

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE LECHUGA SUIZA
(*Valerianella locusta* L.), EN SUSTRATOS ORGÁNICOS CON DIFERENTES
COBERTURAS INORGÁNICAS, EN AMBIENTE PROTEGIDO**

WILLIAM MAYTA MAMANI

LA PAZ - BOLIVIA

2011

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE LECHUGA SUIZA
(*Valerianella locusta L.*), EN SUSTRATOS ORGÁNICOS CON DIFERENTES
COBERTURAS INORGÁNICAS, EN AMBIENTE PROTEGIDO**

*Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar al Título de
Ingeniero Agrónomo*

WILLIAM MAYTA MAMANI

Asesores:

Ing. Rafael Díaz Soto

Ing. Víctor Paye Huaranca

Tribunal Examinador:

Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez

Ing. René Calatayud Valdéz

Ing. Freddy Porco Chiri

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador:

2011

DEDICATORIA

El concluir este documento es un paso más que va de la mano de mis seres queridos, quienes en todo momento me acompañaron para finalizar este trabajo, agradeciendo de todo corazón:

A Papá Dios, por ser el guía y el camino a seguir en la vida.

A mis padres Pascual y Flora, quien con su apoyo incondicional, educación y ejemplos, me guiaron para llegar a mis metas y objetivos.

A mi hermano Roberto, con quien compartí momentos buenos y malos, y aprendí de él la perseverancia y la visión de ser independiente. A mis hermanos Aydeé y Lualdo, quienes constantemente confiaron en mí.

A mi hija Flor Valentina, quien es luz en mí caminar.

A mi esposa Angélica y padres políticos Reynaldo y Petrona, quienes me brindaron su apoyo y me comprendieron en los momentos de ausencia.

Por último a mis hermanos políticos Rosa, Oscar y Sandra, y sobrinos Wilder, Alan, Anahí, Evangeline, Nicolás, René y Flor Yandira, quienes siempre estuvieron a mi lado en las buenas y malas.

A G R A D E C I M I E N T O

A la Universidad Mayor de San Andrés, Casa de Estudio Superior que forjó mi educación.

Al cuerpo de Docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica, por sus conocimientos impartidos durante mis estudios, a quienes debo mi formación profesional.

Al Asesor Ing. Rafael Díaz Soto, quien dedico su tiempo y acertadas sugerencias en el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. Víctor Paye Huaranca, Asesor de este documento, quien aportó con su tiempo, amistad y conocimientos.

A los Ing. Freddy Porco Chiri, Ing. René Calatayud Valdéz e Ing. M.Sc. Hugo Bosque Sánchez, por las sugerencias y correcciones muy oportunas.

Finalmente, a mis compañeros de la facultad, con quienes compartimos cinco años de vivencias que no volverán a ocurrir, y cada una de las personas quienes me colaboraron de alguna manera en este andar.

CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA.....	ix
ÍNDICE DE DIBUJO.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos Específicos.....	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.1. Características principales del cultivo.....	2
3.1.1. Origen.....	2
3.1.2. Importancia del cultivo.....	3
3.1.3. Clasificación taxonómica.....	5
3.1.4. Descripción botánica.....	5
3.1.5. Fases fenológicas.....	6
3.1.6. Descripción del cultivo.....	7
3.1.7. Adaptabilidad del cultivo.....	7
3.1.8. Requerimiento del cultivo.....	8
3.1.8.1. Suelo.....	8
3.1.8.2. Clima.....	8
3.1.8.3. Riego.....	8
3.2. Medios de cultivo.....	9
3.2.1. Contenedores.....	9
3.2.1.1. Tipos y Dimensiones.....	9
3.2.1.2. Forrado de cajas.....	10
3.2.2. Cultivos en medio orgánico.....	10
3.2.2.1. Agricultura orgánica.....	10
3.2.2.2. Abonos orgánicos.....	10
3.2.2.3. Estiércol.....	11
3.2.2.4. Características de los estiércoles.....	12

3.2.2.4.1. Estiércol bovino.....	12
3.2.2.4.2. Estiércol ovino.....	12
3.2.2.5. Manejo del estiércol.....	14
3.2.2.6. Ventajas del abonamiento natural.....	15
3.3. Ambientes atemperados.....	15
3.3.1. Características principales de ambientes protegidos.....	15
3.3.2. Ventajas de la carpa solar.....	16
3.3.3. Importancia de ambientes protegidos.....	17
3.3.4. Orientación de la carpa solar.....	18
3.3.5. Variaciones microclimáticas en carpa solar.....	18
3.3.5.1. Temperatura.....	18
3.3.5.2. Humedad relativa.....	19
3.3.5.3. Luminosidad.....	19
3.3.5.4. Ventilación.....	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1. Características generales.....	20
4.1.1. Localización.....	20
4.1.2. Ubicación geográfica.....	21
4.1.3. Características climáticas de la zona.....	21
4.2. Materiales.....	21
4.2.1. Material vegetal.....	21
4.2.2. Material orgánico.....	21
4.2.3. Material inorgánico.....	22
4.2.4. Material de campo.....	22
4.2.5. Material de gabinete.....	22
4.2.6. Características de la carpa solar.....	23
4.3. Metodología.....	23
4.3.1. Procedimiento experimental.....	23
4.3.1.1. Construcción de contenedores.....	23
4.3.1.2. Ubicación de contenedores.....	24
4.3.1.3. Preparación del sustrato.....	24

4.3.1.3.1. Sustrato orgánico.....	24
4.3.1.3.2. Sustrato inorgánico.....	24
4.3.1.4. Apertura de surcos.....	25
4.3.1.5. Siembra y Frecuencia de Riego.....	25
4.3.1.6. Toma de datos.....	26
4.3.1.7. Registro de humedad y temperatura.....	26
4.3.1.8. Cosecha.....	26
4.3.2. Diseño experimental.....	26
4.3.2.1. Modelo lineal aditivo.....	27
4.3.2.2. Características de los tratamientos.....	28
4.3.2.3. Características del área experimental.....	28
4.3.2.4. Croquis del experimento.....	29
4.3.3. Variables de respuesta agronómicas.....	29
4.3.3.1. Altura de la planta.....	29
4.3.3.2. Ancho de hoja.....	30
4.3.3.3. Área foliar.....	30
4.3.3.4. Número de hojas.....	30
4.3.3.5. Rendimiento en materia verde.....	30
4.3.4. Variables de respuesta Fenológicas.....	30
4.3.5. Análisis económico.....	31
4.3.5.1. Costos de producción.....	31
4.3.5.1.1. Costo Fijos.....	32
4.3.5.1.2. Costo Variables.....	32
4.3.5.2. Beneficio Bruto.....	32
4.3.5.3. Beneficio Neto.....	32
4.3.5.4. Relación Beneficio/Costo.....	33
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	33
5.1. Condiciones climáticas.....	33
5.1.1. Temperatura dentro la carpa solar.....	33
5.1.2. Humedad relativa dentro la carpa solar.....	36
5.2. Variables agronómicas a la cosecha.....	38

5.2.1.	Altura de la planta.....	38
5.2.2.	Ancho de hoja.....	43
5.2.3.	Área foliar.....	49
5.2.4.	Número de hojas.....	53
5.2.5.	Rendimiento de materia verde.....	56
5.3.	Variables Fenológicas.....	60
5.4.	Análisis económico.....	62
5.4.1.	Costos de producción.....	63
5.4.1.1.	Costos fijos.....	63
5.4.1.2.	Costos variables.....	63
5.4.2.	Beneficio Bruto.....	65
5.4.3.	Beneficio Neto.....	65
5.4.4.	Relación Beneficio/Costo.....	66
6.	CONCLUSIONES.....	67
7.	RECOMENDACIONES.....	69
8.	LITERATURA CITADA.....	71
9.	ANEXOS.....	75

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Contenido de 100 gr. del cultivo.....	4
Cuadro 2. Composición de materias orgánicas de origen animal, vegetal y compuestos minerales.....	13
Cuadro 3. Temperaturas promedios máximos y mínimos por mes.....	34
Cuadro 4. Humedades Relativas promedios máximos y mínimos por mes.....	37
Cuadro 5. Análisis de Varianza de la Altura de Planta (cm.).....	39
Cuadro 6. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Sustrato en la Altura de Planta (cm.).....	40
Cuadro 7. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Variedades en la Altura de Planta (cm.).....	42
Cuadro 8. Análisis de varianza Ancho de Hoja (cm.).....	44
Cuadro 9. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Sustratos en el Ancho de Hoja (cm.).....	45
Cuadro 10. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Variedades en el Ancho de Hoja (cm.).....	47
Cuadro 11. Análisis de varianza Área Foliar (cm ²).....	50
Cuadro 12. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Sustratos en el Área Foliar (cm ²).....	51
Cuadro 13. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Variedades en el Área foliar (cm ²).....	52
Cuadro 14. Análisis de Varianza Número de Hojas.....	54
Cuadro 15. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Sustratos en el Número de Hojas.....	55
Cuadro 16. Análisis de varianza Rendimiento de Materia Verde.....	57
Cuadro 17. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Sustratos en el Rendimiento de Materia Verde en g/m ²	58
Cuadro 18. Costos Fijos y Variables para la implementación de Tratamientos.....	64
Cuadro 19. Costos de Producción por Tratamiento.....	64
Cuadro 20. Beneficio Bruto por Tratamiento.....	65
Cuadro 21. Beneficio Neto por Tratamiento.....	66
Cuadro 22. Relación Beneficio Costo por Tratamiento.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo.....	34
Figura 2. Humedad Relativa máxima y mínima en el ambiente protegido.....	37
Figura 3. Altura de Planta en cm. por tratamiento.....	38
Figura 4. Ancho de hoja en cm. por tratamiento.....	43
Figura 5. Área Foliar en cm ² por tratamiento.....	49
Figura 6. Número de Hojas por tratamiento.....	53
Figura 7. Rendimiento de Materia Verde en g/m ²	56
Figura 8. Crecimiento de plantas por tratamiento.....	60

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

	Pág.
Fotografía 1. Ubicación del experimento.....	20

ÍNDICE DE DIBUJO

	Pág.
Dibujo 1. Detalle de la disposición de los Sustratos en el contenedor.....	25

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Promedio Variables de Respuesta.....	76
1.1. Altura de planta (cm.).....	76
1.2. Ancho de hoja (cm.).....	76
1.3. Número de hojas.....	76
1.4. Área foliar (cm ²)	77
1.5. Rendimiento materia verde.....	77
ANEXO 2. Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%).....	77
2.1. Temperatura (C°) máxima y mínima por día.....	77
2.2. Humedad relativa (H°) máxima y mínima por día.....	79
ANEXO 3. Estudio Económico.....	80
3.1. Costos de producción.....	80
3.1.1. Costos fijos.....	80
3.1.2. Costos variables.....	80
3.2. Análisis de rentabilidad.....	81
ANEXO 4. Fotografías del experimento.....	81
4.1. Mezcla de sustratos.....	81
4.1.1. Proporción de sustratos inorgánicos.....	81
4.1.2. Proporción de sustratos orgánicos.....	82
4.2. Colocado de Drenaje.....	82
4.3. Colocado de sustrato orgánico.....	82
4.3.1. Llenado de sustrato orgánico hasta 6 cm.....	83
4.4. Colocado de sustrato inorgánico (e: 2 cm.).....	83
4.5. Siembra.....	83
4.6. Raleo.....	84
4.7. Presencia de Tijeretas.....	84
4.8. Quemadura de plantas.....	84
4.9. Cosecha.....	85
4.10. Cosecha semi limpia.....	85

R E S U M E N

La necesidad de buscar nuevas alternativas de producción de alimentos, ha hecho que se utilicen productos sintéticos y maquinaria que con el transcurrir de los tiempos ha producido problemas socioeconómicos y ambientales. Por estos problemas que posee la agricultura convencional, se ha estado buscando alternativas que sustituyan estos insumos externos por otros más favorables, que reduzcan drásticamente la dependencia de los insumos y equipos externos, brindando así una economía agrícola más independiente, viable y sana.

El presente trabajo de investigación titulado: **Producción de dos variedades de Lechuga suiza (*Valerianella locusta* L.), en sustratos orgánicos con diferentes coberturas inorgánicas, en ambiente protegido**, brinda una alternativa de producción utilizando materiales e insumos fáciles de obtener en el área rural, de tal manera que se pueda obtener productos orgánicos, reduciendo mano de obra para su manejo y además adaptable a cultivos hortícolas.

El experimento se estableció en la ciudad de El Alto, utilizando como ambiente protegido una carpa solar y establecida el ensayo en contenedores de madera. Se utilizó un modelo estadístico bi factorial en DBA, teniendo como factor A, a 3 combinaciones de Sustratos y como factor B, a dos Variedades, sembrados a chorro continuo a una distancia entre surcos de 8 cm. y teniendo 6 tratamientos en 3 bloques.

Se aclara que el factor A (sustrato) se dividió en dos, los de cobertura y de fondo; los de cobertura se utilizaron materiales que no se pueden descomponer fácilmente (arena fina, aserrín y ladrillo molido), con un espesor de 2 cm. de altura y mezclados a diferentes proporciones, y el sustrato de fondo (orgánico), estuvo compuesto de estiércoles (bovino y ovino) mezclados en la misma proporción con un espesor 6 cm.

Las variables de respuesta fueron: Altura de planta, Ancho de hoja, Número de hojas, Área foliar y Rendimiento de materia verde, además se realizó el análisis Fenológico, y análisis Económico.

En la Altura de planta, Número de hojas, Área foliar, Rendimiento de materia verde, el sustrato que tuvo mejor resultado fue **a1** (Arena fina y Aserrín más Estiércol Bov. y Ov.), mientras que en la variable Ancho de hoja el sustrato que tuvo mejor resultado fue **a3** (Arena fina más Estiércol Bov. y Ov.), y el de menor promedio en todas estas variables fue **a2** (Arena fina y Ladrillo molido, más Estiércol Bovino y Ovino); y la variedad con mejor comportamiento en todas las variables fue **b2** (B. holand).

A través del análisis económico realizado, se determino que no existe rentabilidad en ningún tratamiento, esto debido a los bajos rendimientos. Esta situación es debida posiblemente al deficiente funcionamiento del drenaje, al fenómeno de histéresis de la arcilla presente en el ladrillo molido o a la volatilidad del nitrógeno del sustrato orgánico. Pero es importante mencionar que estas mezclas y sus respectivas divisiones, quedan intactas, por lo que pueden ser utilizadas por los menos 3 veces mínimamente para la siembra.

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de buscar alternativas que mejoren e incrementen la producción, ha hecho que los agricultores utilicen insumos externos (Fertilizantes químicos, insecticidas, fungicidas, maquinaria, etc.), los que si bien, produjeron un gran impacto en el rendimiento de la producción y un aumento en la economía de los productores en sus primeras etapas; estas con el tiempo, tendieron a declinar; y para tratar de mantener este incremento, llegaron a utilizar más productos convencionales.

Lo que trajo muchos problemas socioeconómicos y ambientales, como por ejemplo: la resistencia de los insectos a los insecticidas, la degradación del suelo por la introducción de fertilizantes químicos y la utilización de maquinaria, el incremento de los costos de producción, dependencia a otros productos sintéticos, etc.

Por todos estos problemas que posee la agricultura convencional, se ha estado buscando alternativas que sustituyan estos insumos externos, por otros insumos agrícolas naturales, no dañinos al medio ambiente, que reduzca drásticamente la dependencia de los insumos y de los equipos externos, brindando una economía agrícola más independiente y viable, y capaz de abastecer alimento saludable a la población y ha proteger el medio ambiente para las generaciones futuras.

Por otra parte también la Ley N° 3681, declara prioridad la agricultura ecológica u orgánica con fines de incrementar y diversificar la oferta en el mercado local, nacional y posibilidades de exportación, rentabilidad, equilibrio del ecosistema y protección de la salud humana (www.derechoteca.com).

Una manera de producir de manera ecológica un cultivo - el cual es el tema de la presente investigación -, es la de utilizar materiales orgánicos e inertes (los que pueden ser obtenidos fácilmente en el área rural). Estos materiales son dispuestos en contenedores de tal manera que, se especula que garantizan la producción de varias cosechas, poseen las mismas ventajas y otras más con respecto a la producción hidropónica y la producción orgánica en suelo agrícola.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Evaluar la producción de dos variedades de Lechuga Suiza (*Valerianella locusta*), en sustratos orgánicos con diferentes coberturas inorgánicas, en ambiente protegido.

2.2. Objetivos Específicos

- Implementar el sistema de producción en el área productiva.
- Evaluar el efecto de los diferentes sustratos inertes y orgánicos en el desarrollo de las variedades del cultivo.
- Determinar los tratamientos con los mejores resultados en la producción del cultivo.
- Analizar los costos de producción de la *Valerianella locusta* en los diferentes tratamientos.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Características del cultivo

3.1.1. Origen

El centro de origen es desconocido, la especie crece en estado silvestre en toda la zona de Europa, Asia Menor y el Cáucaso. La primera investigación de su cultivo aparece en un documento alemán fechado en 1588 (www.infojardin.com).

Es originario de Europa, Asia Menor y Cáucaso. Los principales países productores de Canónigos son: Alemania, Francia, Italia. Los Canónigos sólo se consumen en Europa. Existen dos datos curiosos y relacionados con sus nombres. El nombre de la *Hierba de*

los gatos, es debido a que su olor atrae a los gatos, y la comen, para laxarse. Y el otro dato curioso y también relacionado con su nombre, es que como siempre se le habían atribuido propiedades relajantes y anti-estimulantes, por venir de la familia de las *Valerianáceas*. (www.euroresidentes.com)

3.1.2. Importancia del cultivo

El cultivo necesita de climas templados. Contiene: Pro vitamina A, C, B6, E; minerales: Yodo, Hierro, Potasio, Fósforo, también Acido fólico y Beta-carotenos. Es recomendado para: Facilitar la digestión, la vista, cabello, uñas, relaja el sistema nervioso, visión nocturna, anemia, problemas de riñones, depurativo de la sangre, colágeno, dientes, huesos, transmisión y generación del impulso nervioso y muscular, además que es eficaz al emplearse como antiescorbútico (www.euroresidentes.com).

La Lechuga suiza tiene un sabor suave, con un toque ácido. Su sabor recuerda al sabor de las nueces. Casi nunca se comen solos y suelen poner en ensaladas con otros ingredientes. Además sirven de decoración (www.euroresidentes.com).

Hierba anual de hoja pequeña. Según el tipo, su talla puede variar de 10 a 30 cm. de altura, y sus hojas serán anchas o estrechas, redondas o aguzadas, yendo del verde tierno al más intenso. Es muy delicado, la hierba del canónigo crece en pequeñas rosetas al ras del suelo, de hojas aterciopeladas, se encuentra principalmente 2 variedades: la de hojas verdes y redondas o la de verde claro y de hojas más alargadas. Sus hojas se utilizan frescas en ensalada, por lo común en mezcla con otras hortalizas (www.lavidaencasa.com).

Cuadro 1. Contenido de 100 gr. del cultivo

CONTENIDO	UNIDAD	CANTIDAD
Calorias	Kcal	21
Proteinas	g	2
Colesterol	mg	0
Vitamina C	mg	38.2
Vitamina A	IU	7092
Potasio	mg	459
Fósforo	mg	53
Calcio	mg	38
Magnesio	mg	13
Sodio	mg	4

Fuente. www.lavidaencasa.com

Su consumo es muy limitado por ser poco conocido en los mercados europeos, pero es altamente apreciado por los aficionados a la gastronomía y chef's.

Normalmente, las que son cultivadas son de mayor tamaño y más tierno que las silvestres, pero las hojas de las silvestres poseen un sabor más agradable.

Las hojas poseen un sabor delicado y ligeramente ácido.

Son de color verde claro u oscuro e intenso y brillante. Suelen ser cóncavas y estrechadas hacia el tallo o la raíz, y se ensanchan en el ápice. Se disponen formando ramilletes a modo de rosetas.

