36</b>

### B. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR M2

#### B1. COSTOS VARIABLES

Detalle	Unidad	Cantidad por ciclo	Costo Unitario BS	Costo Total por ciclo (Bs.)	N° Ciclos año	Costo Total/año (Bs.)
Semilla	gramo	0,03	0,600	0,018	7,00	0,126
Estiercol (20%)	m3	0,05	120,00	6,00	3,00	18,00
Turba (10%)	m3	0,03	120,00	3,60	3,00	10,80
Agua (4 litros/día) durante 1 año	litro	152,00	0,003	0,380	7,00	2,66
<b>Sub Total B1</b>						<b>31,59</b>

#### B2. COSTOS FIJOS

Detalle	Unidad	Cantidad	N° de Ciclos	Costo Unitario (Bs./min)	Total/año (Bs.)	Total/año (\$us)
<b>MANO DE OBRA (20 Bs./día)</b>						
Preparacion de sustrato	minutos	16	7,0	0,1	11,20	
Instalacion de Mallas	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78	
Almacigado	minutos	5	7,0	0,1	3,50	
Transplante	minutos	2,7	7,0	0,1	1,89	
Riego	minutos	19	7,0	0,1	13,30	
Control de maleza y escarda	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78	
Cosecha y empaque	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78	
<b>Sub Total B2</b>					<b>41,23</b>	<b>1,00</b>
<b>Total B1 + B2</b>					<b>72,82</b>	

### C. INGRESOS/BENEFICIO

Detalle	Unidad	Cantidad por ciclo	Factor de eficiencia	Precio unitario (Bs.)	Precio total por ciclo (Bs.)	N° ciclos / año	Ingreso total por año (Bs.)
T2 (50% de malla raschel)	kg	7	0,7	6	29,4	7	205,8
<b>Total</b>							

### D. UTILIDAD/PERDIDA

Total	(Bs.)	
INGRESOS C.	205,80	
COSTOS A+B	92,18	
<b>UTILIDAD</b>	<b>113,62</b>	

### Anexo 13. Análisis beneficios/costo (1m<sup>2</sup>/año), para el tratamiento N° 3

**Cultivo** Lechuga (grand rapid)  
**Ciclo** 50 días (de transplante a cosecha)

#### A. COSTOS DE INVERSIÓN

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)	Vida útil (año)	Unidad de sub División	Cantidad (m <sup>2</sup> /año)	Amortización (Bs.)
Herramientas (Regadera, picota, pa global	global	1	160,00	160,00	10	parcela	88	0,18
Malla Raschel (65%)	m	0,5	45,00	22,50	7		1	3,21
Fierro revestido con tubo plástico	pieza	18	4,60	82,80	10		9	0,92
Estuco	fanega	0,5	16,00	8,00	10		10	0,08
Termómetro	pieza	1	100,0	100,0	10		11	0,91
Higrómetro	pieza	4	100,0	400,0	10		12	3,33
Análisis de Suelo	kg	1,00	215,0	215,0	10,0	2150,00	292,92	0,07
Carpa solar	global	1,00	10000,0	10000,0	10,0		88,00	11,36
<b>Total A</b>								<b>20,08</b>

#### B. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR M2

##### B1. COSTOS VARIABLES

Detalle	Unidad	Cantidad por ciclo	Costo Unitario BS	Costo Total por ciclo (Bs.)	N° Ciclos año	Costo Total/año (Bs.)
Semilla	gramo	0,03	0,600	0,018	7,00	0,126
Estiercol (20%)	m3	0,05	120,00	6,00	3,00	18,00
Turba (10%)	m3	0,03	120,00	3,60	3,00	10,80
Agua (4 litros/día) durante 1 año	litro	152,00	0,003	0,380	7,00	2,66
<b>Sub Total B1</b>						<b>31,59</b>

##### B2. COSTOS FIJOS

Detalle	Unidad	Cantidad	N° de Ciclos	Costo Unitario (Bs./min)	Total/año (Bs.)
<b>MANO DE OBRA (20 Bs./día)</b>					
Preparacion de sustrato	minutos	16	7,0	0,1	11,20
Instalacion de Mallas	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78
Almacigado	minutos	5	7,0	0,1	3,50
Transplante	minutos	2,7	7,0	0,1	1,89
Riego	minutos	19	7,0	0,1	13,30
Control de maleza y escarda	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78
Cosecha y empaque	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78
<b>Sub Total B2</b>					<b>41,23</b>
<b>Total B1 + B2</b>					<b>72,82</b>

#### C. INGRESOS/BENEFICIO

Detalle	Unidad	Cantidad por ciclo	Factor de eficiencia	Precio unitario (Bs.)	Precio total por ciclo (Bs.)	N° ciclos / año	Ingreso total por año (Bs.)
T3 (65% de malla raschel)	kg	4,2	0,7	6	17,64	7	123,48
<b>Total</b>							

