

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE LA VALERIANELA (*Valerianella locusta*)
CON TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y NIVELES DE ABONO
ORGÁNICO EN AMBIENTE PROTEGIDO**

Presentada por :

Guido Chambi Vicente

La Paz – Bolivia

2014

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Agronomía
Carrera de Ingeniería Agronómica

**“EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE LA VALERIANELA (*Valerianella locusta*)
CON TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y NIVELES DE ABONO
ORGÁNICO EN AMBIENTE PROTEGIDO”**

**Tesis de Grado presentada como
requisito parcial para optar el
título de Ingeniero Agrónomo**

GUIDO CHAMBI VICENTE

Asesores:

Ing. Ph. D. Yakov Arteaga Garcia

Ing. William Murillo Oporto

Tribunal Revisor:

Ing. M. Sc. Paulino Ruiz Huanca

Ing. M. Sc. Freddy Porco Chiri

Ing. Bernardo Ticona Contreras

APROBADA

Presidente del Tribunal

La Paz – Bolivia

2014

DEDICATORIA

A mis padres Tomás Chambi y Rosa Vicente

AGRADECIMIENTOS

*Al Centro Experimental de Cota Cota,
dependiente de la Facultad de Agronomía de
la UMSA, por brindarme el ambiente para
realizar el presente trabajo.*

*A mis señores asesores y revisores por el tiempo
dedicado en la corrección del borrador.*

*Y a mis queridos hermanos Romel, Yessica y
Neysa por su ferviente apoyo.*

CONTENIDO

	Pg.
CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Valerianela (<i>Valerianella locusta</i>).....	3
2.1.1. Fisiología del cultivo y contenido nutricional.....	3
2.1.2. Descripción botánica y fases fenológicas.....	4
2.2. Ecología del cultivo.....	6
2.2.1. Clima, suelo y riego.....	6
2.3. Riego suplementario.....	6
2.4. La semilla.....	7
2.5. Tratamientos pregerminativos en las semillas.....	7
2.5.1. Imbibición en agua a temperatura ambiente.....	9
2.6. La germinación.....	9
2.6.1. Factores que afectan la germinación de las semillas.....	10
2.6.1.1. El tipo de semilla.....	10
2.6.1.2. La cantidad de agua en la semilla.....	10
2.6.1.3. El tipo de sustrato.....	11
2.6.1.4. La disponibilidad de oxígeno.....	11
2.6.1.5. La temperatura.....	11
2.7. Abonos orgánicos.....	11
2.7.1. Estiércol.....	11
2.7.1.1. Estiércol ovino.....	12
2.8. Turba.....	14
2.9. Paja.....	14
2.10. Ambientes protegidos.....	15

2.10.1. Carpas Solares.....	15
2.11. Análisis de rentabilidad.....	16
2.11.1. Relación beneficio/costo.....	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. Localización.....	18
3.2. Material experimental.....	18
3.2.1. Material vegetal.....	18
3.2.2. Insumos agrícolas.....	19
3.2.2.1. Estiércol.....	19
3.2.2.2. Turba.....	19
3.2.3. Material de campo.....	19
3.2.4. Material de laboratorio y gabinete.....	19
3.3. Metodología.....	19
3.4. Manejo agronómico.....	20
3.4.1. Preparación del terreno.....	20
3.4.1.1. Incorporación del abono orgánico.....	20
3.4.2. Siembra.....	20
3.4.2.1. Diseño experimental.....	21
3.4.2.2. Modelo Estadístico.....	22
3.4.2.3. Características de la parcela experimental	22
3.4.3. Labores culturales.....	23
3.4.3.1. Deshierbes.....	23
3.4.3.2. Control fitosanitario.....	23
3.4.4. Riego suplementario.....	23
3.4.5. Cosecha.....	23
3.4.6. Tratamiento pregerminativo.....	24
3.4.7. Descomposición del estiércol.....	25
3.5. Variables de respuesta.....	26
3.5.1. Variable fenológica.....	26
3.5.1.1. Emergencia.....	26
3.5.2. Variables Agronómicas.....	26
3.5.2.1. Altura de la planta.....	26

3.5.2.2. Número de hojas por planta.....	26
3.5.2.3. Área Foliar.....	28
3.5.2.4. Rendimiento de materia verde.....	28
3.5.3. Análisis de rentabilidad.....	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Variables fenológicas.....	30
4.1.1. Porcentaje de emergencia.....	30
4.2. Variables agronómicas.....	32
4.2.1. Altura de planta.....	32
4.2.2. Número de hojas.....	34
4.2.3. Área foliar.....	35
4.2.3.1. Regresión múltiple para el cálculo del área foliar	36
4.2.4. Rendimiento en materia verde.....	36
4.3. Análisis de rentabilidad.....	38
4.3.1. Determinación de los costos fijos.....	38
4.3.2. Determinación de los costos variables.....	39
4.3.3. Determinación del costo total.....	39
4.3.4. Determinación del ingreso bruto.....	41
4.3.5. Determinación del ingreso neto.....	42
4.3.6. Determinación de la relación beneficio/costo.....	42
5. CONCLUSIONES.....	44
6. RECOMENDACIONES.....	46
7. BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE CUADROS

	Pg.
Cuadro 1. Composición nutricional de la valerianela.....	4
Cuadro 2. Características del estiércol ovino.....	13
Cuadro 3. Tratamientos.....	21
Cuadro 4. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia.....	30
Cuadro 5. Análisis de varianza de la altura de planta.....	32
Cuadro 6. Análisis de varianza del número de hojas.....	34
Cuadro 7. Análisis de varianza del rendimiento en materia verde.....	37
Cuadro 8. Promedios de rendimiento en materia verde.....	38
Cuadro 9. Costo total de la producción de valerianela.....	40
Cuadro 10. Costos de producción por tratamiento.....	41
Cuadro 11. Ingreso bruto de la producción de valerianela.....	41
Cuadro 12. Ingreso neto de la producción de valerianela.....	42
Cuadro 13. Relación beneficio/costo de la producción de valerianela.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pg.
Figura 1. Características morfológicas.....	5
Figura 2. Porcentaje de emergencia según el tratamiento pregerminativo.....	31
Figura 3. Promedios de altura de planta según el nivel de abono aplicado.....	33
Figura 4. Promedios del número de hojas según el nivel de abono aplicado.....	35

