

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LECHUGA
SUIZA (*Valerianella locusta* L.) BAJO CONDICIÓN
DE MINITÚNEL Y ACOLCHADO ORGÁNICO, EN LA CIUDAD DE
EL ALTO, DISTRITO – 3**

Edwin Rossi Mamani Huayta

EL ALTO – BOLIVIA

2011

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LECHUGA
SUIZA (*Valerianella locusta* L.) BAJO CONDICIÓN DE MINITÚNEL
Y ACOLCHADO ORGÁNICO, EN LA CIUDAD DE EL ALTO,
DISTRITO – 3.**

Tesis de grado presentado como requisito
para optar el Título de Ingeniero en
Ingeniería Agronómica.

Edwin Rossi Mamani Huayta

Tutor:

Ing. Ph.D. Félix Marza Mamani

Comité revisor:

Ing. M.Sc. Celia Maria Fernández Chávez

Ing. M.Sc. Rubén Trigo Riveros

Ing. Ph.D. Humberto Nelson Sainz Mendoza

Aprobada

Director de Carrera:

Ing. Ph.D. Humberto Nelson Sainz Mendoza

“Vale mas sembrar una cosecha nueva que llorar por la que se perdió”.

Alejandro Casona.

DEDICATORIA

A Dios Todo poderoso fuente de toda mi sabiduría y perseverancia.

A mis amados padres; Rosendo Mamani, quién siempre quiso que sea alguien en la vida y a mi querida y abnegada madrecita, Braulia Huayta, quienes me brindaron incondicionalmente todo su amor su apoyo moral, espiritual y material de una manera desinteresada, fue posible alcanzar el mayor anhelo de mi vida, ser profesional. A mis queridos hermanos y estimados amigos, por acompañarme en los momentos de prosperidad y adversidad. Para todos ellos de todo corazón unas muchas gracias y que Dios les colme de bendiciones.

AGRADECIMIENTOS

- Ante todo a nuestro maravilloso creador, por iluminar y guiar mi destino.
- A la Universidad Pública de El Alto (UPEA), por los servicios facilitados durante mis años de estudio y el incansable espíritu de lucha por una autonomía universitaria plena.
- A todos los docentes prácticos de la Carrera Ingeniería Agronómica de la U.P.E.A. por emitir conocimientos y experiencias esenciales, que hicieron posible mi formación profesional.
- A mi estimado asesor Ing. PhD. Félix Marza Mamani, por su valiosa colaboración y dedicada orientación durante el desarrollo del trabajo de investigación.
- A los miembros del tribunal revisor, conformado por: Ing. M.Sc. Celia María Fernández Chávez, Ing. M.Sc. Rubén Trigo Riveros, y Ing. PhD. Humberto Nelson Sainz Mendoza, por las sugerencias y observaciones oportunas realizadas para la redacción del presente trabajo de tesis.
- A mis amados padres Rosendo Mamani y Braulia Huayta, por la educación, esfuerzo, confianza, comprensión y apoyo incondicional en buenos y malos tiempos.
- A todos los compañeros egresados y amigos, que me acompañaron y brindaron su valiosa amistad durante estos maravillosos años de estudio.
- A mis queridos hermanos: Elisa M., Sara M., Abrahan J., Rosa R., David R., Israel J., Juan G. por su apoyo moral y espiritual, alcancé mis metas.
- A mi apreciado compañero y buen amigo Genaro Marcial Cuba Patana y su esposa Jakelin L. por el afecto, compromiso, comprensión y solidaridad desmedida en alegres y afligidos momentos. Gracias de todo corazón.
- A todas las personas que de alguna manera prestaron su cooperación incondicional colocando un granito de arena en la realización del presente trabajo. Gracias a todos por siempre.

EL AUTOR.

CONTENIDO

Capítulo I	INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo II	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1.	Origen y distribución	3
2.2.	Importancia de la lechuga suiza	3
2.2.1.	Propiedades nutricionales	3
2.2.2.	Propiedades medicinales.....	4
2.3.	Clasificación y taxonomía	4
2.4.	Descripción del cultivo	5
2.5.	Adaptabilidad del cultivo	5
2.6.	Semillas y germinación	6
2.7.	Ciclo del cultivo.....	6
2.8.	Descripción botánica	6
2.9.	Fases fenológicas.....	8
2.10.	Variedades	8
2.11.	Requerimientos del cultivo.....	9
2.11.1.	Suelo	9
2.11.2.	Clima	9
2.11.3.	Riego.....	10
2.12.	Densidad de cultivo	10
2.13.	Cosecha del cultivo.....	10
2.14.	Calidad del producto.....	10
2.15.	Invernadero minitúnel	11
2.15.1.	Construcción de invernadero minitúneles.....	13
2.15.2.	Medioambiente dentro de los minitúneles	14
2.16.	Mulching o acolchado de suelo.....	15
2.16.1.	Acolchado orgánico de suelo.....	16
2.16.2.	La relación agua-aire en los acolchados o mulches	17
2.16.3.	Tipos de Acolchado orgánico ó Mulching	18
2.16.4.	Ventajas y desventajas de su uso	19
2.16.4.1.	Ventajas	19
2.16.4.2.	Desventajas.....	22
2.16.5.	Efectos del mulching en el suelo	23
2.16.6.	Consideraciones al elegir mulching	25
2.16.7.	Características de los acolchados orgánicos más utilizados	27
2.16.8.	Reglas para la aplicación del acolchado orgánico	30
Capítulo III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1.	Localización	31
3.1.1.	Características climáticas	31
3.2.	Material experimental	33
3.3.	Obtención de acolchados orgánicos	34
3.4.	Metodología.....	35
3.4.1.	Metodología de campo	35
3.4.1.1.	Preparación del suelo.....	35
3.4.1.2.	Instalación de invernadero minitúneles.....	35
3.4.1.3.	Desinfección de suelo	37
3.4.1.4.	Muestreo de suelos	37

3.4.1.5.	Incorporación de materia orgánica al suelo	38
3.4.1.6.	Siembra	38
3.4.1.7.	Aplicación de mulching o acolchado orgánico	38
3.4.2.	Labores culturales	39
3.4.2.1.	Control de plantas nativas	39
3.4.2.2.	Riego	39
3.4.2.3.	Cosecha	39
3.5.	Diseño experimental	40
3.6.	Análisis estadístico	40
3.7.	Factores de estudio	40
3.8.	Variables de respuesta	41
3.8.1.	Variables climáticas	41
3.8.2.	Variables agronómicas a la cosecha	41
3.8.2.1.	Porcentaje de emergencia	41
3.8.2.2.	Altura de planta	41
3.8.2.3.	Número de hojas de la planta	41
3.8.2.4.	Índice área foliar	42
3.8.2.5.	Días a la cosecha	42
3.8.2.6.	Rendimiento de materia verde	42
3.8.2.7.	Longitud radicular	42
3.8.2.8.	Peso individual de materia verde foliar	42
3.8.3	Variables económicas.....	43
3.8.3.1.	Análisis económico para la construcción de invernadero minitúnel	43
3.8.3.2.	Análisis económico.....	43
Capítulo IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		44
4.1.	Variables de respuesta	44
4.1.1.	Variables climáticas	44
4.1.1.1.	Temperatura y humedad interna del invernadero minitúnel	44
4.1.1.2.	Temperatura y humedad relativa de suelo	46
4.1.2.	Variables agronómicas	48
4.1.2.1.	Porcentaje de emergencia	48
4.1.2.2.	Altura de planta	49
4.1.2.3.	Número de hojas	51
4.1.2.4.	Índice área foliar	52
4.1.2.5.	Días a la cosecha	54
4.1.2.6.	Longitud radicular	55
4.1.2.7.	Peso individual de materia verde foliar	58
4.1.2.8.	Rendimiento de materia verde	60
4.1.3.	Variables económicas.....	62
4.1.3.1.	Análisis económico para la construcción de minitúneles	62
4.1.3.2.	Análisis económico de producción de Lechuga suiza	63
4.1.3.3.	Presupuestos parciales y beneficio neto	63
4.1.3.4.	Análisis de dominancia	64
4.1.3.5.	Análisis complementario de factibilidad	65
Capítulo V	CONCLUSIONES	66
Capítulo VI	RECOMENDACIONES	68
Capítulo VII	BIBLIOGRAFÍA	69

TABLAS

Tabla 1	Análisis de varianza para la altura de planta del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.....	49
Tabla 2	Análisis de varianza, para el número de hojas del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.....	51
Tabla 3	Análisis de varianza, para el índice área foliar del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.....	52
Tabla 4	Análisis de varianza, para la longitud radicular del cultivo e lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.....	56
Tabla 5	Análisis de varianza para el peso individual de materia verde foliar, del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.....	58
Tabla 6	Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde, del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.....	60
Tabla 7	Costo de construcción de los minitúneles, en función a los materiales y mano de obra utilizados.....	63
Tabla 8	Presupuestos parciales por m ² para el tratamiento 1 sin aplicación de mulch y los tratamientos 2,3,4 y 5, con aplicación de diferentes tipos de mulch ó acolchados orgánicos.....	64
Tabla 9	Análisis complementario de factibilidad de los tratamientos, en función a los resultados de precio (Bs/m ²), (Rdto/m ²), costos de producción (Bs/m ²) y beneficio neto (Bs/m ²).....	65

FIGURAS

Fig. 1	Mapa de localización de la Ciudad de El Alto, D-3.....	32
Fig. 2	Climadiagrama representando las fluctuaciones de temperaturas y humedad relativa al interior del minitúnel durante ciclo vegetativo del cultivo en ocho semanas, durante el desarrollo del experimento.....	44
Fig. 3	Climadiagrama representando las variaciones de temperaturas y humedad relativa del suelo en los tratamientos, durante el ciclo vegetativo del cultivo en ocho semanas, durante el desarrollo del experimento.....	46
Fig. 4	Curva de emergencia del cultivo de Lechuga Suiza variedad Trophy, representando las diferencias en porcentajes de emergencia con ocho días después de la siembra directa en el ensayo experimental efectuado en mes de Enero en la gestión 2010, Distrito-3 de la Ciudad El Alto,	48
Fig. 5	Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación a la altura de planta a la cosecha. Las letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).....	50
Fig. 6	Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación al índice área foliar a la cosecha. Las letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).....	53
Fig. 7	Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación días a la cosecha. Las letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).....	54
Fig. 8	Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación a la longitud radicular a la cosecha. Las letras iguales no son diferentes ($P<5\%$).....	57
Fig. 9	Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación al peso individual de materia verde foliar a la cosecha.....	59
Fig. 10	Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación al Rendimiento de materia verde comercial.....	61
Fig. 11	Curva de análisis de dominancia entre Beneficios netos y CV's (Bs/m^2)	65

RESUMEN

Se realizó una investigación en el que se analizó y estudió el efecto de las coberturas orgánicas de suelo en cubiertas armadas (minitúneles), en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de Lechuga Suiza (*Valerianella locusta* L.) variedad Trophy. El experimento fue realizado en el Distrito – 3 del Municipio de El Alto, perteneciente a la Cuarta Sección de la Provincia Murillo del Departamento de La Paz, Bolivia.

La finalidad principal del presente trabajo, es brindar dos alternativas innovadoras de producción económicamente rentable, con el empleo de ambientes atemperados denominados minitúneles y la aplicación de acolchados orgánicos de suelo en el cultivo de Lechuga Suiza (*Valerianella locusta* L.). El cultivo de lechuga suiza, además de ser un cultivo prometedor y tener un buen precio en el mercado, coadyuva al mejoramiento de la nutrición y salud humana, debido a que constituye una fuente importante de vitaminas y minerales, no siempre disponibles en condiciones del altiplano.

Los tratamientos fueron: un testigo sin la aplicación de acolchado orgánico (**T1**), con acolchado orgánico de aserrín menudo (**T2**), con acolchado orgánico de cascarilla de arroz (**T3**) con acolchado orgánico estiércol de cuy (**T4**) y con acolchado orgánico de turba negra (**T5**) respectivamente. La investigación se desarrollo en un área experimental de 64 m², mismo que se realizó bajo un diseño de bloques al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones, para un total de 15 unidades experimentales, contando con material vegetal la lechuga suiza. La siembra se realizó en el mes de Enero del 2010 y se cosechó a los 60 días después de la siembra.

Los muestreos correspondieron al crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo, donde el tratamiento que mostró el mejor comportamiento fue: (**T4**) mulch de estiércol, que arrojó los mayores valores para las variables en estudio, seguido por el tratamiento (**T5**) mulch de turba negra, (**T2**) mulch de aserrín y (**T3**) mulch de cascarilla de arroz; siendo el tratamiento (**T1**) testigo, sin la aplicación de mulch ó acolchado; el que presento los valores más bajos. Los mejores rendimientos de materia verde comercial alcanzados en el ensayo fueron: (**T4**) (4.3 kg/m²), (**T5**) (3.8 kg/m²), (**T2**) (3.32 kg/m²) y (**T3**) (2.85 kg/m²). El (**T1**) solo alcanzó un rendimiento de 2.56 kg/m². El análisis económico del ensayo, muestra que el cultivo de lechuga suiza con el valor Beneficio/neto mas alto obtuvo el (**T4**), con: B/N de 53 Bs/m², seguido por (**T2**) con: B/N de 39 Bs/m², el (**T5**) con: B/N de 38 Bs/m² y el (**T3**) con: B/N de 32 Bs/m², mientras el (**T1**) presento el valor mas bajo con: B/N de 28 Bs/m².

SUMMARY

He/she was carried out an investigation in which was analyzed and he/she studied the effect of the organic coverings of floor in armed covers (minitúneles), in the growth, development and yield of the cultivation of Lettuce Switzerland (*Valerianella locusta* L.) variety Trophy. The experiment was carried out in the District - 3 of the Municipality of The High one, belonging to the Fourth Section of the County Murillo of the Department of The Peace, Bolivia.

The main purpose of the present work, is to offer two innovative alternatives of economically profitable production, with the employment of atmospheres moderated denominated minitúneles and the application of padded organic of floor in the cultivation of Lettuce Switzerland (*Valerianella locusta* L.). The cultivation of Swiss lettuce, besides to be a promising cultivation and to have a good price in the market, cooperates to the improvement of the nutrition and human health, because it constitutes an important source of vitamins and minerals, not always available under conditions of the highland.

The treatments were: a witness without the application of padded organic (**T1**), with padded organic of small sawdust (**T2**), with padded organic of husk of rice (**T3**) with padded organic guinea pig manure (**T4**) and with padded organic of crowd quarter note (**T5**) respectively. The investigation you development in an experimental area of 64 m², same that was carried out at random under a design of blocks with 5 treatments and 3 repetitions, for a total of 15 experimental units, having vegetable material the Swiss lettuce. The siembra was carried out in the month of January of the 2010 and it was harvested to the 60 days after the siembra.

The samplings corresponded to the growth, development and yield of the cultivation, where the treatment that showed the best behavior was: (**T4**) mulch of manure that threw the biggest values for the variables in study, continued by the treatment (**T5**) mulch of crowd quarter note, (**T2**) mulch of sawdust and (**T3**) mulch of husk of rice; being the treatment (**T1**) witness, without the mulch application or padded; the one that I present the lowest values. The best yields of commercial green matter reached in the rehearsal were: mulch of manure (4.3 kg/m²), crowd mulch (3.8 kg/m²), mulch of sawdust (3.32 kg/m²) and cape of rice (2.85 kg/m²). The alone witness reached a yield of 2.56 kg/m². The economic analysis of the rehearsal, shows that the cultivation of Swiss lettuce with the value but high he/she obtained the (**T4**), with: B/N of 53 Bs/m², continued for (**T2**) with: B/N of 39 Bs/m², the (**T5**) with: B/N of 38 Bs/m² and the (**T3**) with: B/N of 32 Bs/m², while the (**T1**) I present the value but I lower with: B/N of 28 Bs/m².

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

La horticultura, juega un rol importante en la economía y alimentación social, por lo que en los últimos tiempos, se está buscando mejorar los distintos compartimentos de la producción primaria, tendiendo a la sustentabilidad de los modelos agropecuarios y brindar seguridad alimentaria, en una población en continuo crecimiento. Una de las hortalizas más apreciadas y ventajosas es la Lechuga Suiza (*Valerianella locusta* L.). Es un cultivo prometedor y se puede explotar durante todo el año, siendo de esta manera un cultivo rentable (FAO, 2007). Además tiene un buen precio en el mercado y puede generar al productor ingresos monetarios en corto plazo. También este cultivo coadyuva al mejoramiento de la nutrición y salud humana, debido a que constituye una fuente importante de vitaminas y minerales, no siempre disponibles en condiciones del altiplano.

Entre los sistemas de producción de hortalizas que tienden a compatibilizar costos, rendimientos de buena calidad y provocando el menor impacto ambiental, se presenta dos alternativas innovadoras más modernas que responden a mencionados requisitos, es mediante el uso de acolchados orgánicos de suelo y los minitúneles.

El objetivo principal de los minitúneles es aumentar la precocidad de los cultivos. Son fáciles de construir y su costo es relativamente económico. La ventaja principal tener una estructura versátil por tanto es posible trasladarla sin complicaciones y realizar rotaciones de suelo. Además proporcionar beneficios considerables en la producción hortícola como: mantener la temperatura, proteger a las plantas de plagas, enfermedades y los factores adversos del clima, cuando empiezan a emerger.

La aplicación de acolchado orgánico o mulching en la producción de hortalizas, no está difundido en nuestro medio. El mulch es una práctica agrícola muy antigua que consiste en cubrir el suelo con un material, generalmente orgánico, como: paja,

aserrín, cascarilla de arroz, turba, estiércol, etc., destinado a proteger el suelo (inhiben la germinación y desarrollo de malezas, la erosión del suelo, favorece a conservar su humedad y temperatura), promover cosechas precoces, mejorar rendimientos, evitar el contacto del producto con el suelo y eventualmente a fertilizarlo (Terrón, 1999). Esta práctica produce múltiples efectos beneficiosos en el suelo que se pueden estudiar desde el punto de vista físico, químico y biológico (Fernández, 2000).

Entre las tecnologías que permiten intensificar y aumentar la eficiencia de producción de hortalizas, el uso de "mulching" ó acolchado orgánico de suelo en combinación con los "minitúneles", surge como una buena alternativa, porque además de aumentar el rendimiento, adelantar la cosecha y mejorar la calidad del producto, permite un ahorro significativo de los recursos agua y mano de obra, factores cada vez más escasos. (Sandoval et al., 2002).

Los objetivos del presente estudio son:

Objetivo general

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga suiza (*Valerianella locusta* L.), bajo el efecto de los acolchados orgánicos en minitúneles.

Objetivos específicos

- Determinar las variables de crecimiento vegetativo de la lechuga suiza, con cuatro tipos de acolchados orgánicos en cubiertas armadas.
- Establecer la eficiencia de los acolchados orgánicos, en el rendimiento de materia verde del cultivo de lechuga suiza, bajo condición de minitúnel.
- Evaluar el beneficio neto de la producción en lechuga suiza, determinando la optimización de recursos en el proceso productivo.

Capítulo II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origen y distribución

El centro de origen de la lechuga suiza es desconocido, la especie crece en estado silvestre en toda zona atemperada de Europa, Asia menor y del Caucazo, la primera información de su cultivo aparece en un documento Alemán, fechado en 1588. Hoy en día se cultiva en extensiones considerables como ser en Alemania, Francia, Italia y otros países europeos siendo una curiosidad fuera de Europa (Ibérica, 2011).

Era ampliamente cultivada en Europa antes de la aparición de otras variedades de lechuga adaptadas al frío, durante los siglos XVIII y XIX. Su consumo es de uso habitual en lugares fríos de Europa. Hoy en día se ha ampliado su cultivo a diferentes lugares del mundo. Esta hortaliza también es conocida con el nombre de “hierba de canónigos”, porque fue cultivada en monasterios por religiosos también llamados “canónigos” (FAO, 2007).

2.2 Importancia de la lechuga suiza.

2.2.1 Propiedades nutricionales

Su composición nutritiva es superior a la de la lechuga común, presentando un valor superior de provitamina A y vitaminas B y C. Su valor calórico es muy bajo, 13.40 Kcal. por cada 100 g de producto fresco, por ello es muy empleada en dietas de adelgazamiento. Poseen gran cantidad de clorofila y más minerales (hierro potasio, fósforo, manganeso y yodo) que otras hortalizas. Apreciada también por su alto contenido en calcio y sus propiedades antiescorbútcas, depurativas. Sus hojas tiernas contienen gran cantidad de fibra, ácido fólico y beta-caroteno, un pigmento que el cuerpo humano es capaz de convertir en vitamina A (Ochoa, et al., 2008).

Se consume fresca en ensaladas. No se conserva bien y se debe consumir poco tiempo después de la cosecha. Quizás esta es una de las causas que no se haya extendido mucho la producción y comercialización de esta planta (Horturba, 2010).

Uno de los problemas más graves que presentan los canónigos tiene que ver con la capacidad de acumular selenio de forma muy eficaz (Mazej et al., 2008). También la hierba de los canónigos se encuentra clasificada entre las especies con alto contenido de nitratos (>2500 mg kg⁻¹ p.f.) en sus hojas (Santamaría et al., 2002)

2.2.2 Propiedades medicinales

El consumo de ensaladas que incluyan lechuga suiza, ayudan al organismo a combatir distintas enfermedades. Al consumirla cruda en la noche, tiene un efecto relajante. Es bastante efectivo para combatir el insomnio actuando principalmente en el sistema nervioso. Debido a sus propiedades laxantes, es útil para evitar el estreñimiento. También es beneficioso para personas que sufren problemas en los riñones. Al consumirlo en una ensalada con espinaca, es útil para combatir la anemia. Su consumo frecuente facilita la digestión (FAO, 2007).

Contiene vitaminas B y C en cantidades importantes y estimula la digestión, ejerciendo una acción calmante sobre el sistema nervioso y curando eficazmente la avitaminosis primaveral (Huertocity, 2011).

2.3 Clasificación taxonómica

Su nombre científico es *Valerianella locusta* y es de la familia de las Valerianaceas. También se las conoce como: Lechuga suiza, canónigo, dulceta, lechuga de campo, lechuga de maíz, valerianela, nuestlén, etc. Es una planta anual que se encuentra de forma natural en zonas frías de Europa. Las variedades seleccionadas para el cultivo son de sabor más suave que la planta silvestre (Huertocity, 2011).

2.4 Descripción del cultivo

La lechuga suiza es una planta pequeña que crece como un rosetón, mide 15 a 20 cm de diámetro aproximadamente, de sabor excelente, la planta crece semejante a la lechuga y tolera temperaturas templadas. La variedad Cambraí es el cultivo más común en Francia y Alemania, tolerante al frío y de tamaño reducido, a diferencia de la variedad Leaved, más común en los Estados Unidos que es tolerante al calor (Floridata, 2009).

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, consumiendo en Francia junto con el apio, o bien con remolacha. El órgano de consumo lo constituyen las hojas de las rosetas, las que son glabras, de color verde grisáceo, oblanceoladas u oblongas de 3 – 8 cm de largo y de margen entero o dentado. La composición nutritiva es superior a la lechuga común, presentando un valor superior de provitamina A y vitamina B y C. las hojas se utilizan frescas en ensaladas, por lo común en mezcla con otras hortalizas (Randall, 1999).

2.5 Adaptabilidad del cultivo

Esta hortaliza, es sumamente robusta, prospera mejor en climas templado – fríos y prefiere un terreno poco firme a uno muy 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 tengan un diámetro de 6 a 9 cm, luego se quitan las hojas amarillas que puede encontrarse en la base de la planta (Ibérica, 2011).

Esta planta es bastante robusta y sobrevive a climas muy bajas de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, necesitan bastante luz, precisan agua cada que lo requiera para mantener un buen color en el follaje (Randall, 1999).