Su sabor recuerda el de las nueces y su olor es ligeramente ácido.

Se emplea en ensaladas, por lo común en mezcla con otras hortalizas.

Su valor calórico es muy bajo, tan sólo 13,40 kcal por cada 100 g de producto fresco. Por ello es utilizada en dietas de adelgazamiento.

Su valor nutritivo destaca por la cantidad de vitaminas y minerales, principalmente vitamina A, C y ácido fólico. (www.infojardin.com)

3.1.3. Clasificación taxonómica

Según Hortalizas (2004), citado por Calle, S. (2006), indica:

REINO	: Plantae
DIVISIÓN	: Spaermatophyta
SUB-DIVISIÓN	: Angiopermae
ORDEN	: Dipsacales
CLASE	: Dicotyledoneae
FAMILIA	: Valerianaceae
GÉNERO	: <i>Valerianella</i>
ESPECIE	: <i>locusta</i>
NOMBRE COMUN	: Valerianela, Lechuga de campo, Lechuga suiza, Hierba de los Canónigos, Canónigo, Hierba de Gatos.

3.1.4. Descripción botánica

La Lechuga suiza es una hierba anual de 10 a 20 cm. de altura, con un ciclo vegetativo de 50 a 75 días, posee la raíz principal y finas raíces secundarias, tallo floral anguloso, hojas alargadas con nervios marcados, pequeñísimas flores siendo la semilla grisáceo, casi globulosa (Tiscornia, 1975, citado por Mamani, 2006).

Según Tronickova (1986), citado por Mamani (2006), las plantas son herbáceas anuales, cuya descripción de sus órganos son:

- RAIZ, la raíz principal es de 1 a 3 mm. de diámetro cerca del nudo, disminuyendo a medida que ingresa al suelo, las raíces secundarias son finísimas formando un sistema radicular fibroso con un volumen de 15 cm. de área por 25 cm. de profundidad aproximadamente.

- TALLO, es delgado y corto del cual se emite el tallo floral.
- HOJAS, enteras, opuestas forman una roseta de hojas sésiles, sobre un corto tallo, son de color verde grisáceo, lanceoladas u oblongas de 3 a 8 cm. de largo y glabras.
- FLOR, celestes blanquecinas, se disponen en inflorescencia cimosas, capituliformes o paniculadas, siendo hermafroditas, zigomorfas, pequeñas de corola gamopétala de tubo corto, a veces globoso o espalanogada ínfero, trilocular presenta un persistente transformado en papus.
- FRUTO, aquenio, orbicular grisáceo y sin papus.

3.1.5. Fases fenológicas

El cultivo presenta un periodo vegetativo muy corto (50 a 75 días aproximadamente), en que se desarrolla una roseta de numerosas hojas sésiles sobre el tallo corto, al terminar la fase vegetativa sobreviene la emisión del tallo floral, el que tiene ramificaciones dicotómicas y diferencia cimas capituliformes en sus ápices (Tronickova, 1986, citado por Mamani, 2006).

Según Churquina, R. (2000), menciona que las fases fenológicas, bajo condiciones de invernadero son:

- **Emisión de cotiledones o emergencia;** caracterizada por la emisión de los dos cotiledones sobre la superficie del suelo, ocurre en torno a los 8 a 15 días después de la siembra.
- **Juvenil;** que se da aproximadamente a los 20 días, con crecimiento lento.
- **Emisión del meristemo apical;** entre 20 a 25 días después de la siembra, observándose un desarrollo rápido de estas, en lo que alcanzan el mayor crecimiento de hojas.
- **Emisión de las hojas comerciales;** después de 25 días observándose un desarrollo rápido de estas, es en esta fase donde alcanza el mayor desarrollo de las hojas, que determina el tiempo de cosecha.
- **Emisión del vástago floral;** se la en torno a los 75 días.

- **Floración**; progresiva de la base al ápice en torno a los 50 días después de la emisión del vástago.
- **Fructificación**; ocurre en torno a los 120 días después de la siembra.

3.1.6. Descripción del cultivo

Esta hortaliza, es sumamente robusta, prospera mejor en climas templados – fríos y prefiere un terreno poco firme o uno mullido, aunque puede darse en todos los suelos, después de la germinación, que se produce generalmente a los 8 días, se debe escardar la tierra; la cosecha se lo realiza cuando las rosetas tienen un diámetro de 6 a 9 cm., luego se quitan las hojas amarillas que puede encontrarse en la base de la planta (Tiscornia, 1975, citado por Mamani, 2006).

Esta hortaliza crece en estado silvestre en Europa y se utiliza como plantas forrajeras para las ovejas y es una parásita en campos de trigo y maíz; sin embargo es deseada por los chef expertos que utilizan toda la planta en ensaladas, que es parecida a la lechuga común, consumiéndose en Francia junto con el apio, o bien con remolacha (Randall, 1999).

3.1.7. Adaptabilidad del cultivo

Las plantas son herbáceas, anuales, presentan un periodo vegetativo muy corto, en que se desarrolla una roseta de numerosas hojas sésiles (órgano de consumo) sobre un corto tallo. Este cultivo es de regiones húmedas, generalmente sombreadas, es cultivado a altitudes menores a 1400 m.s.n.m. (Valerianela, 2008).

La planta es bastante robusta y sobrevive a climas de temperaturas muy bajas de -2 °C, necesitan bastante luz, precisan agua cada que los requiera para mantener un buen color en el follaje (Randall, 1999).

La planta crece semejante a la lechuga y tolera temperaturas templadas. La variedad Cambrai es el cultivo más común en Francia y Alemania, tolerante al frío y de tamaño

reducido, a diferencia de la variedad Leaved, la más común en los Estados Unidos, que es tolerante al calor (Acuña, 1974, citado por Calle, 2006).

3.1.8. Requerimiento del cultivo

3.1.8.1. Suelo

Tiene pocas exigencias respecto al suelo y abonos, prefiere suelos algo compactos, frescos pero no húmedas, con pH de 6. En cuanto a la fertilidad le es suficiente la que resta de los cultivos precedentes, por lo que frecuentemente se siembra sin abono previo (Leñano, 1973).

3.1.8.2. Clima

Resiste preferentemente el frío y sobrevive a climas con temperaturas bajas de hasta 3°C, pero es prácticamente vulnerable al calor debido a la transpiración excesiva y provoca quemaduras, pero también estimula aceleración en su crecimiento (Tiscornia, 1975, citado por Mamani, 2006).

3.1.8.3. Riego

Valdez (1996), señala que en la práctica del cultivo se ha observado que los periodos críticos con relación al riego son la germinación y el inicio de las primeras hojas por lo que se recomienda una humedad constante en el suelo a lo largo de su desarrollo, para obtener plantas de buen peso.

El suelo debe regarse abundantemente, según la temperatura ambiente, las semillas tardan entre 7 a 20 días en germinar, a causa de temperaturas altas se deberá hacer riegos más frecuentes y abundantes, posteriormente las necesidades de agua se van reduciendo progresivamente (Tiscornia, 1975, citado por Mamani, 2006).

3.2. Medios de cultivo

Las hortalizas se cultivan en diferentes medios, en suelo orgánico e hidropónico (líquida y de sustrato), los cuales pueden ser producidos en recipientes de diferentes tamaños y formas. Para tal caso, el trabajo de investigación utilizó materiales que se emplean tanto en la producción hidropónica, como en la orgánica utilizando arena, aserrín, ladrillo molido y también estiércoles. Estas mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos fueron dispuestas en contenedores y divididas en diferentes espesores.

3.2.1. Contenedores

Un contenedor es un recipiente o embalaje metálico, usado para depositar objetos, este contenedor se utiliza para cultivar diferentes especies de hortalizas. En hidroponía se trabaja con los contenedores, por que son sistemas cerrados donde se controla mejor la alimentación de la planta por medio del riego (Izquierdo, 2005).

3.2.1.1. Tipos y Dimensiones

Varios tipos de recipientes se pueden usar o construirse para cultivar hortalizas y plantas medicinales en el sistema hidropónico simplificado. Todo depende del espacio que haya disponible en la carpa, de la capacidad económica y de las necesidades y aspiraciones de progreso y desarrollo de la familia. Se pueden utilizar cajas, cajones de madera, llantas viejas, envases de plástico, bidones, botellas de plástico, bolsas plásticas de color negro o recipientes que uno se los pueda imaginar (Marulanda, 2003).

Las dimensiones de los contenedores contruidos con madera (desechos de construcción o tarimas) o con varas de guadua pueden ser: largo 102 cm., ancho 57 cm., profundidad 10 cm., y altura de las patas 60 cm. (Marulanda, 2003)

Se pueden hacer contenedores con medidas superiores a éstas, pero ocasionan mayores costos en materiales (nutrientes, madera, plástico, sustrato) y mayores

dificultades y riesgos de desarmarse en el manejo. Los contenedores deben ubicarse a una altura mínima de 30 cm. del suelo (Marulanda, 2003).

3.2.1.2. Forrado de cajas

Después de construidas las cajas, se pueden forrar por dentro con plástico negro para aumentar su duración y para retener los sustratos y líquidos en su interior. El plástico debe ser de calibre 5 a 6 micras, no debe tener ninguna perforación para evitar que alguna parte de la madera se humedezca y se pudra, antes de terminar la vida útil de la caja, que se estima como mínimo de 10 cosechas (Marulanda, 2003).

3.2.2. Cultivos en medio orgánico

3.2.2.1. Agricultura orgánica

Según la FAO, (2005), la agricultura orgánica, ecológica o biológica esta frecuentemente entendida como una agricultura que prescinde del uso de agroquímicos, fertilizantes solubles y otros productos químicos. Sin embargo la agricultura orgánica desarrolla sistemas en las cuales el hombre produce alimentos minimizando los efectos negativos sobre el ambiente.

También menciona, que estos nuevos métodos alternativos de la agricultura, son desarrolladas a través de la aplicación de un complejo sistema y rescate de técnicas agronómicas tradicionales para lograr alimentos saludables con elevado valor nutritivo, libres de residuos agroquímicos.

3.2.2.2. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos están constituidos por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Esta clase de abonos no solo aporta al suelo materiales nutritivos, si no también influye favorablemente en la estructura del suelo, modifican la

población de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retención de agua, intercambio de gases y nutrientes a nivel de las raíces de las plantas (Guerrero, 1993).

La fuente de abono orgánico en las huertas es el estiércol, que por su aporte de materia orgánica posee una acción física, pues favorece la agregación, una acción biológica por el aporte de microorganismos que elaboran sustancias cementantes y aglutinantes, y también una acción química, ya que la descomposición de materia orgánica libera ácidos que solubilizan nutrientes de compuestos orgánicos insolubles, como el fosfato tricalcico (Vigliola, 1992).

La incorporación al suelo de abonos orgánicos ayuda a modificar las condiciones físicas del suelo, a mejorar la capacidad de retención de agua, como también proporcionar energía necesaria para el aumento de la actividad microbiana y ayudan también a proteger a cultivos de grandes excesos de sales minerales y sustancias tóxicas, gracias a su alta capacidad de adsorción que ejerce una acción amortiguadora. (Lampkin, 1998).

En Bolivia los abonos orgánicos de origen animal, como ser de pequeñas granjas han sido considerados por los campesinos en el curso de muchos siglos, como un subproducto de gran valor, actualmente son recogidos y usados con relativo éxito, donde los residuos orgánicos son incorporados al suelo en forma espontanea en algunos casos y sistemáticas en otros (Estrada, 2003).

3.2.2.3. Estiércol

Guerrero (1993), menciona que los estiércoles son los excrementos, que resultan como desechos del proceso de digestión de los animales que estos consumen. El residuo más importante de una explotación agropecuaria es el estiércol, en su estado fresco es una mezcla de paja con los excrementos sólidos y líquidos de diferentes animales domésticos, sin embargo el componente más importante es el proveniente de los vacunos.

También menciona que el uso de estiércol o abono derivado de estiércol de animal cumple una función importante en el reciclaje de nutrientes orgánicos, en el desarrollo de una estructura de suelo fértil y contribuye al manejo de los desechos. Un manejo aeróbico apropiado del estiércol resultará en un producto beneficioso para la producción de hortalizas.

Guerrero (1993), afirma que las principales ventajas que se logra con la incorporación de estiércol es el aporte de nutrientes, incrementa la retención de humedad y mejora la actividad biológica con la cual incrementa la productividad del suelo en forma sostenida razón por la cual se convierte en el factor principal a ser considerado cuando se plantea un manejo ecológico del suelo.

3.2.2.4. Características de los estiércoles

3.2.2.4.1. Estiércol bovino

Las principales ventajas que se logra con la incorporación de estiércol bovino, es el aporte de nutrientes, incrementa la retención de humedad y mejora la actividad biológica con la cual incrementa la productividad del suelo. La materia orgánica es la más importante para determinar la productividad del suelo en forma sostenida, razón por la cual se convierte en el factor principal a ser considerada cuando se plantea un manejo ecológico del suelo (Guerrero, 1993).

3.2.2.4.2. Estiércol ovino

El estiércol de oveja es considerada un abono orgánico con 64% de humedad, 60% de materia orgánica y 1-2% de N, 0.7-1% de P_2O_5 , 1-2.5% de K_2O . Sin embargo el estiércol de oveja es más rico que el de caballo, especialmente en ácido fosfórico y cal (Gros, 1986).

Valdez (1996), da a conocer, que el estiércol de ovino contiene elementos en 100% de materia seca de N= 1.73, P₂O₅= 1.23, K₂O = 1.62, Ca= 1.10, Mg= 0.5, MO=68.8, pH= 7.8. Existen tres formas de abono de ovino utilizado en la agricultura andina: El “Jira”, con alta concentración de nutrientes, hormonas y enzimas, el cual es acumulado en el corral con una coloración verde, semi pastosa y olor penetrante, el más fresco con una humedad del 50%, compactado por el pisoteo de las ovejas, deyecciones, agua de lluvia, etc.

También menciona, que el “Wanu”, contiene un olor amarillento café oscuro, medianamente húmedo (30%), se produce también por pisoteo de los ovinos que forman una capa medianamente compacta, la de mayor proporción en el corral. Por último la “Tha’ja”, es un estiércol granulado y de forma ovoide, color negro en su parte central, se observa el pasto seco de color amarillo, se acumula durante los meses más secos del año.

Cuadro 2. Composición de materias orgánicas de origen animal, vegetal y compuestos minerales

MATERIA	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Sulfatos totales
Guano de isla	1.3	1.2	2.5	11.0	1.0	0.1
Estiércol de vaca	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Estiércol de caballo	0.5	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1
Estiércol de cerdo	0.6	0.4	0.3	-	-	-
Estiércol de cabra	0.3	0.2	0.3	0.2	-	-
Estiércol de conejo	0.2	0.1	0.1	-	-	-
Estiércol de oveja	0.6	0.4	0.3	0.5	0.2	0.2
Estiércol de gallina	0.1	1.4	2.1	0.8	0.3	0.2
Sangre seca	0.1	0.2	0.1	0.1	-	-
Ceniza de hueso	-	3.5	-	-	0.1	0.1
Harina de hueso	0.4	2.2	-	3.2	0.1	0.1
Harina de pescado	1.0	0.7	-	0.9	0.1	0.1
Humus de lombriz	2.0	1.0	1.0	-	-	-

Fuente: Gomero (1999), citado por Mamani (2006)

3.2.2.5. Manejo del estiércol

El manejo del estiércol animal se define como un proceso de toma de decisiones que apunta a combinar la producción agrícola rentable con pérdidas mínimas de nutrientes del mismo, tanto en el presente como en el futuro (Mamani, 2006).

El buen manejo del estiércol minimizará los efectos negativos y estimulará los efectos positivos sobre el medio ambiente, la emisión de gases y el lavado de nutrientes de materia orgánica y los olores tienen efectos indeseables sobre el medio ambiente, la contribución del estiércol para la nutrición de las plantas y acumulación de materia orgánica en el suelo es considerada como efecto positivo indirecto ya que el uso del estiércol puede ahorrar recursos no renovables usados en la producción de fertilizantes inorgánicos. Los aspectos negativos y positivos del estiércol están estrechamente relacionados entre si porque las emisiones en un estado temprano inevitablemente tienen repercusiones en los efectos positivos sobre el suelo y sobre las cosechas en etapas posteriores (Mamani, 2006).

Esto se representa en las cantidades de nutrientes tales como N, P y K tomadas por el cultivo determinan el valor agrícola del estiércol y dependen de las cantidades de nutrientes emitidas durante el traspaso desde el animal hasta el cultivo. Cuando más grande sea la pérdida de nutrientes, menor será el valor agrícola del estiércol, las posibles pérdidas de nutrientes se da por la excreción en los cultivos (Mamani, 2006).

Se sostiene que la aplicación de estiércol sufre procesos de mineralización, que es una descomposición rápida en compuestos minerales en forma química más simple y la humificación es una actividad realizada por los microorganismos que transforman en complejos como el humus. La flora y la fauna edáfica actúa sobre el estiércol, de alguna manera directa o indirecta, estos procesos favorecieron en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Chilón, 1997).

3.2.2.6. Ventajas del abonamiento natural

Según, Gomero (1999), citado por Calle, S. (2006), es muy recomendable incorporar abonos orgánicos al momento de preparar la tierra por la ventaja que lleva consigo:

- Constituye un almacén de nutrientes en nitrógeno, fósforo, potasio, y micronutrientes, facilitando el aprovechamiento de las plantas.
- Eleva la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y aumenta el intercambio y la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta.
- Facilita la formación del complejo arcillo – húmico que requieren los macro y micro nutrientes, evitando su pérdida por lixiviación de este modo aumenta su disponibilidad.
- Proporciona energía para los macro organismos, lo cual incrementa la actividad biológica en el suelo.
- Favorece una estructura de suelo, aumentando su resistencia a la erosión.
- Aumenta la capacidad de retención de agua, especialmente en suelos arenosos.
- incrementa la actividad microbiana, es la fuente principal de energía y carbono para los organismos heterótrofos.
- Liberan nutrientes poco a poco, acción a largo plazo.
- Estimula el crecimiento de plantas por acción de acidez húmica sobre diversos procesos metabólicos, especialmente sobre nutrición mineral.
- Aumento del efecto germinativo en semillas.
- En plantas, mayor fructificación en cantidad y tamaño.

3.3. Ambientes atemperados

3.3.1. Características principales de ambientes protegidos

Según Hartmann (1990), los ambientes protegidos es una forma de construcción que permite la producción de cultivos más delicados. En el altiplano boliviano se han desarrollado diferentes tipos de carpas solares, los más comunes son el “túnel”, “medio túnel”, “media agua” y “dos aguas”. La construcción es por lo general sencilla, se utilizan

adobes para los muros, madera o fierro de construcción para el armazón del techo y agrofil o calamina plástica para la cubierta.

CEDEFOA (2002), menciona que estas construcciones crea un ambiente propicio para el cultivo de hortalizas, flores y frutales bajo condiciones favorables de suelo, agua, clima y semilla. Las carpas solares, invernaderos y huertos atemperados cumplen las mismas funciones del aprovechamiento de la energía solar positiva, recibir luz, temperatura, evapotranspiración que beneficia al desarrollo de los cultivos.

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

Kohl (1990), citado por Aruquipa (2008), indica que los sistemas de cultivos atemperados surgen en el país como respuesta a la frustración de no poder encarar problemas estructurales en el Altiplano, sin embargo aunque los ambientes atemperados no pueden solucionar problemas de fondo, si pueden tener un rol como componentes de desarrollo.

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

3.3.2. Ventajas de la carpa solar

Según CEDEFOA (2002), las ventajas de las carpas solares son:

- Sistema de producción agroecológico, por que se utiliza materia orgánica, clima adecuado y agua pura.
- Actividad que involucra producción escalonada durante el año.
- Tiempo de producción, en algunos casos es más corto que en algunas zonas tropicales y subtropicales.