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pg.
Foto 1. Remojo de las semillas en agua a 25°C.....	24
Foto 2. Estiércol descompuesto.....	25
Foto 3. Valerianela con sus primeras hojas verdaderas.....	27
Foto 4. Calcado de las hojas de valerianela en papel cebolla.....	28

1. INTRODUCCIÓN

La producción hortícola es una de las prácticas básicas del hombre, allí donde ha habido producción agrícola se han cultivado plantas hortícolas para la alimentación humana y animal.

Las hortalizas constituyen uno de los alimentos de mayor importancia para el hombre, entre ellas la valerianela (*Valerianella locusta*), que es una hortaliza de invierno poco frecuente, ha demostrado que tiene un alto contenido de hierro, carotenos, vitamina C y principalmente un bajo contenido de grasa. Sus pequeñas hojas redondas cuando son tiernas tienen un sabor agradable y constituyen una excelente ensalada.

El sistema de producción hortícola se desarrolla en condiciones diversas, y se encuentra estrechamente influenciada por las condiciones climáticas existentes, bajas temperaturas y presencia de heladas, las cuales inciden en la biomasa aérea de las plantas (hojas), reduciendo la productividad de los cultivos.

Sin embargo una de las formas de producir hortalizas son los ambientes protegidos, estos ambientes permiten el uso intensivo de la tierra, proporcionando un microclima y humedad favorables para las plantas. A diferencia de otros sistemas, estos garantizan una producción continua, inhibiendo condiciones adversas como heladas y temperaturas extremas mínimas en épocas de invierno.

Por otra parte, el uso de tratamientos pregerminativos de las semillas, pretende acelerar la germinación, homogeneizar y aumentar el porcentaje de germinación, obteniendo de esta forma un máximo número de plántulas por unidad de peso de semilla (Villanueva, 1995 citado por Paredes, 2008 y Goitia, 2003)

Asimismo, en la agricultura convencional se ha estado buscando alternativas que sustituyan el uso de insumos extremos, por otros insumos agrícolas naturales, no dañinos al medio ambiente. Gomero (1999), sostiene que es muy recomendable incorporar abonos orgánicos al momento de preparar la tierra por las ventajas que lleva consigo.

La materia orgánica constituye un almacén de nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes, facilita el aprovechamiento de las plantas, favorece la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y aumenta el efecto germinativo de las semillas, entre otros.

Considerando estos aspectos, actualmente se producen hortalizas de hoja en los ambientes protegidos del Centro Experimental de Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía, perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés; siendo esta una alternativa para diversificar la producción agrícola en esta zona, razón por la cual en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar la productividad de la valerianela (*Valerianella locusta*) con tratamientos pregerminativos y con diferentes niveles de abono orgánico en ambiente protegido.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del tratamiento pregerminativo sobre el porcentaje de emergencia de la valerianela.
- Determinar el efecto de la aplicación de diferentes niveles de abono orgánico en el comportamiento agronómico de la valerianela.
- Determinar la interacción existente entre los tratamientos pregerminativos y la aplicación de diferentes niveles de abono orgánico en las variables agronómicas de la valerianela.
- Analizar el margen de rentabilidad y la relación beneficio/costo de la producción y comercialización de la valerianela.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Valerianela (*Valerianella locusta*)

Llamada popularmente canónigo (Anexo 1), es una planta herbácea de la familia Valerianaceae que se utiliza para la alimentación en crudo, generalmente como ensalada o acompañamiento (Wikipedia, 2012).

Es una de las especies de hoja más promisorias, no obstante sus ventajas a nivel nutricional, su producción se ve limitada debido a la carencia de conocimiento que se tiene sobre esta especie. El órgano de consumo lo constituyen las hojas de la roseta, de color verde grisáceo, oblongas de margen entero. Por lo común las hojas se utilizan con otras hortalizas (Infojardín, 2012).

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

2.1.1. Fisiología del cultivo y composición nutricional

La valerianela, es una hierba anual de hojas enteras ($2n = 14$ cromosomas) de 15 a 20 cm de altura. Presenta periodo vegetativo muy corto de 3 a 4 meses, germinando a los primeros 20 días de sembrada la semilla. Al terminar su desarrollo vegetativo, desarrolla una roseta de numerosas hojas sésiles (órgano de consumo) sobre un corto tallo (Canónigo, 2002).

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

La composición nutricional de la valerianela es superior al de la lechuga común o *Lactuca sativa*, presentando un valor superior de provitamina A y vitaminas B y C. Es una concentración de betacarotenos, pigmento de color naranja-rojizo, enmascarado por el color verde que le confiere la clorofila (Canónigos, 2010).