En las pruebas de adaptaciones climatológicas y ambientales realizadas en las Micro Huertas del Municipio de El Alto, se determinó que las variedades Trophy y Big Notland de lechuga suiza son las que obtienen mejores resultados. Estas variedades son bastantes resistentes al frío y las heladas son de color verde claro u oscuro e intenso y brillante; y usualmente se emplean en ensaladas (FAO, 2007).

2.6 Semillas y germinación

El fruto es pequeño (2 a 2.5 cm), orbicular y grisáceo; con una semilla que no libera, con forma lenticular, aproximadamente tan ancha como alta; el tejido esponjoso se localiza en la parte dorsal del fruto junto al saco fértil. Exteriormente se observan dos finas costillas laterales atravesadas por repliegues. La duración germinativa es de 4 - 5 años; pudiendo ser cultivada durante todo el año. Dependiendo del momento de siembra, la *Valerianella locusta* L., puede comportarse como anual o bianual. Muy frecuente en campos y tierras de cultivo, germinando la semilla en otoño y floreciendo en la misma época del año siguiente (Díaz, 2009).

2.7 Ciclo de cultivo

Floridata (2009), señala el ciclo de cultivo de la lechuga suiza es de 50 a 75 días. FAO (2007), revela que puede cultivarse tanto en organoponía como en hidroponía. El ciclo de cultivo es de 10 semanas en hidroponía y 8 semanas en cultivo orgánico.

2.8 Descripción botánica

Es una planta anual, con una altura de 15 a 30 cm. y con un periodo vegetativo muy corto. Tiene hojas radicales, espatuladas, sésiles de 6 a 8 cm de largo y 2 cm de ancho, margen entero o dentado, en su mayoría romas, de color verde grisáceo, naciendo por pares y formando una roseta compacta; estas hojas son el futuro órgano de consumo. Raíz fibrosa y pecíolo más corto que el limbo. El tallo es erecto de 20 cm de altura, herbáceo, delgado, corto, anguloso y muy ramificado. Al terminar el periodo vegetativo sobreviene la emisión del tallo floral, el que ramifica

dicotómicamente y diferencia cimas capituliformes en sus ápices presentando $2n = 14$ cromosomas (Díaz, 2009).

Las flores son celestes blanquecinas y de corola gamopétala desprovista de giba basal, dispuestas en cabezuelas, compactas en la punta de los tallos o a veces están solas en las bifurcaciones de las ramas. Brácteas más pequeñas que las hojas. Especie dioica, de 2 a 3 cm de longitud, 5 sépalos y 5 pétalos, con el ápice redondeado de unos 75 mm de largo y 6 mm de ancho. De 2 a 3 estambres y el ovario trilocular presenta un solo lóculo fértil (Niñirola, 2010).

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

- Raíz principal es de 1 a 3 cm de diámetro cerca al 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 delgado y corto del cual emite el tallo floral.
- Hojas enteras, opuestas forman una roseta de hojas sésiles sobre un corto tallo son de color grisáceo o lanceoladas u oblongas de 3 a 8 cm de largo y glabras.
- Flor celeste blanquecinas, se disponen en inflorescencias cimosa, capuliformes o paniculada, siendo hermafroditas, zigomorfas, pequeñas de corola gamopétala de tubo corto, a veces globoso o espolonagada ínfero, trilocular presenta un persistente transformado en papus.
- Fruto aquenio, pequeño, orbicular grisáceo y sin papus.

La familia *Valerianaceae*, comprende cerca de 17 géneros con unas 400 especies amplia distribución mundial. Solo 2 géneros son de importancia agronómica: *Valerianella* que incluye especies hortícolas y Valeriana, que incluye plantas medicinales y ornamentales (Wikimedia, 2010).

2.9 Fases fenológicas

Churquina (2000), menciona que las fases fenológicas, bajo condiciones de ambiente atemperado son:

- 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 o de cotiledones: 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 que al final de esta fase ocurriría la oviposición de la mosca minadora en las hojas.
- Emisión de las hojas comerciales: después de los 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: 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.

Tronickova,(1986), citado por Mamani (2006); enuncia que la lechuga suiza presenta periodos vegetativos muy cortos, en que se desarrolla una roseta de numerosas hojas sésiles sobre un tallo corto, al terminar la fase vegetativa sobreviene la emisión del tallo floral, el que tiene ramificaciones dicotómicas y diferencias cimas capuliformes en sus ápices, como se demuestra en el anexo N° 12.

2.10 Variedades

Huertocity (2011), alude que las variedades de cultivo de lechuga suiza existentes son:

- **Verte d'Etampes:** caracterizada por tener las hojas un poco rizadas.
- **Redonda (Verte de Cambrai):** muy productiva y de desarrollo rápido, excelente ensalada de invierno de un hermoso color verde.

- **De grano grueso (Grosse Graine):** gran raza, muy vigorosa, de hojas más largas que la anterior y muy tiernas.
- **Coquille de Louviers:** hojas en forma de cuchara que a veces se curvan en forma de capuchón ensaladas de gusto muy agradables. la variedad más común en Francia y Alemania, es muy tolerante al frío pero tarda más en llegar a su tamaño ideal.
- **Hojas carnosas (Broad Leaved':** más tolerante al calor y la variedad más común en el EE.UU.

En Bolivia se conocen las variedades comerciales de: Nortland y Trophy. Las variedades de lechuga suiza no son muy diferentes entre si, solo varían en el color de las hojas, siendo de diferentes tonos de verde. También se diferencian en la forma de las hojas, algunas son alargadas con la base muy fina, en cambio otras son anchas y gruesas. Las que son cultivadas son de mayor tamaño y más tiernas que las variedades silvestres (FAO, 2007).

2.11 Requerimiento del cultivo

2.11.1 Suelo

Leñano (1973), citado por Mamani (2006); menciona que el cultivo tiene poca exigencia respecto al suelo y abono, prefiere suelos semi compactos, frescos pero húmedos, con ph de 6.9. En cuanto a la fertilidad es suficiente la que resta del cultivo antecedente, por los que frecuentemente la valerianella se siembra sin abono previo.

2.11.2 Clima

Resiste preferentemente al frío pero es prácticamente vulnerable al calor que provoca quemaduras en la punta de las hojas y una aceleración en su crecimiento (Huertocity, 2011).

2.11.3 Riego

El suelo debe regarse abundantemente según la temperatura del ambiente, las semillas tardan entre siete a quince días en germinar a causa de temperaturas más altas se debe realizar riegos más frecuentes. Se debe regar diariamente el suelo o sustrato entre la filas para no dañar ni ensuciar las hojas (FAO, 2007).

2.12 Densidad de cultivo

La siembra de lechuga suiza puede iniciarse en cualquier época del año, preferentemente en una micro huerta. No resiste al trasplante, por lo que la siembra es directa. La siembra se realiza en surcos a un centímetro de profundidad. Se puede sembrar a una distancia adecuada o a chorro continuo, es decir, una fila de semillas casi juntas entre si, como se detalla en el anexo N° 17. La semilla tardará alrededor de una semana en germinar (FAO, 2007).

2.13 Cosecha del cultivo

Esta lista la cosecha cuando sus hojas alcanzan de 10 a 15 centímetros de altura. Esto ocurre a los dos meses después de la germinación en el cultivo orgánico y a los dos meses y medio en el hidropónico. La cosecha se realiza utilizando un cuchillo y cortando desde la base. De esta forma se la desprende de la raíz y quedan las hojas para el consumo. También puede cosecharse arrancando la planta con cuidado y lavando bien las raíces. Tiene un rendimiento de más de tres kilos por metro cuadrado en organoponía y alcanza cuatro kilos en cultivos hidropónicos (FAO, 2007).

2.14 Calidad del producto

Infojardín (2009), señala los siguientes parámetros de calidad para productos hortícolas, en la que se registra la lechuga suiza:

- **Frescura:**
 - Apariencia de recién cosechado.
 - Firmeza
 - Color: característico de la especie, variedad o cultivar.
- **Madurez optima:**
 - Punto exacto de cosecha: Días desde la siembra hasta la cosecha y cosecha hasta el consumo.
 - Color: Propio del producto cosechado
 - Tamaño: Lo establecido para la variedad o cultivar.
- **Sanidad:**
 - Fisiológica: Sin la presencia de trastornos causados por ausencia o exceso de micro y/o macro nutrientes, así como los factores climáticos o mecánicos.
 - Patógena: Sin la presencia de daños causados por plagas.

2.15 Invernadero minitúnel

Los minitúneles constituyen uno de los desarrollos más revolucionarios de los últimos 30 años en la horticultura comercial. Los países que han adoptado las técnicas del minitúnel bajo son Japón, EEUU, Francia, Italia, España, Grecia, etc. (FAO, 2010).

El cultivo en minitúneles recibe generalmente el nombre de semiforzado, término que refleja la posición intermedia entre el cultivo al aire libre y el cultivo protegido en invernaderos. Los minitúneles permiten intensificar la producción a un costo razonable. Se utilizan para acelerar el crecimiento del cultivo, para aumentar la producción y para mejorar la calidad del producto (FAO, 2010). “El minitúnel tiene una gran utilidad para proteger los cultivos debido a que las heladas suelen suceder esporádicamente y afectar seriamente más del 60% de la superficie cultivada” (INTA, 2011).

En comparación con los invernaderos comunes, las ventajas principales de los minitúneles bajos son: bajo costo, facilidad de construcción y mecanización de la

instalación. Las desventajas más importantes son aquellas derivadas de la falta de calefacción, ventilación y cuidado de las plantas (FAO, 2010).

El Ministerio de Agricultura del Perú MAPE (2009), define a los minitúneles como estructuras semicilíndricas o de formas similares recubiertas por una película transparente de plástico que sirve de abrigo, con el objeto de obtener, mayor calefacción, mayores rendimientos de los cultivos y aumentar su precocidad. Los plásticos más utilizados son principalmente el polietileno (plástico térmico o fitotoldo). De la misma manera, señala que el empleo de minitúneles tiene gran importancia en condiciones de climas fríos, como en las partes altas de la sierra, permitiendo el cultivo de especies que solo se producen en zonas abrigadas. Estas estructuras tienen un ancho promedio de 1.00 m y un alto de 30 cm. dependiendo del cultivo. Se instalan directamente en el terreno definitivo y la longitud obedece al tamaño de los surcos.

También explica, que el uso de estas construcciones permite que se cree un microclima en su interior presentando los siguientes efectos:

- Aumento de la temperatura del suelo y del aire. El aumento significativo de estos parámetros incide en un mayor crecimiento de la parte aérea y sistema radicular de la planta, también permite evadir los efectos de la helada.
- Aumento de la humedad del ambiente; debido a la impermeabilidad al agua de los materiales plásticos es posible mantener dentro del minitúnel una alta humedad del aire, lo que repercute en una menor evapotranspiración del cultivo.
- Las ventajas económicas de este sistema de semiforzado están dadas por el mayor rendimiento que se alcanza y por la precocidad obtenida, que permite sacar la producción en forma temprana, momento en que el precio puede ser mayor.
- Para un adecuado funcionamiento de estas infraestructuras, la temperatura en el interior no debe sobrepasar de 30 °C, para lo cual en los momentos de

mayor calor se debe levantar los plásticos parcialmente para una buena ventilación y en la noche cerrarlo herméticamente.

2.15.1 Construcción del invernadero minitúnel

Estas estructuras de protección son simples y económicas. La instalación es sencilla y es fácilmente desmontable, característica que posibilita su traslado y almacenaje sin complicaciones. Para la instalación, se requiere de una inversión inicial baja debido a que los insumos son accesibles y no se necesita de mano de obra especializada. Para armar una hectárea con 40 minitúneles se requieren de 25 a 30 jornales. Entre los materiales necesarios para la construcción de un módulo se debe contar con: barras de fierros enervadas de 4,6` y 10`, alambre de alta resistencia, caños de plástico negro y malla antigranizo o/y nylon (INTA, 2011).

Existen muchos tipos de minitúneles con o sin estructura de soporte. El marco tradicional consiste generalmente en un elemento de soporte de madera o metal en forma semicircular, cubierto en su parte superior con un filme de plástico (FAO, 2010).

- **Túnel Nantes.** Se trata de un microtúnel con arcos dobles desarrollados en la región francesa de Nantes. Los arcos metálicos están anclados al terreno a una profundidad próxima a 30 o 40 cm. La película de plástico se tiende sobre los arcos y se sujeta a los mismos hasta alcanzar la zona del suelo. En algunos casos sus bordes se entierran en el suelo. La altura del minitúnel es 40 a 60 cm y su anchura es de 120 cm. Se les puede adaptar un sistema que permite que la película se deslice sobre los arcos para conseguir la ventilación. El minitúnel de tipo Nantés es barato de instalación y de mantenimiento. Tiene buena resistencia al viento y es de uso práctico en el cultivo de fresas, pimientos, berenjenas y tomates (Véase Anexo N° 19).

2.15.2 Medio ambiente dentro de los minitúneles

Comparados con los invernaderos tradicionales, los minitúneles de bajo volumen mantienen menor cantidad de aire, lo cual crea diferencias en temperaturas y humedad (FAO, 2010).

- Temperatura

La temperatura dentro del minitúnel, sigue una curva de tipo sinusoidal. La temperatura interior aumenta durante las horas más cálidas y disminuye durante las horas más frías. El aumento de la temperatura interior depende fundamentalmente del tipo de cubierta y de la intensidad de la radiación solar. En días soleados se ha observado que cuando la temperatura ambiente es de 15° C., la temperatura dentro del minitúnel de polietileno es alrededor de 30° C. Durante noches cubiertas la temperatura del aire en el minitúnel, generalmente es de 1 a 3° C. más alta que en el ambiente exterior y durante las noches despejadas es de 1 a 2,5° inferior. Este es el fenómeno denominado de inversión de temperatura, muy temido por los agricultores que a menudo exageran su peligro. El que exista inversión térmica, no significa que el cultivo vaya a sufrir daño a menos que se alcance el punto de mínima letal por helada. Salvo en este caso los daños no son irreparables y únicamente se limitan a la desventaja que supone el freno en el proceso de crecimiento (FAO, 2010).

- Ventilación

La ventilación es el problema más serio. Los minitúneles deben tener ventilación suficiente, sin que por ello se reduzca su resistencia al viento. Si la ventilación se hace manualmente, consume mucha mano de obra. Para ventilar se levanta la película en la cara de sotavento, se recomienda hacer esta operación durante las últimas horas de la mañana. En invierno a las 10 a.m., para que el cultivo se aproveche del aumento de temperatura, resultante de la radiación de las primeras horas del día. Se recomienda cerrar herméticamente el minitúnel con cualquier material orgánico al comienzo de la tarde alrededor de las 15:30 p.m. en invierno, para mantener el calor acumulado por la noche (FAO, 2010).

- Luz

Los minitúneles de bajo volumen debido a su forma transmiten generalmente muy bien la luz, pero la condensación de humedad y el polvo reducen a veces la luz transmitida. Como es obvio, las condiciones de luminosidad de los minitúneles, se mejoran al utilizar películas de plástico de la mayor transparencia, al ventilar para reducir la humedad y la condensación, si es posible al lavar la acumulación de polvo y al instalar los minitúneles en las regiones más iluminadas, lejos de los árboles y en las pendientes (FAO, 2010).

- Humedad

Si la ventilación es inadecuada, la humedad relativa aumenta por encima del nivel deseado y se condensa la humedad en la película plástica. Si la cubierta es de plástico perforado, no suele haber problemas de enfermedades e infecciones de cultivos (FAO, 2010).

2.16 Mulching o acolchado de suelo

Hoy se reconoce al mulcheo (del inglés *mulching*, que traducido al español significa cobertura de suelo) como una práctica agrícola que ofrece grandes beneficios en el control efectivo de malezas, en la conservación de la humedad del suelo y en la estabilización de su temperatura (Orellana, 1999).

Existen dos grupos de mulch, los orgánicos y los inorgánicos (Spiers, 1995), citado por Fernández (2006). El costo de utilizar polietileno como mulch es relativamente alto y está ligado comúnmente a cultivos rentables, pudiendo ser ésta la desventaja de su utilización (Shenk, 1996), por Fernández (2006).

El término mulching o acolchado, es muy amplio es una técnica muy conocida que consiste básicamente en cubrir el suelo con distintos materiales, como el compost, estiércol, pasto seco, residuos de cultivos, hojas o paja, evitando así, que el terreno quede expuesto al contacto con el aire. Un mulch puede ser de 2 - 7 cm de espesor o más. (Turney y Menge, 1994; Stinson *et al.*, 1990; Wolstenholme, Mooregordon y

Ansermino, 1996); citado por Salas, (2008), incluye también la utilización de materiales sintéticos en la superficie del suelo. Una de las alternativas más usadas son las cubiertas plásticas con polietileno negro y su uso conlleva una serie de ventajas técnico ambientales, pero también presenta desventajas, como el elevado precio, los costos de manejo y la dificultad de recoger completamente los restos del plástico después de la cosecha (Robinson, 1988), citado por Ortíz, (2004).

2.16.1 Acolchado orgánico de suelo

El mulch de origen orgánico presenta diversas ventajas como por ejemplo, mayor retención de humedad, disminución de la presencia de malezas, mantención de una temperatura de suelo relativamente estable, aporte de materia orgánica, disminución de erosión de suelos (Hirzel *et al.*, 2004; Spiers, 1995; Ahumada *et al.*, 2004). Además, el mulch orgánico favorece el desarrollo y la actividad de diversos microorganismos que se encuentran en el suelo en simbiosis con las plantas, ayudando también a mantener una temperatura constante para garantizar la actividad de estos (Infante, 2004).

Orellana (1999), expresa: el mulcheo es una práctica provisoria de estabilización del suelo o control de la erosión donde materiales como la paja, la hierba, el compost o la gravilla, son incorporados a la superficie del suelo. Entre los mulches naturales y sintéticos más comunes se incluyen los siguientes:

- *Materiales vegetales*: pajas (de trigo, cebada, centeno), hierba forrajera.
- *Productos derivados de la madera*: celulosa, madera desmenuzada, cortezas, aserrín.
- *Otros materiales orgánicos*: hojarasca, turba, estiércoles, compost.
- *Productos rocosos*: gravas, escorias, piedra triturada.
- *Mulches fabricados*: yute, fibra de coco, hebras de madera, tiras de papel kraft.
- *Mulches sintéticos*: asfalto, vinil, plásticos, látex, caucho, adhesivos o pegamentos.

Los materiales orgánicos empleados como mulch se degradan y aportan materia orgánica al suelo, debiendo ser periódicamente reintegrado, lo que va a depender de las condiciones particulares de cada huerto (Ellena, 1999).

La mayoría de las malezas libera una serie de sustancias de carácter inhibitorio sobre las plantas cultivables. Este fenómeno conocido como “alelopatía”, es la causa de efectos depresivos importantes sobre algunas especies vegetales, en condiciones determinadas, como sería el caso de una plantación nueva. Incluso, las pérdidas a causa de las malezas pueden aumentar en la medida que la infestación de éstas se eleve (Doll, 1996), citado por Savio y Zien (2001).

Krewer *et al.* (1997), citado por Fernández, (2006), demostraron que al deteriorarse el mulch de corteza de pino, sus efectos en el control de malezas también se veían disminuidos. Algunas desventajas que pudiera tener el mulch orgánico son el riesgo de incendio, debido a las características combustibles de algunos materiales utilizados como mulch (pajas, aserrín, etc.). Varios de estos materiales crean condiciones ideales para albergar algunas plagas, tales como babosas (Shenk, 1996), citado por Fernández, (2006),

Los materiales más utilizados como mulch orgánicos en hortalizas son: aserrín, turba, estiércol o compost y residuos vegetales (pajas y cascarillas). El uso de uno u otro dependerá de su disponibilidad y costo. También han logrado utilizarse como mulch orgánico estiércoles y compost (Hirzel *et al.*, 2004).

2.16.2 La relación agua-aire en los acolchados orgánicos

La relación agua-aire en los mulches es de gran importancia con vistas a mantener un correcto intercambio hidrotérmico y aéreo entre el suelo y el material (ver anexo N° 15 y 16). Si el suelo está muy húmedo, un mulch muy compacto en épocas de abundantes lluvias pudiera retardar demasiado su secado y por consiguiente el sistema radical sufriría la falta de oxígeno (Orellana, 1999).

Para satisfacer los objetivos primarios del mulcheo, otro factor a tener en cuenta es la profundidad de la capa al aplicar, considerada óptima entre 2 y 6.25 cm de altura. Un mulch más alto pudiera reducir severamente o eliminar el secado y provocar el anegamiento del suelo, particularmente durante la época lluviosa en suelos arcillosos pesados, lo que posibilitaría el desarrollo de enfermedades de las plantas, principalmente fungosas (Orellana, 1999).

El mulcheo es una técnica inmediata, efectiva y barata para proteger al suelo y controlar la erosión (ver anexo N°17), ayudando a la revegetación de los lugares donde se aplica, además de que retiene humedad (lo que puede disminuir las necesidades de agua por los cultivos) y puede constituir una fuente de nutrientes importante a medida que va descomponiéndose en el tiempo (Orellana, 1999).

2.16.3 Tipos de acolchados orgánicos

La mayoría de los mulch son orgánicos, basándose su elección en costo, apariencia y disponibilidad local (Skroch *et al.*, 1992), citado por Ortíz (2004). Su finalidad es prevenir la pérdida de humedad del suelo por evaporación, disminuir el desarrollo de malezas, disminuir las fluctuaciones de temperatura y promover la productividad. Sin embargo, es la conservación de la humedad del suelo y el aporte de nutrientes el principal efecto de su uso (Robinson, 1988; Stinson *et al.*, 1990) citado por Salas, (2008).

Los materiales que se utilizan para elaborar los mulch orgánicos son variados y entre ellos se encuentran: la turba, chips de madera, corteza de pino, acícula de pino, paja, cortes de pasto, guano, restos de follaje, restos del cultivos entre otros. (Robinson, 1988; Turney y Menge, 1994) citado por Salas, (2008). Algunos materiales como la cascarilla de arroz, la poliespuma desmenuzada y el aserrín (ver anexo N° 21), son más estables que lo mulch livianos (turba, estiércoles, compost) y pueden ayudar a éstos a mejorar su estructura y consistencia del suelo (Orellana, 1999).

Si bien su uso aún es limitado, cada día se difunde más debido al conocimiento de las características positivas de él. Es así como la aplicación de una cobertura vegetal

a la superficie del suelo tiene el potencial de producir condiciones que son beneficiosas para el crecimiento de los cultivos, siendo al mismo tiempo dañino para ciertos patógenos del suelo tales como *Phytophthora* spp y nematodos (Turney y Menge, 1994), citado por Salas, (2008).

2.16.4 Ventajas y desventajas de su uso

2.16.4.1 Ventajas

Dentro de las ventajas del uso del mulch se encuentran: la conservación de la humedad del suelo, disminución del escurrimiento superficial y erosión, la capacidad de retención de agua, aumento de la permeabilidad de la superficie del suelo y la disminución de las fluctuaciones de temperaturas del suelo. Entre otras (Turney y Menge, 1994), citado por Salas, (2008).

- *La conservación de la humedad del suelo.*

La conservación de la humedad del suelo, se logra debido a que el mulch provee de una barrera protectora en la superficie del suelo, lográndose de esta manera disminuir la evaporación desde éste y aumentar los niveles de humedad; por otro lado el efecto supresivo sobre el crecimiento de las malezas permite reducir también la pérdida de humedad por transpiración, manteniéndose la superficie del suelo más húmeda por un período de tiempo más prolongado (Turney y Menge, 1994; Robinson, 1988; Stinson *et al.*, 1990; Skroch *et al.*, 1992; Foshee *et al.*, 1996), citado por Salas, (2008).