- En estaciones críticas se puede cultivar hortalizas, que de ninguna manera crecen a campo abierto.
- Incremento considerable de rendimientos por unidad y superficie con relación a los cultivos de campo abierto.
- Los productos son aceptadas en las ferias, mercados y supermercados a precios competitivos.
- El manejo racional del suelo, permite aplicar enmiendas y evitar la degradación y su respectiva erosión.
- La calidad del producto es buena, en cuanto al tamaño, peso, color, sabor y madurez.
- Aplicación de sistema de riego, acorde al tamaño o la clase de cultivo.
- Incidencia del ataque de plagas y enfermedades es menor, por lo que se puede controlar por métodos naturales.
- Recuperación de lo invertido es rápido, dependiendo del tamaño de la superficie, tipo de cultivo y el mercado.
- Productos fuera de la contaminación atmosférica y química.
- Se puede practicar otras alternativas como la crianza de lombrices, sean con fines de obtención de humus.

3.3.3. Importancia de ambientes protegidos

Cáceres (1984), indica que el uso de plásticos sobre estructuras diversas ha abierto un gran campo para la producción protegida. Por mucho tiempo se ha utilizado el vidrio en los invernaderos y en países europeos, como también en Norteamérica y algunos sudamericanos; todavía persisten a pesar de que los plásticos van ganando adeptos por las varias ventajas que tienen; son más económicos para construir y se enfatiza la producción en este tipo de construcciones, ya que se pueden producir cultivos que difícilmente se pueden desarrollar en climas extremos con altas variaciones de temperatura y baja humedad del ambiente.

3.3.4. Orientación de la carpa solar

CEDEFOA (2002), indica que un invernadero o carpa solar debidamente orientado, permite captar la mayor concentración de luz/temperatura/horas/día/planta, lo que favorecerá para obtener cultivos y plantas con un buen desarrollo vegetativo obteniendo excelentes rendimientos.

Según Guzmán (1993), en el hemisferio sur, la superficie transparente de la carpa solar debe estar orientado hacia el norte.

Hartmann (1990), menciona que la lámina de protección transparente 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 esta orientado de este a oeste.

3.3.5. Variaciones microclimáticas en carpa solar

Según Mejía (1985), citado por Condori, C. (2003), las condiciones esenciales para lograr un buen ambiente atemperado para cultivos, que de hecho son las mismas para la agricultura tradicional, están determinadas por cuatro variables fundamentales que son luz, temperatura, humedad y ventilación.

3.3.5.1. Temperatura

Según Estrada (2003), indica que la temperatura ideal durante el día debe estar entre los 25°C a 28°C, principalmente durante las noches de invierno es necesario evitar que las temperaturas sean menores a 0°C. También menciona que la temperatura influye en las funciones vitales siguientes: transpiración, respiración, germinación, crecimiento, fotosíntesis, floración y fructificación. Las temperaturas máximas y mínimas que soportan la mayoría de los vegetales están comprendidas entre 0°C y 50°C, fuera de estos límites casi todos los vegetales mueren o quedan en estado de vida latente.

Hartmann (1990), la temperatura inferior de un ambiente protegido depende en gran medida de la radiación solar que llega a la cobertura y por la impermeabilidad de los materiales de recubrimiento. La radiación atrapada es la que calienta el interior de la carpa solar.

3.3.5.2. Humedad relativa

Según Flores (1999), la mayoría de las plantas desarrollan en un medio ambiente de una humedad relativa del aire que oscila entre los 30 y 70 %. Una baja humedad relativa provoca a las plantas a que se marchiten y por un exceso invita a la proliferación de plagas y enfermedades. Por otra parte, un ambiente seco dentro de las carpas solares, influye en la duración del agrofil, lo cual llega a deteriorarse rápidamente.

3.3.5.3. Luminosidad

Flores (1999), la luminosidad es considerada como uno de los factores más importantes del medio, ya que es parte integrante del proceso de fotosíntesis de la clorofila en las plantas, el crecimiento, el fototropismo, la morfogénesis, fotoperiodismo, la formación de pigmentos y vitaminas. El anhídrido carbónico, junto a la luz más la temperatura ayudan a la fotosíntesis, para obtener mayores resultados cuantitativos, precocidad y buena calidad.

3.3.5.4. Ventilación

Las variables de temperatura y de la humedad relativa son afectadas directamente por el movimiento y la renovación de masas de aire; en efecto con aumento en la ventilación bajará la temperatura y generalmente también la humedad relativa a no ser que el aire exterior este sumamente húmedo (Estrada, 2003).

Según Guzmán (1993), menciona que todos los invernaderos requieren de un eficiente sistema de ventilación por lo siguiente:

- Abastecimiento de dióxido de carbono, utilizado por las plantas en el proceso fotosintético.
- Limitar y controlar la elevación de la temperatura del aire.
- Reducir la humedad procedente de la transpiración de las plantas.

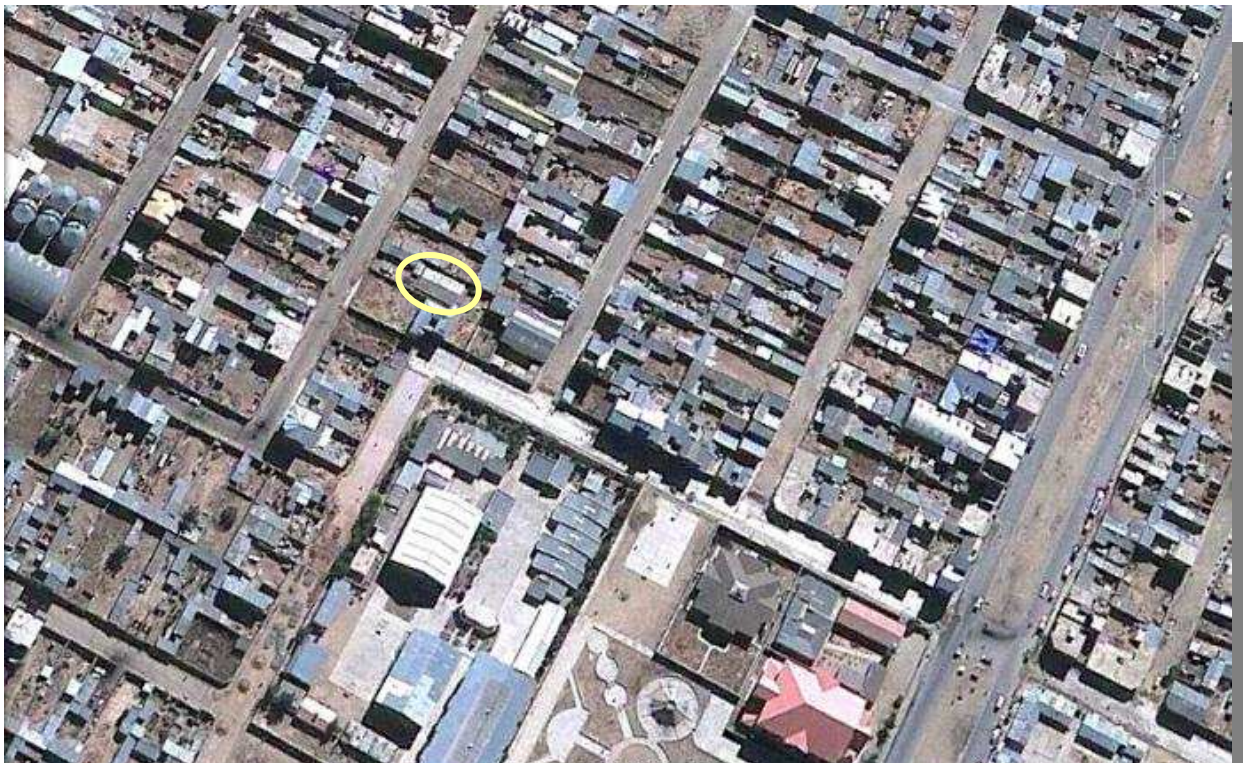
4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Características generales

4.1.1. Localización

El presente trabajo se llevó a cabo en un domicilio particular ubicado en la calle B de la zona de Santa Rosa, Distrito 1, del municipio de El Alto, provincia Murillo del departamento de La Paz, y aproximadamente a 8 Km. de la Ceja de EL Alto.

Fotografía 1. Ubicación del experimento



Fuente: Google earth (2009)

4.1.2. Ubicación geográfica

La zona de estudio se encuentra localizada en la zona sur de dicha ciudad y contempla los siguientes parámetros geográficos: Altura 4055 m.s.n.m., Latitud Sur 16°32' 09.12'' y Longitud Oeste 68°11' 52.45'' (Fuente propia, GP S - GARMIN).

4.1.3. Características climáticas de la zona

Las condiciones climáticas es de Altiplano, los veranos son medianamente calurosos con temperaturas que alcanzan hasta 17°C; en la época invernal la temperatura puede descender hasta -4.7°C. En los meses de agosto a noviembre se presentan vientos fuertes de noroeste a este. La temperatura media es de 11.5°C con una precipitación media de 45.4 mm., y una humedad relativa anual del 45% (A.A.S.A.N.A., 1999).

Por otra parte, INE (2002), indica que la ciudad de El Alto presenta un clima seco y frío, con una temperatura promedio de 10°C, precipitación media anual de 613 mm y las lluvias se concentran en los meses de verano desde septiembre hasta marzo.

4.2. Materiales

4.2.1. Material vegetal

Se utilizaron las siguientes variedades de Lechuga suiza:

- Trophy, cuya semilla presenta un porcentaje de germinación del 87 %, humedad del 5 % y una pureza del 99.99 %.
- Big holand, cuya semilla posee un porcentaje de germinación del 85 % y una pureza del 99.98 %.

4.2.2. Material orgánico

Se utilizó estiércol bovino, la cual se la obtuvo de la comunidad de Chirapaca, perteneciente al municipio de Batallas y el estiércol ovino de la zona de Kalajahuira, del

municipio de La Paz. Ambos estiércoles se procedieron a descomponer por separado, humedeciéndolos y cubriéndolos con una bolsa de nylon, donde ambos alcanzaron temperaturas altas y se las dejó por un periodo de cuatro semanas, hasta que tomaron un color semi plomizo.

4.2.3. Material inorgánico

Se utilizaron arena fina, ladrillo molido y aserrín. La arena se tamizó y lavo, con el objeto de homogeneizarla y evacuar la tierra restante y residuos de minerales. También se trituraron manualmente el ladrillo y se limpio el aserrín.

Estos materiales, alguno de ellos, han sido utilizadas en la producción hidropónica, y las demás son iniciativas propias para la experimentación en éste sistema.

4.2.4. Material de campo

- Contenedores de madera
- Cuaderno de apuntes
- Herramientas: carretilla, surcadora, nivelador, escardador, martillo y regadera
- Flexo metro
- Marbetes
- Cámara fotográfica
- Termohidrómetro

4.2.5. Material de gabinete

- Computadora
- Calculadora
- Cuaderno de campo
- Planilla de datos
- Material fungible

4.2.6. Características de la carpa solar

El experimento se realizó en una carpa solar modelo tradicional de dos aguas, cuya paredes estaba conformada por adobes y la estructura del techo construida con callapos de eucalipto y listones de diferentes medidas.

El agrofil utilizado fue de 200 micras y fue colocado sobre la estructura y asegurado con gomas de neumáticos, listoncillos y clavos. Para controlar la temperatura y la humedad del ambiente simplemente se realizaba la apertura o el cierre de la puerta y las catorce ventanas.

4.3. Metodología

4.3.1. Procedimiento experimental

La metodología del trabajo se desarrolló de acuerdo a las siguientes actividades, las cuales se las describe detalladamente en los siguientes acápite.

4.3.1.1. Construcción de contenedores

Se construyeron contenedores con las siguientes dimensiones: largo 100 cm., ancho 50 cm., profundidad 12 cm., espesor de madera ½". El material utilizado fue desechos de madera de construcción.

Los contenedores fueron forrados en su interior con una lámina de nylon negro, con el objeto de evitar el desarrollo de hongos en el interior de los mismos, además de mantener la humedad de los sustratos para un buen desarrollo de las plantas.

También se instaló en la parte baja y media de los contenedores una tubería pequeña de 1 cm. de diámetro, con una longitud de 15 cm., para que sirva como desagüe de líquidos excedentes.

4.3.1.2. Ubicación de contenedores

La ubicación de los contenedores dentro de la carpa solar fue en una esquina de la misma. La disposición fue de tres bloques, cada uno de ellos con seis unidades experimentales.

4.3.1.3. Preparación del sustrato

4.3.1.3.1. Sustrato orgánico

Se realizó la preparación y mezcla del sustrato orgánico, con dos tipos de estiércoles bovino y ovino, los mismos fueron sometidos a un previo periodo de descomposición, humedeciéndolo u cubriéndolo con bolsa nylon, hasta tomar un color plomizo, con el objeto de facilitar la disponibilidad de nutrientes y prevenir la acidez.

La proporción de la mezcla fue de 1:1 medidos en volumen; y posteriormente se lo traslado a los contenedores, y se niveló hasta una altura uniforme de 6 cm. de espesor.

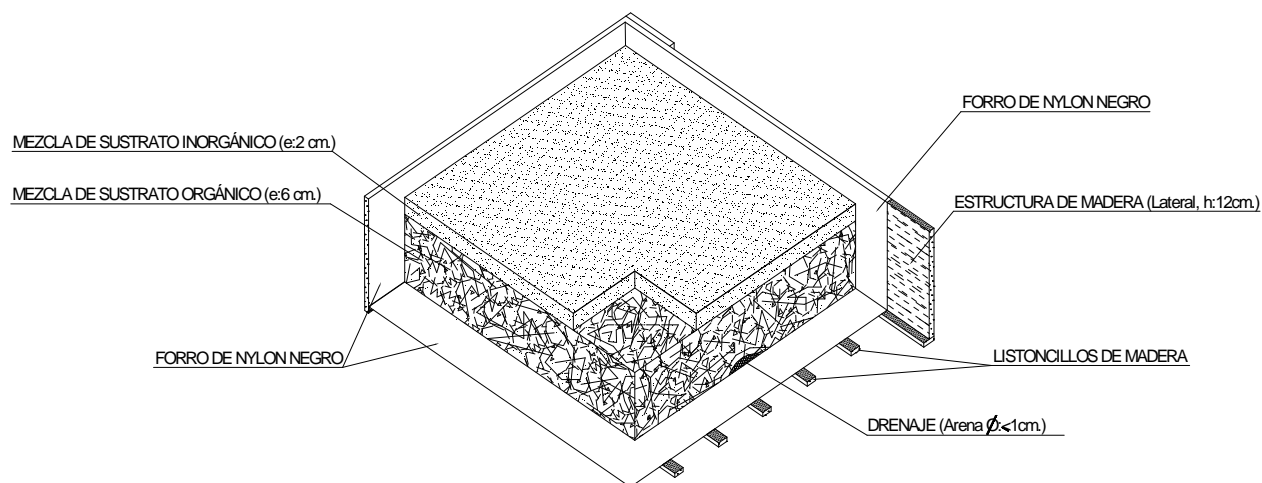
4.3.1.3.2. Sustrato inorgánico

Con el objeto de valer como medio de sostén, servir como cobertura del sustrato orgánico y para prevenir el crecimiento de plantas foráneas, se utilizó materiales inorgánicos que tuvieron las siguientes proporciones en volumen: (2:1) Arena fina más Aserrín; (2:1) Arena fina más Ladrillo molido; y la última, (1) Arena fina.

Estas relaciones y materiales, alguna de ellas, han sido utilizadas en la producción con el sistema hidropónico, y las demás son iniciativas propias para la experimentación en éste sistema.

El siguiente dibujo muestra el establecimiento de los sustratos dentro de un contenedor.

Dibujo 1. Detalle de la disposición de los Sustratos en el contenedor



Fuente: Elaboración propia

4.3.1.4. Apertura de surcos

La apertura de los surcos fue realizada después del colocado del sustrato inorgánico, luego de un riego penetrante y suave. Se utilizó una herramienta (surcador) que permitió la apertura de ellos a una distancia entre surcos de 8 cm. y una profundidad no mayor a 1 cm.

4.3.1.5. Siembra y Frecuencia de Riego

La siembra de las dos variedades se realizó el 12 de marzo, a chorro continuo, distribuyéndolo lo más homogéneamente posible. Inmediatamente después de la siembra se la cubrió con el mismo sustrato teniendo cuidado de no cubrirlo demasiado. Luego se regó levemente, evitando que el agua se encharque.

La frecuencia de riego se realizó dos veces al día, dos litros de agua por cada tratamiento, posteriormente el último tercio del tiempo de evaluación se redujo, por el problema del funcionamiento deficiente del drenaje de los contenedores, por lo que se disminuyó a una vez por día hasta la cosecha, dependiendo de la humedad del sustrato y la evaporación provocada por las temperaturas altas y luminosidad.

4.3.1.6. Toma de datos

Se tomó diez muestras al azar de cada unidad experimental, descartando los que estaban en los extremos. Estos eran evaluados cada semana, llevando un registro hasta la cosecha.

4.3.1.7. Registro de humedad y temperatura

Se registraron la temperatura y humedad relativa del ambiente utilizando un Termohidrómetro, la toma de datos se realizó a cada hora del día, desde las 7:00 a.m. hasta las 7:00 p.m.

4.3.1.8. Cosecha

Se consideró realizar la cosecha cuando en la mayoría de las plantas llegaron al ciclo vegetativo donde alcanzaron tener las hojas comerciales, como también se consideró los problemas que tuvieron algunas plantas con las quemaduras provocadas por el sol.

Se utilizó un cuchillo para tal efecto, teniendo cuidado de no dañar las hojas, posteriormente se peso por separado, se las lavo, embolso y por último se las comercializó.

4.3.2. Diseño experimental

Para el presente experimento, se utilizó un arreglo factorial (3*2) ajustado a un Diseño de Bloques Aleatorios (DBA), con tres réplicas.

El principal motivo por el cual se utilizó éste diseño, fue por las diferencias que existen dentro de la carpa solar, en cuanto a la temperatura, humedad y sobre todo la luminosidad (Guzmán, 2003)

Los factores de estudio fueron:

Factor A: *Sustrato*

Niveles:

a1: Arena fina y Aserrín (2:1), más Estiércol Bovino y Ovino (1:1)

a2: Arena fina y Ladrillo molido (2:1), más Estiércol Bovino y Ovino (1:1)

a3: Arena fina (1), más Estiércol Bovino y Ovino (1:1)

Factor B: *Variedad*

Niveles:

b1: *Valerianella locusta* var, Trophy.

b2: *Valerianella locusta* var, Big Holand.

4.3.2.1. Modelo lineal aditivo

$$X_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

X_{ij} = Una observación cualquiera.

μ = Media poblacional.

β_k = Efecto del k - ésimo bloque.

α_i = Efecto del i - ésimo nivel de sustrato (inerte más orgánico).

δ_j = Efecto j - ésimo nivel de variedad.

$(\alpha\delta)_{ij}$ = Interacción del i - ésimo nivel de sustrato con el j - ésimo nivel de la variedad.

ϵ_{ijk} = Error experimental.

(Pascuali, 2002)

4.3.2.2. Características de los tratamientos

Se tuvo seis tratamientos que fueron conformados con los dos factores, sus particularidades son las siguientes:

T1: (a1xb1) = Arena fina y Aserrín (2:1) más Estiércol Bovino y Ovino (1:1) x *Valerianella locusta* var. Trophy.

T2: (a1xb2) = Arena fina y Aserrín (2:1) más Estiércol Bovino y Ovino (1:1) x *Valerianella locusta* var. Big Holand.

T3: (a2xb1) = Arena fina y Ladrillo molido (2:1) más Estiércol Bovino y Ovino (1:1) x *Valerianella locusta* var. Trophy.

T4: (a2xb2) = Arena fina y Ladrillo molido (2:1) más Estiércol Bovino y Ovino (1:1) x *Valerianella locusta* var. Big Holand.

T5: (a3 x b1) = Arena fina (1) más Estiércol Bovino y Ovino (1:1) x *Valerianella locusta* var. Trophy.