La vitamina C, también abunda y en cuanto a minerales se refiere destaca su contenido en yodo, aunque este depende de la riqueza del suelo en este mineral, allá donde crezca esta planta. En el siguiente cuadro se presenta con detalle las bondades nutricionales de la valerianela (Canónigos, 2010):

Cuadro 1. Composición nutricional de la valerianela

Composición	Unidad	Composición	Unidad
Calorías	21 Kcal	Beta Caroteno	3,9mg
Proteínas	2g	Hierro	2mg
Colesterol	0mg	Calcio	38mg
Fibra	1,5g	Magnesio	13mg
Fósforo	53mg	Vitamina C	38,2mg
Potasio	459mg	Vitamina B	250mg

Fuente: Canónigos (2010)

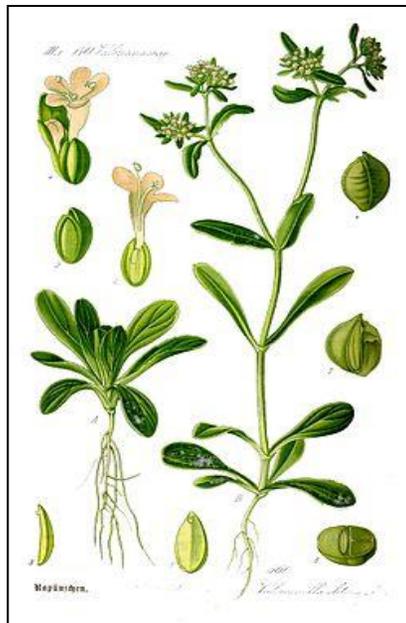
2.1.2. Descripción botánica y fases fenológicas

Según Tronickova (1986) citado por Mamani (2006) las plantas son herbáceas anuales, cuya descripción de sus órganos es la siguiente (Figura 1):

- a) Raíz: la raíz principal es de 1 a 3 mm de diámetro cerca al nudo, disminuyendo a medida que se adentra al suelo, las raíces secundarias son finísimas formando un sistema radicular fibroso, abarcando un volumen aproximado de 0,15 m de área por 0,20 m de profundidad.
- b) Tallo: el tallo es delgado y corto del cual se emite el tallo floral.
- c) Hojas: las hojas son enteras y opuestas, forman una roseta de hojas sésiles, sobre un corto tallo, son de color verde grisáceo, lanceolada u oblongas de 3 a 8 cm de largo.
- d) Flor: la flor es de color celeste, se disponen en inflorescencias cimosas, capituliformes o paniculadas, siendo hermafroditas, zigomorfas, pequeñas, de corola gamopétala de tubo corto, a veces globosa o espolanogada, ínfero, trilocular, presenta un lóculo fértil que origina una nuez, con el cáliz persistente transformado en papus.
- e) Fruto: el fruto es un aquenio, pequeño, orbicular, grisáceo y sin papus.

Churquina (2000) citado por Espinal (2009) menciona que las fases fenológicas del cultivo de valerianela bajo condiciones de invernadero son:

- a) Emisión de cotiledones o emergencia: caracterizada por la emisión de los dos cotiledones sobre la superficie del suelo, ocurre en torno a los 8 a 15 días después de la siembra.
- b) Juvenil: que se da aproximadamente a los 20 días después de la siembra, con crecimiento lento.
- c) Emisión del meristemo apical: entre 20 a 25 días después de la siembra, observándose un desarrollo rápido de estos, en los que alcanza el mayor crecimiento de hojas.
- d) Emisión de hojas comerciales: después de 25 días, observándose un desarrollo rápido de estas, donde alcanza el mayor desarrollo de las hojas que determina el tiempo de cosecha.
- e) Emisión del vástago floral: e da en torno a los 75 días después de la siembra.
- f) Floración: progresiva de la base al ápice en torno a los 50 días después de la emisión del vástago.
- g) Fructificación: ocurre en torno a los 120 días después de la siembra.



Fuente: Wikipedia (2012)

Figura 1. Características morfológicas

2.1.3. Ecología del cultivo

2.1.3.1. Clima, suelo y riego

Canónigo (2002), cita que este cultivo de valerianela, se desarrolla muy bien a temperaturas promedio de 25 °C, siendo una planta de fotoperiodo largo prospera mejor en climas templados, se encuentra presente de forma silvestre en valles de la región de Europa y crece en pequeñas rosetas a ras del suelo.

Vigliola (1992) citado por Espinal (2009) señala que el cultivo tiene muy pocas exigencias respecto al suelo y abonos, prefiere suelos algo compactos, frescos pero no húmedos, con pH 6. Además es resistente a climas fríos sobreviviendo al invierno y soportando temperaturas bajas de -3 a -4° Clima es muy frío se hace necesario el uso de coberturas o sembrar el cultivo en ambientes atemperados.

El suelo debe regarse abundantemente según la temperatura del ambiente, a temperaturas más altas se debe realizar riegos más frecuentes. Las semillas tardan entre siete a quince días en germinar (Leñano 1973, citado por Mamani 2006).

Valadez (1996) citado por Mamani (2006a) señala que en la práctica del cultivo se observó que los periodos críticos con relación al riego son la germinación y el inicio de las primeras hojas, por lo que recomienda una humedad constante en el suelo a lo largo de su desarrollo, para poner las plantas de buen peso.

2.2. Riego suplementario

Se define riego como el suministro oportuno de la cantidad adecuada de agua los cultivos, de tal manera que estos no sufran una disminución en sus rendimientos y sin causar daños al medio ambiente. El riego es la aplicación de agua antes de que el contenido de humedad del suelo (zona de la raíz) llegue a quedar reducido a un nivel de marchitamiento (Chipana 1996 y USDA, 1997 citados por Ramos, 2000).

La importancia del riego suplementario radica en que una aplicación a tiempo preciso, en determinadas fases fenológicas reduce las pérdidas en el rendimiento de las plantas cultivadas (Free, *et al.* 1978 citado por Ramos, 2000).

Cuando la evaporación es mayor que la precipitación, en la temporada de crecimiento y si se acepta que el no tener deficiencias hídricas es requisito previo para tener un rendimiento máximo, el riego suplementario puede tener un aporte significativo en regiones con precipitaciones erráticas y muchas veces concentradas en 2 ó 3 meses. Podría afirmarse entonces, que en toda la región andina se usa riego suplementario, con el objetivo de que los cultivos tengan un normal desarrollo, bajo un régimen pluvial muy variable (Winter, 1981 citado por Ramos, 2000).

2.3. La semilla

Rodríguez (1991), define que la semilla es como un órgano de reposo, por lo regular está sumamente deshidratada, compuesta principalmente de tejidos que almacenan sustancias alimenticias de reserva (el endosperma) y rodeada por una cubierta esencialmente impermeable (la testa, que en algunas semillas está ausente, observándose el pericarpio del fruto, como por ejemplo en el girasol y la lechuga.