- *Disminución del escurrimiento superficial y erosión.*

El aumento de la tasa de infiltración es de suma importancia, cumpliendo dos funciones principales que son el aportar agua necesaria para el crecimiento de la planta y remover las sales del suelo. Sin embargo, no todos los materiales orgánicos utilizados permiten que el agua penetre fácilmente, un ejemplo lo constituye la turba que tiende a absorber y retener el agua de riego y lluvias liberándola posteriormente al medio por evaporación. Por otro lado, si este material se seca demasiado, se hace

muy difícil de rehumedecer (Robinson, 1988; Turney y Menge, 1994), citado por Salas, (2008).

- ***La capacidad de retención de agua.***

El incremento en la capacidad de retención de agua se debe a que la materia orgánica disminuye la energía libre de ésta al ser atraída por las cargas negativas de los coloides del suelo (Honorato, 1994), citado por Salas, (2008). De esta forma el uso del mulch permite que haya una mayor cantidad de agua disponible para las plantas en capacidad de campo y, a la vez, permite un aumento en el tamaño de poros del suelo, lo que genera una mejor utilización de sus primeros centímetros que corresponden al área más fértil y aireada. Corresponde también a la zona donde las raíces se encuentran más activas (Turney y Menge, 1994; Wolstenholme y Whiley, 1995), citado por Salas, (2008).

La capacidad de retención de agua varía significativamente de un material a otro dependiendo de las características físicas que posean. Es así como un mulch de corteza cuyas partículas que lo conforman son inferiores a 25 mm retienen más humedad que aquella cuyas partículas superan los 75 mm (Robinson, 1988), citado por Rodríguez, (2000).

Orellana (1999), representa la capacidad de retención de humedad de materiales orgánicos, solos y combinados, comúnmente usados en Cuba en los sistemas de Agricultura Urbana (Ver anexo N° 13).

- ***Aumento de la permeabilidad de la superficie del suelo.***

La densidad aparente del suelo se ve disminuida y la estructura y porosidad mejoradas por la adición de materia orgánica en forma de mulch, lo que se debe a una agregación de las partículas finas de arcilla las que forman partículas más grandes, del tamaño de las partículas de arena. Además, al descomponerse la materia orgánica se forman compuestos que actúan en forma cementante, uniendo partículas de suelo formando agregados estables lo que permite el movimiento de gases tales como CO₂ y O₂ en él, aumentando la fertilidad del suelo. Lo anterior es

favorecido por la secreción de sustancias gelatinosas por parte de los microorganismos del suelo que permiten la formación de complejos organominerales. (Turney y Menge, 1994; Sakovich, 1997; Cabrera *et al.*, 1997), citado por Salas, (2008).

El nivel de acidez del suelo se ve aumentado debido a los diferentes ácidos generados durante la descomposición de la materia orgánica (Sakovich, 1997). citado por Salas, (2008).

- ***La disminución de las fluctuaciones de temperaturas del suelo.***

Otra ventaja del uso del mulch, corresponde a la disminución de las fluctuaciones de temperaturas del suelo, principalmente en los primeros 15 cm de profundidad. Esto genera un mayor crecimiento radicular, especialmente en árboles jóvenes y en áreas de veranos muy cálidos (Turney y Menge, 1994; Wolstenholme y Whiley, 1995; Foshee *et al.*, 1996), citado por Salas, (2008).

Las temperaturas máximas de los suelos con mulch son siempre menores a los sin mulch y las temperaturas mínimas son siempre mayores generándose una estabilización de la temperatura diaria. Sin embargo, las temperaturas del suelo que se desarrollen dependen del material utilizado ya que cada mulch genera su propio régimen, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la nocturna más alta que el suelo descubierto. Cabe destacar que existe un menor efecto del mulch sobre la variación de temperatura estacional que sobre la variación de temperatura diaria (Robinson, 1988 ; Tukey y Shoff, 1963), citado por Salas, (2008).

Cabe destacar que en épocas de altas temperaturas ambientales, la temperatura a nivel de follaje puede sobrepasar en 3°C la temperatura ambiental lo que ocasiona un mayor cierre estomático y transpiración. El uso del mulch permite mantener en forma más equilibrada la temperatura de canopia con la ambiental (Wolstenholme, Moore-Gordon y Cowan, 1999).

- ***El acolchado protege el suelo.***

Cuando llueve sobre suelo descubierto, el agua se escurre y se lleva mucho del suelo. Éste también se aprieta y forma costra cuando la lluvia es fuerte. Así, ni el aire ni el agua penetra el suelo y no puede llegar a las raíces de las plantas (Salas, 2008).

El agua de lluvia se escurre por el acolchado, penetra el suelo y no se pierde. El suelo se mantiene suelto y la superficie no forma costra. El acolchado no permite que el agua lodosa salpique los cultivos y así se mantienen limpios y menos propensos a enfermarse (Salas, 2008).

- ***El acolchado impide la pérdida de agua de la superficie del suelo.***

El sol muy fuerte calienta mucho el suelo descubierto. Mucha agua de la superficie se evapora, lo que implica que hay que regar mucho más. El acolchado da sombra al suelo y lo mantiene fresco. Menos agua se evapora de la superficie (Salas, 2008).

- ***El acolchado impide que crezcan las malas hierbas o maleza.***

Las malas hierbas o maleza pueden crecer en suelo descubierto. Así, hay que desyerbar mucho. El acolchado ensombrece la maleza que compite con los cultivos por nutrientes, agua y luz. Las pocas malas hierbas que quedan se pueden arrancar fácilmente (Salas, 2008).

- ***El acolchado mejora el suelo***

Con el tiempo, el material orgánico del acolchado se descompone y brinda nutrientes y mantillo al suelo (Salas, 2008).

2.16.4.2 Desventajas

Si bien el uso de cobertura vegetal permite disminuir las labores requeridas para mantener las plantas, la gran cantidad de mulch que se requiere aplicar por hectárea de los diferentes materiales, su costo y su transporte siguen siendo una limitante. En aquellos países europeos que poseen ciertas limitaciones al uso de herbicidas el uso

del mulch se hace prácticamente indispensable (Robinson, 1988; Wolstenholme, Moore-Gordon y Ansermino, 1996), citado por Salas, (2008).

Otros aspectos negativos son:

- El aumento de riesgo de heladas al no permitir el calentamiento del suelo;
- La incorporación de semillas de malezas al huerto;
- La posible presencia de ciertos contaminantes en el mulch como metales pesados que se pudieran llegar a acumular en los cultivos llegando a ser peligroso para el consumidor y la relación carbono-nitrógeno que presenten (Turney y Menge, 1994; Wolstenholme, Moore-Gordon y Ansermino, 1996), citado por Ortíz (2004).
- La utilización de residuos como mulch favorecen el desarrollo de hongos cuyos cuerpos fructíferos como callampas no son estéticamente placenteras, pudiendo reducir la penetración de agua (Stinson, 1990), citado por Ortíz, (2004).
- La relación carbono-nitrógeno del material, ya que si ésta es alta se genera una disminución inicial de la nitrificación, existiendo insuficiente nitrógeno para soportar el aumento de microorganismos lo que obligaría aumentar la fertilización nitrogenada. Es así como la utilización de materiales con una relación C:N más alta como el caso de aserrín fresco y trigo (500:1; 100:1) requieren la aplicación adicional de nitrógeno para lograr balancear la relación. En caso contrario, se ha observado un menor crecimiento de las plantas, lo que se ha revertido con el uso de fertilizantes nitrogenados (Turney y Menge, 1994; Wolstenholme, et al., 1996 y Moore-Gordon, et al .,1997), citado por Ortíz, (2004).

2.16.5 Efectos del mulching orgánico en el suelo

Debido a que provienen de materiales vegetales, se produce la descomposición, lo que tiene varios efectos positivos tanto sobre el suelo como sobre las plantas.

- **Efectos físicos**

Humedad del suelo: Concepto trascendental en zonas áridas y semiáridas con graves problemas de abastecimiento de agua y escasa pluviometría.

Una capa de protección con rastrojo de cereales en una parcela, aumenta el porcentaje promedio de la humedad del suelo del 4,3% a 7.8% en el otoño.

Temperatura: en zonas con una fuerte insolación la protección del suelo con una cubierta favorecerá la germinación de las plantas.

Erosión: la aplicación de la capa de protección, reduce las pérdidas por erosión ocasionadas por el viento y las lluvias torrenciales. En ambos casos la pérdidas son menores que si se hubiera incorporado al suelo para aumentar la agregación.

Control de hierbas adventicias: Una buena cobertura de rastrojos impide la rápida proliferación de las hierbas adventicias durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo.

Estructura del suelo: Hay un efecto general de mejora de la estructura edafológica, dada la actividad de lombrices, estímulo de la actividad microbiana, etc. (González, 2004).

- **Efectos químicos**

Aumento del humus y de la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.): La adición de la cobertera orgánica al suelo estimula la descomposición tanto de los residuos añadidos como del humus existente, por lo que podemos señalar que el aumento de humus en el suelo representa el efecto neto de la dinámica de la tasa de insumo y de la tasa aumentada de descomposición.

Aporte de elementos fertilizantes: se han realizado diversos experimentos sobre la liberación de nitrógeno. En general, los residuos de cultivos aplicados como cobertura han aumentado considerablemente el N mineralizable, pudiendo llegar a sustituir el fertilizante nitrogenado, salvo el caso de la paja y otros residuos pobres en nitrógeno (acícula de pino, viruta, etc.)

Efectos sobre el rendimiento: los rendimientos de los cultivos se ven incrementados cuando se utiliza el acolchado, así lo constatan los resultados de diferentes experimentos en cultivos como el maíz, mijo, algodón, etc. (González, 2004).

- ***Efectos biológicos***

La práctica del acolchado con una materia orgánica incrementa la actividad biológica al aumentar la población y las actividades de los microorganismos y de la fauna edafológica.

Algunos autores como Russell (1973) citado por González (2004) señalan el cuidado que hay que tener en el uso del acolchado con paja al existir un período en el suelo de inmovilización de nutrientes por parte de los microorganismos, quienes no lo liberan hasta su muerte.

La descomposición de los materiales orgánicos depende de la relación carbono-nitrógeno, de la presencia de oxígeno, de la temperatura, etc. Los productos de descomposición afectan a los microorganismos:

Saprófitos: en las primeras etapas de la descomposición aumenta el número de bacterias, posteriormente hongos (actinomicetos).

Se aumenta igualmente la nodulación y la fijación simbiótica de nitrógeno.

Fitopatógenos: disminuye la acción de los nematodos fitopatógenos y sea por el efecto directo de los productos de descomposición tales como los alcaloides o los ácidos grasos volátiles, o por hongos que atrapan a los nematodos patógenos. Igualmente, los hongos fitopatógenos son afectados en cuanto que la capacidad estabilizadora biológica del suelo aumenta, con lo que se regulan las proporciones de cada población. (González, 2004).

2.16.6 Consideraciones al elegir un mulching orgánico

Existen numerosos materiales que pueden ser aplicados como cobertura, sin embargo, para obtener los resultados esperados es de suma importancia que se encuentren previamente compostados (Puchades, 2001).

El compost corresponde a una sustancia microbially rica que logra activar los procesos biológicos del suelo. Se origina a partir de un proceso dinámico de digestión de la materia orgánica con la posterior formación de humus estable que contiene una cantidad considerable de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Dicho humus permite la sobrevivencia de los microorganismos a condiciones de temperaturas y humedad extremas, la acción de ciertas bacterias y actinomicetes de llevar a cabo sus efectos antibióticos y la benéfica asociación de raíces con micorrizas. Por otro lado, su capacidad absorbente es cinco veces mayor que la de las partículas minerales de suelo (Puchades, 2001).

Si bien los materiales frescos aplicados al suelo también sufren un proceso de descomposición, esta es más lenta y no garantiza la formación de humus como producto terminal. Sumado a lo anterior, durante el proceso de degradación las temperaturas se elevan llegando a 70°C y numerosos compuestos tóxicos son liberados. Es así como puede existir un aumento de los niveles de salinidad, nitratos y agua. Algunos materiales pueden también contener residuos de pesticidas que pueden ser dañinos para el cultivo (Puchades, 2001).

Otro aspecto a considerar es la relación carbono-nitrógeno del material ya que si ésta es alta se genera una disminución inicial de la nitrificación, existiendo insuficiente nitrógeno para soportar el aumento de microorganismos lo que obligaría aumentar la fertilización nitrogenada (Salas, 2008).

La elección de la cobertura vegetal a utilizar no sólo debe basarse en su costo, disponibilidad y capacidad de favorecer el crecimiento de la planta sino también en su durabilidad y estética visual, puesto que al ser utilizado en superficies grandes ya sea para disminuir la compactación de suelo u otro motivo, comprometen una gran

superficie del huerto (Skroch, 1992). Por esta razón, la corteza y chips de madera son preferidos al mimetizarse con el medio (Robinson, 1988), citado por Ortíz (2004).

El peso del material como su velocidad de descomposición son aspectos importantes de considerar debido a que si sus partículas son muy livianas, puede verse afectado por la presión de lluvia o viento, pudiendo volarse en zonas más ventosas. En relación a la velocidad de descomposición que presenten, esta debe ser lenta ya que la principal finalidad del mulching es cubrir el suelo y actuar como fertilizante orgánico (Stinson *et al.*, 1990; Wolstenholme, Moore-Gordon y Ansermino, 1996), citado por Salas, (2008).

2.16.7 Características de los mulches orgánicos más utilizados

- **Paja.** El uso del mulch de paja permite crear un excelente medio para el crecimiento de raíces alimenticias (Coffey, 1984), citado por Ormeño (2000). Esto se debe al mejoramiento de la capacidad de infiltración de agua. Dicho mejoramiento se logra al disminuir la compactación del suelo y al aumentar la actividad biótica, además de la acción protectora frente al impacto de la lluvia en el suelo (Romera y Guerrero, 2001).

La paja de heno puede liberar cantidades importantes de potasio durante la temporada. Este es un activo importante para el suelo y las plantas que carecen de ella. Además, su aspecto natural ofrece un bonito detalle con respecto a la estética. Cuidado, si los cereales se han sometido a tratamiento, a veces la gota que llega a contener restos de pesticidas. Por lo tanto se debe tener cuidado de utilizar sólo los productos de la agricultura ecológica. Para que esta cobertura del suelo para ser eficaz, se extendió a un espesor mínimo de cuatro pulgadas de mulch (Ormeño, 2000).

Estos materiales también ayudan a reducir los problemas de erosión. Nota: el uso es adecuado para los suelos arenosos y pendientes (Robinson, 1988), citado por Ortíz (2004).

- **Corteza de árboles.** La corteza de árboles compostada también es ampliamente utilizada ya que al igual que la corteza de pino ejerce un efecto supresivo sobre nemátodos parásitos de las plantas y patógenos del suelo como son: *Rhizoctonia solani* Kühn, *Sclerotium rolfsii* Saac y *Phytophthora cinnamomi* Rands (Spencer, 1992; Kokalis y Rodríguez, 1994), citado por Salas, (2008).
- **Estiércol o guano.** Los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol (Romera y Guerrero, 2001).

La calidad de los estiércoles depende de la especie, del tipo de cama y del manejo que se le da a los estiércoles antes de ser aplicados. El contenido promedio de elementos químicos es de 1,5% de N, 0,7% P y 1,7% K. (Canóvas, 2005).

Los estiércoles mejoran las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos, particularmente cuando son utilizados en una cantidad no menor de 10//ha al año, y de preferencia de manera diversificada. Ormeño (2000).

El guano corresponde a otro elemento ampliamente utilizado para ser aplicado como mulch, se destacan por su gran fertilidad. Posee la ventaja de presentar una descomposición lenta lo que origina una entrega constante y gradual de nutrientes, lo que reduce la lixiviación de nutrientes y la contaminación de las aguas subterráneas (Benya Acov, 1995), citado por Salas, (2008)

- **Turba mantillo o compost.** Estos tres elementos se descomponen con facilidad y otorgan al suelo nutrientes que benefician mucho a la planta, pero tiene la problema de no evitar demasiado el crecimiento de las malas hierbas. La turba negra, es un material muy descompuesto, negro o castaño oscuro, con baja capacidad de retención del agua y contenido de nitrógeno de medio a alto (Ormeño y Gonzales, 2003).

El contenido de materia orgánica de la turba debe ser superior al 80% en peso seco. La mayor parte de las turbas tienen escaso contenido de cenizas, menor del 5%, lo que indica que su cantidad de nutrientes, aparte del N, es baja. La turba negra contiene alrededor del 50% de materia orgánica debido a su alto grado de descomposición y un 50% de cenizas, que indican su avanzado estado de mineralización (González, 2006).

La CIC está entre 250 y 350 meq/l. No es recomendable emplear turbas negras procedentes de zonas salinas. En las turbas se encuentran otros componentes beneficiosos, como son los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, etc. (Spencer, 1992), citado por Ormeño (2000).

- **Cascarilla de arroz.** Es un sustrato suelto que permite una excelente aireación, absorción de humedad y el filtraje de nutrientes al suelo, lo que favorece el desarrollo radicular en él. Aumenta la actividad macro y microbiológica del suelo y estimula el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Es una fuente de sílice y favorece así la resistencia de las plantas contra plagas y enfermedades. Corrige la acidez del suelo y es una fuente constante de humus (Cid, 2001).

Este material puede ocupar hasta un 33% del volumen de los ingredientes y es importante para controlar los excesos de humedad. Se emplea directamente. Tiene un 87% de materia orgánica y 13% de cenizas (CFA, 1999).

- **Aserrín.** también usado como mulch, solo cuando tenga dos años de antigüedad porque la descomposición en el suelo absorbe el Nitrógeno del suelo quedando no disponible para las plantas, lo cual produce una depresión en el cultivo. Se podría compensar si se aporta un fertilizante mineral nitrogenado hasta que los microorganismos liberen el Nitrógeno que han "inmovilizado" temporalmente en su ataque a las materias secas (Cid, 2001).

Hay dos aspectos a tener en cuenta con este material: 1º Su alta relación C/N provoca una acentuada inmovilización de N del sustrato, que puede causar carencia en el cultivo. Esto se resuelve con adiciones de N de liberación lenta o sometiendo estos productos a tratamientos de descomposición. 2º Por otro lado los restos de serrería pueden contener compuestos fitotóxicos que inhiben la germinación y el crecimiento, cuando son restos recientes. Por ello es conveniente almacenarlos y someterlos a tratamiento de "compost" durante algún tiempo, antes de su empleo. Pueden ser necesarios 5 meses de tratamiento para eliminar la fitotoxicidad de algunos restos de maderas duras (Stinson *et al.*, 1990), citado por Salas, (2008).

2.16.8 Reglas para la aplicación del acolchado orgánico

Cánovas (1993), citado por Ellena, (2000), alude: en cada aplicación del acolchado orgánico, habrá que seguir las siguientes reglas:

- Realizar un binado inmediatamente antes del aporte de acolchado con el fin de conseguir una tierra mullida.
- El material orgánico estará picado en caso de que el acolchado aparte de servir como protector se utilice para nutrir.
- El material verde y fresco solo debe ponerse en capa delgada (varios milímetros); por ello, hay que renovarlo muy a menudo.
- El material seco, tipo paja, puede llegar a alcanzar un espesor de 5 cm. y se humedecerá enseguida, copiosamente.
- El material de acolchado deberá estar libre de semillas de hierbas adventicias, de caracoles y babosas.
- Las capas muy gruesas de mulching de textura fina pueden convertirse en una manta que podría impedir que el agua y el aire penetren. Además, puede convertirse en suelo que acumula agua y promover el crecimiento de hierbas.
- El mulching muy profundo puede ocasionar exceso de humedad en la zona de las raíces, lo que puede estresar a la planta y causar pudrición las raíces.

Capítulo III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El presente estudio se realizó en el Distrito - 3 de la Ciudad de El Alto, perteneciente a la Cuarta sección de la Provincia Murillo del Departamento de La Paz. El Municipio de El Alto, se encuentra localizada en la Meseta del Altiplano Norte, al Noreste de Bolivia, a 16° 30" Sur y 68° 12" Oeste, a una altura de 4.050 m.s.n.m. (Montes Oca, Ismael, 1989) citado por GMEA (2004), al borde de la "Hoyada Paceña". La Ciudad de El Alto limita al norte, con el Cantón de Zongo, de la Tercera Sección de la Provincia Murillo; al este con el Municipio de La Paz, al sur con el Cantón de Viacha de la Provincia Íngavi; al Oeste con el Cantón Laja de la Segunda Sección de la Provincia los Andes, como se puede observar en la figura N°1. (GMEA, 2004),

3.1.1 Características climáticas

El clima de la Ciudad de El Alto es templado a frío con invierno seco y frío, al decir de los propios habitantes de dicha ciudad; "esta es una ciudad de dos climas: frío húmedo y frío seco" (GMEA, 2004).

La temperatura media anual de la región donde se ubica los minitúneles es de 8.1°C en Otoño, 7.4°C en Invierno, 5.6°C y en Primavera 8.0°C. La eficiencia térmica debida a la elevación, presenta severas limitaciones de la actividad agropecuaria constituyendo este a cultivos estacionales de ciclo corto (GMEA, 2004).

En verano la ciudad registra una mayor humedad con relación a otras estaciones, debido a las masas de aire húmedo proveniente del norte y del noreste, sumado a la evaporación de las aguas del Lago Titicaca (GMEA, 2004).

El régimen pluviométrico de la región corresponde a un promedio anual de 590 mm de lamina de agua, distribuido en una época lluviosa que comprende desde noviembre a mayo, periodo en el que se produce el almacenamiento en el suelo (GMEA, 2004).

La radiación solar en esta parte del territorio es pronunciada, debido a la proximidad de la zona tórrida ecuatorial y la baja densidad atmosférica (GMEA, 2004).

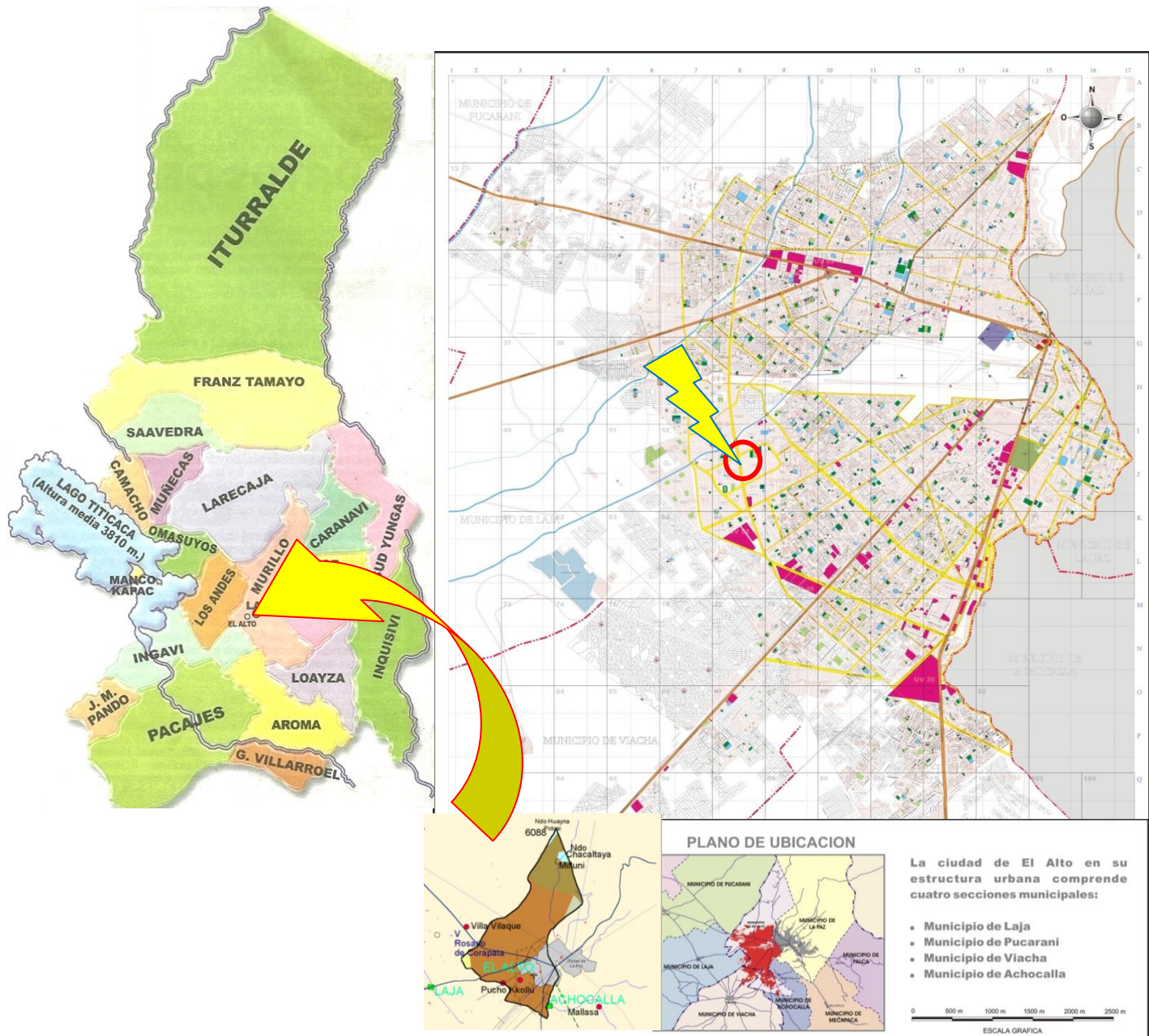


Fig. N° 1 Mapa de localización de la Ciudad de El Alto, Distrito - 3, perteneciente a la Provincia Murillo del Departamento de La Paz, Bolivia.