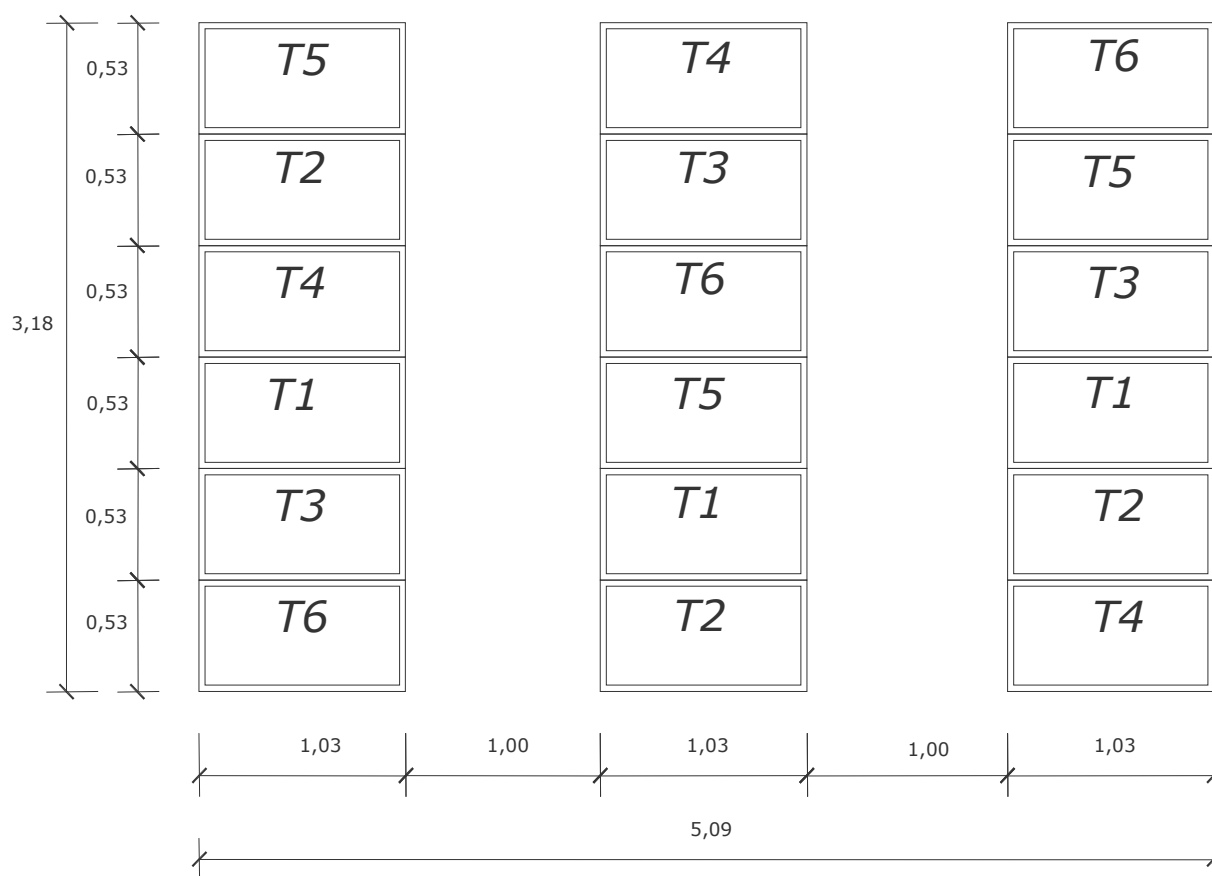
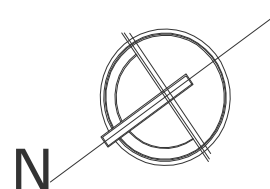
T6: (a3 x b2) = Arena fina (1) más Estiércol Bovino y Ovino (1:1) x *Valerianella locusta* var. Big Holand.

4.3.2.3. Características del área experimental

Se tuvo las siguientes características del área experimental dentro de la carpa solar:

- Área total de la carpa solar (15 m x 9 m): 135 m²
- Área total del ensayo: 16.20 m²
- Número de contenedores: 18 unidades
- Área de cada contenedor (1 m x 0.5 m): 0.5 m²
- Área neta del ensayo: 9 m²
- Número de surcos por unidad experimental (8 cm.): 11 surcos
- Número aproximado de plantas por unidad experimental: 340 plantas

4.3.2.4. Croquis del experimento



4.3.3. Variables de respuesta Agronómicas

4.3.3.1. Altura de la planta

La altura de planta se determino utilizando una regla graduada (cm.), midiendo desde el cuello de las plantas muestreadas hasta el ápice de la hoja superior.

4.3.3.2. Ancho de hoja

Para medir el ancho de la hoja, se midió la parte más ancha de la hoja muestreada utilizando una regla graduada.

4.3.3.3. Área foliar

Para determinar el área foliar, primeramente se realizó la herborización de las plantas muestreadas, luego se la llevó y calcó el área en un papel milimetrado, para luego contar la cantidad de cuadros que contienen y de ésta forma determinar el dato en cm^2 .

4.3.3.4. Número de hojas

El número de hojas se obtuvo contando las hojas de cada planta muestreada, desde la aparición de las primeras hojas verdaderas hasta la cosecha.

4.3.3.5. Rendimiento en materia verde

El rendimiento en materia verde se determinó en la cosecha de cada unidad experimental, pesando el producto obtenido de cada contenedor. La unidad utilizada fue $\text{g}/0.5 \text{ m}^2$.

4.3.4. Variables de respuesta Fenológicas

Estas variables se determinaron hasta la obtención de hojas comerciales (cosecha). Fueron medidos en Número de Días entre cada cambio fenológico, y según Mattos, E. (2000), la fenología se define como la expresión de las variaciones morfológicas vegetativas bien marcadas de desarrollo en el transcurso de la vida de una planta. Por lo que el cultivo desde la siembra hasta la cosecha solamente tuvo tres fases:

- **Emergencia o Emisión de cotiledones:** Se determinó desde la emisión de los cotiledones sobre la superficie del sustrato.

- **Primeras hojas verdaderas:** Desde la emisión de las primeras dos hojas verdaderas.
- **Fase Comercial o de cosecha:** Fase donde alcanzó el mayor desarrollo de las hojas hasta antes de emitir el vástago floral.

4.3.5. Análisis económico

El análisis económico de producción del cultivo, se calculó de acuerdo a los costos de construcción de los contenedores, los diferentes tipos de sustratos, la semilla, mano de obra y el rendimiento de cada tratamiento. Con esto se permitió demostrar las ventajas o desventajas que pueden ser adoptadas o no por los agricultores, en términos de rentabilidad.

Para identificar los tratamientos que nos reportan mayores beneficios económicos empleando abonos orgánicos, sustratos inorgánicos y variedades, se realizó bajo la metodología empleada por el CIMMYT (1988), con este propósito se tomó en cuenta los costos variables de producción, costos fijos, beneficio bruto, beneficio neto y la relación Beneficio/Costo.

Para ello se utilizó el método de presupuesto parcial, que consistió en determinar primeramente el rendimiento, para esto se ajustó reduciendo el 10%, (debido a la deshidratación, manipuleo, selección, etc.), luego se multiplicó por el precio del mercado. Posteriormente con los datos de los Costos y el Beneficio Bruto se obtuvo el Beneficio Neto o Líquido y la relación Beneficio/Costo.

4.3.5.1. Costos de producción

El cálculo de los costos de producción fue un proceso algo complejo, porque se tuvo que tomar en cuenta el costo de los materiales utilizados, mano de obra empleada e insumos para el establecimiento de los diferentes tratamientos. Para un mejor detalle los costos se clasificó en dos categorías: costos fijos y costos variables.

4.3.5.1.1. Costos Fijos

Los costos fijos son aquellos costos que no variaron en la producción y no dependió de la cantidad producida. Se incluye generalmente los insumos y/o materiales que tienen una larga durabilidad.

4.3.5.1.2. Costos Variables

Los costos variables son aquellos costos que variaron en la producción en el tiempo y requerimiento. Se incluyó los insumos, materiales tangibles y la mano de obra que estuvo en función a la producción. Es así que para abaratar costos, se buscaron materiales que pueden ser encontrados fácilmente en el mercado local, como también de los desechos, en éste caso específico, por ejemplo, la madera utilizada para el armado de los contenedores y el ladrillo para el sustrato inerte, son desechos de material de construcción. Todo con el objeto de reciclar materiales y el de disminuir costos.

4.3.5.2. Beneficio Bruto

El beneficio bruto se obtuvo por la venta de los productos obtenidos (bolsas de 200 g), sin tomar en cuenta los costos desembolsados para producirlos.

4.3.5.3. Beneficio Neto

Es el parámetro económico que determinó la rentabilidad o los beneficios de los productos, ya que se tomó en cuenta los costos para producirlos. Es decir, es la diferencia del Beneficio Bruto con los Costos de Producción. Es así, que pueden ser positivos o negativos, los primeros representan entradas y los segundos pérdidas.

4.3.5.4. Relación Beneficio/Costo

La relación de beneficio/costo, fue la comparación sistemática entre el beneficio obtenido de la actividad y el costo de realizar esa actividad.

IBTA y PROINPA (1995), citado por Calle (2006), indica que la regla básica del beneficio/costo, es que una inversión será rentable, si los beneficios son mayores que la unidad ($B/C > 1$), aceptable o indiferente si es igual a la unidad ($B/C = 1$), y no es rentable si es menor a la unidad ($B/C < 1$).

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se presenta el resultado de las variables estudiadas a fin de conocer el efecto de los diferentes sustratos en la producción de las variedades de Lechuga Suiza, bajo ambiente protegido.

5.1. Condiciones climáticas

Existe una inversa relación entre la temperatura y la humedad relativa, por lo que a elevadas temperaturas aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la humedad relativa; con temperaturas bajas el contenido de humedad aumenta y viceversa. En el transcurso de la evaluación del cultivo se registraron datos de la temperatura y humedad relativa del ambiente para conocer y analizar su influencia en el desarrollo del cultivo (Anexo 2)

5.1.1. Temperatura dentro la carpa solar

Las variaciones de temperatura en el interior del ambiente protegido, se la obtuvieron mediante el uso de un Termohidrómetro, realizando un registro diario desde la siembra hasta la cosecha, y a cada hora a partir de las 7:00 a.m. hasta las 7:00 p.m., con el fin de obtener la mayor información posible. Los valores máximos y mínimos registrados durante el ciclo productivo del cultivo se presentan en la siguiente figura.

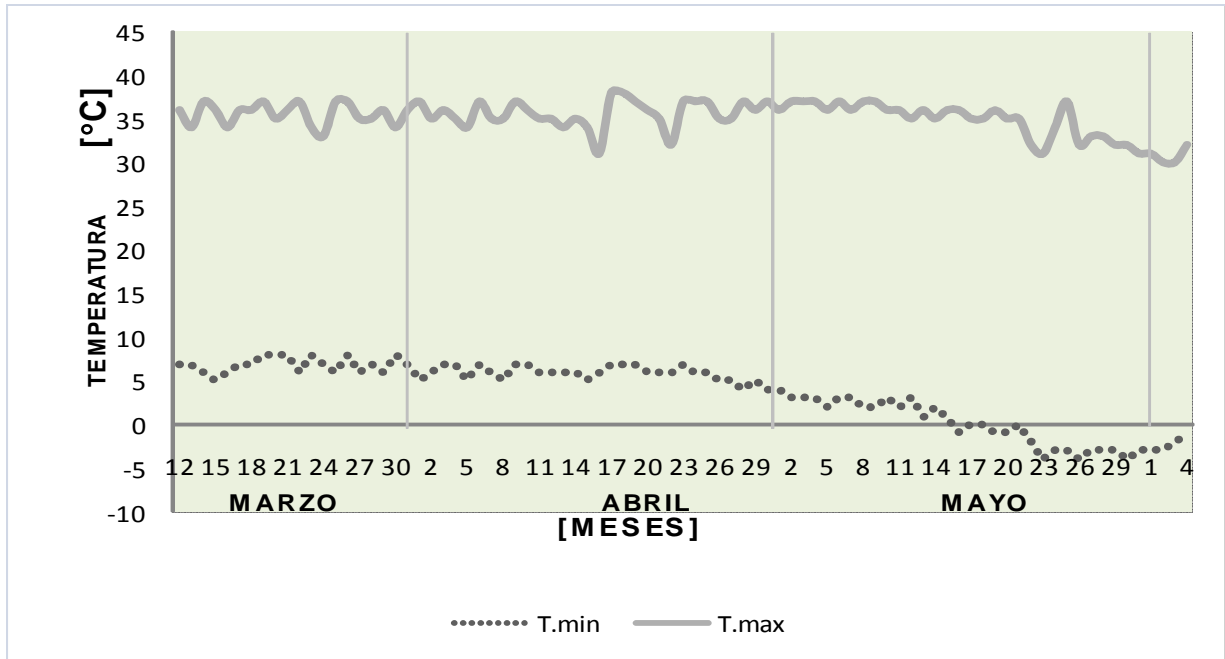


Figura 1. Temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo

El registro de la temperatura se inicio desde la siembra, fechada el 12 de marzo de 2008, hasta la cosecha, 4 de junio, es decir durante 12 semanas; donde se observo las variaciones térmicas dentro el ambiente.

Cuadro 3. Temperaturas promedios máximos y mínimos por mes

--	--

Fuente. Elaboración propia

En la Figura 1 y Cuadro 3 se muestra las fluctuaciones de temperatura durante el mes de marzo en el interior del ambiente, con valores mínimos promedios de 6.90 °C, mientras que las máximas alcanzaron hasta 35.55 °C, con un promedio de 21.23 °C.

En el mes de abril las temperaturas mínimas registradas fueron en promedio 5.93 °C y las más elevadas fue 35.60 °C, con un promedio general de 20.77 °C.

Las fluctuaciones de temperaturas mínimas promedio durante el mes de mayo alcanzaron hasta 0.06 °C, mientras que las máximas fueron 34.94 °C, en promedio en el interior del ambiente en éste mes fue 17.50 °C, se observa que a partir de la fecha 24 de abril y todo éste mes se tiene un ligero descenso, esto atribuido al cambio de estación de año, por lo que estas temperaturas posiblemente afectaron al desarrollo normal de la planta.

Se tomo el dato de temperatura hasta el 4 de junio (cosecha), donde las fluctuaciones en el interior del ambiente fueron en promedio, la mínima de -2.25 °C, la máxima hasta 30.75 °C, y con un promedio de 14.25 °C. En éste mes las temperaturas registradas durante la tarde fueron bastante fluctuantes y momentáneas, mientras que al atardecer mostraron un descenso rápido y en la mañana bastante bajos.

Este comportamiento diferenciado de las temperaturas durante el día y la noche, y más que todo, la pérdida de calor, se debió a las características de la construcción, ya que no estuvo herméticamente cerrado, por que tenía pequeñas aberturas de unión entre la pared de adobe y la cubierta de callapos con agrofil.

Por lo que estas temperaturas bajas especialmente durante la noche posiblemente provocaron el retraso del desarrollo del cultivo, hasta la 12^o semana. Como menciona Alpi (1991), citado por Machaca (2008), la temperatura ejerce mucha influencia sobre el crecimiento y el metabolismo de la planta, asimismo, Bosque (2004), menciona que las temperaturas influyen en las siguientes funciones vitales: transpiración, respiración y función del metabolismo en general. Las temperaturas máximas y mínimas que soportan la mayoría de los vegetales están comprendidas entre 3.5 a 35 °C, fuera de estos límites casi todos los vegetales mueren o quedan en estado de vida latente.

Según Vigliola (1992), indica que el rango de temperatura para la germinación y crecimiento de las plantas son de: mínima 1.6 °C, óptima 24 °C y máxima 35 °C.

Por otra parte la temperatura media anual de la ciudad de El Alto es de 10°C, las heladas son muy frecuentes a partir del mes de abril a agosto (SENAMHI, 1998, citado por Machaca, 2008).

Farfán (2004), citado por Aruquipa (2008), indica que en un ambiente cerrado presenta características climáticas específicas al interior del mismo, estos parámetros y sus valores determinan directamente en las necesidades que presenta un determinado cultivo durante su desarrollo. Los valores más comunes a tomarse en cuenta son temperatura, humedad relativa y evapotranspiración.

Según Cruz (2003), en su evaluación agroeconómica en carpa solar, obtuvo promedios de temperatura máxima en los meses de mayo, junio y julio con 32.27, 37.9 °C respectivamente y las mínimas de 1.4, -1.2 y 1.3 °C respectivamente, el mismo autor menciona que en el mes de junio se notaron mayores fluctuaciones de temperatura mínima de -1 a -5 °C por las mañanas y las más altas en la tarde llegaron a 42 °C. Lo que se asemeja y corroboran los datos obtenidos en el ensayo.

5.1.2. Humedad relativa dentro la carpa solar

La humedad relativa es un factor ambiental determinante para el crecimiento de las plantas, cuando la humedad relativa es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse.

Por lo que se hizo un control en la carpa solar, abriendo y cerrando puerta y ventanas, con el objeto de prevenir dichos problemas, como también de enfermedades causadas por la alta humedad.

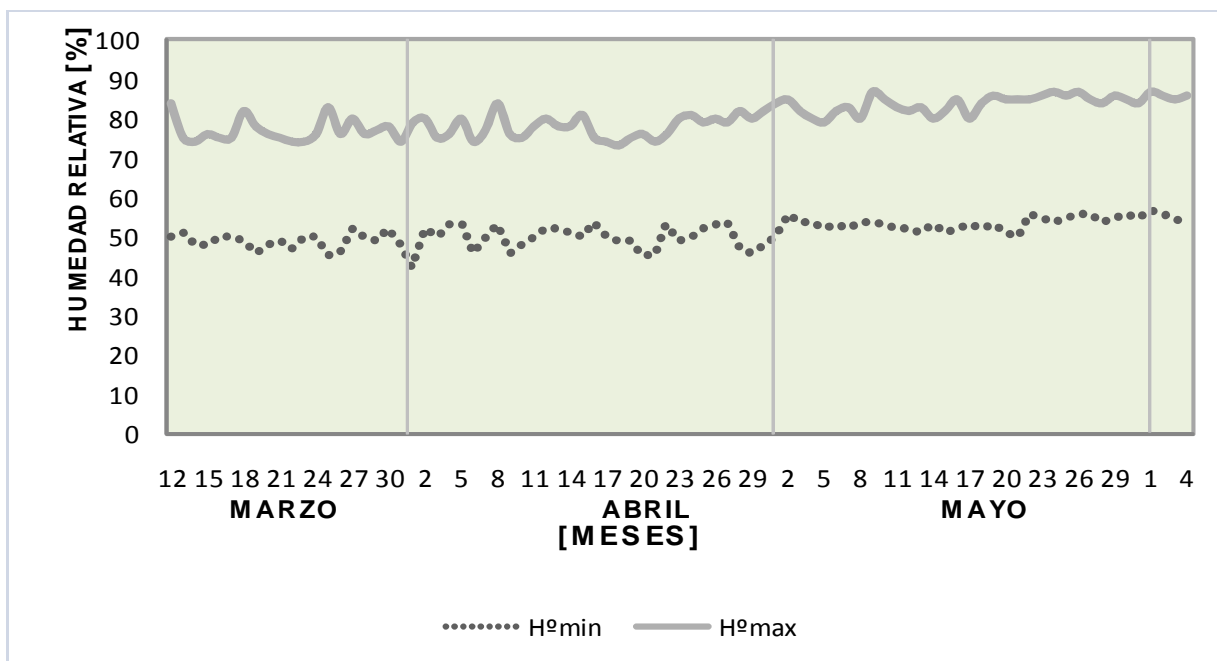


Figura 2. Humedad Relativa máxima y mínima en el ambiente protegido

La humedad relativa máxima y mínima registradas no sufrieron gran fluctuación, estos datos anotados en el periodo de experimentación fueron en promedio: 62.90, 63.82, 68.56 y 70.63 % en los meses de marzo, abril, mayo y junio respectivamente, estas se observan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Humedades Relativas promedios máximos y mínimos por mes

	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
HR min [%]	48.90	49.73	53.35	55.25
HR max [%]	76.90	77.90	83.77	86.00
PROMEDIO	62.90	63.82	68.56	70.63

Fuente. Elaboración propia

El comportamiento diario de la Humedad Relativa en las carpas solares, resulta ser muy variable durante las horas diurnas, es así que en la mañana y al finalizar el día son mayores, mientras que alrededor del medio día tiene la tendencia a bajar, que depende mucho del medio exterior (García, 1996).