Según De Luca (2013) y Varela y Arana (2013), los procesos metabólicos de la semilla están suspendidos o tienen lugar muy lentamente. La semilla está en una condición de vida interrumpida debido principalmente a su carencia de agua y oxígeno.

Kameswara, *et al.* (2007), indica que la semilla es parte de la planta que la reproduce. El fruto de la valeriana es pequeño, orbicular y grisáceo (Tronickova, 1986 citado por Mamani, 2006).

2.4. Tratamientos pregerminativos en las semillas

Según Villanueva (1995) citado por Paredes (2008), lo que se pretende alcanzar con tratamientos pregerminativos a las semillas es ablandar la testa y permitir de este modo la penetración de agua y el intercambio de gases responsables para la germinación, por lo tanto los tratamientos pregerminativos tienen por objeto:

- Quebrar la dormancia o latencia
- Acelerar la germinación
- Homogeneizar la germinación
- Aumentar el porcentaje de germinación

Para Goitia (2003), el objetivo del tratamiento pregerminativo es obtener el máximo número de plántulas por unidad de peso de semilla y que la germinación sea uniforme, muchas de las semillas no requieren tratamiento. Entre algunos de los métodos se tiene:

- a) Escarificación mecánica de las semillas (raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo o utilizando máquinas especiales).
- b) Utilización de ácido sulfúrico en concentración del 50%.
- c) Remojo de semillas en agua fría.
- d) Remojo de semillas en agua caliente.
- e) Ablandamiento directo con agua, 6 veces el volumen de agua con relación al volumen de semilla (6:1).

De Luca (2013), Patiño *et al.*(1983); Hartmann y Kester (1988), citados por Montaña (2006) y Kameswara, *et. al.* (2007), mencionan otros tratamientos pregerminativos como ser:

- a) Estratificación de semillas con arena, en el cual las semillas se alternan en varios estratos o capas húmedas.
- b) Lixiviación, cuyo propósito es remover los inhibidores de la germinación al remojar las semillas en agua corriente.
- c) Hormonas y otros estimulantes químicos, como el nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA₃), citokininas, entre otros.

2.4.1. Imbibición en agua

De Luca (2013), afirma que se utilizan las semillas sin dormancia, para homogeneizar el proceso de germinación.

Por su parte CATIE (2000) citado pro Montañó (2006) indica que el remojo en agua a temperatura ambiente a veces incrementa la velocidad de germinación en semillas sin latencia y ligeramente latentes. El efecto es una imbibición más rápida de la humedad que rodea la semilla, de la que se puede lograr en una cama humedecida de semillas.

Semillas sumergidas en 500 ml de agua dulce por 168 horas (7 días), con reemplazo del agua cada 48 horas y con 12 horas de luz diurna normal y de 12 horas de oscuridad por día. Este tratamiento es utilizado para ablandar los tegumentos de la semilla (Trujillo, 1995).

Los tratamientos pregerminativos de hidratación parcial y desecación conocidos también como tratamientos de acondicionadores y robustecedores aplicados en tomate por Orta *et al.* (1998) citados por Orta, *et al* (2013), fueron los siguientes:

- Dos ciclos de hidratación en agua durante 20 horas con dos ciclos de desecación al aire durante 72 horas, todo a temperatura ambiente de 25°C, tratamiento denominado acondicionamiento (A).
- Tratamiento acondicionador, seguido de un proceso de pregerminación aeróbica de 36 horas y posterior desecación durante 72 horas, todo a temperatura ambiente de 25°C, tratamiento denominado robustecimiento (R).

2.5. La germinación

Goitia (2003) indica que la germinación o emergencia de la semilla consiste en el desarrollo del embrión hasta la formación de la nueva planta. En una primera etapa la semilla se hincha, emerge la radícula, se desarrolla y forma la raíz primaria de un crecimiento rápido que permite la fijación de la plántula al suelo, prosiguiendo la germinación en forma epigea o hipogea. Se requiere de una serie de factores fisiológicos como: humedad, luz, gases (principalmente oxígeno) y una adecuada temperatura.

ISTA (1976) citado por Pomier (2006), manifiesta que la muestra de trabajo debe ser como mínimo 100 semillas, con cuatro repeticiones, el certificado de análisis indica la proporción del número de semillas que han producido plántulas, clasificados como normales bajo las condiciones dadas en la germinadora y dentro el periodo especificado para cada especie.

$$\% \text{ Germinación} = (\text{N}^{\circ} \text{ semillas germinadas} / \text{N}^{\circ} \text{ semillas ensayadas}) * 100$$

La germinación epigea, característica de la valerianela, se da cuando los cotiledones se observan por encima de la superficie del suelo, frecuentemente con la testa o cubierta todavía prendida a ellos, dejándola caer más tarde. Entonces al germinar los cotiledones pueden salir al exterior y fotosintetizar (De Luca, 2013 y Goitia, 2003).

2.5.1. Factores que afectan la germinación de las semillas

2.5.1.1. El tipo de semilla

Betancourt (1987), Patiño *et al* (1983), y Wilan (1991) citados por Acuña (s.f.) citado por Mamani (2006b) señalan que la mayoría de las especies germinan al ser expuestas a condiciones favorables de humedad y temperatura, sin embargo las semillas de algunas especies incluso en condiciones favorables poseen un impedimento para que germinen sus semillas, el organismo tiene una combinación fisiológica tal que impide su crecimiento por lo que se encuentra en estado de dormancia, hasta que hayan sufrido un cambio físico o fisiológico.

El primer requisito para obtener un sembrado uniforme y de calidad es emplear “buena semilla”. Este término incluye una buena variedad, elevada facultad germinativa, tamaño adecuado y uniforme y, que esté libre de enfermedades y malas hierbas o semillas de otros cultivos (FAO, 1961).