La vegetación responde a los pisos altitudinales caracterizados por el clima. En la Ciudad de El Alto es muy poca vegetación original, siendo en general muy escasa (GMEA, 2004).

El agua es proveniente de la red de distribución existente en el lugar, química y biológicamente libre de elementos que constituirían un peligro para la salud, libre de propiedades físicas (GMEA, 2004).

La Ciudad de El Alto, presenta diferentes pisos altitudinales, con una variedad de paisajes. La Ciudad de El Alto se ubica al pie de la Cordillera de La Paz, de la Cordillera Oriental, en una meseta, sobre una superficie plana ondulada (GMEA, 2004).

3.2 Material experimental

- Material vegetal

Se utilizó semillas de Lechuga Suiza variedad Trophy (origen Francia). En total se emplearon 113.4 g para todo el ensayo experimental.

- Material de construcción

Los materiales empleados para la infraestructura del minitúnel son: alambre de aluminio, clavos de 1½", 96 botellas pett de 2 l (estacas), agrofilm de 250 μ (cubierta), Cables de fijación (ligas de goma), cuerdas de tensado (lienzo), cuerdas de soldado, barras de acero corrugado de 1/8, y politubos de ½" (arco de soporte).

- Infraestructura

Se utilizaron 3 bloques ó minitúneles con una dimensión de 1 m de ancho x 16.0 m de largo y de 0.50 m de alto. Cada bloque esta dividida en 15 unidades experimentales de 1 m de ancho x 3.20 m de largo. Los pasillos o calle entre bloque, tienen una medida de 0.50 m.

- Abonos y/o fertilizantes

En la preparación y nutrición del suelo se utilizó 64 kg de estiércol maduro de bovino y ovino (50% y 50%) por bloque experimental de 16 m². En total se empleo 192 kg en estiércol maduro en todo el área experimental utilizable de 48 m².

- Coberturas orgánicas inertes

Se utilizó 30 kg/tratamiento para acolchados de: estiércol, turba, aserrín y cascarilla de arroz. En total se usó 120 kg de acolchado orgánico en un área de 38.4 m² con excepción del testigo.

- Herramientas

Utilizamos las siguientes herramientas: picota, pala, rastrillo, carretilla, alicate, martillo, cernidor de tierra, nivel, lienzo, estacas, prensa, cierra mecánica y flexómetro.

- Instrumentos y equipos

Empleamos los siguientes: regla graduada, termómetro, heliógrafo, higrómetro, metro de humedad, balanza tipo reloj, balanza de precisión, cámara fotográfica.

3.3 Obtención de acolchados orgánicos

- Obtención del estiércol de cuy

Se realizó la extracción del estiércol (descompuesto 1 mes) de un galpón de cuyes (cuyera), ubicado en el mismo lugar de estudio. Se humedeció antes de la aplicación.

- Obtención de la turba negra

Se procedió a la compra del material en la feria 16 de Julio, ubicado en el Distrito 6 del Municipio de El Alto. Posteriormente se aplicó húmedo al suelo descubierto.

- Obtención del aserrín menudo

Para la obtención del mismo, se procedió a reciclar el material de un taller de carpintería, ubicado en la misma zona de estudio. El aserrín cuenta con dos años de antigüedad, presentando un color café oscuro. Se humedeció antes de la aplicación.

- Obtención de la cascarilla de arroz.

Para ello se trasladó a la zona de Mercedario, perteneciente al Municipio de El Alto, lugar donde se recicló el material. Consecutivamente se realizó el lavado y secado respectivamente. Seguidamente se aplicó directamente al suelo experimental.

3.4 Metodología

3.4.1 Metodología de campo

3.4.1.1 Preparación de suelo.

Previo a la instalación de los minitúneles, se procedió al trazado (medición de 3 bloques) y remoción del suelo, mullido, cernido, abonado y finalmente la nivelación de cada parcela experimental. El área de cada unidad experimental es de 3.20 m² (1 m x 3.20 m), se adquirió un total de 15 unidades experimentales.

3.4.1.2 Instalación del invernadero minitúnel

La instalación de los minitúneles es sencilla, como podemos observar en el anexo N° 23. A continuación detallamos el siguiente procedimiento:

- 1° Paso**, Se efectuó el trazado de las dimensiones del área experimental, con estacas y lienzos sobre los puntos claves (ver anexo N° 3 y 4). La orientación se realizó de manera que los ejes son perpendiculares a los vientos dominantes y el recorrido del sol (Este – Oeste).
- 2° Paso**, Seguidamente, se marcó los lados laterales de cada bloque, para el espaciado entre los arcos de soporte, con un medida de 0.50 m lugar donde se realizó la excavación del suelo para insertar las estacas de sujeción. La profundidad de cada hoyo es aproximadamente de 0.35 m. Se utilizó como estacas botellas plásticas recicladas de 2 l.
- 3° Paso**, Posteriormente, según el número de estacas de sujeción, se efectuó el relleno de las botellas pett con arena ó tierra del lugar, para prontamente semisepultarlas en los hoyos marcados anteriormente. La boquilla de la botella plástica, quedará descubierta sobre la superficie del suelo, para insertar el arco de soporte.
- 4° Paso**, Consecutivamente se preparó los arcos de soporte como sigue:

- Se fraccionó la barra de acero corrugado (N° 1/8) en secciones de 1.75 m de longitud, para cada 2 m de largo del bloque experimental.
- Seguidamente se curveó la barra de acero fraccionado tomando los dos extremos de manera que tome una forma semicircular, con 1 m de ancho.
- Finalmente se ejecutó el corte de los politubos en partes iguales para prontamente realizar el forrado de las barras de acero curveadas.

5° Paso, Se insertó cuidadosamente los arcos de soporte preparadas, en las boquillas pett que se encuentran semienterradas en el suelo. Continuamente se estableció la altura del minitúnel con flexómetro, en este caso 0.50 m. Prontamente se fijó los arcos de soporte a las botellas, con la ayuda de un alicate y clavos de 1.5”, atravesando entre ambos, dejando 1 cm del clavo al exterior para insertas las cuerdas de fijación ó ligas de goma.

6° Paso, Se determinó el centro del ancho anterior y posterior del bloque, la medida adicional se efectuó desde punto ancho central hacia exterior del trazado experimental, con una medida de 1 m donde se insertó las estacas principales para las cuerdas de sujeción en cada extremo de la estructura, con previa excavación del suelo. Se realizó una especie de anillo de 2 cm de diámetro, con alambre de aluminio, mismas que fueron aseguradas a la boquilla o estaca principal.

7° Paso, Inmediatamente se emplazó la cuerda de tensado asegurando el lienzo desde la estaca principal de sujeción anterior, pasando la cuerda simultáneamente a una vuelta (en forma de bucles) en la parte central superior de todos los arcos de soporte y finalizando en la estaca principal posterior del bloque.

8° Paso, Prontamente se instaló la cubierta de plástico o agrofílm de 250 μ sobre toda la estructura. Se enlazó fuertemente el filme de polietileno con cuerda de soldado, en las estacas principales de sujeción en cada extremo del bloque, atravesando las mismas en los anillos de aluminio ya preparadas.

9° Paso, Finalmente se estableció las cuerdas de fijación (ligas de goma), sobre toda la parte superior de la cubierta de polietileno con un espaciado de 2 m asegurándolas en cada extremo del arco de soporte, en los clavos previamente asegurados. Se realizó un nudo en cada extremo de la liga antes de fijarlos.

3.4.1.3 Desinfección de suelo

Se utilizó la técnica conocida como solarización, permite destruir un gran número de parásitos y determinadas enfermedades tales como: *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Meloidogyne spp.* etc. y también contra diversos insectos y malas hierbas, sin recurrir al uso de productos químicos. Además conlleva cambios en el suelo de tipo biológico, físico y químico, lo que la convierte en un medio de lucha integrada y polivalente. Las temperaturas más altas se obtienen en invernaderos herméticamente cerrados en los que el suelo está cubierto con película plástica de acolchado. En general las temperaturas desde la superficie hasta una profundidad de 40 cm se sitúan entre los 35 y 60°C. Debe darse un buen riego antes de cubrir el suelo total o parcialmente con el plástico. Los bordes del plástico deben quedar bien y firmemente enterrados. La duración de la técnica fue de 2 semanas (FAO, 2009).

3.4.1.4 Muestreo de suelo.

Se realizó el muestreo de suelos de diferentes lugares, utilizando el método zigzag, a una profundidad aproximada de 0.30 m recolectándose 1 kg de sustrato/minitúnel para luego efectuar la homogenización y obtención de 1 kg de muestra total representativa, posteriormente se destino al análisis físico-químico respectivamente.

3.4.1.5 Incorporación de materia orgánica al suelo.

Los resultados del análisis físico-químico de suelos, indica que el sustrato de los minitúneles es de textura franco arcillosa, con un pH de 7.6 CIC de 17.23 meq/100 g de suelo y 1.04% de M.O. entre otras propiedades (ver anexo N° 22). La cantidad

aplicada de estiércol maduro de bovino y ovino (50% y 50%) a cada bloque del minitúnel es de 3.5 kg/m^2 a una profundidad de 0.20 m.

3.4.1.6 Siembra

Previo a la siembra se realizó el riego superficial con la ayuda de una regadera. Posteriormente se efectuó la siembra directa de forma manual, con el apoyo de una surcadora de madera casera a una profundidad calculada de 3 veces el diámetro de la semilla. La distancia de siembra entre filas es de 12 cm y a chorro continuo entre semillas, según recomendación (FAO, 2007). Consecutivamente se cubrió los surcos con tierra cernida y paja respectivamente. Finalmente se realizó el riego equitativamente en el área sembrada.

3.4.1.7 Aplicación de mulching ó acolchado orgánico.

Después de la emergencia de las plántulas que ocurre de 6 a 8 días después de la siembra directa, se incorporó individualmente según el tipo de mulch orgánico los tratamientos de: estiércol de cuy, cascarilla de arroz, aserrín menudo y turba negra, todos al azar, sobre casi toda la superficie descubierta del suelo en estudio, con excepción del testigo. La cantidad de mulch orgánico que se empleó por tratamiento experimental es de 3.13 kg/m^2 , con un espesor de 2 cm (ver anexo N° 21).

3.4.2 Labores culturales

3.4.2.1 Control de plantas nativas

Se realizó el control de especies nativas solo en el tratamiento 1 (testigo de suelo descubierta), a los 15, 25 y 30 días después de la siembra, con el fin de evitar la propagación y la competencia interespecífica de nutrientes, espacio y luz.

3.4.2.2 Riego

El riego se realizó por surcos de manera tradicional y doméstica. Se recicló agua de lluvia, en botellas pett de 2 l durante toda la etapa experimental. Las tapas de los envases se perforaron con pequeños orificios (tipo regadera), para facilitar la distribución de agua al cultivo.

3.4.2.3 Cosecha

Según la precocidad del cultivo debido al efecto de los acolchados orgánicos utilizados, la cosecha se efectuó entre 50 a 60 días después de la siembra, cuando alcanzó un tamaño comercial de 12 a 15 cm aproximadamente, La cosecha se efectuó manualmente cortando al ras del suelo, seguidamente se las trasladó en bandejas para prontamente realizar la selección, el lavado y el secado individualmente. Finalmente se procedió al embolsado con un peso de 150 g/unidad y sellado del producto. La comercialización del mismo se realizó en los principales mercados de la ciudad de La Paz.

Durante la cosecha se registraron los datos referentes en: **altura de la planta, número de hojas, días a la cosecha, rendimiento de materia verde foliar, longitud radicular, peso individual de materia verde foliar.** Seguidamente se realizó la determinación del **índice área foliar total, los costos que varían entre tratamientos, beneficios brutos en campo** y el **beneficio neto** de la producción respectivamente.

3.5 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, constituidos por 5 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 15 unidades experimentales, la evaluación de estos tratamientos experimentales se efectuó bajo el modelo lineal aditivo, sugerido por Calzada (1998).

- Modelo lineal aditivo

$$X_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \xi_{ij}$$

Donde:

- X_{ij} = Una observación cualquiera.
- μ = Media general.
- β_j = Efecto del j-ésimo bloque.
- α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.
- ξ_{ij} = Efecto del error experimental.

3.6 Análisis estadístico.

Para demostrar las diferencias entre los tratamientos e identificar mejor la producción de lechuga suiza con acolchado orgánico de suelo en minitúneles, se utilizó el análisis de varianza “ANOVA” para cada variable de respuesta y la prueba de Duncan para la comparación de medias a una probabilidad de 5%, los que fueron procesados mediante el programa estadístico SAS versión 8.0.

3.7 Factores de estudio

A continuación se describe los tratamientos evaluados del presente ensayo experimental:

- T1** = Sin la aplicación de acolchado orgánico.
- T2** = Con la aplicación de acolchado de aserrín menudo.
- T3** = Con la aplicación de acolchado de cascarilla de arroz.
- T4** = Con la aplicación de acolchado de estiércol de cuy.
- T5** = Con la aplicación de acolchado de turba negra.

3.8 Variables de respuesta

3.8.1 Variables climáticas

Se tomaron registros de temperatura ambiente, la humedad relativa interna del minitúnel (a una altura de 0.40 m del sustrato). También se tomo datos de temperatura y humedad relativa de suelo. Los datos se registraron durante toda la etapa de crecimiento y desarrollo del cultivo de lechuga suiza. Todo con la ayuda de instrumentos meteorológicos como ser: termómetro (T° ambiente), heliógrafo (T° del suelo), higrómetro (HR° ambiente), metro de humedad (HR° del suelo).

3.8.2 Variables agronómicas a la cosecha

3.8.2.1 Porcentaje de emergencia

Se contabilizó el número de plántulas y días necesarios para alcanzar más del 50% que llegaron a emerger del total de semilla sembrada directamente al campo experimental.

3.8.2.2 Altura de planta

Se utilizó un flexómetro, donde se midió desde la base del suelo hasta el ápice superior de la hoja. Las muestras se tomaron al azar 10 plantas/tratamiento. Se empleo como unidad de medida al (cm).

3.8.2.3 Número de hojas

Se tomaron 10 plantas al azar por cada unidad experimental, posteriormente se procedió a deshojar y contar cada una de las hojas de las plantas.

3.8.2.4 Índice área foliar

Se realizó mediante el método destructivo de 10 plantas/tratamiento, mediante el uso de escáner de mesa y el software IDRISI® para procesamiento de imágenes. El

procedimiento operativo es escanear todas las hojas de la planta y calcular el factor de correlación para determinar el área foliar total, previa recalibración en escala de (cm^2).

3.8.2.5 Días a la cosecha

Se contabilizó el número de días necesarios para alcanzar la madurez comercial de por lo menos el 70% de la población.

3.8.2.6 Rendimiento de materia verde foliar

Para la determinación se procedió a pesar con la ayuda de una balanza tipo reloj, el total de plantas/ m^2 recién cosechadas por cada tratamiento. Se utilizó como unidad de medida (kg/m^2).

3.8.2.7 Longitud radicular

Con la ayuda de una regla graduada en cm, se calculó la distancia comprendida entre el cuello y la zona de crecimiento radicular de la raíz principal de 10 plantas/tratamiento. Se empleó como unidad de medida al (cm).

3.8.2.8 Peso individual de materia verde foliar

Se estableció a través de la ponderación del rendimiento de materia verde foliar a partir del número de plantas/ m^2 de cada tratamiento, expresándose en (g).

3.8.3 Variables económicas

3.8.3.1 Análisis económico para la construcción de invernadero minitúnel

Un factor importante para la instalación de los minitúneles es el costo, para determinar si el proyecto es factible. Por lo tanto se tomo en cuenta los siguientes costos:

- **Costo de materiales**

Los materiales utilizados para la construcción de los minitúneles se pueden encontrar en el mercado local, ya sea en bruto y listos para usarse.

- **Costo de mano de obra**

Se elaboró en función a los jornales de trabajo, para la instalación de los minitúneles en el campo experimental. Así mismo también la aplicación de los diferentes tipos de mulch a los bloques experimentales.

3.8.3.2 Análisis económico

Para el análisis económico, se utilizó el método de presupuestos parciales, recomendada por CIMMYT (1998), permitiendo determinar las implicaciones económicas en costos y beneficios. Primeramente se determinaron los costos de insumos en base de valores regionales, posteriormente los costos de producción, con la cantidad de insumos variables y la mano de obra utilizada en la fase de campo. Con estos datos se elaboró el presupuesto parcial en función al rendimiento promedio de kg/m^2 , ajustando el mismo al 10% (deshidratación, manipuleo, etc.). El rendimiento medio se multiplica por el precio del mercado. El presupuesto parcial nos sirvió para determinar las implicaciones económicas de los tratamientos en la investigación.

Capítulo VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Variables de estudio

4.1.1 Variables climáticas

4.1.1.1 Temperatura y humedad relativa interna del invernadero minitúnel.

Respecto a las fluctuaciones climáticas en el interior de los minitúneles, son muy variadas de acuerdo a las horas del día y la noche en los parámetros de temperatura y humedad relativa, como podemos apreciar en la siguiente figura:

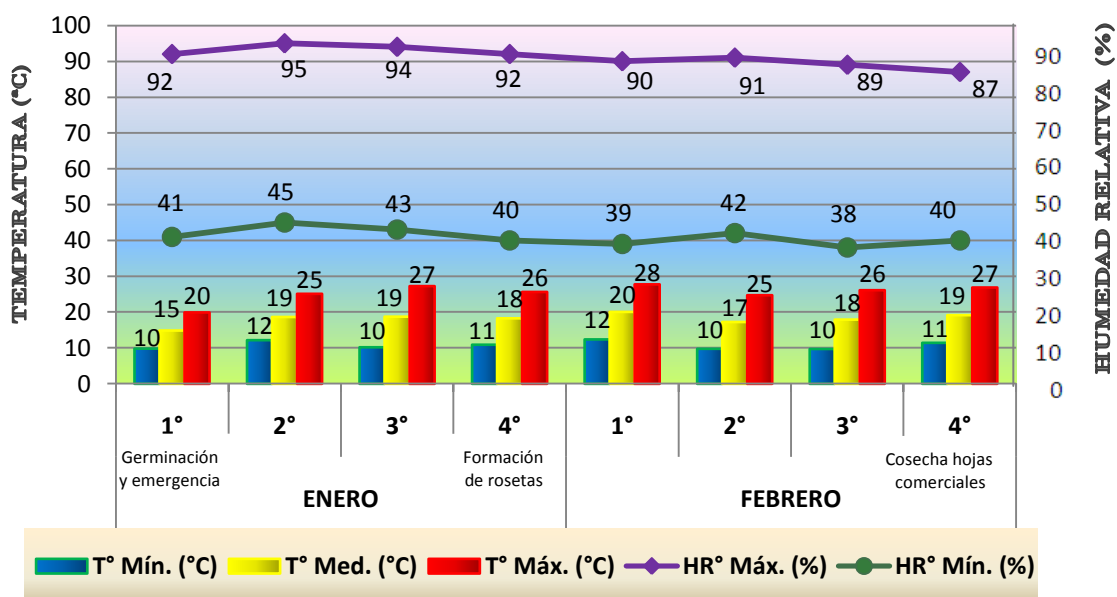


Fig. N° 2. Climadiagrama representando las fluctuaciones de temperaturas y humedad relativa al interior del minitúnel durante ciclo vegetativo del cultivo en ocho semanas, durante el desarrollo del experimento, en la gestión 2010, Distrito-3 de la Ciudad de El Alto.

La figura N° 2 se observa que durante el proceso germinativo en el campo experimental, la primera semana registro una temperatura media de 15°C, que se encontró dentro de los 10 a 21°C recomendados por Botanical Interest (2011), así como entre los 15 y 20°C óptimos para el cultivo de lechuga según Serrano, (1998) Con referencia a las

temperaturas: mínima 10°C y máxima de 20°C, el mismo autor indica, que esta última es tolerable para el proceso de emergencia.

De la misma forma señala, que la temperaturas registradas en la fase de formación de roseta, que ocurre a partir de la cuarta semana con temperaturas de: 11°C, 18°C, 26°C, con relación a la temperaturas mínima, media y máxima respectivamente, se halla solo en el último caso fuera del margen de 5 a 18°C, recomendados. En cuanto a la fase final vegetativa, que sucede en la última semana, el mismo autor menciona que las temperaturas alcanzadas, media de 19°C, mínima de 11°C, se encuentran dentro de los 3 y 20°C, óptimos para obtención de hojas comerciales. La temperatura máxima registrada es de 27°C. Maroto (1998), indica que las temperaturas adecuadas para producción de hojas comerciales deben ubicarse entre los 3 y 28°C.

Las fluctuaciones de humedad relativa son variables como se expone en la figura N° 2, ya que influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas, la mayor humedad relativa que se presenta es de 87 a 95% esto ocurre generalmente por las mañanas cuando la temperatura es baja, asciende la humedad relativa también se debe al riego que se efectúa. Mientras que la humedad relativa mínima es de 38 a 45% este descenso fue notorio en horas del día debido a que existe una mayor radiación solar y ventilación.

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

4.1.1.2 Temperatura y humedad relativa de suelo

La temperatura de suelo es una propiedad que tiene efecto sobre los seres vivos que habitan en ese medio poroso y además ayuda en el transporte de materia y energía de manera:

- Directa, crecimiento radical absorción del agua, nutrientes, germinación de la semilla.

- Indirecta, movimiento del agua en el suelo, difusión de gases actividad microbiana, y descomposición de materia orgánica (Buley, M., 1994) citado por Mamani (2006).