En efecto, la Humedad Relativa diaria en el transcurso del experimento fueron generalmente, mayores al empiezo y al finalizar el día, mientras que alrededor de las 11:00 am a 14:30 pm tuvieron una tendencia a disminuir.

Con relación al cultivo, tales variaciones no influyeron en él, por no presentar enfermedades relacionadas a este. Al respecto Hartmann (1990), indica que la HR es un factor ambiental de importancia para el crecimiento de las hortalizas por lo que se debe controlar la misma con el objeto de prevenir enfermedades causadas por una alta humedad, también menciona que la mayoría de las plantas se desarrollan bien en ambientes donde la Humedad Relativa esta entre 30 y 70 %, mayores o menores a estas cifras suelen retardar su crecimiento y desarrollo. Los resultados obtenidos de humedad del ambiente se hallan dentro del rango requerido mencionado por el autor.

5.2. Variables agronómicas a la cosecha

5.2.1. Altura de la planta

La altura de planta del cultivo de Valerianela por efecto de la aplicación de variedades y tipos de sustratos (Tratamientos), se muestra en la siguiente figura.

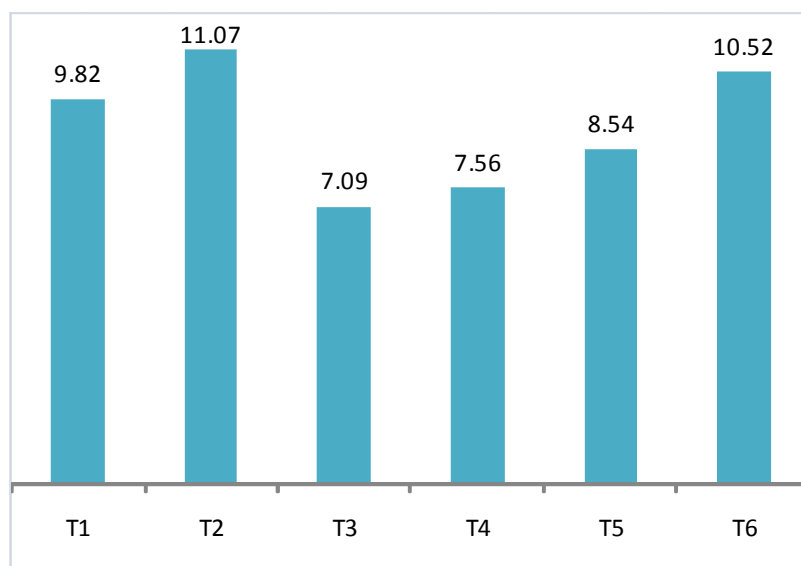


Figura 3. Altura de Planta en cm. por tratamiento

Se puede observar que existen diferencias entre tratamientos con respecto a la variable altura de planta, donde el tratamiento 2, 6, 1 y 5 respectivamente son los que presentan un promedio mayor con respecto a los tratamientos 4 y 3. Estos tratamientos con alturas superiores son los que tienen los sustratos inertes de cobertura que componen arena fina con aserrín y arena fina pura, y los tratamientos con alturas inferiores son los que poseen arena fina con ladrillo molido. Se aprecia un posible efecto de éste sustrato de cobertura inorgánico (Arena fina más ladrillo molido), ya que el ladrillo posee arcilla, y ésta tiene una característica de contraerse y expandirse de acuerdo a la humedad existente, según Miranda, R. (2002). Y se presume que es la causa de un desarrollo menor en estos tratamientos.

También se puede verificar que existe un mejor desarrollo de la variedad Big holand a comparación de la Trophy en todos las demás mezclas de sustratos inertes y sustrato orgánico, esto posiblemente a sus características morfológicas.

La variable Altura de Planta fue medida desde la aparición de las primeras hojas verdaderas hasta la cosecha (12ª semana). Para lo cual la información obtenida fue procesada mediante un Análisis de Varianza (Cuadro 5), a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 5. Análisis de Varianza de la Altura de Planta (cm.)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)	Significancia
Bloque	2	5.93	2.97	7.86	4.10	*
FA (Sust.)	2	8.31	4.16	11.01	4.10	*
FB (Var.)	1	9.10	9.10	24.12	4.96	*
AxB	2	1.93	0.97	2.56	4.10	NS
Error	10	3.77	0.38			
Total	17	29.05				

$$CV= 15,4 \%$$

El coeficiente de variación es 15.4 %, encontrándose en un rango por debajo del 30%, lo que indica la confiabilidad de los datos (Calzada, 1982).

Existe diferencia significativa entre Bloques, por lo que cada bloque tuvo una reacción diferente, posiblemente fue atribuido a factores como la ventilación, temperatura y luminosidad.

Existen diferencias significativas entre los niveles de Sustratos (FA) en la Altura de Planta, por lo que cada tipo de sustrato tuvo influencia diferente sobre el desarrollo del cultivo en la Altura de Planta.

Por otra parte la influencia de los niveles de Variedades en la Altura de Planta, se evidencia que existen diferencias significativas entre las mismas (FB), por lo que cada variedad tuvo un desarrollo distinto sobre la variable Altura de Planta, o sea, es distinto el desarrollo en una variedad que en la otra.

En la Interacción niveles de Sustratos y Variedades en la Altura de planta, la interacción de factores A x B no tiene diferencias significativas, por lo que ambos factores actúan independientemente uno del otro, es decir que los Sustratos no infieren en la Altura de Planta con relación a las Variedades.

En virtud a la significancia en los factores de estudio, se determino realizar una comparación de medias a través de la prueba de Duncan, para establecer la diferencia.

Cuadro 6. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Sustrato en la Altura de Planta (cm.)

Nivel Sustrato	Media Alt. Planta (cm.)	Prueba de DUNCAN (5%)
a1 (A As+Est B.O.)	11.92	A
a3 (A + Est. B.O.)	10.83	A
a2 (A Lm + Est. B.O.)	8.15	B

Realizando la discriminación de medias, con la prueba de Duncan, se tiene que no existen diferencias significativas en las Alturas promedios de las plantas cuando se desarrollan en los tipos de sustratos a1 y a3, con promedios similares de 11.92 cm. y

10.83 cm. respectivamente. Se tiene diferencias entre a1 y a2 con promedios de 11.92 cm. y 8.15 cm.; y entre a3 y a2 con promedios de 10.83 y 8.15 cm. respectivamente. Por lo que se observa, la diferencia del nivel con menor desarrollo a2 con el nivel a1 y a3 (mejores resultados), se debe posiblemente a que éste nivel tiene como sustrato: Arena y Ladrillo molido más Estiércol Bovino y Ovino.

Con respecto a lo mencionado, sobre el ladrillo molido, éste material posee arcilla, y la arcilla según Miranda, R. (2002), tiene un comportamiento doble llamado Histéresis, la cual se caracteriza por que la arcilla se expande cuando se humedece y tiende a contraerse cuando se está deshidratando. Produciendo de esta manera que las plantas utilicen más energía para su desarrollo y de esta manera no puedan desenvolverse normalmente en su crecimiento.

Sobre el sustrato de fondo (mezcla de estiércol bovino y ovino), que tuvo la misma proporción y misma cantidad en todas las unidades experimentales dentro de los contenedores, se tuvo un problema externo con respecto al drenaje en las 4 a 5 últimas semanas de experimentación, produciendo que el agua excedente no drene adecuadamente por el desagüe instalado en los contenedores y posiblemente provocando un cambio en el pH del sustrato, como también la posible reducción de oxígeno para la respiración de las raíces.

Al respecto Pascuali, J. (2002), donde indica que los pH ácidos y básicos inhiben la absorción e inmovilizan las sales, nutrientes y ocasionan trastornos de estrés fisiológico. Y de acuerdo a Black, C. (1975), una mala aireación puede afectar a la absorción de elementos nutritivos por las plantas, por regla general se señala que existe una inhibición en el crecimiento u otra función fisiológica con el aumento en la concentración de anhídrido carbónico y una disminución de oxígeno

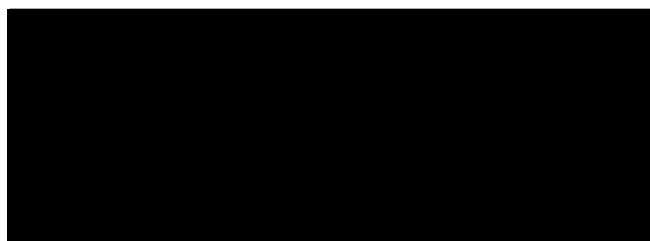
Los resultados obtenidos no fueron tan favorables, también debido a la posible pérdida de Nitrógeno del sustrato orgánico, ya que es un elemento bastante móvil y susceptible a perderse por diferentes causas como el lavado y la volatilización.

Al respecto Wikipedia (2010), indica que el nitrógeno sufre transformaciones que provocan la pérdida de la misma en forma de gas amoníaco (NH_3), o por la desnitrificación de Nitrato (NO_3) para generar N_2 , la cual es una de las causas de

deficiencia de fertilizantes orgánicos. Lo que asevera Pascuali, J. (2002), el cual indica que el nitrógeno se pierde fácilmente del estiércol debido a la lixiviación, lavado o volatilización en la forma de NH_3 .

Por otra parte la influencia de los niveles de Variedades en la Altura de Planta, se evidencia que existen diferencias significativas entre ellas (FB), por lo que cada tipo de variedad tuvo un comportamiento disparejo sobre el desarrollo de la Altura de Planta. Con la prueba de Duncan se realizó la comparación de medias para identificar la diferencia, demostrado en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Variedades en la Altura de Planta (cm.)



En la Influencia del Factor Variedad en la Altura de Planta, el Análisis de Varianza (Cuadro 5), indica que existe diferencias significativas entre Variedades sobre el desarrollo de la variable Altura de Planta, es decir, que es distinto el desarrollo de la Altura de Planta en una variedad (Trophy) que en otra (B. holand).

Estas diferencias pueden ser atribuidas a las características propias de cada variedad, ya que se dio la mayor homogeneidad posible en cuanto a la temperatura, humedad, luminosidad, etc.

Al respecto, según Infojardin (2010), indica que las variedades se distinguen entre si, por ciertos caracteres secundarios. Por lo que se puede entender el diferente comportamiento morfológico que tuvieron ambas variedades.

Con respecto a otros resultados obtenidos, Mamani, B. (2006), aplicando el mismo sustrato orgánico y en la misma proporción (Estiércol Bovino y Ovino, 1:1) pero en suelo agrícola y en ambiente protegido (Walipini), obtuvo un promedio de 11.89 cm. de altura con la variedad Trophy. Por otra parte el estudio realizado por Calle, S. (2006),

produciendo orgánicamente la misma variedad y en ambiente protegido, reporto un promedio de 11.23 cm.

Se evidencia en el Cuadro 7, que la variedad Trophy tuvo una media de 9.35 cm., la cual es inferior a los resultados obtenidos por los otros trabajos citados, esto debido a las reacciones propias de la variedad en este sistema de producción.

Con respecto a la variedad Big holand, no existe referencias bibliográficas sobre ella. Pero se demuestra que tuvo un mejor desarrollo que la otra variedad, y con resultados semejantes a los otros resultados citados, esto posiblemente debido a sus propias características genéticas.

En la Interacción de niveles Sustratos y Variedades en la Altura de planta, la interacción de factores A x B no tiene diferencias significativas, por lo que ambos factores actúan independientemente uno del otro, es decir que los Sustratos no infieren en la Altura de Planta con relación a las Variedades.

5.2.2. Ancho de hoja

El ancho de hoja del cultivo de Valerianela por efecto de la aplicación de variedades y tipos de sustratos (Tratamientos), se muestra en la siguiente figura.

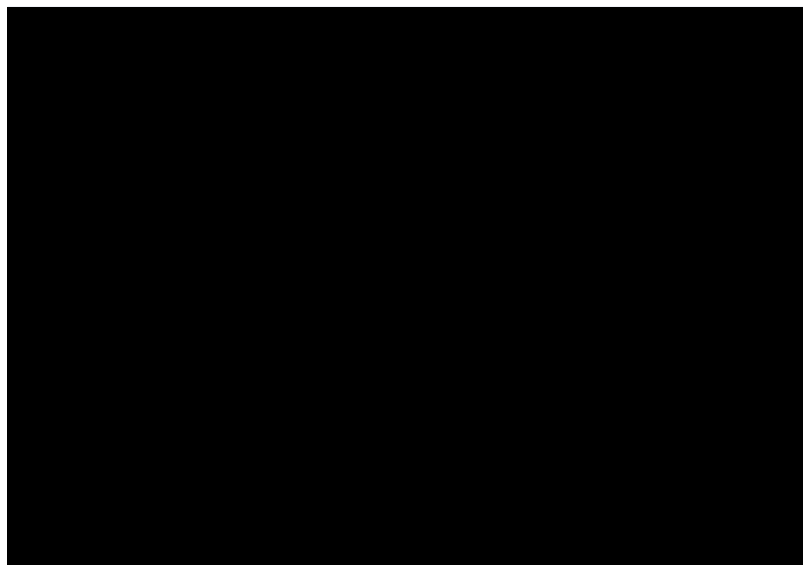


Figura 4. Ancho de hoja en cm. por tratamiento

Existen diferencias entre tratamientos en esta variable, donde el tratamiento 2, 6, 1 y 5 poseen los mejores promedios, con respecto a los tratamientos 4 y 3.

Al parecer ésta diferencia se debe a la influencia de los sustratos, ya que los tratamientos con mejores resultados poseen como sustratos de cobertura la arena fina y la mezcla de la arena fina más aserrín, y los tratamientos con menores resultados poseen arena fina más ladrillo molido (Se aclara que el sustrato orgánico de fondo es el mismo en todos los tratamientos).

Se aprecia un posible efecto de éste sustrato de cobertura (Arena fina más ladrillo molido), y este resultado será analizado en la Prueba de comparación de medias (Cuadro 9), como también el efecto de la mezcla de sustrato orgánico en el cultivo.

También se puede verificar que existe un mejor desarrollo de la variedad Big holand a comparación de la Trophy en todos las demás mezclas de sustratos orgánicos e inertes, esto posiblemente a sus características morfológicas.

La variable Ancho de Hoja fue medida desde la aparición de las primeras hojas verdaderas hasta la cosecha. Para lo cual la información obtenida fue procesada mediante un Análisis de Varianza (Cuadro 8), a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 8. Análisis de varianza Ancho de Hoja (cm.)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)	Significancia
Bloque	2	0.20	0.10	35.92	4.10	*
FA (Sust.)	2	0.79	0.40	144.86	4.10	*
FB (Var.)	1	0.03	0.03	12.01	4.96	*
AxB	2	0.01	0.005	1.71	4.10	NS
Error	10	0.03	0.003			
Total	17	1.06				

CV= 2,61 %

El análisis de varianza del Cuadro 8, nos muestra que existe una diferencia significativa con respecto al factor Bloque, lo que indica que es distinto trabajar en un bloque que en los otros, para la variable Ancho de Hoja.

En el factor Sustratos (FA), nos indica que existe significancia, lo que deduce que es diferente trabajar en un sustrato a1 (Arena fina mas Estiércol Bovino y Ovino) que trabajar con el sustrato a2 (Arena fina y Ladrillo molido mas Estiércol Bovino y Ovino) y ésta será diferente que trabajar con el sustrato del nivel a3 (Arena fina y Aserrín mas Estiércol Bovino y Ovino), para ésta variable.

También nos indica que existe una diferencia significativa entre los niveles del factor B (Variedades) sobre el desarrollo de la variable Ancho de hoja, es decir, que es distinto el desarrollo del Ancho de Hoja en una variedad que en la otra.

En la Interacción del factor A con el factor B en el Ancho de Hoja, no hay diferencias significativas, esto debido a que ambos actúan independientemente uno del otro, es decir que los Sustratos no infieren para el Ancho de Hoja con relación a las Variedades, a una probabilidad del 5%.

Por otra parte el coeficiente de variación fue 2.61 %, indicando que el manejo de datos es confiable, dentro del rango establecido por Calzada (1982).

En virtud a la significancia en el Factor A, se realizó la discriminación de medias con la prueba de Duncan (5 %) para establecer la diferencia, demostrado en el siguiente cuadro.

Cuadro 9. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Sustratos en el Ancho de Hoja (cm.)

Nivel Sustrato	Media Ancho de Hoja (cm.)	Prueba de DUNCAN (5%)
a3 (A +Est B.O.)	2.26	A
a1 (A As+ Est. B.O.)	2.21	A
a2 (A Lm + Est. B.O.)	1.57	B

Se evidencia que no existen diferencias significativas en el Ancho de Hojas cuando se desarrollan en los tipos de sustratos a3 y a1, con promedios semejantes de 2.26 cm. y 2.21 cm.; se tiene diferencias entre a3 y a2 con promedios de 2.26 cm. y 1.57 cm.; y entre a1 y a2 con promedios de 2.21 y 1.57 cm. respectivamente.

La diferencia de los niveles con desarrollos superiores con el de menor desarrollo a2, se debe posiblemente a que éste nivel (a2) tiene como sustrato la mezcla de Arena y Ladrillo molido como cobertura más Estiércol Bovino y Ovino como fondo. Como se explicó anteriormente, según Miranda, R. (2002), el ladrillo molido posee arcilla, y ésta tiene un comportamiento doble llamado Histéresis, y ésta se caracteriza por que se expande cuando se la humedece y se contrae cuando se va deshidratando.

Los resultados obtenidos no fueron tan favorables, debido a problemas ocurridos en el funcionamiento deficiente del drenaje en el último tercio del tiempo de evaluación, provocando que el agua de riego no drene adecuadamente e induciendo a un posible cambio en el pH del sustrato y reducción de oxígeno para la respiración de las raíces.

Según Vigliola (1992), citado por Calle, S. (2006), las diferencias registradas en el Ancho de Hoja de la Valerianela está determinado por factores edafoclimáticos (suelo y agua), que influyen en el desarrollo de la hoja. De acuerdo a Pascuali, J. (2002), los pH ácidos y básicos inhiben la absorción e inmovilizan las sales, nutrientes y ocasionan trastornos de estrés fisiológico.

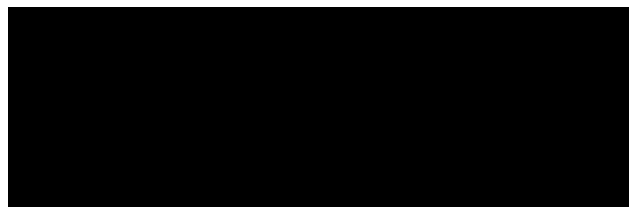
Con respecto a la oxigenación, Black, C. (1975), indica que una mala aireación puede afectar a la absorción de elementos nutritivos por las plantas, por regla general se señala que existe una inhibición en el crecimiento u otra función fisiológica con el aumento en la concentración de anhídrido carbónico y una disminución de oxígeno. Produciendo de esta manera que las plantas utilicen más energía para su desarrollo y de esta manera no puedan desenvolverse normalmente en su crecimiento.