2.5.1.2. La cantidad de agua en la semilla

Hartmann y Keseter (1997) indican que el agua es un factor importante en el control de la germinación de la semilla. Con menos del 40 ó 60% de agua en la semilla (con base en peso húmedo), no se efectúa la germinación. Una curva de absorción de agua por semillas secas tiene tres partes:

- Una absorción inicial rápida, que en su mayor parte es de imbibición
- Un periodo lento
- Un segundo incremento rápido a medida que emerge la radícula y se desarrolla la plántula.

2.5.1.3. El tipo de sustrato

Patiño *et. al* (1983) y Wilan (1991) citado por Acuña (s. f.) citados por Mamani (2006b), afirman que cuando el medio no es favorable para el crecimiento vegetativo a causa de una escasa disponibilidad de humedad, aireación o por una temperatura inadecuada, las semillas no logran germinar.

2.5.1.4. La disponibilidad de oxígeno

El oxígeno (O₂) es esencial para el proceso de respiración de las semillas en la germinación. Por lo que un buen intercambio de gases entre el medio de germinación y el embrión es básico para una germinación rápida y uniforme.

Donde hay un exceso de agua en el medio del suelo (con los espacios porosos llenos de agua y poco oxígeno para las semillas) y la provisión de oxígeno es escasa, el producto de la respiración CO₂ se acumula en el suelo y mantiene el letargo de las semillas (Hartmann y Kester, 1997 y Rodríguez, 1991).

2.5.1.5. La temperatura

Hartmann y Kester (1997), expresan que la temperatura es el factor ambiental más importante que regula la germinación y controla el crecimiento subsecuente de las plántulas. Las semillas secas que no han imbibido agua pueden soportar temperaturas extremas; sin embargo el daño por las bajas temperaturas es mayor si las semillas están muy secas al inicio de la imbibición o si la provisión de oxígeno es limitada.

2.6. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos están constituidos por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas, esta clase de abonos no solo aporta al suelo materiales nutritivos, sino también influye favorablemente en la estructura del suelo, mejora las propiedades de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retención de agua, intercambio de gases y nutrientes a nivel de las raíces de las plantas (Guerrero, 1993).

Chilón (1997) Kalmans y Vásquez (1995) y González, *et al.* (1995) citados por Mamani (2006), hacen referencia a las propiedades biológicas que son favorecidas por el uso de la materia orgánica:

- Incrementa la actividad microbiana, es la fuente de energía y carbono para los organismos heterótrofos.
- Estimula el crecimiento de plantas por acción de acidez húmica sobre diversos procesos metabólicos, especialmente sobre nutrición mineral.

Gomero (1999) sostiene que es muy recomendable incorporar abonos orgánicos al momento de preparar la tierra por las ventajas que lleva consigo, la materia orgánica constituye un almacén de nutrientes en nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes, que facilita el aprovechamiento de las plantas. Aumenta la capacidad de intercambio catiónico y aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta.

- Proporciona energía para los microorganismos, lo cual incrementa la actividad biológica en el suelo.
- Favorece la estructura del suelo, aumentando su resistencia a la erosión.
- Aumenta la capacidad de retención de agua, especialmente en los suelos arenosos.
- Libera nutrientes poco a poco, acción a largo plazo.
- Aumenta el efecto germinativo de las semillas.
- Hay una mayor fructificación de cantidad y tamaño.

2.6.1. Estiércol

Gross (1986), indica que los horticultores realizan, cuando pueden, aportes masivos de estiércol, residuos orgánicos, tortas y/o abonos orgánicos para crear una estructura física y un nivel de fertilidad que proporciona los elementos fertilizantes necesarios de modo progresivo. Estos abonos orgánicos gravan considerablemente el precio de costo de las hortalizas.

Terán (1999), señala que el estiércol de cualquier animal fundamentalmente mejora la condición física del suelo, muelle los suelos compactos, da cohesión a los suelos sueltos e introduce además gran variedad de productos nutritivos.

Guerrero (1993), citado por Mamani (2006), menciona que el uso de estiércol añejado o abono derivado del estiércol cumple una función importante en el reciclaje de nutrientes orgánicos, en el desarrollo de una estructura de suelo fértil y contribuye al manejo de los desechos. Un manejo aeróbico apropiado del estiércol resultará en un producto beneficiosos para la producción de hortalizas.

2.6.1.1. Estiércol ovino

Valdéz (1995), citado por Figueredo (2006), menciona que existen tres formas de abono de ovino, los cuales se utilizan en la agricultura: el jiri, el cual es acumulado en el corral de coloración verde, semipastosa y olor penetrante, fresco con un contenido de humedad del 50%; el wanu, de color amarillento a café oscuro, medianamente húmedo con un 30% producido por el pisoteo de los ovinos y la thaja, estiércol granulado de forma ovoide y color negro, con pasto seco de color amarillo en su centro, utilizado como abono sólo cuando hay déficit de wanu.

Según Gomero (1999), la composición de estiércol de oveja es 0.6% N, 0.4 de P₂O₅, 0.3 de K₂O, 0.5 de CaO, 0.2 de MgO y 0.15 de sulfatos totales.

Y el Boletín de Estiércoles (2004), añade que el estiércol fresco de ovino presenta las siguientes características (Cuadro 2):

Cuadro 2. Características del estiércol ovino

Constituyentes	Valor
Humedad (%)	27,5
Densidad Real (g/cm ³)	1,64
Densidad aparente (g/cm ³)	0,159
Espacio poroso total (% volumen)	90,3
Capacidad de aireación (% volumen)	52,5
Volumen de agua (% volumen)	37,8
Capacidad de retención de agua (g/l)	378

Fuente: Boletín de Estiércoles (2004).

2.7. Turba

La turba es un material orgánico, de color pardo oscuro y rico en carbono. Está formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron (Penningsfeld, 1983).