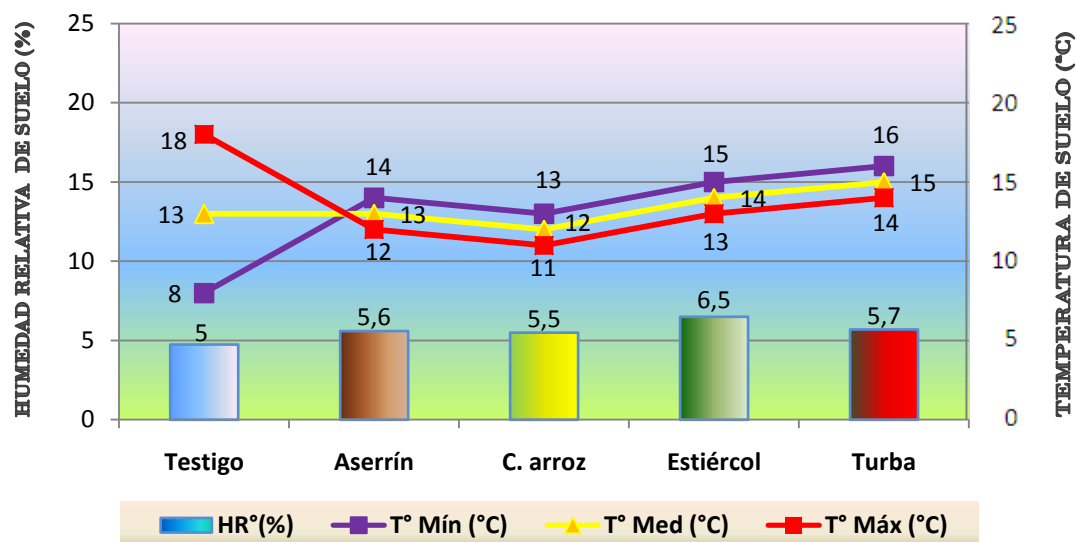


Fig. N° 3. Climadiagrama representando las variaciones de temperaturas y humedad relativa del suelo en los tratamientos, durante el ciclo vegetativo del cultivo en ocho semanas, durante el desarrollo del experimento, en la gestión 2010, Distrito-3 de la Ciudad de El Alto.

En los resultados obtenidos en la figura N° 3, muestra la temperatura de suelo con y sin mulch orgánico durante la investigación. Se observa el efecto causado por los acolchados orgánicos en la temperatura del suelo según el material utilizado, siendo siempre la temperatura diurna ó máxima más baja (11° a 14°C) y la nocturna ó mínima más alta (13° a 16°C) que en el suelo desnudo, tal como afirmó en sus ensayos realizados en cultivos hortícolas (Robinson, 1988) citado por Zribi et al. (2011). También se aprecia en la figura N° 3, el mantenimiento de temperatura media en suelos cubiertos con: 12° a 15°C. Con relación al testigo (sin aplicación de mulch), muestra un ascenso diurno de 18°C y descenso nocturno de 8°C de temperatura del suelo, debido a los factores del clima. La temperatura óptima de suelo para la mayoría de las especies hortícolas es de 20 a 25 °C. (Spiers, 2000).

Con relación a la humedad relativa del suelo, el tratamiento de estiércol presenta mayor retención de humedad con relación a los demás tratamientos con un valor de 6,5. La presencia del acolchado orgánico, alcanza preservar la humedad relativa de suelo, evitando de esta manera la pérdida de agua mediante la evapotranspiración del suelo,

dando como resultado mayor crecimiento y desarrollo de la planta (Lippert y Takatori, 1994), citado por Rodríguez (2007). El acolchado puede debilitar la intensidad del intercambio turbulento entre la atmósfera y el agua del suelo, lo que reduce su evaporación (Dong y Qian, 2002). El acolchado aumenta significativamente la humedad del suelo en la capa superficial (0-5 cm) en comparación con el suelo desnudo (Zhang *et al.*, 2008). Chaudhry *et al.* (2004) indican que la tasa de infiltración de agua en el suelo cubierto con diferentes tipos de acolchados permeables aumentó un 30% en comparación con el suelo desnudo. Sin embargo, Mellouli *et al.* (2000) concluyeron que la reducción de la evaporación con acolchados orgánicos disminuye con el tiempo. La conservación de agua en suelos acolchados con residuos vegetales depende de las características del material usado. Así, Robinson (1988) citado por Zribi *et al.* (2011), indica que las partículas de corteza de pino menores de 25 mm conservan más humedad en el suelo que las mayores de 75 mm.

El aumento de la temperatura y humedad del suelo provocado por el uso de algunos tipos de acolchado, favorece la mineralización del suelo, lo que lleva a una mayor disponibilidad de nitrógeno para las plantas, por otro lado, al reducir la lixiviación, evita las pérdidas de este elemento (Krewer *et al.* 2002).

4.1.2 Variables agronómicas

4.1.2.1 Porcentaje de emergencia

Los mayores porcentajes de emergencia registrado en el cultivo fue del 95% en el campo para la mayoría de los cultivares de lechuga suiza, se presentan entre 15 y 20°C, existiendo problemas de termolancia a temperaturas mayores a los 25°C, por la impermeabilización de los tegumentos de la semilla al oxígeno (Maroto, 1998). Corroborando Vigliola (2000), indica que el rango de temperatura para la germinación y crecimiento de las plantas son: Mínima 1.6°C, Óptima 24°C, Máxima 35°C.

Como podemos observar en la figura N° 4, el porcentaje de emergencia en el ensayo experimental, presento un promedio de 92,38%, esto significa que las semillas son de buena calidad y que tiene las condiciones requeridas para su desarrollo. Con relación a los días de emergencia, las semillas de lechuga suiza de la variedad Trophy, se

precisaron 6 días para la emergencia de más del 50% de individuos en el campo experimental. Para la emergencia total de plántulas se requirió de 8 días.

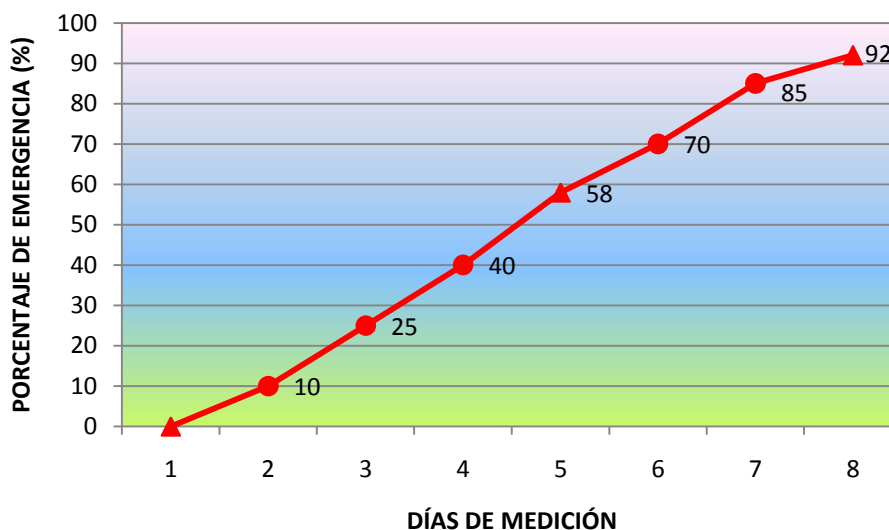


Fig. N° 4. Curva de emergencia del cultivo de Lechuga Suiza variedad Trophy, representando las diferenciaciones en porcentajes de emergencia con ocho días, después de la siembra directa en el ensayo experimental efectuado en la primera semana del mes de Enero de la gestión 2010, Distrito-3 de la Ciudad de El Alto.

4.1.2.2 Altura de planta

El análisis de varianza que se observa en la tabla N° 1 para la variable altura de planta, se encontró diferencias altamente significativas al 5% de probabilidad para fuentes de mulch ó acolchado orgánico, manifestando diferentes respuestas en los tratamientos, por otro lado no reportó diferencias estadísticas para los bloques lo que manifiesta que hubo homogeneidad.

Tabla 1. Análisis de varianza para la altura de planta del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Bloque	2	0,317	0,158	0,663	0,525 NS
Tratamientos	4	47,944	11,986	50,221	<.0001 **
Error	23	5,489	0,239		
Total	29				

NS= no significativo

* = Significativo ($p < 0,05$)

** = Altamente significativo ($p < 0,01$)

C.V. = 3.56%

El coeficiente de variación obtenido es de 3.56% lo que demuestra la confiabilidad de los datos obtenidos durante la investigación.

El acolchado cambia el medio ambiente que rodea las plantas y esto afecta el desarrollo del cultivo, en un período en que las condiciones son poco favorables (FAO, 2010). Los acolchados orgánicos mejoran de la productividad del cultivo debida al control de las malas hierbas y de la temperatura del suelo, al aumento de la precocidad de la cosecha, y a la disminución de la evaporación de agua del suelo (Zribí et al., 2011).

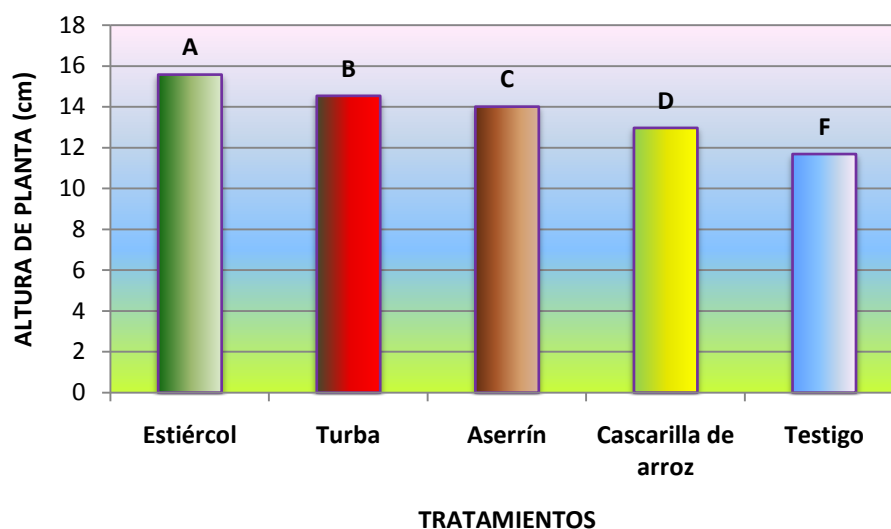


Fig. N° 5. Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación a la altura de planta a la cosecha. Las letras iguales no son diferentes ($P < 5\%$).

Para afirmar el mencionado, se realizó la prueba de Duncan con grado de significancia del 0,05% como se ve en la figura N° 5, muestra diferencias significativas para cada tratamiento es el caso del estiércol presentó precocidad y mayor altura con un promedio de 15.57 cm, seguido por mulch de turba con 14.53 cm, en tercer lugar el mulch de aserrín con 14.00 cm, y el mulch de cascarilla de arroz con 12.96 cm. El testigo presentó el valor más bajo de 11.68 cm. Este comportamiento puede atribuirse a los factores que causan las diferentes cubiertas orgánicas. Los mulches de estiércol y turba debido a los procesos de fácil descomposición y su acción residual, aportan elementos fertilizantes adicionales a las plantas en corto plazo, en comparación a los mulches de cascarilla de arroz y aserrín, donde su desintegración y aporte de nutrientes es a largo plazo. Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Starast *et al.* (2002), quien obtuvo diferencias significativas en el incremento de altura de las plantas en los tratamientos de

mulch de turba, con diferentes sustratos incorporados al momento de plantación en hortalizas de tomate, pimentón y repollo. Los datos de este experimento muestran que los cultivares utilizados se comportaron de mejor forma con incorporación de turba como mulch, a la vez, adecuan el pH y la materia orgánica del suelo obteniendo una respuesta positiva en el crecimiento de las plantas.

Robinson (1988), citado por Ortíz (2004), menciona en los ensayos realizados, el efecto del mulch sobre el crecimiento de las plantas, varía según la especie vegetal de la cual se trate y del material utilizado. Según Velikosti et al. (2008) indica los valores menores en altura de las plantas como en el caso del testigo, se puede relacionar con las competencias; intraespecífica (de la misma especie) e interespecífica (con plantas nativas) por: luz, agua, temperatura, nutrientes y espacio físico, tanto sobre la superficie como debajo, reflejando de esta manera el tamaño individual de las plantas.

4.1.2.3 Número de hojas

Los resultados derivados del análisis de varianza para la variable número de hojas, se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Análisis de varianza, para el número de hojas del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Bloque	2	0,61	0,305	0,709	0,503 NS
Tratamientos	4	4,605	1,151	2,673	0,058 NS
Error	23	9,905	0,431		
Total	29				

NS= no significativo. C.V. = 5,28% $r^2 = 0.34$

El empleo pertinente del análisis de varianza como prueba para una estadística paramétrica, indica con un grado de validez interna aceptable al 5 y 1% de significancia, la inexistencia de diferencias significativas entre los bloques y tratamientos, como podemos apreciar en la tabla N° 2, corroborando la presencia del factor climático y la fisiología de la semilla de manera uniforme en todo el área experimental, estableciendo un coeficiente de variación de 5.28% lo que demuestra la confiabilidad de los datos.

Todos los tratamientos mostraron datos muy similares con promedio de 12 hojas por planta.

Los túneles de bajo volumen debido a su forma transmiten generalmente muy bien la luz (FAO, 2010). La luz favorece a la fotosíntesis fenómeno responsable del aumento de la masa vegetal, actuando negativamente sobre el crecimiento en longitud de los tallos, favoreciendo en cambio al desarrollo de las hojas, ya que la falta de luz da lugar a un crecimiento desordenado de los tallos con el alargamiento de los entrenudos (Serrano, 2000). Temperaturas en el orden de los 22°C y una elevada iluminación, promueve el incremento en el número de hojas (Huerres y Carballo, 2001).

4.1.2.4 Índice área foliar

Los resultados obtenidos en la determinación del índice área foliar se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3. Análisis de varianza, para el índice área foliar del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Bloque	2	3,111	1,556	1,278	0,298 NS
Tratamientos	4	181,277	45,319	37,223	<.0001 **
Error	23	28,002	1,217		
Total	29				

NS= no significativo

* = Significativo ($p < 0,05$)

** = Altamente significativo ($p < 0,01$)

C.V. = 2,77%

Según la tabla N° 3, los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable índice área foliar, se puede concluir que no se encontraron diferencias entre bloques, lo que revela que el medio de trabajo fue manejado de manera uniforme. Por otra parte existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos como podemos observar en la tabla N° 3, el cual demuestra que existe diferencias significativas en el índice del área foliar. El coeficiente de variación derivado es de 2.77% lo que demuestra la confiabilidad de los datos durante la investigación.

Los datos obtenidos de la prueba de Duncan con grado de significancia del 0,05% para los tratamientos en estudio, se puede observar en la figura N° 6, existen diferencias

entre los tratamientos puesto que el mulch de estiércol presenta 43.75 cm^2 , seguido por la turba con 40.62 cm^2 , luego por el aserrín con 39.51 cm^2 y cascarilla de arroz con 38.70 cm^2 . Estos tratamientos presentan diferencias entre uno y otro, mientras el testigo presenta un valor de 36.24 cm^2 . Este comportamiento es debido a la relación agua-aire en los mulches que es de gran importancia con vistas a mantener un correcto intercambio hidrotérmico y aéreo entre el suelo y el material, facilitando el crecimiento y desarrollo del área foliar (Orellana, 1999). La aireación afecta al proceso de absorción del agua y sal, equilibrio hídrico, fotosíntesis y la susceptibilidad a enfermedades en las raíces. Donde los efectos de una aireación insuficiente a causa de una saturación hídrica del suelo, son la reducción de la superficie, amarillamiento y agostamiento de las hojas, provocando una menor emisión y expansión foliar (Kramer, 2001).

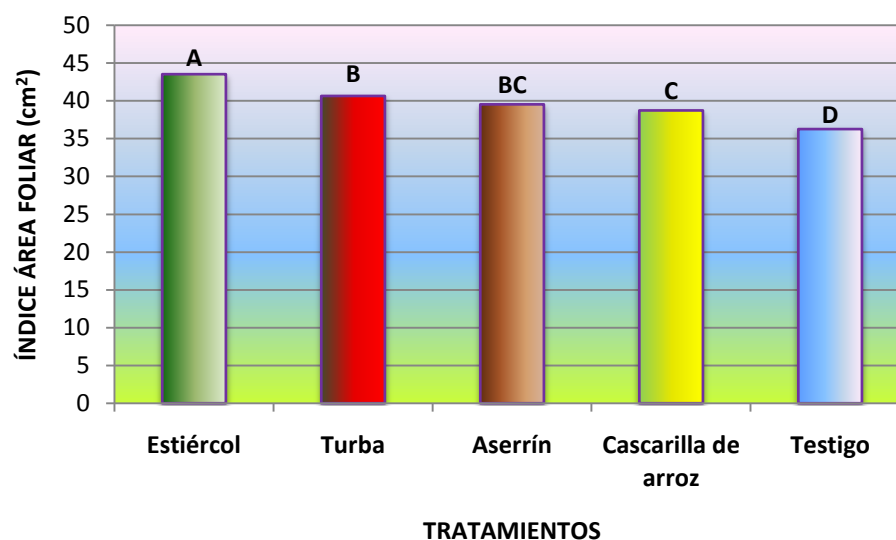


Fig. N° 6. Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación al índice área foliar a la cosecha. Las letras iguales no son diferentes ($P < 5\%$).

También debido a la descomposición de los mulches utilizados con relación al testigo (suelo descubierto), aporta nutrientes a la tierra y sirve de alimento adicional para microorganismos y lombrices, generando una vida activa en el suelo. Esta actividad se traduce en fuentes naturales de anhídrido carbónico, que favorece el crecimiento de las hojas y por ende el área foliar. (Brechtel, 2004).

Por otra parte, los minitúneles debido a su forma estructural, proporcionan una alta intensidad lumínica sobre el cultivo (FAO, 2010). La intensidad de luz afecta el tamaño y

la forma de las hojas diferencialmente. Generalmente, las hojas de la planta crecerán menos a intensidades bajas, que aquellas que crecen a intensidades altas (Lira, 2002). Temperaturas mayores a 22°C y baja intensidad lumínica, el área foliar disminuye en forma significativa (Huerres y Carballo, 2001).

4.1.2.5 Días a la cosecha

Los resultados alcanzados para determinar los días a la cosecha se demuestran en la figura N° 7 donde podemos observar que el tratamiento de acolchado de estiércol presenta un promedio de 50 días, seguido por el acolchado de turba con 53 días, mulch de aserrín con 55 días, mulch de cascarilla de arroz con 58 días y mientras el testigo presento el mayor valor con 60 días.

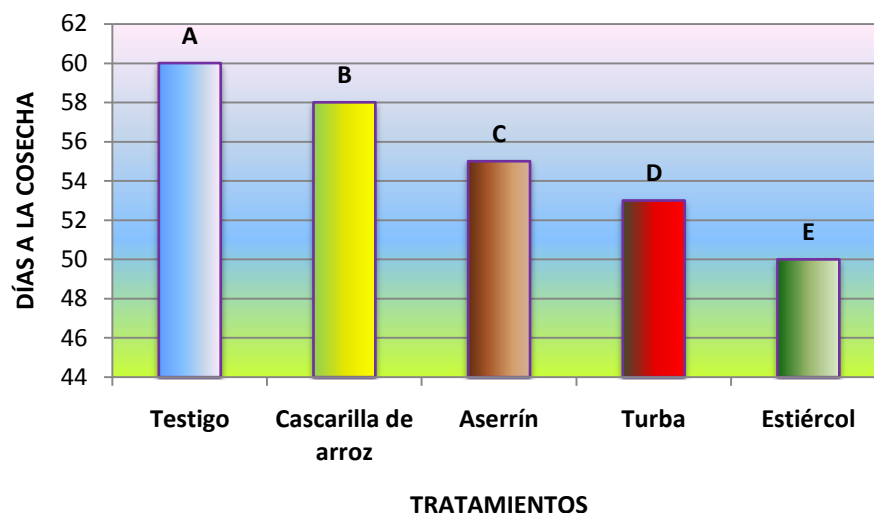


Fig. N° 7. Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación días a la cosecha. Las letras iguales no son diferentes ($P < 5\%$).

La tendencia de los tratamientos empleados con acolchado orgánico, alcanzaron la madurez comercial en corto tiempo debido a los factores como mayor retención de temperatura, humedad relativa y la fertilización del suelo mediante la descomposición del mismo. Esto se traduce en producciones más tempranas (de mayor valor comercial), mejor control de las malas hierbas sin utilizar productos fitosanitarios y un cierto ahorro de agua (Maroto, 1998).

Los mulches de estiércol y turba, según la relación C:N contienen un cierto porcentaje de nitrógeno, influyendo en la velocidad de la descomposición, ya después de 2-3 meses está descompuesto por completo. Mientras las coberturas de cascarilla de arroz y aserrín, carecen de nitrógeno y la descomposición es bastante lenta y pueden cubrir el suelo hasta 6 meses. El aporte de nutrientes adicionales a través de la descomposición, determinan la precocidad y rendimiento del cultivo según el material utilizado (FAO, 2010).

Asimismo, el testigo (sin aplicación de mulch), como se aprecia en la figura N° 7, alcanzó la madurez comercial a los 60 días después de la siembra, registrando un mayor número de días. Corroborando este último Wolstenholme et al. (1999), deduce que los factores como menor retención de temperatura, humedad relativa del suelo, la falta de disponibilidad de nutrientes para cada individuo y la competencia temprana con las malezas (interespecífica), ocasiona un retraso en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La heterogeneidad en días a la cosecha en los diferentes tratamientos demostrada en la figura N° 7, Debido también al efecto térmico de las cubiertas orgánicas, el mantenimiento de la temperatura del suelo hasta un cierto umbral se obtiene un mayor desarrollo radical, que a su vez se expresa en mayor rendimiento y una producción más precoz, especialmente en variedades hortícolas tempranas. La temperatura óptima de suelo para la mayoría de las especies es de 20 a 25°C. (Spiers, 2000).

4.1.2.6 Longitud radicular

Las deducciones obtenidas para determinar el análisis de varianza de la variable longitud radicular, se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4. Análisis de varianza, para la longitud radicular del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Bloque		2	0,844	0,422	0,717	0,499 NS
Tratamientos		4	53,225	13,306	22,587	<.0001 **
Error		23	13,55	0,589		
Total		29				

NS= no significativo

* = Significativo (p<0,05)

** = altamente significativo (p<0,01) .

C.V. = 7,51%

El análisis de varianza realizado al 5 y 1% de significancia entre los tratamientos, determina la presencia de diferencias no significativas entre bloques como se observa en la tabla N° 4, lo que confirma la representación homogénea en el área experimental y su influencia en el comportamiento en la longitud de la parte radicular. Por otra parte, se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, lo que confirma la presencia de heterogeneidad según las características del tipo de mulch utilizado en el área experimental, y su influencia en el comportamiento en la longitud de la parte radicular de la planta, como podemos observar los resultados obtenidos en la tabla N° 4.

El coeficiente de variación derivado es de 7.51% lo que demuestra la confiabilidad de los datos por encontrarse por debajo del 25%, que viene a ser el margen recomendable para este tipo de ensayos.

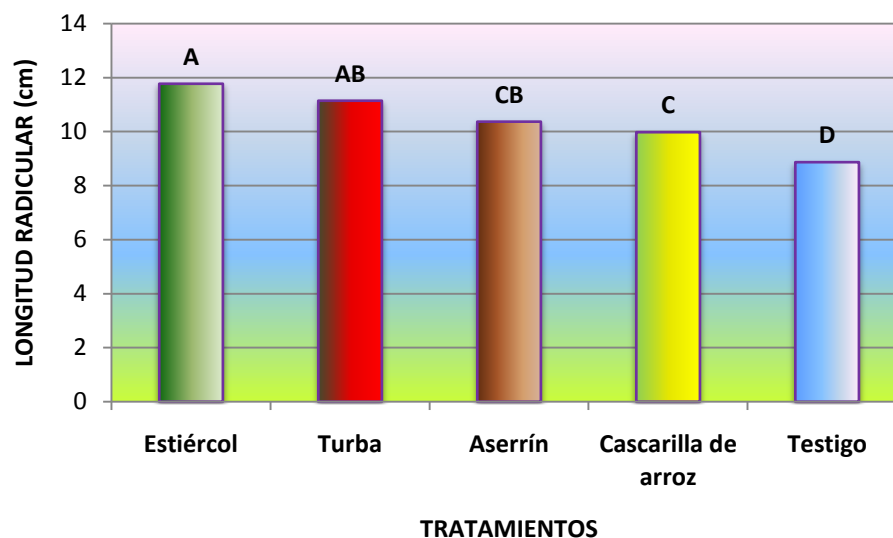


Fig. N° 8. Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación a la longitud radicular a la cosecha. Las letras iguales no son diferentes ($P < 5\%$).