Por otra parte se cree que hubo pérdidas de macronutrientes como el Nitrógeno, por lavado o por volatilización del mismo, debido a las características propias del sistema de producción. Según Wikipedia (2010), indica que el nitrógeno sufre transformaciones que provocan la pérdida de la misma en forma de gas amoniaco (NH_3), o por la desnitrificación de Nitrato (NO_3) para generar N_2 , la cual es una de las causas de deficiencia de fertilizantes orgánicos. Lo que asevera Pascuali, J. (2002), el cual indica que el nitrógeno se pierde fácilmente del estiércol debido a la lixiviación, lavado o volatilización en forma de NH_3 .

La influencia de los niveles de Variedades en el Ancho de Hoja, se evidencia que existen diferencias significativas entre ellas (FB), por lo que cada Variedad tuvo influencia diferente sobre el desarrollo del Ancho de Hoja.

Con la prueba de Duncan se realizó la comparación de medias para identificar la diferencia.

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Variedades en el Ancho de Hoja (cm.)



El Análisis de Varianza (Cuadro 8), indica que existe diferencias significativas entre Variedades (FB) sobre el desarrollo de la variable Ancho de Hoja, es decir, que es distinto el desarrollo del Ancho de Hoja en una variedad (Trophy) que en la otra variedad (B. holand).

El Cuadro 10, indica que existen diferencias significativas en los promedios del Ancho de Hoja de las Variedades. Estas diferencias se deben posiblemente a las características propias de cada variedad, ya que se dio la mayor homogeneidad ambiental posible.

Al respecto, Infojardin (2010), indica que las variedades se distinguen entre si, por ciertos caracteres secundarios. Por lo que se puede entender el diferente comportamiento morfológico que tuvieron ambas variedades.

Por otra parte el estudio realizado por Calle, S. (2006), produciendo orgánicamente la variedad Trophy y en ambiente protegido, reporto un promedio de 4.11 cm.

Se evidencia en el Cuadro 10, que la variedad Trophy tuvo una media de 1.95 cm., la cual es inferior a los resultados obtenidos por Calle, S. (2006). Este desarrollo inferior se debe posiblemente a problemas de humedad en el sustrato orgánico, ya que en el transcurso del experimento, el drenaje de los contenedores no funciono adecuadamente, produciendo que el agua de riego se almacene y de ésta manera influya en la porosidad y aireación del sustrato orgánico y también a que las raíces tuvieran problemas en la respiración y la absorción de nutrientes.

Como lo asevera Black, C. (1975), donde indica que, una mala aireación puede afectar a la absorción de elementos nutritivos por las plantas, por regla general se señala que existe una inhibición en el crecimiento u otra función fisiológica con el aumento en la concentración de anhídrido carbónico y una disminución de oxígeno.

Con respecto a la variedad Big holand, no existe referencias bibliográficas sobre ella. Pero se comporta de manera superior en su desarrollo que la otra variedad, e incluso similar al resultado del trabajo citado, esto posiblemente debido a sus propias características genéticas.

En la Interacción niveles de Variedades y Sustratos en el Ancho de Hoja, la interacción de factores A x B no tiene diferencias significativas, por lo que ambos factores actúan independientemente uno del otro, es decir que los Sustratos no infieren en el Ancho de Hoja con relación a las Variedades.

5.2.3. Área foliar

Ésta variable fue medida al final de la cosecha, donde se consideró que se alcanzaba su máximo desarrollo, para su posterior traslado a un herborizador. De acuerdo a Rodríguez (1991), citado por Calle, S (2006), recomienda que el área foliar debe ser medido lo más pronto posible después de cosechar, usando material húmedo, para evitar el encogimiento o enrollamiento y nos lleve a tener errores en los cálculos.

El comportamiento de los tratamientos se muestra en la siguiente figura:

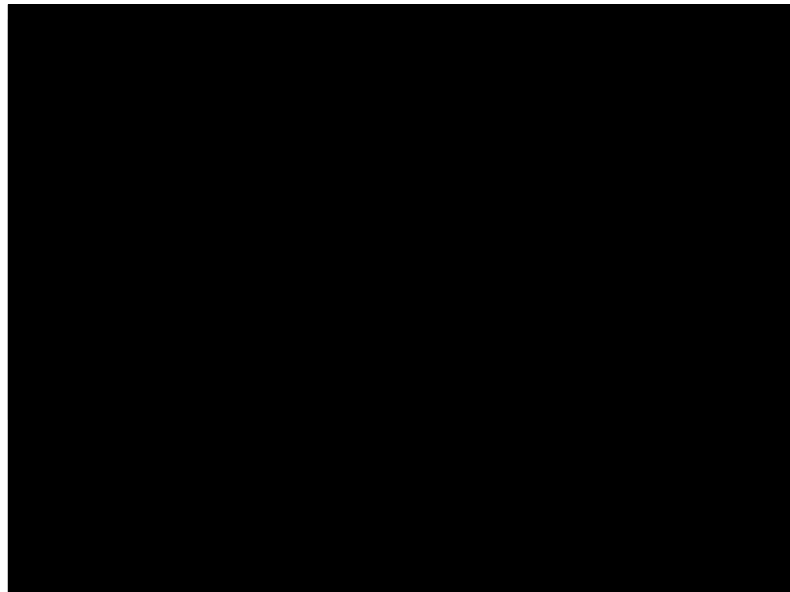


Figura 5. Área Foliar en cm^2 por tratamiento

Se verifica que existen diferencias entre los tratamientos, como en los anteriores resultados, los tratamientos con los mejores promedios son el 2, 6, 1 y 5, y con menores promedios son el tratamiento 4 y 3.

Al parecer la influencia del sustrato que compone Arena fina más Ladrillo molido, provoca que en estos últimos tratamientos (4 y 3), tengan bajos promedios, esto debido a la Arcilla y su propiedad llamada Histéresis, la cual de acuerdo a la humedad que posea esta se expanda o se contraiga, produciendo cierta tensión en las plantas, (Miranda, 2002). Por lo que se presume que es la causa del desarrollo inferior en estos tratamientos como también por otros aspectos que serán analizados más adelante.

Por otro lado la variedad Big holand tiene un mejor desarrollo a comparación de la variedad Trophy, con un mejor comportamiento en todas las mezclas de sustratos orgánicos e inertes y a resultados de trabajos realizados con anterioridad, esto posiblemente debido a sus características morfológicas.

Los datos procesados (ANVA) sobre ésta variable se presentan a continuación:

Cuadro 11. Análisis de varianza Área Foliar (cm²)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)	Significancia
Bloque	2	470969.98	235484.99	604.44	4.10	*
FA (Sust.)	2	17511.48	8755.74	22.47	4.10	*
FB (Var.)	1	3193.34	3193.34	8.20	4.96	*
AxB	2	92.55	46.27	0.12	4.10	NS
Error	10	3895.93	389.59			
Total	17	495663.27				

$$CV= 3,58 \%$$

El coeficiente de variación es 3.58 %, lo que demuestra la confiabilidad de los datos durante la investigación.

De acuerdo al Cuadro 11, el factor bloque posee diferencias significativas, por lo que el diseño gana precisión.

Existen diferencias significativas entre los Sustratos en esta variable, se determina en el Cuadro 12 entre que sustratos existe significancia. Esta diferencia se debe posiblemente al efecto de algún insumo utilizado en la mezcla de los Sustratos.

También existen diferencias significativas en los niveles de Variedad sobre el Área foliar. Esto posiblemente debido a sus propias características genéticas de cada variedad.

La interacción Sustrato y Variedad no presentan significancia, lo que indica que estos dos factores en estudio actúan independientemente en esta Variable.

En virtud a la significancia de los factores de estudio, se determino realizar una comparación de medias a través de la prueba de Duncan, para establecer la diferencia.

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Sustratos en el Área Foliar (cm²)

Nivel Sustrato	Media Área Foliar (cm²)	Prueba de DUNCAN (5%)
a1 (A As+ Est. B.O.)	868.313	A
a3 (A +Est B.O.)	851.750	A
a2 (A Lm + Est. B.O.)	761.825	B

El Cuadro 12 nos muestra nos señala las diferencias que existen entre las mezclas de sustratos. Se deduce que estadísticamente no existen diferencias entre los Sustratos a1 y a3 (ambos con mejor promedio), y éstos Sustratos tienen diferencias con el Sustrato a2 que tubo un bajo promedio con respecto a ésta variable.

La diferencia del nivel con menor desarrollo a2 con el nivel a1 y a3, se debe posiblemente a que éste nivel tiene como sustrato: Arena y Ladrillo molido más Estiércol Bovino y Ovino, y el Ladrillo molido posee arcilla. Y según Miranda, R. (2002), la arcilla tiene un comportamiento doble llamado Histéresis, la cual se caracteriza por que ésta se expande cuando se humedece y tiende a contraerse cuando se está deshidratando. Produciendo de esta manera que las plantas utilicen más energía para su desarrollo y de esta manera no puedan desenvolverse normalmente en su crecimiento.

Se tuvo problemas externos con respecto al funcionamiento deficiente del drenaje de los contenedores, por lo que posiblemente trajo problemas con el cambio del pH del sustrato y también en la respiración de las raíces de las plantas y produciendo a la vez un desarrollo foliar no tan bueno, especialmente en el último tercio del tiempo de experimentación.

Al respecto Pascuali, J. (2002), indica que los pH ácidos y básicos inhiben la absorción e inmovilizan las sales, nutrientes y ocasionan trastornos de estrés fisiológico. Y de acuerdo a Black, C. (1975), una mala aireación puede afectar a la absorción de

elementos nutritivos por las plantas, por regla general se señala que existe una inhibición en el crecimiento u otra función fisiológica con el aumento en la concentración de anhídrido carbónico y una disminución de oxígeno

Por otra parte, también se cree que hubo pérdida de Nitrógeno de la mezcla del sustrato orgánico, ya sea por lavado o por la volatilización, provocando que las plantas no se puedan desarrollar en toda su plenitud. Lo que asevera Pascuali, J. (2002), el cual indica que el nitrógeno se pierde fácilmente del estiércol debido a la lixiviación, lavado o volatilización en la forma de NH_3 .

La influencia de los niveles de Variedades en el Área foliar, se evidencia que existen diferencias significativas entre ellas (FB), por lo que cada tipo de variedad tuvo un comportamiento disperejo sobre el Área foliar.

Con la prueba de Duncan se realizó la comparación de medias para identificar la diferencia, demostrado en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Variedades en el Área foliar (cm^2)

Nivel Variedad	Media Área Foliar (cm^2)	Prueba de DUNCAN (5%)
b2 (B.holand)	847.275	A
b1 (Trophy)	807.317	B

El Cuadro 13, nos señala las diferencias que existen entre Variedades con respecto al Área Foliar, por lo que es diferente trabajar en una variedad que en otra; observando los resultados y como en las anteriores variables de respuesta la var. Big holand es la que mejor se desempeña en este sistema que la var. Trophy, y esta diferencia que se presenta es influenciadas posiblemente a las características propias de cada variedad.

Al respecto, Infojardin (2010), indica que, las variedades se distinguen entre si, por ciertos caracteres secundarios. Por lo que se puede entender el diferente comportamiento morfológico que tuvieron ambas variedades.

En la Interacción de niveles Sustratos y Variedades en el Área Foliar, la interacción de factores A x B no tiene diferencias significativas, por lo que ambos factores actúan independientemente uno del otro, es decir que los Sustratos no influyen en el Área Foliar con relación a las Variedades.

5.2.4. Número de Hojas

Se presenta a continuación gráficamente el comportamiento de los Tratamientos, con respecto a la variable de respuesta Número de Hojas.

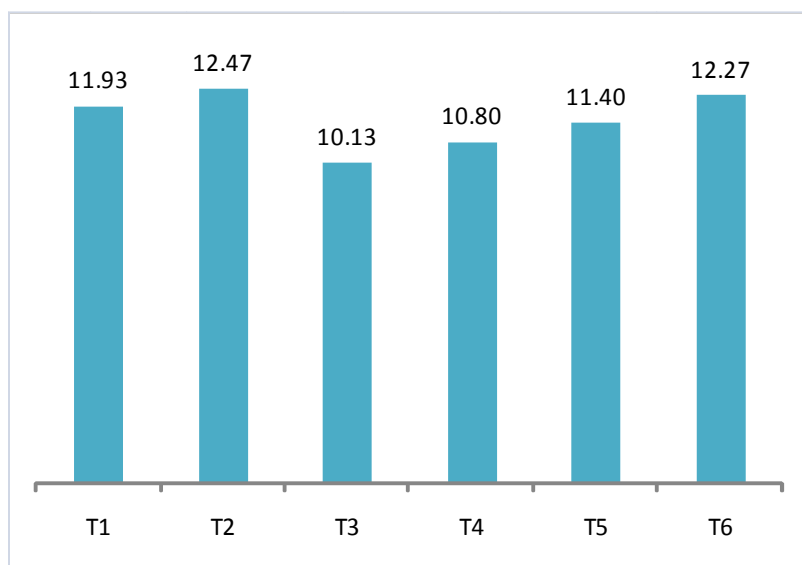


Figura 6. Número de Hojas por tratamiento

Se observa que existen diferencias entre tratamientos con respecto a ésta variable, donde el tratamiento 2, 6, 1 y 5 respectivamente son los que presentan un promedio superior con respecto a los tratamientos 4 y 3. El sustrato inerte que se utiliza en estos tratamientos con bajo promedio tiene una mezcla de sustrato de cobertura con arena fina y ladrillo molido.

Por tal motivo existe un posible efecto de éste sustrato de cobertura, por la arcilla que posee, y la característica de contraerse y expandirse de acuerdo a la humedad que tenga; y se presume que es la causa del desarrollo menor en estos tratamientos. Como problemas ocurridos en el último tercio del tiempo de experimentación que serán analizados más adelante.

También se puede verificar que existe un mejor desarrollo de la variedad Big holand a comparación de la Trophy en todos las demás mezclas de sustratos orgánicos e inertes, esto debido posiblemente a sus características morfológicas.

La variable Número de Hojas fue medida desde la aparición de las primeras hojas verdaderas hasta la cosecha. Para lo cual la información obtenida fue procesada con un Análisis de Varianza (Cuadro 14), a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 14. Análisis de Varianza Número de Hojas

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)	Significancia
Bloque	2	42.81	21.41	28.72	4.10	*
FA (Sust.)	2	10.01	5.01	6.72	4.10	*
FB (Var.)	1	2.14	2.14	2.87	4.96	NS
AxB	2	0.08	0.04	0.06	4.10	NS
Error	10	7.45	0.75			
Total	17	62.5				

$$CV= 7,51 \%$$

El coeficiente de variación es 7.51 %, encontrándose en un rango por debajo del 30%, lo que indica la confiabilidad de los datos (Calzada, 1982).

Existe diferencia significativa entre Bloques, por lo que cada bloque tuvo una reacción diferente, posiblemente fue atribuido a factores como la ventilación, temperatura, luminosidad; además que el diseño gana precisión por ésta diferencia.

Existen diferencias significativas entre los niveles de Sustratos (FA) en el Número de Hojas, por lo que cada tipo de sustrato tuvo influencia diferente sobre el desarrollo del cultivo en el Número de Hojas.

Por otra parte la influencia de los niveles de Variedades en ésta variable, se evidencia que no existen diferencias significativas entre las mismas (FB), o sea, es semejante el desarrollo de una variedad con la otra.

En la Interacción niveles de Sustratos y Variedades en el Número de Hojas, la interacción de factores A x B no tiene diferencias significativas, por lo que ambos factores actúan independientemente uno del otro, es decir que los Sustratos no infieren en el Número de Hojas con relación a los Variedades.

Debido a la significancia en el factor A, se realizó una comparación de medias a través de la prueba de Duncan para establecer la diferencia.

Cuadro 15. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Sustratos en el Número de Hojas

Nivel Sustrato	Media Número de Hojas	Prueba de DUNCAN (5%)
a1 (A As + Est. B.O.)	14.31	A
a3 (A +Est B.O.)	14.23	A
a2 (A Lm + Est. B.O.)	12.24	B

Realizando la discriminación de medias, se tiene que no existen diferencias significativas en el Número de Hojas cuando se desarrollan en los tipos de sustratos a1 y a3, con promedios similares; se tiene diferencias entre a1 y a2, y entre a3 y a2.

La diferencia del nivel con menor desarrollo a2 con los niveles a1 y a3 (mejores promedios), se debe, como en las anteriores explicaciones, posiblemente a la reacción de algún insumo presente en la mezcla del sustrato inerte, compuesto por Arena y Ladrillo molido, específicamente la Arcilla. Produciendo de esta manera que las plantas utilicen más energía para su desarrollo y de esta manera no puedan desarrollarse normalmente.

Los promedios obtenidos de 14 a 12 hojas, tiene relación con otros trabajos realizados con anterioridad, ya que Calle, S. (2006), tuvo en promedio el desarrollo de la misma especie de 14 a 13 hojas por planta, y esto es corroborado por Mamani, E. (2005), el cual logro obtener en promedio 14 hojas por planta cuando utilizó como fertilizante la mezcla de estiércol bovino y ovino en suelo.

Por otra parte el problema del deficiente funcionamiento del drenaje en las últimas 4 semanas no produjo grandes inconvenientes en ésta variable, ya que la aparición de

hojas siguió, pero ya no con la rapidez y espontaneidad de antes, esto debido posiblemente al cambio de pH del sustrato o por la carencia de oxígeno.

Al respecto Pascuali, J. (2002), indica que los pH ácidos y básicos inhiben la absorción e inmovilizan las sales, nutrientes y ocasionan trastornos de estrés fisiológico. Y corroborando Black, C. (1975), indica que una mala aireación puede afectar a la absorción de elementos nutritivos por las plantas.

La influencia de los niveles de Variedades en el Número de Hojas, se evidencia que no existen diferencias significativas entre ellas (FB), por lo que cada tipo de variedad Big holand y Trophy, tuvo un desarrollo similar en ésta variable.

En la Interacción de niveles Sustratos y Variedades en el Número de Hojas, la interacción de factores A x B no tiene diferencias significativas, por lo que ambos factores actúan independientemente uno del otro, es decir que los Sustratos no infieren en el Número de Hojas con relación a las Variedades.

5.2.5. Rendimiento de materia verde

El Rendimiento de Materia Verde del cultivo por efecto de los Tratamientos, se muestra en la siguiente figura.



Figura 7. Rendimiento de Materia Verde en g/0.5 m²

Sin duda el comportamiento de peso de materia verde es una de las variables más importantes para determinar el rendimiento de cualquier cultivo, como también se debe tener en cuenta factores importantes para la buena comercialización, como: higiene, color, textura del producto, grado de desarrollo, presentación, etc.

Se corrobora la posible influencia del sustrato de cobertura en el comportamiento de los tratamientos, donde los promedios menores en esta variable la obtuvieron una vez más los tratamientos 4 y 3, y los mejores respectivamente los tratamientos 2, 6, 1 y 5.

Cabe mencionar, que los promedios de todos los tratamientos son inferiores a investigaciones realizadas con anterioridad a la presente; esto debido posiblemente al funcionamiento deficiente del drenaje de los contenedores y a posibles factores que influenciaron en el desarrollo del cultivo dentro de la carpa solar.

Como se esperaba, de acuerdo a los datos, la variedad con mejor desarrollo fue la Big holand a comparación de la Trophy, esto debido posiblemente a sus características genéticas propias.

La información obtenida fue procesada mediante un Análisis de Varianza para ésta variable (Cuadro 16), obteniendo de esta manera la significancia de las diferentes Fuentes de Variación.

Cuadro 16. Análisis de varianza Rendimiento de Materia Verde (g/0.5m²)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)	Significancia
Bloque	2	305277.78	152638.89	86.13	4.10	*
FA (Sust.)	2	44311.11	22155.56	12.50	4.10	*
FB (Var.)	1	7200.00	7200.00	4.06	4.96	NS
AxB	2	933.33	466.67	0.26	4.10	NS
Error	10	17722.22	1772.22			
Total	17	375444.44				

CV= 9,67 %

Existe diferencia significativa entre Bloques, por lo que cada bloque tuvo una reacción diferente, posiblemente fue atribuido a factores como la ventilación, temperatura, luminosidad, etc.