La formación de la turba constituye la primera etapa del proceso por el que la vegetación se transforma en carbón mineral. Se forma como resultado de la putrefacción y carbonificación parcial de la vegetación en el agua ácida de pantanos y humedales. La turba se usa en jardinería para mejorar suelos por su capacidad de retención de agua (Wikipedia, 2013).

La principal utilización de la turba es en la horticultura como sustrato de cultivo. Favorece el crecimiento de los vegetales facilitando el lavado y arrastre de nutrientes. La turba, permite además, mullir los suelos arcillosos y aumentar la infiltración del agua, lo que explica la existencia de numerosos mantillos hortícolas preparados a base de turba (Asociación de productores de turba hortícola Quebec, 2013).

2.8. Paja

La paja es el tallo seco de ciertas gramíneas, especialmente cereales llamados comúnmente de “caña” (trigo, avena, centeno, cebada, arroz, etc.) una vez cortado y desechado, después de haber separado el grano o semilla mediante la trilla (Cuenca, 2005).

Su uso más frecuente en la horticultura es como protección del suelo en forma de pajote o “capa de paja”. En este sentido, se usa para mantener la humedad después de haber sembrado un cultivo (Boguslawski, 1983).

La paja es pues una más de las alternativas dentro del grupo de materiales protectores de la capa húmeda del suelo, junto con la corteza del pino o incluso láminas de material plástico (Wikipedia, 2013a).

2.9. Ambientes protegidos

Los ambientes protegidos como carpas solares e invernaderos, son cubiertas que evitan el descenso de temperaturas a niveles críticos, la energía solar es la fuente para calentar dichos ambientes, siendo más comunes en la región andina de Bolivia, lo cuales son construidos para proteger cosechas y controlar factores como riego, luz y humedad en los cultivos (Valdez, 1997 citado por Figueredo, 2006).

Cásseres (1980), indica que el uso de plásticos sobre estructuras diversas ha abierto un gran campo para la producción protegida, debido a que son más económicos que los vidrios para construir y se enfatiza la producción en este tipo de construcciones ya que se pueden producir cultivos que difícilmente se pueden desarrollar en climas extremos con altas variaciones de temperatura y baja humedad del ambiente.

El mayor interés del agricultor es conseguir incrementar la cosecha y alargar las épocas de producción, impulsándolo a practicar diferentes técnicas y crear instalaciones especiales para la producción de hortalizas. (Lorete, 1993 citado por Mayta 2011).

2.9.1. Carpas Solares

Las carpas solares al igual que los invernaderos y huertos cumplen funciones del aprovechamiento de energía solar pasiva, atrapar la luz, principalmente la temperatura, lo que beneficia el desarrollo de los cultivos (Cedefoa, 2002).

La longitud de una carpa solar está determinada por su propósito, sobre todo por la economía del agricultor, lo que significa que si el propósito del productor es una mayor producción se deberá construir una carpa solar amplia y bien distribuida (Valdez, 1997).

La carpa solar se debe situar en lugares donde se capte mayor cantidad de luz y temperatura, cerca de una fuente de agua y en lugares donde no existan árboles que puedan proyectar sombra (Flores 1996 mencionado por Figueredo, 2006). Lo que permitirá un buen desarrollo vegetativo obteniendo excelentes rendimientos (Cedefoa, 2002)

La humedad relativa de la carpa, no debe sobrepasar el 60% por efecto de la evaporación del agua de riego y de la transpiración de la planta; de esta forma se evita la propagación de hongos, pulgones y otros ataques de plagas y/o enfermedades. Al abrir las ventanas de ventilación es posible retirar el exceso de humedad del interior de la carpa solar (TECN-AGRO 1995 citado por Espinal, 2009).

Guzmán (2006), menciona que los sistemas de ventilación, en ambientes protegidos, son muy necesarios para el abastecimiento de CO₂, utilizado por las plantas para la fotosíntesis; para limitar y controlar la elevación de temperatura en el ambiente y para reducir la humedad procedente de la transpiración de las plantas.

La luminosidad es considerada como uno de los factores más importantes del medio, ya que es parte integrante del proceso de fotosíntesis de la clorofila en las plantas, el crecimiento, fototropismo, morfogénesis, fotoperiodismo y la formación de pigmentos y vitaminas (Flores 1999 citado por Ticona 2004).

2.10. Análisis de rentabilidad

Sapag (2002), menciona que la rentabilidad se puede medir de formas distintas: en unidades monetarias, en porcentaje o en el tiempo que demora la recuperación de la inversión, entre otras. Todas ellas se basan en el concepto del valor del tiempo asociado a los recursos que se utilizan, ya sea de oportunidad o financiamiento.

Ospina (1995) agrega que el ingreso neto expresado en porcentaje, comparado con los costos totales muestra la rentabilidad, es decir, indica cuál es la ganancia neta por cada 100 pesos de costo de producción.

Samuelson y Nordhaus (1990), manifiesta que el costo total de producción se divide en costos fijos y costos variables. Los costos fijos son aquellos que se pagan en un periodo determinado, independientemente del nivel de producción. Mientras que los costos variables, son los pagos que dependen del nivel de producción (Sapag y Sapag, 2000).

2.10.1. Relación beneficio/costo

Paredes (1999), señala que la evaluación económica tiene como objetivo analizar el rendimiento y la rentabilidad de toda inversión independientemente de la fuente de financiamiento, es decir, examina si el proyecto por sí mismo genera rentabilidad.

Los métodos más comunes corresponden al valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el periodo de recuperación y la relación beneficio/costo (B/C) (Sapag, 2002).

Esta última se estima dividiendo el ingreso bruto entre el costo total; si esta relación es mayor que 1, se considera apropiada; si es igual a 1, los ingresos son iguales a los costos y; si es menor a 1, hay pérdidas y la actividad no es productiva (Remoso, 1989 citado por Morodias, 1994).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El presente estudio se llevó a cabo en la carpa solar, perteneciente al Centro Experimental de Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía de la UMSA. Este centro se encuentra ubicado en la provincia Murillo del Departamento de La Paz, al sureste del área urbana de la ciudad de La Paz, a 40 minutos del centro. A una altitud de 3445 msnm y está a 16°32'04 latitud sur y 68°03'44 longitud oeste (Centro Experimental Cota Cota, 2013).