Según los datos obtenidos de la prueba de Duncan en la figura N° 8, se puede observar que existen diferencias entre los tratamientos con relación a la longitud radicular, puesto que el mulch de estiércol presenta 11.77 cm, seguido por el mulch de turba con 11.14 cm, luego por el mulch de aserrín con 10.37 cm y el mulch cascarilla de arroz con 9.98 cm, estos presentan diferencias entre uno y otro. El tratamiento que presentó el valor más bajo fue el testigo con 7.87 cm. Estas diferencias se presentan según Patten *et al.* (1998), al estudiar las distribuciones de las raíces bajo mulch y riego, reportaron que los

mulches interactúan con las raíces de la planta, controlando la humedad del suelo, reduciendo fluctuaciones de temperatura y disminuyendo un posible déficit de nutrientes, según el material utilizado. Los mulches de estiércol y turba debido a los procesos de descomposición y su acción residual en corto plazo, aportan elementos fertilizantes adicionales a las plantas, en comparación a los mulches de cascarilla de arroz y aserrín, donde su desintegración y aporte de nutrientes es a largo plazo, determinando de esta manera la variación en el crecimiento y desarrollo de la parte radicular de la planta, como se demuestra en la figura N° 8.

También este comportamiento reflejada en la figura N° 8, es debido a la distribución de la humedad en la capa arable de un suelo cubierto es más uniforme, comparada con un suelo descubierto, como el caso del testigo. En un suelo cubierto se promueve el desarrollo de raíces en la capa arable, estrato rico en nutrientes y donde abundan microorganismos beneficiosos (Lippert y Takatori, 1964) citado por Rodríguez (2007). Estas raíces necesitan oxígeno para sobrevivir y son esenciales para la toma de agua y minerales. Una capa fina de mulch puede mejorar la estructura del suelo, los niveles de oxígeno, la temperatura y la humedad disponible en el área en donde crecen estas raíces (Gómez, et al. 2000).

Asimismo, existe una relación íntima entre el índice de difusión del oxígeno y el crecimiento radicular, concluyendo que la reducción de las raíces, se debe primordialmente a la deficiencia de aireación del suelo, tal como ocurre en suelos descubiertos (Bertrán y Khonke, 1999). Las dimensiones de los sistemas radiculares se encuentran usualmente muy reducidas cuando crecen en competencia con otros sistemas (malezas y mismos individuos), al parecer la competencia tiende a reducir el crecimiento de la raíz más que del vástago (Kramer, 2001).

4.1.2.7 Peso individual de materia verde foliar

El análisis de varianza que se observa en la tabla N° 5 para la variable de peso individual de materia verde foliar, se encontró diferencias altamente significativas al 5% de probabilidad para fuentes de mulch o acolchado, por otro lado no reporto diferencias estadísticas para los bloques lo que manifiesta que hubo similitud.

Tabla 5. Análisis de varianza para el peso individual de materia verde foliar, del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Bloque	2	0,007	0,004	0,115	0,892 NS
Tratamientos	4	5,39	1,347	41,348	<.0001 **
Error	23	0,75	0,033		
Total	29				

NS= no significativo

* = Significativo ($p < 0,05$)

** = altamente significativo ($p < 0,01$)

C.V. = 11,50%

Un coeficiente de variación del 11.50% determina que los datos son confiables durante el proceso de investigación por encontrarse por debajo del 25%, que viene a ser el margen recomendable para este tipo de ensayos.

Los datos obtenidos de la prueba de Duncan con grado de significancia del 0,05% para los tratamientos en estudio, como podemos observar en la figura N° 9, se determinó que existen diferencias entre los valores de peso individual de cada tratamiento, como el acolchado de estiércol que presenta un alto valor de 3,22 g, el acolchado de turba registra un valor de 2,86 g, el acolchado de aserrín con 2,47 g y el tratamiento de cascarilla de arroz con 2,12 g, mientras el testigo muestra el valor más bajo con 1,90 g/planta respetivamente.

El comportamiento en los diferentes tratamientos, como se aprecia en la figura N° 9, puede atribuirse a las características que posee cada material orgánico con relación a su composición. También es debido al efecto de las coberturas orgánicas inertes sobre el suelo según el material utilizado, presentando propiedades beneficiosas sobre la estructura y la fertilidad del suelo, reduciendo de forma significativa las competencias interespecíficas por luz, nutrientes, temperatura y disponibilidad de agua para el proceso fotosintético, por el que se realiza la síntesis de compuestos orgánicos que en su mayoría llegan a formar parte de la estructura definitiva de la planta, determinando su peso individual en materia verde foliar.

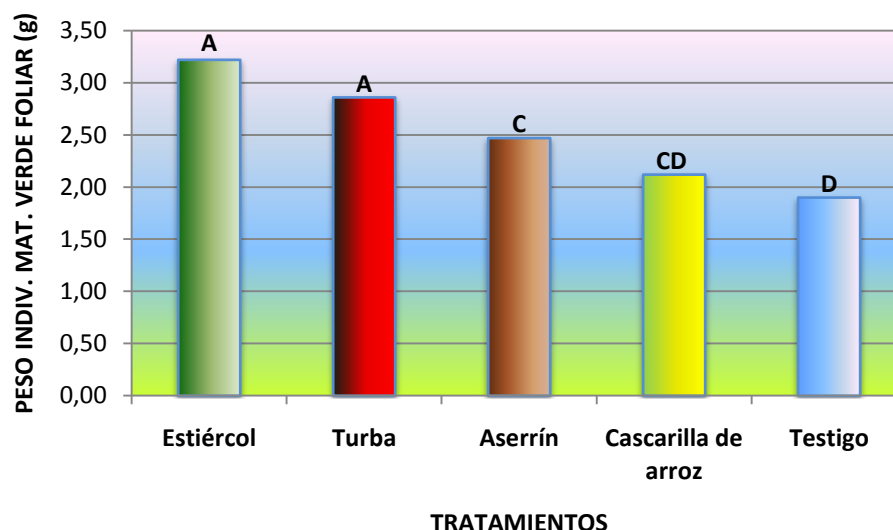


Fig. N° 9. Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación al peso individual de materia verde foliar a la cosecha. Las letras iguales no son diferentes ($P < 5\%$).

El efecto de los minitúneles debido a su forma estructural, captan mejor la radiación solar. Las hojas de las plantas que crecen en altas intensidades lumínicas, afecta el crecimiento de las plantas, pues altera la tasa de actividad fotosintética influyendo en el tamaño y la forma de las hojas con una tendencia a ser más gruesas, determinando un mayor peso en materia verde foliar (Lira, 2002). De acuerdo a Huerres y Carballo (2001), la poca iluminación y temperaturas relativamente elevadas, alteran el balance nutricional de la planta, haciendo que las hojas sean más delgadas y de menor peso individual. Las plantas cultivadas tienden a reducir su actividad fotosintética aproximadamente a los 40°C, dependiendo de la especie, pues la tasa de evapotranspiración supera la tasa de absorción de agua, provocando el cierre de los estomas (Lira, 2002).

4.1.2.8 Rendimiento de materia verde

Sin incertidumbre, el peso de materia verde es una de las variables más importantes para determinar el rendimiento del cultivo. A continuación apreciaremos el análisis de varianza en la siguiente tabla:

Tabla 6. Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde, del cultivo de lechuga suiza variedad Trophy, evaluados en la gestión 2010.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05
Bloque	2	0,013	0,007	0,115	0,892 NS
Tratamientos	4	9,736	2,434	41,348	<.0001 **
Error	23	1,354	0,059		
Total	29				

NS= no significativo

* = Significativo ($p < 0,05$)

** = altamente significativo ($p < 0,01$) .

C.V. = 11,40%

El análisis de varianza al 5 y 1% de significancia como podemos apreciar en la tabla N° 6, señala la ausencia de diferencias significativas entre los bloques. Se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de cultivo. El coeficiente de variación derivado es de 11.40%, lo que demuestra un margen aceptable de confiabilidad de los datos logrados.

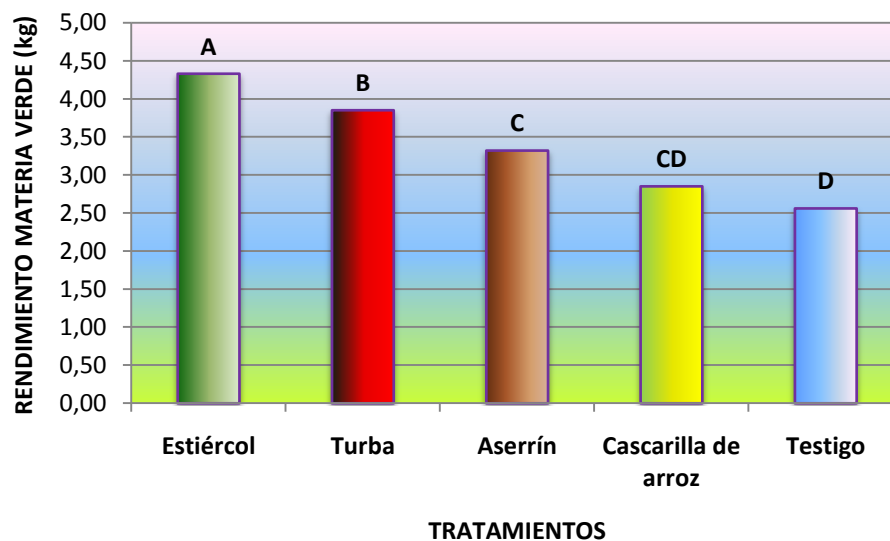


Fig. N° 10. Prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de significancia para los tratamientos empleados con y sin mulch orgánico de suelo, con relación al Rendimiento de materia verde comercial. Las letras iguales no son diferentes ($P < 5\%$).

La prueba de Duncan como se aprecia en la figura N° 10, establece y afirma estadísticamente altamente significativo entre tratamientos con relación a la variable rendimiento de materia verde, donde se constituyen cinco grupos de comparación, sobresaliendo el mulch de estiércol sobre los demás tratamientos con un rendimiento de 4.33 kg/m^2 , el segundo corresponde al tratamiento mulch de turba con un rendimiento

3.85 kg/m², mulch de aserrín con 3.32 kg/m², cascarilla de arroz con 2.85 kg/m² respectivamente. Mientras el testigo obtuvo el menor rendimiento de 2.56 kg/m². Estas fluctuaciones por el cual se alcanzó mayores rendimientos de materia verde foliar, en los mulches de estiércol, turba, cascarilla de arroz y aserrín en comparación al testigo, es debido a la relación carbono-nitrógeno, que presentan los materiales utilizados y los factores ya comentados de mantenimiento uniforme de temperatura, mejor humedad, mayor concentración de CO₂, mejorando de la textura del suelo y contribuyendo a mejorar el rendimiento del cultivo. Asimismo, los acolchados brindan un máximo rendimiento, aún si el suelo es pobre y arenoso, la temperatura es normal y siempre que el suelo esté adecuadamente regado. (ISA, 2009).

Según ensayos realizados por Wilson, (1979) y Gómez *et al.*, (1997), citados por Rodríguez (2007), indican que la cobertura orgánica inerte de suelo, con residuos de plantas como paja y hierbas, mejora los rendimientos en tomates y además incorpora materia orgánica al suelo, lo que mejora la calidad del mismo. Los altos rendimientos bajo cobertura se deben al incremento en el número de racimos, flores, frutos por planta y rendimientos precoces. En contraste con otra investigación previa, la evaluación de cubiertas de suelo para el control de malezas en la producción integrada de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), los resultados de esta investigación se observó que los restos de cosecha de maíz se encontraron en el grupo de los tratamientos con mejores resultados, con una mayor producción que el tratamiento de control con herbicidas, aún cuando este último alcanzó un mayor nivel de control de malezas, lo que sugirió que este tratamiento tuvo ventajas agregadas al cultivo, más allá del control de malezas. El tratamiento con herbicidas se ubicó dentro del mismo grupo que los restos de cosecha de arroz, dato que coincidió con los resultados obtenidos en otra localidad y bajo condiciones semejantes. El testigo sin control de malezas presentó un bajo nivel de producción, lo que sugirió una fuerte influencia de las malezas sobre el rendimiento, aún cuando la diversidad y la abundancia de malezas en este ensayo fue relativamente baja (Anzalone, 2008).

El crecimiento y el rendimiento de cultivo son funciones de muchas variables como ser suelo, cultivo y manejo (Sánchez, 1999). La gran mayoría de los caracteres genéticos que controlan aspectos fenotípicos tales como el tamaño, la calidad, la producción y el rendimiento son altamente influenciados por el ambiente (Chávez, 1998).

4.1.3 Variables económicas

4.1.3.1 Análisis económico para la construcción de minitúneles

En el anexo N° 2, se detalla el costo de la construcción de los minitúneles, resumiendo estos resultados en la tabla N° 7, donde se observa que el costo de materiales para la construcción de minitúneles es de **691,50 Bs.-** debido a que los materiales a ser utilizados, se puede encontrar en el mercado local a precios económicos. El costo total de la construcción de minitúneles más la mano de obra es de **831,50 Bs.-**, logrando ser factible su construcción, por el reducido costo que presenta. Los costos de construcción de un invernadero tienden a ser muy variable, éstos dependen de muchos factores, tales como: tamaño, estructura, tipo de tecnología, materiales y zona de ubicación (Ferrato y Herrera 1998).

Tabla N° 7. Costo de construcción de los minitúneles, en función a los materiales y mano de obra utilizados.

Costos	Total Bs.-
- Materiales	691,50
- Costo de mano de obra	140,00
TOTAL	831,50

4.1.3.2 Análisis económico de producción de lechuga suiza

Como podemos observar en el anexo N° 1, el costo de producción de lechuga suiza en el campo experimental, presenta un valor de **658 Bs.** Para una mejor apreciación sobre el uso de los distintos tipos de acolchados bajo condición de minitúnel, frente al testigo sin la aplicación de mulching. Se estimo el beneficio neto por Bs/m².

4.1.3.3 Presupuestos parciales y beneficio neto

Para la preparación del presupuesto parcial se tomo en cuenta el rendimiento promedio obtenido en los tratamientos de estudio, el rendimiento ajustado al 10% y el costo de producción en base a parámetros regionales, donde la única variante es la reducción de mano de obra es la reducción de mano de obra con el uso de los diferentes tipos de acolchado frente al testigo, de 6 jornales de riego a 2 jornales y 3 jornales deshierbe a solo medio jornal (ver anexo N° 11).

En la tabla N° 8, los resultados obtenidos dan un beneficio neto de **T1** con 27.51 Bs/m² sin aplicación de acolchado y en los tratamientos **T2** con 39.06 Bs/m²; **T3** con 31.86 Bs/m²; **T4** con 52.85 Bs/m² y **T5** con 37.70 Bs/m² respectivamente, con una diferencia de 48.87 Bs/m² entre los tratamientos **T1** y **T4**. Desde el punto de vista económico, se puede apreciar que los tratamientos con la aplicación de acolchados orgánicos, reportan mayor beneficio neto en comparación al tratamiento sin la aplicación de acolchado orgánico. El uso adecuado de mulch orgánico es muy importante porque elevamos el rendimiento de producción dando como resultado un mayor beneficio económico al agricultor.

Tabla N° 8. Presupuestos parciales por m² para el tratamiento 1 sin la aplicación de mulch y los tratamientos 2, 3, 4, y 5, con aplicación de diferentes tipos de mulch o acolchados orgánicos.

Descripción	Testigo	Aserrín	C. de Arroz	Estiércol	Turba
Rend. Medio (kg/m ²)	2,56	3,32	2,85	4,33	3,85
Rend. Ajust (10%)	2,30	2,99	2,57	3,90	3,47
BB de Campo (Bs/m ²)	39,17	50,80	43,61	66,25	58,91
Costos que varían					
Costo de semillas (Bs/m ²)	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84
Costo mano de obra de siembra directa (Bs/m ²)	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Costo de acolchados orgánicos (Bs/m ²)	0	0,31	0,31	1,97	9,78
Costo mano de obra para la aplicación de acolchados orgánicos (Bs/m ²)	0,44*	0,21	0,21	0,21	0,21
Costo unitario de minitúnel para acolchados orgánicos (Bs/m ²)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Total CV's (Bs/m²)	11,66	11,74	11,74	13,40	21,21
Beneficio Neto (Bs/m²)	27,51	39,06	31,86	52,85	37,70

* Se realizó el deshierbe manual de plantas nativas

4.1.3.4 Análisis de dominancia

El análisis de dominancia se presenta en (Bs/m²) para los costos que varían y beneficios netos de los tratamientos, donde se demuestra que la aplicación de mulches orgánico como ser: estiércol, turba, aserrín y cascarilla de arroz, resultan ser dominantes por encontrarse dentro y bastante cerca de la curva, frente al testigo sin la aplicación de acolchado orgánico, como se puede observar en la figura N° 11.

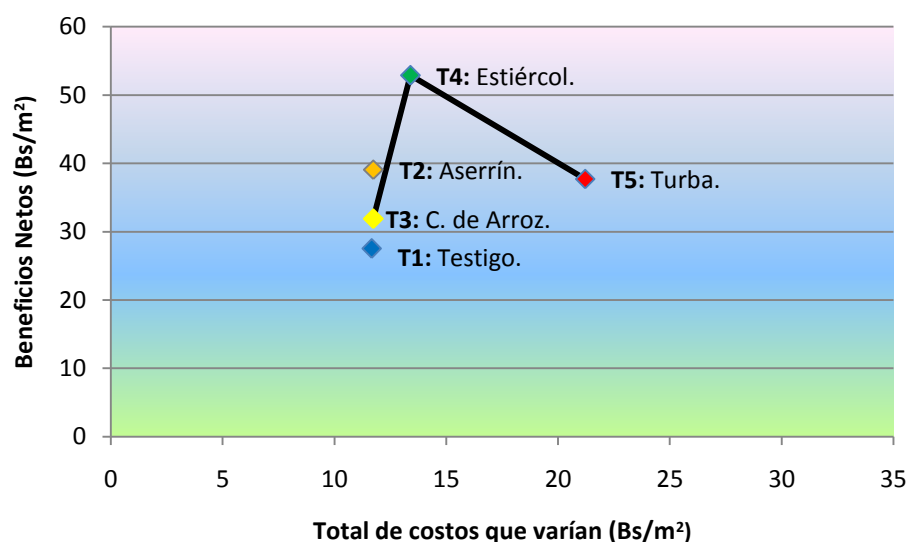


Fig. N° 11. Curva de Análisis de dominancia entre Beneficios netos y total CV's (Bs/m²).

4.1.3.5 Análisis complementario de factibilidad

Con los resultados del beneficio neto y costo total, se determinó el análisis de factibilidad, como podemos apreciar en el tabla N°9 para los cinco tratamientos.

Tabla N° 9. Análisis de factibilidad de los tratamientos en función a los resultados de precio (Bs/m²), rendimiento/m², costos de producción (Bs/ m²) y beneficio neto (Bs/ m²)

Tratamientos	Precio (Bs/m²)	Rendimiento/m²	Costos de Producción (Bs/m²)	Beneficio Neto (Bs/m²)	Beneficio/Costo > 1
Testigo.	17	2,56	11,66	27,51	2,36
Aserrín.	17	3,32	11,74	39,06	3,33
Cascarilla de arroz.	17	2,85	11,74	31,86	2,71
Estiércol.	17	4,33	13,4	52,85	3,94
Turba.	17	3,85	21,21	37,7	1,78

De la tabla N° 9, tomando en cuenta los incrementos del ingreso neto, de los tratamientos con aplicación de mulch orgánico: **T2**, **T3**, **T4**, y **T5**, todos tienen una relación beneficio costo promedio de 2,94 frente al tratamiento sin la aplicación de mulch orgánico: **T1** con un valor de 2,36. Por tanto, se considera factible el B/C de todos los tratamientos de estudio, por encontrarse sobre el valor > 1.

Capítulo V. CONCLUSIONES

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

- La incorporación de mulching en los suelos, coadyuva al mejoramiento de la estructura del suelo, aumentar el nivel de los nutrientes de manera adicional y mantener las condiciones favorables del suelo para el cultivo de lechuga suiza, todo ello conllevan a obtener rendimientos óptimos de buena calidad.
- La relación carbono-nitrógeno y el mantenimiento de la temperatura y humedad del suelo provocado por el uso de los mulches estiércol y turba, favorece la mineralización del suelo, lo que lleva a una mayor disponibilidad de nitrógeno para el cultivo, por otro lado al reducir la lixiviación evita las pérdidas de este elemento.
- Los mulches de aserrín y cascarilla de arroz debido a la relación C:N, presentan un bajo contenido de nitrógeno, por tanto no aportan este elemento al cultivo, solo brindan protección y condiciones favorables de mantenimiento temperatura y humedad al suelo.
- Los mulches orgánicos influyeron en la altura de planta debido a las ventajas que presenta con resultados de la prueba de Duncan con valores de: estiércol con 15.5 cm, turba con 14.5 cm, aserrín con 14 cm y cascarilla de arroz con 13 cm, superando en esta variable al tratamiento testigo presentando una altura de 12 cm.
- La determinación del índice área foliar, se obtuvo diferencias altamente significativas entre los tratamientos a causa del efecto de los acolchados orgánicos, según la prueba de Duncan se obtuvo: estiércol con 43.5 cm², turba con 40.6 cm², aserrín con 39.5 cm², cascarilla de arroz con 38.7 cm², todos presentaron valores altos con relación al testigo con 36.2 cm². También los minitúneles debido a su forma influyeron en la captación de luz.
- Se presentaron diferencias significativas en el número de días a la cosecha, donde los tratamientos de mulch alcanzaron la madurez comercial en corto tiempo, debido a los múltiples beneficios que brindan los acolchados orgánicos en minitúneles, donde los

valores obtenidos son: estiércol con 50 días, turba con 53 días, aserrín con 55 días y cascarilla de arroz con 58 días, en contraste al testigo con 60 días.

- El positivo efecto de los acolchados sobre la longitud radicular, se ve claramente en la prueba de Duncan, existe diferencias entre los tratamientos, donde el mulch de estiércol presentó el valor mas alto con 12 cm, seguido por mulch de turba con 11 cm, luego por el mulch de aserrín y mulch de cascarilla de arroz con 10 cm, mientras el testigo, presenta el valor más bajo con 8 cm en el ensayo evaluado.

- Entre los mejores resultados de la variable peso individual de materia verde foliar, obtenidos según la prueba de Duncan, podemos afirmar que el mulch orgánico de estiércol, presenta un peso mayor con 3.2 g, seguido por el mulch de turba con 2.9 g, el mulch de aserrín con 2.5 g, y mulch de cascarilla de arroz con 2.1 g. El testigo muestra el valor mas bajo con 1.9 g frente a los demás tratamientos.

- Los mejores rendimientos de materia verde comercial alcanzados en el ensayo según prueba de Duncan fueron por: mulch de estiércol con 4.3 kg/m², mulch de turba con 3.8 kg/m², mulch de aserrín con 3.32 kg/m² y mulch de cascarilla de arroz con 2.85 kg/m², mientras el testigo alcanzó un rendimiento de 2.56 kg/m².

- El análisis económico del ensayo, el beneficio/neto de los tratamientos con la aplicación de mulching se obtuvo valores de: 53 Bs/m² con mulch de estiércol, 39 Bs/m² con mulch de aserrín, 38 Bs/m² con mulch de turba y 32 Bs/m² con mulch de cascarilla de arroz. Mientras el testigo presento el valor mas bajo con 28 Bs/m².

- Los resultados obtenidos se puede confirmar que la aplicación de acolchados orgánicos y las condiciones ambientales son factores que determinan el desarrollo fisiológico de las plantas.