#### D. UTILIDAD/PERDIDA

Total	(Bs.)
INGRESOS C.	123,48
COSTOS A+B	92,89
<b>UTILIDAD</b>	<b>30,59</b>

## Anexo 14. Análisis beneficios/costo (1m<sup>2</sup>/año), para el tratamiento N° 4

**Cultivo** Lechuga (grand rapid)  
**Ciclo** 50 días (de transplante a cosecha)

### A. COSTOS DE INVERSIÓN

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)	Vida útil (año)	Unidad de sub División	Cantidad (m <sup>2</sup> /año)	Amortización (Bs.)
Herramientas (Regadera, picota, pa)	global	1	160,00	160,00	10	parcela	88	0,18
Malla Raschel (80%)	m	0,5	65,00	32,50	7		1	4,64
Fierro revestido con tubo plástico	pieza	18	4,60	82,80	10		9	0,92
Estuco	fanega	0,5	16,00	8,00	10		10	0,08
Termómetro	pieza	1	100,0	100,0	10		11	0,91
Higrómetro	pieza	4	100,0	400,0	10		12	3,33
Analisis de Suelo	kg	1,00	215,0	215,0	10,0	2150,00	292,92	0,07
Carpa solar	global	1,00	10000,0	10000,0	10,0		88,00	11,36
<b>Total A</b>								<b>21,50</b>

### B. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR M2

#### B1. COSTOS VARIABLES

Detalle	Unidad	Cantidad por ciclo	Costo Unitario BS	Costo Total por ciclo (Bs.)	N° Ciclos año	Costo Total/año (Bs.)
Semilla	gramo	0,03	0,600	0,018	7,00	0,126
Estiercol (20%)	m3	0,05	120,00	6,00	3,00	18,00
Turba (10%)	m3	0,03	120,00	3,60	3,00	10,80
Agua (4 litros/día) durante 1 año	litro	152,00	0,003	0,380	7,00	2,66
<b>Sub Total B1</b>						<b>31,59</b>

#### B2. COSTOS FIJOS

Detalle	Unidad	Cantidad	N° de Ciclos	Costo Unitario (Bs./min)	Total/año (Bs.)
<b>MANO DE OBRA (20 Bs./día)</b>					
Preparacion de sustrato	minutos	16	7,0	0,1	11,20
Instalacion de Mallas	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78
Almacigado	minutos	5	7,0	0,1	3,50
Transplante	minutos	2,7	7,0	0,1	1,89
Riego	minutos	19	7,0	0,1	13,30
Control de maleza y escarda	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78
Cosecha y empaque	minutos	5,4	7,0	0,1	3,78
<b>Sub Total B2</b>					<b>41,23</b>
<b>Total B1 + B2</b>					<b>72,82</b>

### C. INGRESOS/BENEFICIO

Detalle	Unidad	Cantidad por ciclo	Factor de eficiencia	Precio unitario (Bs.)	Precio total por ciclo (Bs.)	N° ciclos / año	Ingreso total por año (Bs.)
T4 (80% de malla raschel)	kg	3,6	0,7	6	15,12	7	105,84
<b>Total</b>							

### D. UTILIDAD/PERDIDA

Total	(Bs.)	
INGRESOS C.	105,84	
COSTOS A+B	94,32	
<b>UTILIDAD</b>	<b>11,52</b>	

### Anexo 15. Fotografías de instalación del ambiente atemperado, tipo túnel



**Foto 3.** Instalación del ambiente atemperado, con muro de adobe, viguetas plantados para el soporte de la cubierta y la realización del planchado del agrofilm, para el techado.



**Foto 4.** Preparación de sustrato, antes del techado, techado y tezado del Agrofilm, con la colaboración de la junta escolar de la U. E. República de Uruguay y presentación del ambiente protegido, en su culminación.

## Anexo 16. Fotografías del estudio experimental



**Foto 5.** Instalación de las mallas raschel, en ambiente atemperado tipo tunel area de estudio, intatación finalizada con las mallas.



**Foto 6.** Nivelado y marcado de distancias, para el transplante de la lechuga variedad (grand rapid)



**Foto 7.** Aplicación de riego en los tratamientos con y sin malla raschel



**Foto 8.** Toma de datos, en temperatura, humedad relativa y densidad de luz



**Foto 9.** Diferencias de el cultivo de la lechuga, en los tratamientos con y sin malla raschel



**Foto 10.** Visita para la observacion del estudio experimental, explicacion sobre el trabajo



**Foto 11.** Recogido de mallas, para la cosecha del cultivo.



Foto 12. Selección, enbolzado de el producto



Foto 13. Entrega de la lechuga para su comercialización