El anexo 2, muestra la ubicación geográfica de la ciudad de La Paz, donde se encuentra el Centro experimental de Cota Cota, perteneciente a la Facultad de Agronomía.

3.2. Material experimental

3.2.1. Material vegetal

El material vegetal o semilla utilizada fue la valerianela variedad Trophy, en una cantidad de 54 g ó 2 Onzas (Anexo 3).

Las características de la variedad en estudio según el sobre de identificación de las semillas, son las siguientes:

- Peso de 100 000 semillas: 310 g
- Porcentaje de germinación: 85%
- Porcentaje de pureza: 99%
- Materia inerte: 1%

3.2.2. Insumos agrícolas

3.2.2.1. Estiércol

El estiércol empleado fue el de ovino, previamente descompuesto, en proporciones de 7t/ha (0,7 kg/m²), 10 t/ha (1 kg/m²) y 13 t/ha (1,3 kg/m²). Cuya composición o análisis promedio se encuentra en el Anexo 4.

3.2.2.2. Turba

Se utilizó turba como sustrato para cubrir las semillas, durante la siembra.

3.2.3. Material de campo

Los materiales de campo utilizados fueron: herramientas (azadón, pala, rastrillo y carretilla), estacas de madera, lienza, tablas de madera, flexómetro, marbetes, tensiómetro de tipo de reloj, recipiente hermético, balanza electrónica con capacidad de 3000 g, bolsas de polietileno, balanza electrónica con capacidad de 100 kg, cinta métrica de 30 m, regaderas, tijeras de podar.

3.2.4. Material de laboratorio y gabinete

El material de laboratorio utilizado fue: termómetro de 100 °C, vaso de precipitado, bolsas de algodón, balanza analítica y estufa. El material de gabinete fue: registros de campo, computadora (paquetes estadísticos), material de escritorio.

3.3. Metodología

El procedimiento experimental del presente estudio, contempló las siguientes etapas:

- Implementación del cultivo, que contó con el manejo agronómico, el establecimiento de las unidades experimentales (preparación del terreno, siembra, labores culturales, y cosecha)
- Tratamientos pregerminativos, remojo de las semillas en agua a 25 °C por el lapso de 12 y 24 horas
- Descomposición del estiércol ovino.

3.4. Manejo agronómico

3.4.1. Preparación del terreno

La preparación del suelo se realizó mediante el uso de herramientas manuales. Primeramente, se procedió al removido del terreno con la ayuda de un azadón, hasta una profundidad aproximada de 25 cm, posteriormente se procedió al nivelado con la ayuda de un rastrillo y para las divisiones se utilizaron una estaca y una cinta métrica de 30 m.

Una vez listo el terreno se procedió a la división y medición de las parcelas grandes, para la incorporación de los diferentes niveles de abono orgánico (7, 10 y 13 t/ha) separándolas con tablas de madera de 1 m de largo por 30 cm de ancho y 2 cm de espesor. Cada parcela grande tuvo una superficie de 9 m².

3.4.1.1. Incorporación del abono orgánico

Para la incorporación del estiércol de ovino descompuesto, se procedió según la metodología propuesta, tomando como referencia las investigaciones realizadas en valerianela y lechuga. Se aplicó 13 t/ha (1,3 kg/m²) de estiércol ovino en la primera parcela grande, 10 t/ha (1 kg/m²) en la segunda y 7 t/ha (0,7 kg/m²) en la tercera. Estas cantidades se distribuyeron de manera uniforme sobre cada parcela principal, posteriormente se procedió a la mezcla y nivelación con ayuda de un rastrillo.

Dentro de cada parcela grande se procedió a la división y medición de las unidades experimentales, delimitando cada unidad con la ayuda de un flexómetro, estacas y una lienza. Cada una de las cuales tuvo un área total de 1 m², divididas con pequeños maderos de 1 m de largo por 10 cm de ancho y 1 cm de espesor.

3.4.2. Siembra

La siembra se realizó el 28 de septiembre de 2011, de forma manual y al voleo, utilizando una densidad de siembra de 2 g/m², lo que corresponde a un promedio de 606 semillas. Previo a la siembra se realizó un riego superficial de toda el área experimental. Posteriormente se cubrió las semillas con sustrato compuesto por turba (capa delgada de 3 veces el diámetro de la semilla), se tapó con paja. Esta labor se estableció de acuerdo al siguiente diseño experimental y modelo estadístico.

3.4.2.1. Diseño experimental

El presente estudio fue implementado bajo el diseño estadístico de Parcelas Divididas, mismas que estuvieron constituidas por 9 tratamientos, con 3 repeticiones por tratamiento (bloques), haciendo un total de 27 unidades experimentales.

Factor A: Niveles de abono (parcela grande) **Factor B:** Tratamientos pregerminativos (parcela pequeña)

a1= 7 t/ha

b1 = 0 hrs

a2= 10 t/ha

b2 = 12 hrs

a3= 13 t/ha

b3 = 24 hrs

Los tratamientos fueron (Cuadro 3):

Cuadro 3. Tratamientos

Niveles de Abono	Tratamientos pregerminativos	Tratamientos
a1: 7 (t/ha)	b1: 0 horas de remojo	T1: 7 (t/ha) con 0 horas de remojo
	b2: 12 horas de remojo	T2: 7 (t/ha) con 12 horas de remojo
	b3: 24 horas de remojo	T3: 7 (t/ha) con 24 horas de remojo
a2: 10 (t/ha)	b1: 0 horas de remojo	T4: 10 (t/ha) con 0 horas de remojo
	b2: 12 horas de remojo	T5: 10 (t/ha) con 12 horas de remojo
	b3: 24 horas de remojo	T6: 10 (t/ha) con 24 horas de remojo
a3: 13 (t/ha)	b1: 0 horas de remojo	T7: 13 (t/ha) con 0 horas de remojo
	b2: 12 horas de remojo	T8: 13 (t/ha) con 12 horas de remojo
	b3: 24 horas de remojo	T9: 13 (t/ha) con 24 horas de remojo