Capítulo VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se vio oportuno realizar las siguientes recomendaciones y/o sugerencias:

- Se recomienda la producción de lechuga suiza por sus propiedades nutricionales y, su fácil adaptación a climas extremos y variaciones de temperatura del altiplano.
- Deben ser destacadas la asociación de dos técnicas tecnológicas, como el acolchado orgánico y los minitúneles, por la serie de ventajas económicas y productivas que presentan.
- Incentivar a los agricultores en la utilización de acolchados orgánicos, porque además de mejorar los rendimientos del cultivo, ejerce un efecto directo sobre la estabilidad estructural del suelo y sobre la población de microorganismos para garantizar la sostenibilidad productiva y seguridad alimentaria.
- Sustituir el uso del polietileno debido a su difícil reciclaje, por la técnica de acolchados de suelo con restos orgánicos, por que constituye una mejor alternativa ambiental en pequeñas y medianas parcelas de producción hortícola.
- Utilizar acolchados orgánicos en suelos de producción hortícola, por que disminuye los costos de inversión favoreciendo en un ahorro significativo de los recursos mano de obra (escardado, deshierbe) y agua (mediante el riego), para así lograr niveles de beneficio económico más atractivos.
- Deben estudiarse opciones más compatibles con el ambiente que permitan el eficiente control de las malezas, aprovechando las otras ventajas que ofrece el acolchado orgánico.
- Realizar el análisis químico de los materiales orgánicos que se vayan a utilizar en el acolchado en posteriores investigaciones, con el fin de determinar el contenido de macro-nutrientes que estos aportan al suelo.

Capítulo VII. BIBLIOGRAFÍA

- AHUMADA, R., G. SELLÉS, R. FERRYRA, G. CONTRERAS Y R. RUIZ. (2004).** Efecto del mulch en el desarrollo de la uva de mesa. Tierra Adentro. 20: Pp. 30-31.
- ANZALONE, A. (2008).** Evaluación de alternativas al uso del mulching como cubierta del suelo para el manejo de malas hierbas y otros aspectos agronómicos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill.) en España y Venezuela. Tesis Doctoral. Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. España. Pp. 153
- BERTRAND A. Y KHONKE H. (1999).** Subsoils conditions and their effects on oxygen supply and the growth com rots. Soli Sci. Soc. Am. Proc.1 Pp. 148
- BRECHELT, A. (2004).** Manejo Ecológico del Suelo. Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Primera Edición. República Dominicana. Pp. 186
- BOTANICAL INTERESTS. (2011).** Cultivo de Cornsalad (*Valerianella locusta*) (en línea). Consultado el 19 de Agosto del 2011. Disponible: <http://www.botanical-online/florvalerianellalocusta/htm#figueroariego>
- BULEY, M. (1994)** Productos provenientes de cultivos ecológicos controlados. PROTRADE/GTZ, Eschborn, Alemania. Pp. 121.
- CALZADA, J. (1998).** Métodos estadísticos para la investigación. &ma. Ed. Milagros S.A. Lima Perú Pp. 664.
- CÁNOVAS, A. ET ALLI, (2005).** Tratado de Agricultura ecológica. Manejo de malezas para países en desarrollo. Segunda edición, Editorial Acribia, Bogotá - Colombia. Pp.180-185.

- CENTELLAS, R. (1999).** Respuesta del cultivo de lechuga, en condiciones de invernadero a tres niveles de plantación y tres niveles de estiércol de ovino. Tesis Ing. Agr. UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz, BO. Pp. 94
- CHÁVEZ, J. (1998).** Mejoramiento de plantas 1. 2° Edición. Editorial Trillas. Distrito Federal – México. MX. Pp. 136.
- CHURQUINA, V. (2000).** Apuntes de Investigación en el Centro de Investigación en Línea Organizada (CIELO).
- CFA (California Fertilizer Association), (1999).** Manual de fertilizantes para horticultura. 1° Edición. Editorial Limusa, S.A. de CV, Grupo Noriega Editores. Distrito Federal, MX. Pp. 297
- CIMMYT (Centro de Investigación para el Mejoramiento de Maíz y Trigo), (1998).** La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica. Ediciones completamente revisadas. Distrito Federal – México. MX. Pp.79.
- CID, C. (2001).** Materiales utilizados en la elaboración de sustratos. *Agrícola Vergel* 12(141): Pp. 492-501.
- CHAUDHRY MR, AZIZ AM AND SIDHU M, (2004).** Mulching impact on moisture conservation, soil properties and plant growth. *Pakistan J. Water. Res.*, (82): Pp. 1-8.
- DÍAZ, A. (2009).** “Optimización de la tecnología de producción de canónigos (*Valerianella locusta*) en bandeja flotante” .Proyecto fin de Carrera. Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Cartagena, Colombia. Pp. 6-9.
- DONG ZY AND QIAN BF, (2002).** Field investigation on effects of wheat-straw/corn-stalk mulch on ecological environment of upland crop farmland. *J. Zhejiang Univ. Sci.*, 3(2): Pp. 209-215.

ELLENA, M. (1999). Manejo de cubiertas vegetales. Tierra Adentro. 29: Pp. 26-28.

ELLENA, M. (2000). Manejo del suelo. Revista Tierra Adentro, 20(2): pp. 17-18.

FAO, (2007). (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación IT). Proyecto de Micro Huertas del Municipio de El Alto. Producción de Lechuga Suiza en Micro Huertas. Ficha coleccionable N°10

FAO, (2010). (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación IT). Departamento de Agricultura. El cultivo protegido en el mediterráneo (en línea). Consultado el 22 de agosto del 2011. Disponible: <http://www.fao.org>

FERNÁNDEZ, C. (2000). Crecimiento de plántulas de tomate cv. Río Grande en bandejas plásticas usando mezclas de compost y aserrín de coco como sustituto de la turba de musgo. Trabajo de ascenso. Facultad de Agronomía, Luz, Maracaibo, Venezuela. Pp. 51

FERNÁNDEZ, N. (2006). Evaluación de diferentes tipos de mulch en arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. o'neal de segundo año, bajo manejo orgánico. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chillan – Chile. Pp. 45-49

FERRATTO, J. A.; HERRERA, O. (1998). Análisis económico del cultivo de plantas ornamentales en macetas bajo invernadero. Horticultura Buenos Aires - Argentina. 13(34-35) Pp.9-15

FLORIDATA, (2009). “Verduras de campo Lechuga suiza o Hierba de Canónigos”. (En línea). Consultado el 24 de Julio del 2010. Disponible: http://www.floridata.com/ref/v/vale_loc.cfm

GMEA, (2004). Gobierno Municipal de El Alto. Plan de Ordenamiento Urbano y Territorial. Pp. 9–10.

GÓMEZ O., A. CASANOVA, L. MARTÍNEZ, J.C. HERNÁNDEZ, G. DE ARMAS, R. SANTOS Y A. HERNÁNDEZ. (2000). Principales resultados científicos en Hortalizas y papa. Cultivo del tomate. Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”. Cuba. Pp. 12.

GONZÁLEZ, S. (2004). Técnicas Apropriadas para Aplicar el mulch. Editorial LEISA Puerto Rico. Pp. 52-54.

GONZÁLEZ, R. (2004). Fertilidad y manejo del suelo: Bases para la agricultura orgánica. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, “Alejandro de Humboldt”, (INIFAT), La Habana, Cuba. Pp. 65

HORTURBA, (2010). “Hierba de los Canónigos (*Valerianella locusta*)” (en línea). Consultado el 19 de Agosto del 2011. Disponible: <http://www.horturba.com/castellano/mail/index.php>

HIRZEL, J., E. LABRA Y O. ASTUDILLO. (2004). Efecto del uso de güano de broiler en mezcla con aserrín como mulch en horticultura. Informativo Bioleche. 17(3): Pp. 15-17.

HUERRES, C. Y CARBALLO, N. (2001). Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. Habana, CU. Pp. 144.

HUERTOCITY, (2011). “Producción agrícola de Hierba de Canónigos”. (En línea). Consultado el 21 de Septiembre del 2010. Disponible: <http://www.huertocity.com/>

IBERICA, (2000). “Hierba de Canónigos”. (En línea). Consultado el 5 de Agosto del 2010. Disponible: <http://www.iberica/informacion/verduras.org>

INTERNATIOCNAL SOCITY OF ARBORICULTURE, (2009). Técnicas apropiadas para aplicar el mulch. (En línea). Consultado el 15 de Septiembre del 2010. Disponible: http://www.isahispana.com/treecare/resources/mulching_spanish.pdf

INFANTE, A. (2004). Abonos verdes y mulch. Chile Agrícola 29(266): Pp. 30-31.

INFOJARDIN, (2009). “Producción de Hortalizas de Hoja”. (En línea). Consultado el 5 de Agosto del 2010. Disponible:<http://www.fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/canonigo-hierba-canonigos-valerianela-lechuga-campo>.

INTA, (Estación Experimental Agropecuaria La Consulta), (2011). Minitúneles de protección en la producción hortícola. Jornada de actualización hortícola. Tunuyán, Mendoza. Pp. 1-2

KRAMER, J. (2001). Relaciones hídricas de suelo plantas, una síntesis moderna. Trad. Leonor T. 1° Edición Edutex S.A. Distrito Federal – México. MX. Pp. 538.

KREWER, G., J. RUTER, S. NESMITH, J. CLARK, T. OTTS, S. SCARBOROUGH AND B.MULLINIX (2002). Performance of low cost organic materials substrates and soil amendments. Acta Hort. 574: 273-279.

KRISTIANSEN, P., B. SINDEL Y R. JESSOP. (2003). Agronomic and economic evaluation of weed management methods in organic herb and vegetable production systems. Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference. Geelong (Victoria), Australia. s/p: Pp. 115.

LAREDO, Y. (2000). Apuntes de producción de semillas. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. Pp. 27-29

LIRA, S. R. (2002). Fisiología vegetal. 1° Edición. Trillas. Distrito Federal, MX. Pp. 237.

LIMA, A. (2004). Comparación de variedades de lechuga en diferentes espacios y sistemas de cultivo. Facultad Agronomía. Brasilia, BR. Pp. 120.

MAPE. (2009). Ministerio de Agricultura del Perú, Protección de cultivos-Minitúneles. Lima - Perú Pp. 1-3.

- MAMANI, E. (2006).** Efecto de la aplicación de abonos en el cultivo de lechuga suiza (*Valerianella locusta*) en walipinis de la localidad de Ventilla. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. Pp. 3-7
- MAROTO, B. (1998).** Horticultura herbácea especial. 4º Edición. Mundi – Prensa. Madrid – ES. Pp. 661.
- MAZEJ D., OSVALD J., STIBILJ V. (2008).** Selenium species in leaves of chicory, dandelion, lamb's lettuce and parsley. Food Chemistry. 107. Pp. 75-83
- MELLOULI HJ, WESEMAEL B, POESEN J AND HARTMANN R, (2000).** Evaporation losses from bare soils as influenced by cultivation techniques in semi-arid regions. Agri. Water. Manage., 42: Pp. 355-369.
- NIÑIROLA, D. (2010),** Influencia de la densidad de plantación en la producción y calidad de cultivos de berro y canónigo en bandejas flotantes para su producción como “Baby leaf”. Proyecto fin de Master. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad Politécnica de Cartagena, Colombia. Pp. 10-11
- OCHOA, J. CONESA, E. LARA, L.J. NIÑIROLA, D. FERNÁNDEZ, J.A. (2008).** Producción de canónigos en bandeja flotante con distintas concentraciones de nitrógeno. Departamento de Producción Vegetal Universidad Politécnica de Cartagena, Colombia. Pp. 6-7
- ORTÍZ, B. (2004).** Efectos de cubiertas inertes sobre el control de malezas y crecimiento vegetativo del cerezo dulce (*Prunus avium* L.), bajo la modalidad de producción orgánica en el Secano Interior de la Comuna de Lumaco, IX Región de La Araucanía. Universidad Católica de Temuco. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales Escuela de Agronomía. Temuco – Chile. Pp.33-38

- ORELLANA, R. Y ET AL. (1999).** Metodología para la evaluación de la relación agua-aire en sustratos. Memorias electrónicas Convención Internacional Trópico. Pp. 99
- ORMEÑO, J.; GONZÁLEZ, M. (2003).** Malezas; control orgánico. La guerra de las plantas. (en línea). INIA La Platina, Chile. Consultado el 30 de enero del 2009 Disponible en: http://www.agroindustrias.org/1-10-02_organicos_aleza.shtml
- ORMEÑO, J. (2000).** Control de malezas. Cubierta y mulch. Revista Tierra Adentro (35) : pp.18-19.
- PATTEN, K.D., E.W. NEUENDORFF, AND S. C. PETERS. (1998).** Root distribution of “Climax” by mulch and irrigation geometry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(5): Pp.660-661.
- PUCHADES, J. (2001).** Cubiertas orgánicas en cítricos.(en línea).España. Consultado el 5 abril del 2010 .Disponible en <http://www.pi2.com/huerta/cubiertasencitricos.htm>
- QUESADA, R. G., MÉNDEZ, S. C. (2005).** Evaluación de sustratos para hortalizas comerciales. Agronomía Mesoamericana. Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica Pp. 84.
- RANDALL, C. (1999) .** Malas hierbas. Ministerio de Agricultura de Australia Occidental. Pp. 56 – 59.
- RODRIGUEZ, M. (1998).** Fisiología Vegetal. Los amigos del libro. Cochabamba – Bolivia. Pp. 373.
- RODRÍGUEZ, H. (2000).** Combate y control de malezas. (en línea) . Venezuela. Consultado el 14 de mayo, 2011. Disponible en <http://www.plagasagricolas.info.ve/doc/html.tineo.html>

- RODRIGUEZ, G. (2007).** Efecto de la cobertura del suelo con cascarilla de arroz en el crecimiento y rendimiento del tomate de ramillete. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimítrova Quivicán, La Habana, Cuba. CP 33500. Pp. 86-87
- ROMERA, M. P; GUERRERO, L. (2001).** Agricultura Ecológica. (en línea). España. Consultado el 7 de Julio del 2011. Disponible en: http://www.nortecastilla.es/canalagro/datos/agricultura_ecologica07.htm#1.3.1.8.%20acolchado
- SAVIO, I .; ZIEN, S. (2001).** Weed Workshp. (en linea) . Estados Unidos. Consultado el 19 de noviembre del 2011. Disponible en: <http://www.envtox.ucdavis.edu/cehs/TOXINS/SPANISH2/herbicidesno.htm>
- SALAS, L. (2008).** Efecto de diferentes especies vegetales en acolchado (*mulching*) sobre suelos arcillosos en la Estación Agroecológica U.T.P.I., Escuela de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Católica de Loja. Ecuador. Pp. 20-30.
- SANTAMARIA, P. GONNELLA, M. VALENZANO, V. (2002).** Livelli di nitrate e commercializzazione degli ortaggi. Colture Protette (suppl.) 12. Pp.7-13
- SÁNCHEZ, P. (1999).** Materia orgánica del suelo Modulo II. Edición CIED. Lima – Perú. Pp. 161
- SÁNDOVAL V M. B. B. SÁNDOVAL V. (2002).** Horticultura Intensiva en Invernaderos. XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pp. 55
- SERRANO Z. (2000).** Cultivo de hortalizas en invernaderos. 1° Edición. AEDOS. Barcelona, ES. Pp. 360.
- SPIERS, J. (2000).** Substrates temperatures influence root and shoot growth of southern highbush and rabbiteye blueberries. Hort Science, 30(5):Pp. 129-132.
- STARAST, M., K. KARP AND T. PAAL (2002).** The effect of using different mulches and growth substrates of growth in horticulture. Records Hort. 574: Pp. 281-287

- TERRÓN, U. (1999).** Dinámica y complejidad de la competencia de malezas. Tercera edición, Editorial Labor, Barcelona España. Pp.92
- THURSTON, H.D.; M. SMITH; G. ABAWI Y S. KEARL. (2003).** Sistemas de siembra con coberturas de suelo. CIIFAD, Ithaca, New York,
- VELIKOSTI V., GOJITVENE C., MOTOVILCA P. (2008).** Corn salad (*Valerianella olitoria* L.) yield response to cell size of plug trays. Acta Agriculturae Slovenica. 91. Pp. 59-62.
- VIGLIOLA, M. I. (2000).** Manual de Horticultura. 2da. Ed. Buenos Aires – Argentina Ed. Hemisferio Sur AR. Pp. 80
- WIKIMEDIA, (2010).** “Cultivo de Lechuga Suiza o Valerianella locusta”. (En línea). Consultado el 12 de Junio del 2010. Disponible: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Valerianella_locusta&oldid
- WOLSTENHOLME, B.N; MOORE-GORDON, C. y COWAN, A. (1999).** Orchard mulching effects on avocado fruiting. Conference'97 Searching for Quality. Australian Avocado Grower's Federation Inc. Mil lenium Hotel, Rotorua, New Zealand. 23-26 sept 1997. Pp.119-130.
- ZHANG QT, INOUE M, INOSAKO K, IRSHAD M, KONDO K, QUI GY AND WANG SH, (2008).** Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of swiss chard salt accumulation under saline irrigation. *J. Food. Agric. Environ.*, 3-4: Pp. 480-485.
- ZRIBÍ W., FACI J.M. Y ARAGÜÉS R., (2011).** Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC), Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, CITA, DGA. Zaragoza, España. Pp. 148-159

ANEXOS

ANEXO N° 1 COSTO DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA SUIZA EN EL CAMPO EXPERIMENTAL

Costo de producción en Bs.-

Actividades	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
1. Preparación del terreno				
- Remoción	jornal	1	20	20
- Desterronado y abonado	jornal	1	20	20
- Nivelado	jornal	0,5	20	10
2. Insumos				
- Semillas	onzas	4	80	320
- Estiércol	qq	1	8	8
- Aserrín menudo	qq	1	2	2
- Turba negra	qq	1	20	20
- Cascarilla de arroz	qq	1	2	2
- Bolsas de empaque	paquete	1	6	6
3. Mano de obra				
- Sembrado	jornal	2	20	40
- Tapado	jornal	0,5	20	10
- Aplicación de acolchados	jornal	1	20	20
4. Labores culturales				
- Deshierbe	jornal	0,5	20	10
- Riego	jornal	3	20	60
- Control fitosanitario	jornal	0,5	20	10
5. Cosecha y postcosecha				
- Cosecha	jornal	2	20	40
- Selección y lavado	jornal	2	20	40
- Embolsado	jornal	1	20	20
TOTAL				658

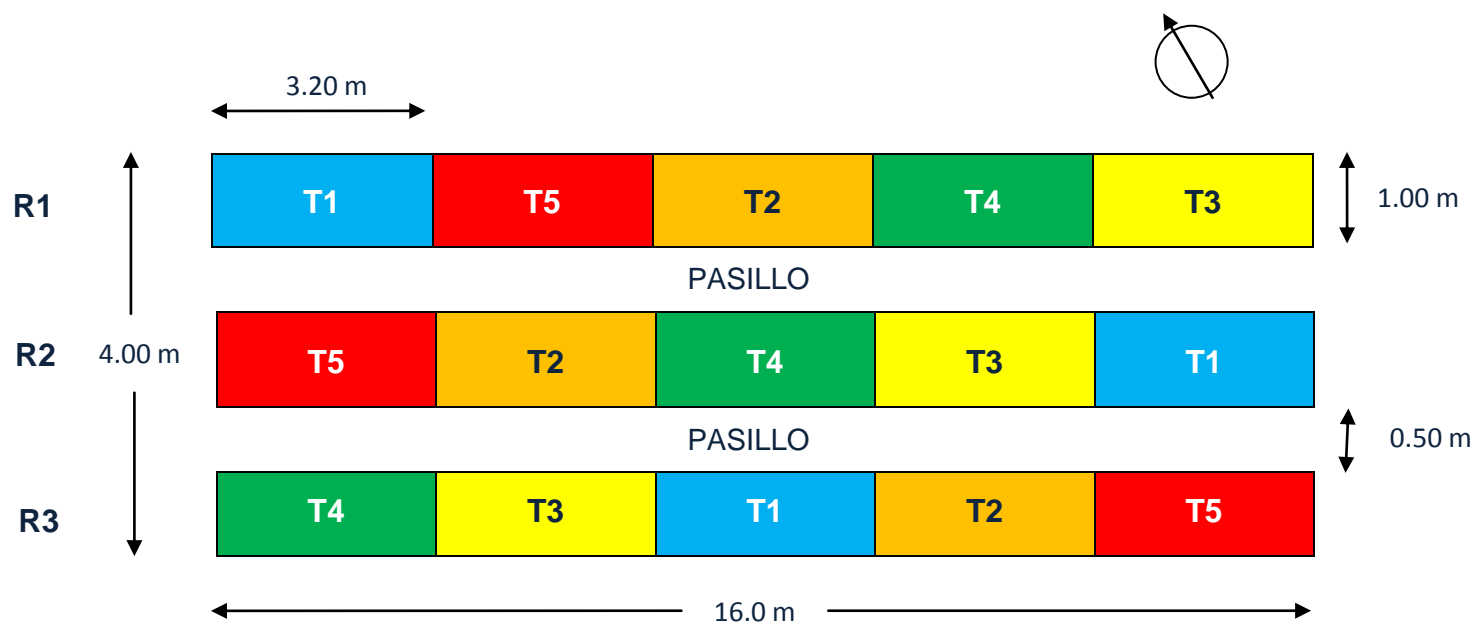
ANEXO N° 2 COSTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MINITÚNEL

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
- Barras de fierro 1/8	unidad	6	19	114
- Politubos de plástico	unidad	35	2.50	87.50
- Alambre de amarre	unidad	1	5	5
- Clavos de 1"	kg	1	12	12
- Agrofilm de 250 µ	m	20	22	440
- Correa de goma	m	30	1	30
- Cuerdas de soldado	par	2	3	6
- Lienzo de construcción	madeja	1	7	7
- Armado e instalación de minitúneles	Jornal	7	20	140
Total				831.5

ANEXO N° 3 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL

CROQUIS DEL EXPERIMENTO

Donde: **T** = Tratamiento; **R** = Bloque



INGRESO

T1 = Sin la aplicación de acolchado orgánico.

T2 = Con la aplicación de acolchado de aserrín menudo.

T3 = Con la aplicación de acolchado de cascarilla de arroz.

T4 = Con la aplicación de acolchado de estiércol de cuy.

T5 = Con la aplicación de acolchado de turba negra.

ANEXO N° 4 DIMENSIONES DEL ÁREA EXPERIMENTAL.

Superficie total del experimento	64.0 m ² (16.0 m x 4.0 m)
Área total de producción	48.0 m ²
- Bloques	
Número de bloques	3
Largo del bloque	16.0 m
Ancho del bloque	1.00 m
Calle entre bloque	0.50 m
- Parcela principal	
Número de parcelas principales	15
Número de parcelas principales por bloque	5
Largo de la parcela principal	3.20 m
Ancho de la parcela principal	1.00 m
Área de la parcela principal	3.20 m ² (3.2 m x 1 m)

ANEXO N° 5 GASTO Y FRECUENCIA DE RIEGO. ETAPA EXPERIMENTAL (l/m²)

ENERO				FEBRERO			
Fecha	Gasto	Fecha	Gasto	Fecha	Gasto	Fecha	Gasto
1/10	0,88	17/10	NR*	1/10	0,63	17/10	0,63
2/10	0,63	18/10	0,63	2/10	NR*	18/10	NR*
3/10	0,63	19/10	NR*	3/10	0,63	19/10	0,50
4/10	0,63	20/10	0,63	4/10	NR*	20/10	NR*
5/10	0,63	21/10	NR*	5/10	0,63	21/10	0,50
6/10	0,63	22/10	0,63	6/10	NR*	21/10	NR*
7/10	0,63	23/10	NR*	7/10	0,63	22/10	0,38
8/10	0,63	24/10	0,63	8/10	NR*	23/10	NR*
9/10	NR*	25/10	NR*	9/10	0,63	24/10	0,25
10/10	0,63	26/10	0,63	10/10	NR*	25/10	NR*
11/10	NR*	27/10	NR*	11/10	0,63	26/10	0,13
12/10	0,63	28/10	0,63	12/10	NR*	27/10	NR*
13/10	NR*	29/10	NR*	13/10	0,63	28/10	0,13
14/10	0,63	30/10	0,63	14/10	NR*		
15/10	NR*	31/10	NR*	15/10	0,63		
16/10	0,63			16/10	NR*		
SUBTOTAL		12,22 l/m²		SUBTOTAL		7,56 l/m²	
TOTAL				19,78 l/m²/35 días.			