Existen diferencias significativas entre los niveles de Sustratos (FA) en el Rendimiento de Materia Verde, por lo que cada tipo de sustrato tuvo influencia diferente sobre el desarrollo del cultivo en ésta variable.

Por otra parte la influencia de los niveles de Variedades en el Rendimiento de Materia Verde, se evidencia que no existen diferencias significativas entre las mismas (FB), por lo que cada variedad tuvo un desarrollo parejo sobre la variable Rendimiento de Materia Verde, o sea, es similar el rendimiento en una variedad que en la otra.

En la Interacción niveles de Sustratos y Variedades en la Altura de planta, la interacción de factores A x B no tiene diferencias significativas, por lo que ambos factores actúan independientemente uno del otro en ésta variable.

El coeficiente de variación es 9.67%, encontrándose en un rango por debajo del 30 %, lo que indica la confiabilidad de los datos obtenidos.

En virtud a la significancia del factor A se determino realizar la comparación de medias a través de la prueba de Duncan, para establecer la diferencia.

Cuadro 17. Prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$) para los niveles Sustratos en el Rendimiento de Materia Verde en g/0.5 m²

Nivel Sustrato	Media Rdto. (g/0.5 m²)	Prueba de DUNCAN (5%)
a1 (A As + Est. B.O.)	685,64	A
a3 (A + Est B.O.)	670,97	A
a2 (A Lm + Est. B.O.)	555,41	B

Realizando la discriminación de medias, se tiene que no existen diferencias significativas en los Rendimientos promedios cuando se desarrollan en los tipos de sustratos a1 y a3, con promedios similares. Se tiene diferencias entre a1 y a2 y entre los niveles a3 y a2. Teniendo por ende al nivel a2 como el de menor promedio.

También se ve aquí, el efecto posible de la arcilla (componente del sustrato a2), su comportamiento y su derivación para reducir posiblemente el desarrollo del cultivo.

Por otra parte los resultados obtenidos en los tres sustratos son bajo con relación a otros como por ejemplo Mamani, B. (2005), quien obtuvo un peso promedio de 1.587 Kg/m², utilizando la misma mezcla de abono (Bovino y Ovino) y en la misma proporción, pero en suelo agrícola, también Condori (2003), el cual obtuvo un promedio de 1500 g/m², y Calle, S. (2006), con 1940 g/m².

Estos resultados bajos se deben al efecto causado por el funcionamiento deficiente del drenaje de los contenedores, produciendo así un posible cambio en el pH del sustrato, debido a la acumulación de humedad como también en la reducción del contenido de oxígeno en el mismo, ocasionando de esta manera un bajo crecimiento de las plantas en las últimas cuatro semanas de experimentación.

Al respecto Pascuali, J. (2002), indica que los pH ácidos y básicos inhiben la absorción e inmovilizan las sales, nutrientes y ocasionan trastornos de estrés fisiológico. Y corroborando Black, C. (1975), indica que una mala aireación puede afectar a la absorción de elementos nutritivos por las plantas.

Por otra parte se piensa que hubo pérdidas de macroelementos nutritivos, en especial de Nitrógeno, ya que éste es un elemento susceptible a perderse por diversas causas como por lavado o por volatilización.

Por lo mencionado Wikipedia (2010), indica que el nitrógeno sufre transformaciones que provocan la pérdida de la misma en forma de gas amoníaco (NH₃), o por la desnitrificación de Nitrato (NO₃) para generar N₂, la cual es una de las causas de

deficiencia de fertilizantes orgánicos. Pascuali, J. (2002), confirma que el nitrógeno se pierde fácilmente del estiércol debido a la lixiviación, lavado o volatilización en forma de NH_3 .

En la Interacción de niveles Sustratos y Variedades en el Rendimiento de Materia Verde, la interacción de factores A x B no tiene diferencias significativas, por lo que ambos factores actúan independientemente uno del otro, es decir que los Sustratos no infieren en el Rendimiento de Materia Verde con relación a las Variedades.

5.3. Variables Fenológicas

Según Mattos, E. (2000), la fenología es la expresión de las variaciones morfológicas vegetativas bien marcadas de desarrollo en el transcurso de la vida de una planta. Por lo que el cultivo desde la siembra hasta la cosecha solamente tuvo tres fases: Emergencia o Emisión de cotiledones, Primeras dos hojas verdaderas y la fase Comercial o de cosecha.

La siguiente figura muestra el crecimiento de las plantas, donde se observa una disposición de crecimiento típica de los seres vivos, que es la forma sigmoideal, curva que se nota casi en todos los tratamientos, pero con sus respectivas diferencias.

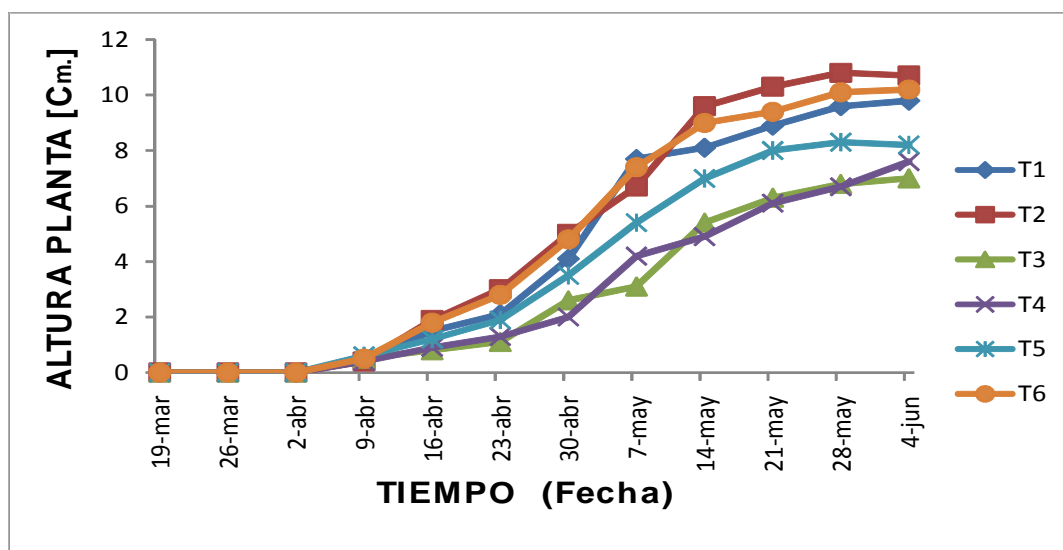


Figura 8. Crecimiento de plantas por tratamiento

La curva de crecimiento de los diferentes tratamientos muestra a principio un desarrollo lento hasta el 9 de abril, que refleja el tiempo de germinación o la primera fase fenológica, **Emergencia o Emisión de cotiledones**, que duró aproximadamente hasta los 21 días después de la siembra en todos los tratamientos.

Posteriormente entre el 9 y el 16 de abril, se observa la aparición de la segunda fase: **Aparición de las primeras hojas verdaderas**, donde existió también un desarrollo mínimo y lento, hasta finales del mes de abril, posteriormente se observa un desarrollo diferenciado entre tratamientos. A mediados de este mes se realizó el raleo para evitar la competencia entre plantas, ya que la siembra fue a chorro continuo.

A partir del 30 de abril, se observa en la mayoría de los tratamientos un mejor crecimiento, pero variado entre ellos, tiempo en el que se presenta un aumento de actividad fisiológica, lo que no solo permite el incremento de altura si no también de biomasa. En esta etapa se destacan los tratamientos 2, 6, 1 y 5, los cuales van progresando de mejor manera que los tratamientos 4 y 3.

Cabe mencionar que para prevenir posibles quemaduras producidas por la luz solar, se implemento bolsas costuradas de nylon para dar sombra y mantener la humedad de los sustratos. Lo que asevera Rodríguez (1991), que indica, que de forma general el desarrollo vegetativo viene favorecido por una reducción de la radiación acompañada de una humedad suficiente y de una temperatura elevada.

Posteriormente a partir del 14 de mayo, se observó problemas acaecidos por el deficiente funcionamiento del drenaje, produciendo que el agua de riego no pueda drenar adecuadamente, por lo que se redujo la cantidad y la frecuencia de riego. Con el fin de evitar problemas de desarrollo en las plantas. Luego en las subsiguientes semanas se observo la reacción de las plantas con un crecimiento lento, produciendo a que algunas muestras tengan un pigmento más claro y otras con menor desarrollo.

Se vio por conveniente realizar la **Cosecha** a la 12^a semana, después de la siembra, ya que el cultivo cumplía con la última fase de desarrollo, además que ya se estaban manifestando problemas como quemaduras solares en las hojas, la aparición de plagas como las tijeretas (que afectaron muy poco) y en algunos contenedores el aspecto de hojas de color verde amarillento. Por lo que se estableció ésta fecha como definitiva para esta última fase.

La variedad Big holand tuvo un mejor comportamiento en este tipo de sistema que la variedad Trophy; y las mezclas de sustratos inorgánicos de cobertura, compuestos por Arena fina mas Aserrín (2:1) y Arena fina (1), tuvieron mejor efecto que el sustrato compuesto por Arena fina mas Ladrillo molido (2:1), teniendo en cuenta que como sustrato orgánico de fondo en todos los tratamientos estaba compuesto por Estiércol Bovino y Ovino en una proporción de 1:1, medidos en volumen.

5.4. Análisis económico

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

Para éste fin, se utilizó el método de presupuestos parciales, recomendada por el CIMMYT (1988), permitiendo determinar las aplicaciones económicas en costos y beneficios.

5.4.1. Costos de Producción

Es la cantidad monetaria desembolsada para comprar o producir un bien y su cálculo es algo más complejo, porque hay que tener en cuenta el costo de las materias primas utilizadas, el de la mano de obra empleada y la parte proporcional de los costos de la inversión de capital necesaria para producir un bien. Los costos en los que incurrió en el ensayo se puede clasificar en dos grandes categorías: costos fijos y los costos variables.

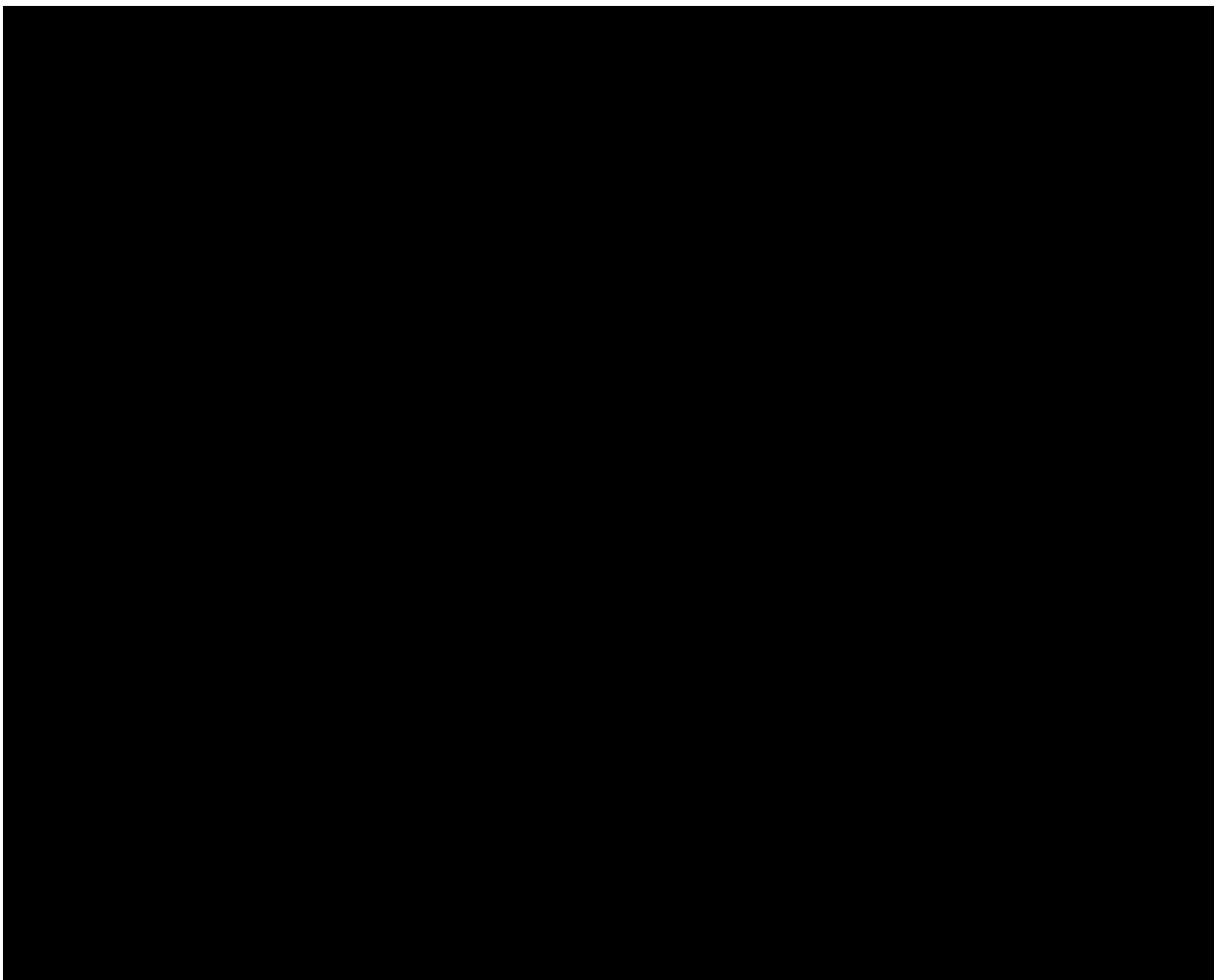
5.4.1.1. Costos Fijos

Los costos fijos son aquellos costos que no varían en una producción y no dependen de la cantidad producida. Se incluye generalmente los insumos y/o materiales que tienen una larga durabilidad. El Cuadro 18, muestra éstos costos utilizados en el experimento, desde la implementación de los contenedores y tratamientos hasta la cosecha.

5.4.1.2. Costos Variables

Los costos variables, son aquellos costos que varían en una producción. Se incluyen los insumos, materiales tangibles y la mano de obra requerida que están en función a la producción. El cuadro siguiente, nos muestra los costos variables y los fijos de los insumos utilizados en la implementación del experimento, desde la construcción de los contenedores hasta el establecimiento de los tratamientos.

Cuadro 18. Costos Fijos y Variables para la implementación de Tratamientos



Para ser más específicos en el análisis de los costos y de los parámetros de rentabilidad, se fraccionó el estudio en los 6 diferentes tratamientos que se tiene.

Cuadro 19. Costos de Producción por Tratamiento

DETALLE	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Costos Fijos (Bs.)	49.02	49.02	47.02	47.02	49.065	49.065
Costos Variables (Bs.)	103.459	103.459	103.459	103.459	103.459	103.459
Imprevistos 10% (Bs.)	15.2479	15.2479	15.0479	15.0479	15.2524	15.2524
C-Costos de Producción (Bs.)	167.727	167.727	165.527	165.527	167.776	167.776

Cabe mencionar que la madera utilizada para la construcción de los contenedores son de construcción, pero de desecho; entonces se la reciclo y se la corto para utilizarla en los contenedores, por tal razón el costo de construcción de los mismos son muy bajos;

también para el establecimiento de algunos tratamientos se utilizó ladrillo de construcción de desecho.

Estos costos no consideran el transporte y también se toma en cuenta que la carpa solar ya estuvo construida, por lo tanto también no se considera el costo de construcción de la misma.

5.4.2. Beneficio Bruto

Es el beneficio monetario percibido por la venta de algún producto o bien, pero sin tomar en cuenta los costos desembolsados para producirlos.

Cuadro 20. Beneficio Bruto por Tratamiento

DETALLE	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rend. Promedio (g/0,5m ²)	473,33	506,67	356,67	383,33	416,67	476,67
Rend. Ajustado al 10% (g)	426,00	456,00	321,00	345,00	375,00	429,00
Rend. Comercial (bolsa de 200 g)	2,13	2,28	1,61	1,73	1,88	2,15
Precio de mercado (Bs./bolsa)	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
B-Beneficio Bruto (Bs.)	9,59	10,26	7,22	7,76	8,44	9,65

Por lo que se observa, los resultados de éste parámetro son bajos a consecuencia de los reducidos rendimientos promedios de cada tratamiento y no a consecuencia del precio de mercado, ya que se la comercializó en un mercado céntrico y con precio de venta relativamente alto.

5.4.3. Beneficio Neto

Es un parámetro económico que determina la rentabilidad o los beneficios de un producto, ya que toma en cuenta los costos para producirlos. Es decir, es la diferencia del Beneficio Bruto con los Costos de Producción. Es así, que pueden ser positivos o negativos, los primeros representan entradas y los segundos pérdidas.

Cuadro 21. Beneficio Neto por Tratamiento

DETALLE	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C-Costos de Producción (Bs.)	167,73	167,73	165,53	165,53	167,78	167,78
B-Beneficio Bruto (Bs.)	9,59	10,26	7,22	7,76	8,44	9,65
Beneficio Neto (Bs.)	-158,14	-157,47	-158,30	-157,76	-159,34	-158,12

En los seis tratamientos se observa resultados negativos muy inferiores a cero, por lo que los seis tratamientos se las consideran no rentables. Se concluye, el que tuvo mejor resultado fue el tratamiento 2, luego el tratamiento 4, 6, 1, 5 y el peor el 3. Es decir que no se recupero lo invertido en el establecimiento de ninguno de los tratamientos, y más bien hubo pérdidas como por ejemplo del tratamiento uno de 158.14 Bs.

5.4.4. Relación Beneficio/Costo

Es el cálculo de todos los beneficios y costos posibles asociados a un proyecto, utilizado para analizar si éste debe ser realizado o descartado. Expresa la cantidad de dinero que se percibirá por cada unidad monetaria invertida. Por tanto la relación Beneficio/Costo se puede interpretar de la siguiente manera: Mayor a 1 rentable, Igual a 1 indiferente o se recupera lo invertido, y Menor a 1 pérdida.

Cuadro 22. Relación Beneficio/Costo por Tratamiento

DETALLE	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C-Costos de Producción (Bs.)	167,73	167,73	165,53	165,53	167,78	167,78
B-Beneficio Bruto (Bs.)	9,59	10,26	7,22	7,76	8,44	9,65
RELACIÓN B/C	0,0571	0,0612	0,0436	0,0469	0,0503	0,0575

Esta relación arroja resultados inferiores a la unidad por lo que se interpreta que no hay rentabilidad en los seis tratamientos. El tratamiento 2 posee un mejor resultado aunque fuese menor a uno, luego el tratamiento 6, 1, 5, 4 y por último el tratamiento 3. Es decir, por ejemplo en el Tratamiento 1, por cada Bs. invertido se pierde 17.5 Bs.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones.

- En la implementación del sistema, se concluye que los materiales utilizados son fáciles de encontrar y son de bajo costo, tanto para la construcción de los contenedores, como para el establecimiento de los sustratos inertes y sustrato orgánico. También se señala que se reciclaron materiales que se obtuvieron de escombros de construcción, como el ladrillo (que fue molido) y la madera para los contenedores, y la reutilización del aserrín como mezcla de sustrato.
- Con respecto al efecto de los sustratos inorgánicos en el desarrollo del cultivo, se concluye que, en las variables de respuesta, Altura de Planta, Número de Hojas, Área Foliar y el Rendimiento de Materia Verde, el sustrato que tubo mejores resultados fue el a1 (Arena fina y Aserrín más Estiércol Bovino y Ovino); mientras que en la variable Ancho de Hoja, el sustrato a3 (Arena fina más Estiércol Bovino y Ovino) fue el que tubo un efecto superior con relación a los otros sustratos.

Cabe señalar que las diferencias de los sustratos a1 y a3 son similares en todas las variables de respuesta, es decir que tienen un efecto semejante, esto estadísticamente corroborado mediante las pruebas de Duncan realizadas. Mientras que el sustrato a2 (Arena fina y Ladrillo molido más Estiércol Bovino y Ovino), tubo resultados inferiores a comparación de los otros niveles en todas las variables de respuesta, debido posiblemente al comportamiento ya mencionado de la arcilla que tuvo en su composición.

Concluyendo, el sustrato orgánico con una cobertura inorgánica compuesta ya sea con Arena fina o la mezcla de Arena fina con aserrín, son las más apropiadas para el desarrollo del cultivo y el uso en este sistema.

Con respecto al sustrato orgánico de fondo, por problemas del deficiente

funcionamiento del drenaje, se cree que hubo cambios en el pH y la posible reducción de oxígeno para la respiración de las raíces, esto ocurrido a partir del último tercio del tiempo de evaluación.

- En el factor Variedad, el nivel b2 (var. Big holand), fue el que tubo prevalencia en los resultados en todas las variables, a comparación de b1 (var. Trophy), esto debido posiblemente a sus características propias genéticas. Es decir que es la más apropiada para éste sistema de producción.

- Todos los resultados obtenidos, ya sea por efecto de los sustratos o variedades fueron inferiores a comparación de otros autores que experimentaron con el mismo cultivo. Esto se debió no solamente por el efecto de los sustratos inertes (específicamente hablando del que tubo arcilla), ni por las variedades utilizadas, sino por causa de problemas acaecidos en el drenaje, lo que produjo que no evacue adecuadamente los líquidos de riego excedentes, produciendo probablemente que las raíces no puedan respirar adecuadamente en el medio orgánico, produciendo de esta manera un desarrollo menor, como también el cambio del pH del sustrato orgánico.

- El tratamiento que tubo mejor desempeño en las variables de respuesta fue el tratamiento 2 (Arena fina y Aserrín más Estiércol Bovino y Ovino x *Valerianella locusta* var, Big Holand), seguido por el tratamiento 6 (Arena fina más Estiércol Bovino y Ovino x *Valerianella locusta* var, Big Holand), ambos con resultados similares, posteriormente el tratamiento 1, 5, 4 y por último el tratamiento 3. Los tratamientos 4 y 3 tuvieron un comportamiento inferior en todas las variables a comparación de los demás tratamientos.

- Cabe señalar que en ninguna de las unidades experimentales se evidenció la presencia o desarrollo de plantas ajenas al cultivo, debido seguramente a la cobertura de los sustratos inertes.

- El análisis económico realizado en el experimento, muestra que los costos de

producción son mayores a los ingresos, aunque los costos fijos son bajos, pero adicionando los costos variables, provocan una alza que no puede ser comparada a los ingresos, esto debido a los bajos rendimientos que inducen una situación que dan resultados desfavorables, es decir de pérdida.

Esta situación es debida posiblemente a problemas de respiración de las plantas, provocada por el deficiente funcionamiento del drenaje de los contenedores en el nivel del sustrato orgánico. Pero es importante mencionar que estas mezclas y sus respectivas divisiones (6 cm. de fondo de sustrato orgánico y 2 cm. de sustrato inorgánico de cobertura), quedan intactas, por lo que pueden ser utilizadas por los menos 3 veces, es decir establecer la siembra de por lo menos 3 veces consecutivas inclusive, obviamente mejorando el drenaje.

- Por otro lado las variaciones de temperatura y humedad relativa no influenciaron en el desarrollo del cultivo, aunque para prever problemas se introdujo bolsas nylon costuradas para dar más sombra.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y analizados en el presente trabajo de investigación se plantea las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda el uso como cobertura inorgánica la arena fina y la mezcla de arena fina con aserrín, por no presentar problemas de compactación y sobre todo por su buena capacidad de retención de humedad en sus poros.
- No se recomienda el uso de sustratos inorgánicos que posean arcilla, por el fenómeno que tienen al humedecerse y al deshidratarse.
- Efectuar investigaciones de éste sistema con otros sustratos orgánicos o con diferentes mezclas, ya sean con suelo o con la adición in situ de lombrices, para que de esta manera lograr conseguir una agricultura ecológica y sostenible.

- Se recomienda utilizar la variedad Big holand por su buen desempeño en su desarrollo en los diferentes sustratos, por sus características morfológicas, mejor desarrollo fisiológico y adaptabilidad en el sistema, aunque los rendimientos fueron bajos con relación a otros trabajos, pero superior a la variedad Trophy.

- Realizar la difusión de los beneficios nutricionales de la Valerianela, para fomentar el consumo de una mayor diversificación, y también para dar alternativas de producción en el área rural, ya que es un producto que tiene buenos precios en el mercado.

- Es importante que esta clase de investigaciones se complementen con otras, ya sea con diferentes sustratos, densidades de siembra, variedades, etc.

- Realizar investigaciones en cuanto a las plagas y enfermedades que presenta este cultivo, ya que se observó la presencia de insectos como las tijeretas, que causaron pequeños daños, pero no así de enfermedades.

- Se recomienda la realización de un estudio de mercado, ya que este cultivo al poseer un buen precio, calidad y ciclo de vida corto, muestran como una buena alternativa para su producción.

8. LITERATURA CITADA

A.A.S.A.N.A., 1999. Estación Meteorológica de El Alto, Informe Anual. El Alto – La Paz, Bolivia. Pp: 23.

"ANÁLISIS DE COSTE-BENEFICIO" Microsoft® Student 2008 [DVD]. Microsoft Corporation, 2007.

ARUQUIPA, R., 2008. Producción de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo dos sustratos (sólido y líquido) en el municipio de El Alto. Tesis de Grado. UMSA. Facultad de Agronomía.

BLACK, C. A., 1975. Relaciones Suelo Planta. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires – Argentina. P. 88.

BOSQUE, H., 2004. Apuntes de Fisiología Vegetal (Cátedra). Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia.

CÁCERES, E., 1984. Producción de hortalizas, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José – Costa Rica. Pp. 20 – 25.

CALLE, S., 2006. Estudio comparativo de dos medios de cultivo bajo tres densidades de siembra de Valerianela. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. UMSA. 4-16 p.

CALZADA, J., 1982. Métodos Estadísticos para la investigación. Ed. Jurídica, 4º Edición. Lima – Perú.

CANÓNIGOS (*Valerianella locusta*), consultado el 4 de junio de 2007, disponible en: <http://www.euroresidentes.com/Alimentos/canonigos.htm>

CANÓNIGO, consultado el 15 de julio de 2007, disponible en: <http://lavidaencasa.com/RECETARIO/Alimentos/A-D/canonigo.htm>

CEDEFEOA, 2002. Carpas Solares. Técnicas de Construcción y Técnicas de producción de hortalizas. La Paz – Bolivia. P: 3-18.

CIMMYT, 1988, Manual metodológico de evaluación económica. México D.F.

CONDORI, C., 2003. Eficiencia de la sembradora manual, en la dispersión a voleo de semillas de lechuga suiza (*Valerianella locusta*), en invernadero. Tesis de Grado. UMSA. Facultad de Agronomía.

"Cultivos hidropónicos." Microsoft® Encarta® 2007[DVD]. Microsoft Corporation, 2006.

CULTIVOS HIDROPÓNICOS EXTRA TEMPRANAS, consultado el 9 de junio de 2007. Disponible en: <http://www.infoagro.com>.

CHILÓN, E., 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ediciones CIDAC. La Paz – Bolivia Pp. 170 – 185.

CHURQUINA, V., 2000. Apuntes de Investigación en el Centro de Investigación en Línea Organizada (CIELO). La Paz – Bolivia.

ESTRADA, J., 2003. Aplicación fraccionada de nitrógeno y análisis de crecimiento en dos variedades de espinaca. Tesis de Grado, UMSA. La Paz – Bolivia.

F.A.O., 2005. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Reino de Bélgica. Producción y protección vegetal N° 12. Roma. Pp. 74 – 123.

FLORES, J., 1999. Carpas solares, técnicas de construcción. Editorial Huellas. La Paz – Bolivia. Pp. 10 – 28.

GARCÍA, V., 1996. Efecto de seis épocas de deshierbe manual y uso de herbicidas en el cultivo de lechuga, bajo carpa solar. Tesis Grado. UMSA. Fac. Agronomía.

GUERRERO, A., 1993. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa. Madrid – España. Pp. 1 – 44.

GROS, A., 1986. Guía practica de la fertilización, enmiendas orgánicas. Ed. Mundi Prensa. 7ma. edición, reimpresso en Madrid – España. 556p.

GUZMÁN, M., 1993. Construcción y manejo de invernaderos, Memorias. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. P: 3-7.

HARTMANN, F., 1990. Invernaderos y ambientes atemperados. FADES. La Paz – Bolivia. Pp. 30 – 90.

I.N.E., 2002. Instituto Nacional de Estadística. La Paz – Bolivia.

IZQUIERDO, J., 2005. Hidroponía Popular. Oficina Regional de la FAO. Santiago – Chile. P. 50.

LAMPKIN, N., 1998. Agricultura ecológica, una agricultura con futuro. Ed. Mundi Prensa. Madrid – España. Pp 5-7 y 109-117.

LEÑANO, F., 1973. Como se cultivan las hortalizas de hoja. Ed. De Vecchi. Barcelona – España. Pp. 75-78.

LIRA, R., 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Trillas. México D.F. 144 p.

MACHACA, F., 2008. Efecto de niveles de estiércol ovino en el rendimiento de variedades de apio (*Apium graveolens* L.), bajo ambiente protegido en el municipio de El Alto. Tesis de Grado. UMSA. Facultad de Agronomía.

MAMANI, B., 2006. Efecto de abonamiento y densidad de siembra en el comportamiento agronómico de la Valerianela en camas bajas protegidas. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor De San Andrés. 8-10 p.

MAMANI, E., 2006. Efecto de la aplicación de abonos en el cultivo de Lechuga Suiza en walipinis. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. UMSA. 15-20 p.

MARULANDA, C., 2003. Hidroponía Familiar. Editorial Optigraf. Armenia – Colombia.

MATTOS, E., 2000. Apuntes Fisiología Veg. (Cátedra). UMSA. Fac. Agron. L.P.– Bolivia.

MIRANDA, R., 2002. Apuntes de Edafología (Cátedra). Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia.

PASCUALI, J., 2002. Apuntes de cátedra de Diseños Experimentales y Fertilidad y Nutrición vegetal. Primer Semestre de 2002. Facultad de Agronomía. UMSA.

RANDALL, C., 1999. Malas Hierbas. Ministerio de agricultura. Australia Occidental. Pp. 56-59.

RODRÍGUEZ, M., 1991. Fisiología Vegetal. Los Amigos del Libro. Cochabamba – Bolivia. P. 373.

VALDEZ, A., 1996. Abonos, insecticidas y fungicidas orgánicos. 1ra. Edición. La Paz – Bolivia. Pp. 13 – 26.

Valerianella locusta, consultado el 20 de noviembre de 2008, disponible en: http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p242.html.

Valerianella locusta, www.infojardin.com. Consultado el 9 de febrero de 2010, disponible en: <http://www.infojardin/bdigital/hortcanl971/HTML/textop102.html>.

VIGLIOLA, M., 1992. Manual de Horticultura. Editorial Hemisferio Sur S.A. Pp. 81-89.

ANEXOS

ANEXO 1. Promedio Variables de Respuesta

1.1. Altura de planta (cm.)

SUSTRATO	VARIEDAD	TRATAMIENTO	I	II	III
a1	b1	T1	2.8	3.8	4.3
	b2	T2	4.5	5.8	6.6
a2	b1	T3	2.6	2.9	2.9
	b2	T4	3.3	3.3	3.4
a3	b1	T5	2.8	3.8	3.6
	b2	T6	3.3	5.8	6.5

1.2. Ancho de hoja (cm.)

SUSTRATO	VARIEDAD	TRATAMIENTO	I	II	III
a1	b1	T1	1.92	2.06	2.22
	b2	T2	2.01	2.30	2.34
a2	b1	T3	1.63	1.66	1.77
	b2	T4	1.61	1.76	1.84
a3	b1	T5	2.05	2.14	2.24
	b2	T6	2.02	2.22	2.36

1.3. Número de hojas

SUSTRATO	VARIEDAD	TRATAMIENTO	I	II	III
a1	b1	T1	10.20	10.80	14.80
	b2	T2	10.40	11.20	15.80
a2	b1	T3	9.60	10.00	10.80
	b2	T4	9.80	10.20	12.40
a3	b1	T5	10.40	10.60	13.20
	b2	T6	10.80	11.00	15.00

1.4. Área foliar (cm²)

SUSTRATO	VARIEDAD	TRATAMIENTO	I	II	III
a1	b1	T1	397.65	498.50	795.30
	b2	T2	416.10	533.50	832.20
a2	b1	T3	343.40	463.10	686.80
	b2	T4	356.20	485.40	712.40
a3	b1	T5	389.15	491.70	778.30
	b2	T6	409.85	518.30	819.70

1.5. Rendimiento materia verde (Kg./ 0.5 m²)

SUSTRATO	VARIEDAD	TRATAMIENTO	I	II	III
a1	b1	T1	300.00	450.00	670.00
	b2	T2	310.00	480.00	730.00
a2	b1	T3	260.00	340.00	470.00
	b2	T4	270.00	370.00	510.00
a3	b1	T5	280.00	400.00	570.00
	b2	T6	310.00	440.00	680.00

ANEXO 2. Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%)

2.1. Temperatura (C°) máxima y mínima por día

MARZO											
DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max
12	7	36	17	7	36	22	6	37	27	6	35
13	7	34	18	7	36	23	8	34	28	7	35
14	6	37	19	8	37	24	7	33	29	6	36
15	5	36	20	8	35	25	6	37	30	8	34
16	6	34	21	8	36	26	8	37	31	7	36

ABRIL											
DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max
1	5	37	6	7	37	11	6	35	16	6	31
2	6	35	7	6	35	12	6	35	17	7	38
3	7	36	8	5	35	13	6	34	18	7	38
4	7	35	9	7	37	14	6	35	19	7	37
5	5	34	10	7	36	15	5	34	20	6	36

ABRIL						MAYO					
DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max
21	6	35	26	5	35	1	4	36	6	3	37
22	6	32	27	5	35	2	3	37	7	3	36
23	7	37	28	4	37	3	3	37	8	2	37
24	6	37	29	5	36	4	3	37	9	2	37
25	6	37	30	4	37	5	2	36	10	3	36

MAYO									JUNIO		
DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max	DIA	T.min	T.max
11	2	36	18	0	35	25	-3	37	1	-3	31
12	3	35	19	-1	36	26	-4	32	2	-3	30
13	1	36	20	-1	35	27	-3	33	3	-2	30
14	2	35	21	0	35	28	-3	33	4	-1	32
15	1	36	22	-2	32	29	-3	32			
16	-1	36	23	-4	31	30	-4	32			
17	0	35	24	-3	34	31	-3	31			

2.2. Humedad relativa (H°) máxima y mínima por día

MARZO											
DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max
12	50	84	17	50	75	22	47	74	27	52	80
13	51	75	18	49	82	23	50	74	28	50	76
14	48	74	19	46	78	24	50	76	29	49	77
15	48	76	20	48	76	25	45	83	30	52	78
16	50	75	21	49	75	26	46	76	31	48	74

ABRIL											
DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max
1	42	79	6	46	74	11	50	78	16	54	75
2	52	80	7	50	77	12	52	80	17	50	74
3	50	75	8	53	84	13	52	78	18	49	73
4	53	76	9	46	76	14	51	78	19	49	75
5	53	80	10	48	75	15	50	81	20	45	76

ABRIL						MAYO					
DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max
21	45	74	26	53	80	1	50	84	6	53	82
22	53	76	27	54	79	2	56	85	7	52	83
23	49	80	28	47	82	3	54	82	8	54	80
24	50	81	29	46	80	4	54	80	9	54	87
25	52	79	30	48	82	5	52	79	10	53	85

MAYO									JUNIO		
DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max	DIA	H°min	H°max
11	52	83	18	52	84	25	55	86	1	57	87
12	52	82	19	53	86	26	56	87	2	56	86
13	51	83	20	51	85	27	56	85	3	55	85
14	53	80	21	50	85	28	54	84	4	53	86
15	51	82	22	56	85	29	55	86			
16	52	85	23	55	86	30	56	85			
17	53	80	24	54	87	31	55	84			

ANEXO 3. Estudio Económico

3.1. Costos de producción

3.1.1. Costos fijos

Nº	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT. (Bs.)	PRECIO TOTAL (Bs.)	PRECIO TOTAL (\$us)
1	Madera e:3/4"x 1m x 0,12m	Pza.	36.00	0.50	18.00	2.55
3	Madera e:3/4"x 0,5m x 0,12m	Pza.	36.00	0.30	10.80	1.53
4	Madera e:3/4"x 0,9m x 0,1m	Pza.	72.00	0.50	36.00	5.09
5	Madera e:1/2"x 1m x 0,05m	Pza.	72.00	0.50	36.00	5.09
6	Clavos 1"	Kg.	2.00	12.00	24.00	3.39
7	Tornillos 1 1/2"	Pza.	72.00	0.60	43.20	6.11
8	Nylon negro	m ²	12.70	5.50	69.85	9.88
9	Chatuelas	Kg.	0.50	10.00	5.00	0.71
10	Manguera Ø: 1 cm	ml	1.80	10.00	18.00	2.55
11	Arena fina	m3	0.26	86.00	22.36	3.16
12	Ladrillo molido	m3	0.03	50.00	1.50	0.21
13	Aserrín	Kg.	11.00	0.50	5.50	0.78
Total Costos Fijos					290.21	41.05

3.1.2. Costos variables

Nº	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT. (Bs.)	PRECIO TOTAL (Bs.)	PRECIO TOTAL (\$us)
1	Estiércol Bovino	Kg.	51.98	1.20	62.38	8.82
2	Estiércol Ovino	Kg.	51.98	1.20	62.38	8.82
3	Semilla var. Trophy	onza	1.00	70.00	70.00	9.90
4	Semilla var. Big holand	onza	1.00	76.00	76.00	10.75
5	Mano de obra	Jornal	14.00	25.00	350.00	49.50
Total Costos Variables					620.75	87.80

3.2. Análisis de rentabilidad

DETALLE	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Costos Fijos (Bs.)	49.02	49.02	47.02	47.02	49.07	49.07
Costos Variables (Bs.)	103.46	103.46	103.46	103.46	103.46	103.46
Imprevistos 10% (Bs.)	15.25	15.25	15.05	15.05	15.25	15.25
C-Costos de Producción (Bs.)	167.73	167.73	165.53	165.53	167.78	167.78
Rend. Promedio (g/m ²)	946.67	1013.3	713.33	766.67	833.33	953.33
Rend. Ajustado al 10% (g)	852.00	912.00	642.00	690.00	750.00	858.00
Rend. Comercial (bolsa de 200 g)	4.26	4.56	3.21	3.45	3.75	4.29
Precio de mercado (Bs/bolsa)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
B-Beneficio Bruto (Bs.)	17.04	18.24	12.84	13.80	15.00	17.16
Beneficio Neto (Bs.)	-150.69	-149.49	-152.69	-151.73	-152.78	-150.62
RELACIÓN B/C	0.1016	0.1087	0.0776	0.0834	0.0894	0.1023

ANEXO 4. Fotografías del experimento

4.1. Mezcla de sustratos

4.1.1. Proporción de sustratos inorgánicos

ARENA FINA Y ASERÍN (2:1)



ARENA FINA Y LADRILLO MOLIDO (2:1)



4.1.2. Proporción de sustratos orgánicos

ESTIÉRCOL OVINO Y BOVINO (1:1)



4.2. Colocado de Drenaje



4.3. Colocado de sustrato orgánico



4.3.1. Llenado de sustrato orgánico hasta 6 cm.



4.4. Colocado de sustrato inorgánico (e: 2 cm.)



4.5. Siembra



4.6. Raleo



4.7. Presencia de Tijeretas



4.8. Quemadura de plantas



4.9. Cosecha



4.10. Cosecha semi limpia