*NR= No riego

ANEXO N° 6 REGISTRO DE TEMPERATURA (°C) Y HUMEDAD RELATIVA INTERNA (HR°)

MES	SEMANA	HORA	TEMPERATURA(°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	
			Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
ENERO	1°	08:00	8,50	19,3	43	90
		14:00	12,50	21,3	42	95
		18:00	9,50	20,2	39	90
	2°	08:00	10,42	25,5	43	96
		14:00	12,45	24,5	45	92
		18:00	11,70	25,3	47	97
	3°	08:00	9,64	26,4	48	92
		14:00	10,45	27,2	40	96
		18:00	10,54	26,3	40	95
	4°	08:00	9,67	26,3	39	92
		14:00	12,45	27,3	43	95
		18:00	10,65	23,4	39	88
FEBRERO	1°	08:00	10,74	27,6	35	90
		14:00	12,12	28,3	47	87
		18:00	12,35	27,5	36	92
	2°	08:00	9,85	24,3	45	92
		14:00	11,25	27,4	35	93
		18:00	10,23	22,6	46	89
	3°	08:00	9,55	26,4	43	87
		14:00	11,09	25,7	36	92
		18:00	10,55	25,4	35	89
	4°	08:00	9,68	26,6	38	82
		14:00	12,13	25,5	44	93
		18:00	10,54	27,6	37	86

ANEXO N° 7 INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE LECHUGA SUIZA (*Valerianella locusta* L.)

CANÓNIGOS	COMPOSICIÓN	VITAMINAS		MINERALES		
Valerianella locusta	Calorías	21	Vit. A	7092 UI	Calcio	38 mg
	Agua	92,8 g	Vit. C	38,2 mg	Fósforo	53 mg
Por 100g de hojas	Ceniza	1,2 g	Vit. E	nd	Hierro	2,2 mg
	Grasa	0,4 g	Vit. K	nd	Magnesio	13 mg
	Carbohidratos	3,6 g	Tiamina	0,1 mg	Potasio	459 mg
	Fibra	nd	Riboflavina	0,1 mg	Sodio	4 mg
	Azúcares	nd	Niacina	0,4 mg	Zinc	0,6 mg
	Proteínas	2,0 g	Piridoxina	0,3 mg	Cobre	0,1 mg
	Rel. Ca:P	0.7:1	Folatos	14 mcg	Manganeso	0,4 mg
			Ác.Panto.	0,0 mg	Selenio	0,9 mg
				Nitratos	219 mg	

Fuente: Niñirola, 2010

ANEXO N° 8 TOMA DE DATOS, DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO VEGETATIVO, EN LA COSECHA DE LECHUGA SUIZA/PLANTA

TRAT.	VARIABLES	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMD.
Testigo	N° DE HOJAS.	10,59	10,65	10,70	10,65
	ALT. DE PLANTA (cm)	11,58	11,59	11,61	11,59
	PROF. RAIZ (cm)	7,56	7,55	7,62	7,58
	PESO (g)	1.84	1.93	1.94	1.90
Aserrín	N° DE HOJAS.	10,97	10,98	10,99	10,98
	ALT. DE PLANTA (cm)	12,68	12,71	12,62	12,70
	PROF. RAIZ (cm)	8,92	8,92	8,92	8,92
	PESO (g)	2.54	2.46	2.40	2.47
C. de Arroz	N° DE HOJAS.	10,90	10,91	10,92	10,91
	ALT. DE PLANTA (cm)	11,68	11,61	11,64	11,61
	PROF. RAIZ (cm)	8,80	8,84	8,86	8,83
	PESO (g)	2.12	2.07	2.18	2.12
Estiércol	N° DE HOJAS.	12,65	12,67	12,68	12,66
	ALT. DE PLANTA (cm)	15,54	15,48	15,62	15,58
	PROF. RAIZ (cm)	10,16	10,71	10,83	10,57
	PESO (g)	3.10	3.34	3.23	3.22
Turba	N° DE HOJAS.	11,63	11,69	11,70	11,67
	ALT. DE PLANTA (cm)	13,68	13,72	13,73	13,71
	PROF. RAIZ (cm)	9,41	9,50	9,54	9,48
	PESO (g)	2.85	2.94	2.81	2.86

ANEXO N° 9 TOMA DE DATOS, PESO PROMEDIO (g/unidad)

TRAT.	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMD.
Testigo	1.84	1.93	1.94	1.90
Aserrín menudo	2.54	2.46	2.40	2.47
Cascarilla de arroz	2.12	2.07	2.18	2.12
Estiércol de cuy	3.10	3.34	3.23	3.22
Turba negra	2.85	2.94	2.81	2.86

ANEXO N° 10 TOMA DE DATOS, RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE (kg/m²)

TRAT.	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	TOTAL.
Testigo	2.47	2.59	2.61	7.67
Aserrín menudo	3.42	3.31	3.22	9.95
Cascarilla de arroz	2.85	2.78	2.93	8.56
Estiércol de cuy	4.16	4.49	4.34	12.99
Turba negra	3.83	3.95	3.77	11.55

ANEXO N° 11 COSTOS QUE VARÍAN Y BENEFICIOS BRUTOS EN CAMPO POR (m²)

Costo de semillas (Bs/m²)

Tratamientos	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs.-)	Costo total (Bs.-)
Testigo	g	1,77	4,99	8,84
Aserrín menudo	g	1,77	4,99	8,84
Cascarilla de arroz	g	1,77	4,99	8,84
Estiércol de cuy	g	1,77	4,99	8,84
Turba negra	g	1,77	4,99	8,84
				44,21

Costo mano de obra de siembra directa (Bs/m²)

Tratamientos	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs.-)	Costo total (Bs.-)
Testigo	jornal	0,33	6,66	2,20
Aserrín menudo	jornal	0,33	6,66	2,20
Cascarilla de arroz	jornal	0,33	6,66	2,20
Estiércol de cuy	jornal	0,33	6,66	2,20
Turba negra	jornal	0,33	6,66	2,20
				10,99

Costo de acolchados orgánicos (Bs/m²)

Tratamientos	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs.-)	Costo total (Bs.-)
Testigo	-	-	-	-
Aserrín menudo	kg	3,13	0,1	0,31
Cascarilla de arroz	kg	3,13	0,1	0,31
Estiércol de cuy	kg	3,13	0,63	1,97
Turba negra	kg	3,13	3,13	9,78
				12,38

Costo mano de obra para la aplicación de acolchados orgánicos (Bs/m²)

Tratamientos	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs.-)	Costo total (Bs.-)
Testigo*	Jornal	0,21	2,08	0,44
Aserrín menudo	Jornal	0,1	2,08	0,21
Cascarilla de arroz	Jornal	0,1	2,08	0,21
Estiércol de cuy	Jornal	0,1	2,08	0,21
Turba negra	Jornal	0,1	2,08	0,21
				1,27

* Se realizó el deshierbe manual de plantas nativas.

COSTOS FIJOS

Tratamientos	Rdto. (kg/m ²)	10%	Rdto. Ajustado (10%)	Precio de campo	BB de campo (Bs/kg)	
Testigo	2,56	0,1	0,26	2,30	17	39,17
Aserrín	3,32	0,1	0,33	2,99	17	50,80
C. de arroz	2,85	0,1	0,29	2,57	17	43,61
Estiércol	4,33	0,1	0,43	3,90	17	66,25
Turba negra	3,85	0,1	0,39	3,47	17	58,91

Costo unitario de minitúnel para acolchados orgánicos

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
- Barras de fierro 1/8	Unidades	2	19	38
- Politubos de plástico	Unidades	11,6	2,5	29
- Alambre de amarre	m	2	1	2
- Clavos de 1"	kg	0,5	6	3
- Agrofilm de 250 μ	m	6,6	22	145,2
- Correa de goma	m	10	1	10
- Cuerdas de soldado	unidad	1	1,5	1,5
- Lienzo de construcción	m	18	0,115	2,07
- Armado e instalación de minitúneles	Jornales	2,3	20	46
Total				276,77

- Dimensión: 3,20 m de largo * 1,00 m de ancho

- Vida útil: 10 años

Costo unitario para mantenimiento de minitúnel para acolchados orgánicos

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
- Politubos de plástico	Unidades	11,6	2,5	29
- Correa de goma	m	10	1	10
- Lienzo de construcción	m	18	0,12	2,07
- Armado e instalación de minitúneles	Jornales	1	20	20
Total				61,07

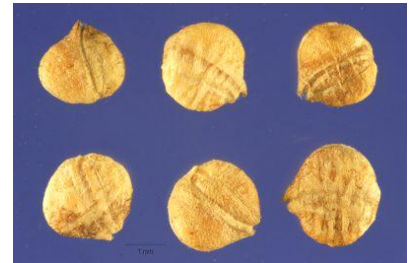
- Realización del mantenimiento cada 2 años

TABLA DE PRESUPUESTO PARCIAL

Descripción	Testigo	Aserrín	C. de Arroz	Estiércol	Turba
Rend. Medio (kg/m ²)	2,56	3,32	2,85	4,33	3,85
Rend. Ajust (10%)	2,30	2,99	2,57	3,90	3,47
BB de Campo (Bs/m ²)	39,17	50,80	43,61	66,25	58,91
Costos que varían					
Costo de semillas (Bs/m ²)	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84
Costo mano de obra de siembra directa (Bs/m ²)	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Costo de acolchados orgánicos (Bs/m ²)	0	0,31	0,31	1,97	9,78
Costo mano de obra para la aplicación de acolchados orgánicos (Bs/m ²)	0,44*	0,21	0,21	0,21	0,21
Costo unitario de minitúnel para acolchados orgánicos (Bs/m ²)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Total CV's (Bs/m²)	11,66	11,74	11,74	13,40	21,21
Beneficio neto (Bs/m²)	27,51	39,06	31,86	52,85	37,70

* Se realizó el deshierbe de plantas nativas

ANEXO N° 12

Características de la Lechuga suiza (*Valerianella locusta* L.)

Fórmula floral: $K(5) C(5) A1 \bar{G}(3)$

Fuente: www.biolib.de.

Características agronómicas del cultivo de Lechuga Suiza.

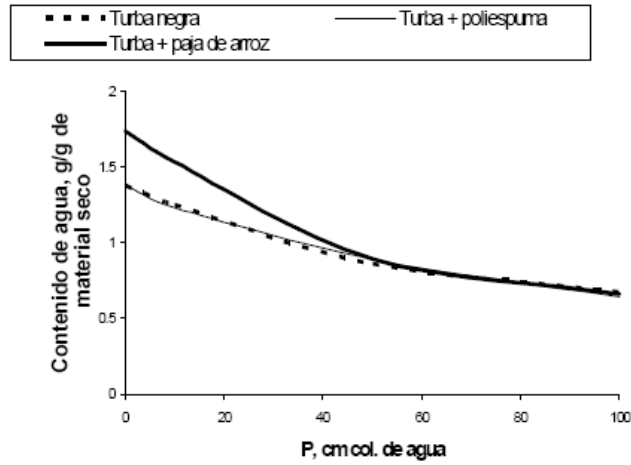
N° de semillas en 100 gramos	39.000
Longevidad de la semilla (años)	3
Profundidad de siembra (mm)	8.25
Días a la emergencia	8 - 15
Distancia entre líneas (cm)	10 - 12
Distancia entre semillas (cm)	1 - 2
Altura de planta a la cosecha (cm)	12 - 15
Días a la cosecha	50 - 60

Fuente: Elaboración propia.

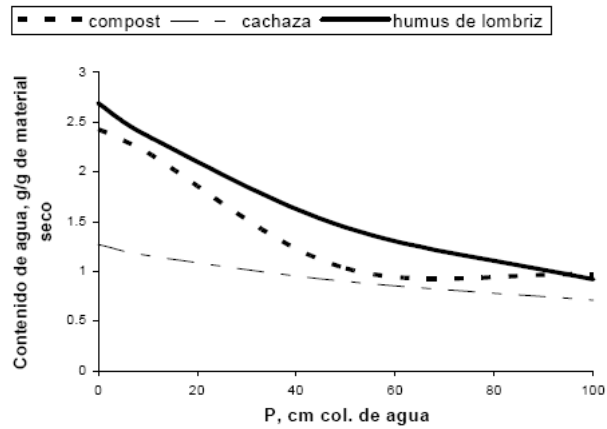
ANEXO N° 13

Curvas de retención de agua en diferentes materiales orgánicos.

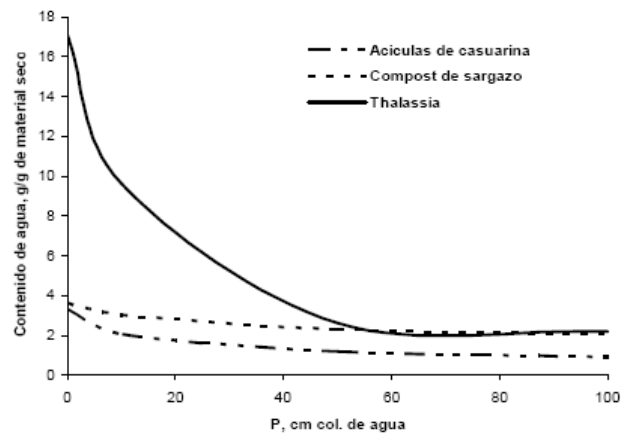
(Tomado de Orellana y col., 1999)



(Tomado de Moreno y col., 2002)



Datos inéditos de la autora



ANEXO N° 14 Distancia de siembra en cultivo de lechuga suiza.

Lechuga Suiza	Entre Filas	Entre plantas
- Cultivo orgánico	10 – 12 cm	1 – 2 cm
- Cultivo hidropónico	10 – 12 cm	1 – 2 cm

Fuente: FAO, 2007. Proyecto Micro Huertas en el Municipio de El Alto.

ANEXO N° 15 Guía de diferentes mulches creada por el Dpto. Idaho de Calidad Ambiental.

Material mulch	Calidad estándar	Proporción	Profundidad y modo de cubierta	Observaciones
Grava, escoria o piedra molida	Lavada, 20-40 mm de diámetro con no menos del 30% de la de mayor tamaño.	8 m ³ (o más para garantizar el 90 % de cobertura a 2.3 T/100 m ²)	70 - 80 mm uniforme.	Excelente mulch para pendientes pequeñas alrededor de las plantas maderables y ornamentales. Usar donde esté expuesto al tráfico de personas.
Paja o hierba	Seca al aire, libre de semillas no deseadas y materiales groseros. Las fibras no deben ser picadas para reducir el largo de las mismas; largo mínimo: 200 mm	40 - 50 kg	50 - 80 mm; formar una esterilla uniforme de tal forma que del 20 al 40 % de la superficie del suelo original pueda ser vista.	Usar donde el efecto del mulcheo debe ser mantenido por más de 3 meses. Es el mulch más ampliamente usado. Puede ser utilizado en áreas de erosión crítica.
Fibras de celulosa derivadas de la madera	El material no debe contener ningún factor que inhiba el crecimiento.	10 - 15 kg		Si se usa sobre áreas críticas, doblar la proporción normal. Aplicar con hidromulch.
Madera picada	No usar material seco al aire o seco en estufa. Tamaño de los pedazos: (15x40) mm de diámetro y 3 a 15 mm de grosor.	0.15 - 1.5 m ³	70 - 80 mm uniforme	Aplicado en una capa más gruesa por largo tiempo puede reducir marcadamente los nutrientes del suelo. Incrementar la fertilización un 25% con este mulch en lugares revegetados.
Compost	Olor a tierra		50 - 80 mm uniforme	Barato, pero puede no ser asimilable en algunas áreas.

Fuente: Orellana, R. et al. 1999

ANEXO N° 16**Porcentaje de aire, contenido en diversos materiales orgánicos.**

Sustrato	% Aire
Turba + poliespuma	10.9
Turba + paja de arroz	11.9
Turba negra	9.1
Compost	9.8
Humus de lombriz	12.3
Cachaza	9.0
Humus mor de casuaría ¹	37.0
Compost de sargazo ¹	16.0
Thalassia ¹	30.1

Fuente: Modificado de Moreno y col.2002;
¹datos inéditos de Orellana, R. et al. 1999.

ANEXO N° 17 Disminución de las pérdidas de suelo para diferentes tratamientos mulch.

Características del mulch	Disminución de las pérdidas del suelo, (%)	Reducción de la velocidad de escorrentía (% en base a suelo desnudo)
100% paja de trigo/malla en superficie	97.5	73
70% paja de trigo/ 30% fibra de coco	99.5	78
100% fibra de coco	98.4	77
Fibras de madera/ malla superficial	90.4	47

Fuente: Harding, 1990; citado en www.epa.gov/npdes/menuofbmeps/site_19.htm, 2002.

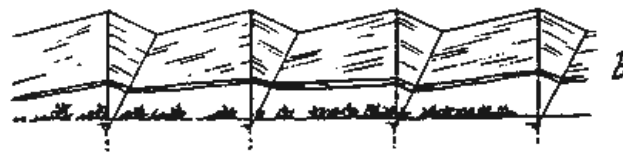
ANEXO N° 18 Composición química de algunos residuos utilizados como cobertura muerta (mantillo)

Material	Relación C:N	N%	P₂ O₅ %	K₂ O %
Paja de café	31.00	1.65	0.18	1.89
Paja de maíz	112.00	0.48	0.35	1.64
Paja de arroz	53.24	0.77	0.34	-
Cascarilla de arroz	39.00	0.78	0.58	0.49
Aserrín	865.00	0.06	0.01	0.01
Tusa de maíz	72.72	0.66	0.25	-
Pasto elefante	69.35	0.62	0.11	-
Pasto bermuda	31.00	1.62	0.67	-
Rama de Yuca	67.14	0.70	0.25	-
Bagazo de caña	22.00	1.49	0.28	0.99

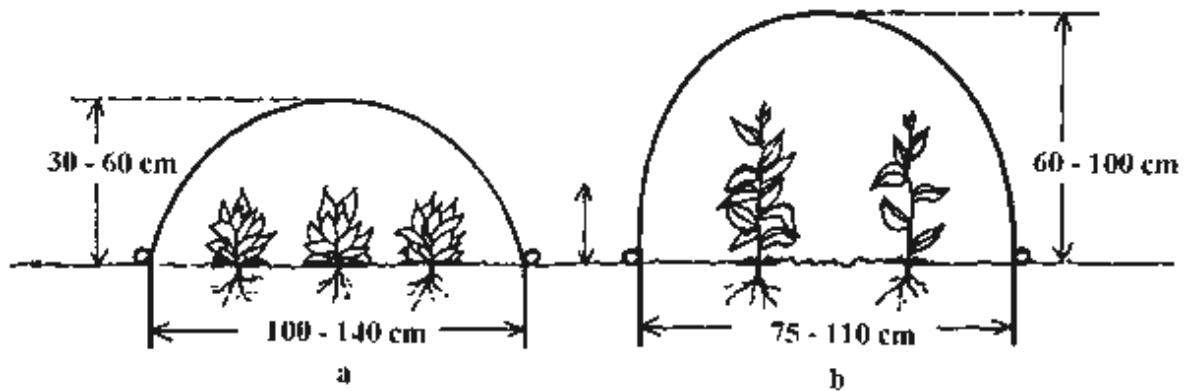
Fuente: Calegari, 1989; citado en www.fao.org, 2002.

ANEXO N° 19

PARTES Y DIMENSIONES DEL INVERNADERO MINITÚNEL



- Minitúnel bajo tipo Nantés. Vista lateral del túnel (a) y disposición del plástico desde nivel suelo (b).



- Minitúnel cubriendo el cultivo bajo (a) y alto (b).



ANEXO N° 20 FOTOGRAFIAS DE INSTALACIÓN DEL INVERNADERO MINITÚNEL

Trazado de Bloques, Espaciado y anclado entre estacas de sujeción (botellas pett de 2l), inserción de arcos de soporte a las botellas plásticas recicladas.



Emplazamiento de la cuerda de tensado, asegurado de los arcos de soporte con clavos, inserción al suelo de las estacas principales en el centro ancho del bloque.



Instalación de la cubierta de plástico o agrofílm, enlazamiento del polietileno con cuerdas de soldado y colocado de las cuerdas de fijación sobre la estructura.

ANEXO N° 21 FOTOGRAFIAS DEL ENSAYO EXPERIMENTAL



Preparación del suelo experimental.

Instalación finalizada de los minitúneles.



Siembra y emergencia del cultivo de lechuga suiza, bajo condición de minitúnel.



Aplicación de los diferentes tipos de mulch o acolchado orgánico al suelo experimental, bajo cubiertas armadas denominadas “minitúneles”.



Mulch de aserrín.



Mulch de turba.



Mulch de C. de arroz.



Mulch de estiércol.



Crecimiento y desarrollo de la Lechuga Suiza (*Valerianella locusta* L.).



Determinación altura de planta del cultivo de Lechuga Suiza (*Valerianella locusta* L.), en el ensayo experimental.



Medición de longitud radicular de la Lechuga Suiza.



Cosecha, rendimiento y embolsado del cultivo de Lechuga Suiza (*Valerianella locusta* L.).



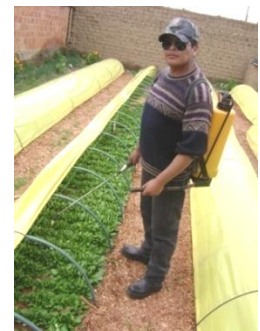
Riego Manual.



Medición con Instrumentos.



Toma de datos.



ANEXO N° 22

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACION
 INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
 CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
 IMPERSON DE QUIBORA

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : EDWIN R. MAMANI
PROCEDENCIA : Depto. LA PAZ, Pvcia MURILLO
 Ciudad de EL ALTO - Distrito 3, Zona Cosmos 79

N° SOLICITUD: 003/2009
FECHA DE RECEPCION : 15 / Junio / 2009
FECHA DE ENTREGA : 29 / Junio / 2009

N° LAB	CODIGO	ARENA %	ARCILLA %	LIMO %	CLASE TEXTURAL %	GRAVA %	CARBO NATOS LIBRES	pH en agua 1:5	pH en KCl 1N 1:5	CE en KCl 1:5	CATIONES DE CAMBIO (meq / 100 g suelo)						N TOTAL %	P Abm g/100g		
											Al + H	Ca	Mg	Na	K	TBi			CIC	SAT BAS %
001/2009	Dpto.3 - Zona Cosmos 79 Ciudad de El Alto	58	27	15	FYA	9.3	P	7.67	7.64	0.064	13.76	2.05	0.28	09.8	17.07	17.225	99.1	1.04	0.07	21.41

* Cationes de Cambio extraídos con Acetato de Amonio 1 N.
 ** Fosforo Asimilable (P Asimil) analizado por el método de Bray Kurtz.
 C.E. Conductividad eléctrica en milisiemens por centímetro.
 C.I.C. Capacidad de intercambio Catiónico.
 T.B.I. Total de Bases de Intercambio.
 M.O. Materia Orgánica.

OBSERVACIONES:

CARBONATOS LIBRES
 A Ausente
 P Presente
 PP Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL
 F: Franco
 L: Limoso
 A: Arenoso
 YA: Arcilloso Arenoso Franco
 FYA: Arcilloso Arenoso

FA: Franco Arenoso
 AF: Arenoso Franco
 FY: Franco Arcilloso

YL: Arcilloso Limoso
 FYL: Franco Arcilloso Limoso
 FL: Franco Limoso




 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CHUNGARA