3.4.2.2. Modelo Estadístico

Para el análisis de Parcelas Divididas, se comparó los rendimientos de los 3 niveles de abono orgánico y los 3 tratamientos pregerminativos. El modelo lineal aditivo para dicho análisis fue el siguiente (Steel y Torrie, 1988):

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \gamma_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

- Y_{ijk} = Una observación cualquiera
- μ = Media experimental
- ρ_i = Efecto del i-ésimo bloque
- α_j = Efecto del j-ésimo nivel de abono
- γ_{ij} = Error de la parcela grande
- β_k = Efecto del k-ésimo nivel de tratamiento pregerminativo
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo nivel de abono, con el k-ésimo nivel de tratamiento pregerminativo
- ϵ_{ijk} = Error experimental

3.4.2.3. Características de la parcela experimental

Número de tratamientos	9	Largo de bloque	3 m
Número de bloques	3	Ancho de bloque	1 m
Número de unidades exp/bloque	3	Área del bloque	3 m ²
Total unidades experimentales	27	Área total del experimento	27 m ²

Parcela grande

Unidades experimentales

Número de parcelas	3	Largo de unidad experimental	1 m ²
Largo de parcela	9 m	Ancho de unidad experimental	1 m
Ancho de parcela	1 m	Área unidad experimental	1 m ²
Área parcela	9 m ²	Croquis del experimento (Anexo 5)	

3.4.3. Labores culturales

3.4.3.1. Deshierbes

La presencia de malezas fue controlada de forma manual, de acuerdo a la presencia y ocurrencia de las mismas, realizándose un mayor control durante la germinación o emergencia.

3.4.3.2. Control fitosanitario

El control fitosanitario fue de carácter preventivo. Durante el ciclo vegetativo del cultivo se realizaron observaciones periódicas en las parcelas establecidas y no se evidenciaron presencia de plagas o enfermedades.

3.4.4. Riego suplementario

De acuerdo a los requerimientos del cultivo, se efectuaron riegos suplementarios a las unidades experimentales. Durante germinación se aplicaron riegos dos veces por día (mañana y tarde). Posteriormente se redujo la cantidad de agua aplicada, a solo una vez por día de acuerdo a observaciones realizadas en las unidades experimentales.

3.4.5. Cosecha

La cosecha se efectuó de forma manual con la ayuda de tijeras de podar, el 29 de octubre de 2011, a los 31 días después de la siembra. Tomando como parámetro la altura de planta 7 a 8 cm en promedio (Anexo 6), tamaño comercial recomendado por Murillo (2011), en función a la palatabilidad de la especie. Registrándose el rendimiento de los pesos de materia verde de cada subunidad experimental, considerando el efecto de bordura, con la ayuda de una balanza.

3.4.6. Tratamiento pregerminativo

El tratamiento pregerminativo de las semillas, se basó en el procedimiento propuesto por Orta, *et al.* (1993b) citado por Orta, *et al.* (2013), que consiste en remojar las semillas en un recipiente con agua a una temperatura de 25 °C (Foto 1).

Para tal efecto, se pesaron 2 g de semilla por cada subunidad experimental haciendo un total de 54 g para los 27 tratamientos. Las semillas se pusieron en bolsas elaboradas de tela de algodón para su proceso de hidratación.

En el primer tratamiento las semillas no fueron sometidas a remojo o dicho de otra manera tuvieron una imbibición de 0 horas. El segundo tratamiento fue remojado durante 12 horas y el tercero fue remojado durante 24 horas, a una temperatura constante de 25 °C.

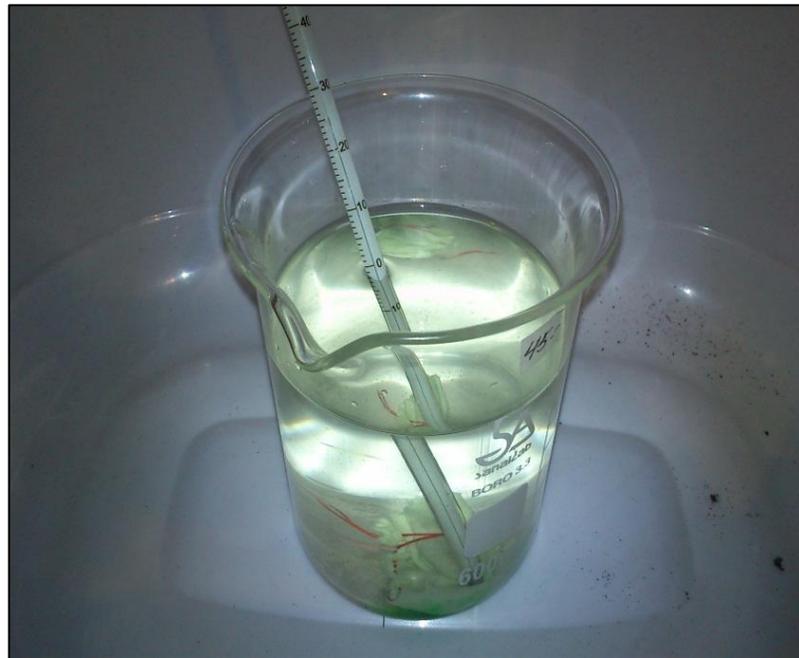


Foto 1. Remojo de las semillas en agua a 25 °C

3.4.7. Descomposición del estiércol

La recolección del estiércol de ovino se realizó en los corrales del área de manejo de ganado del Centro Experimental de Cota Cota, en una cantidad de 35 kg. Para acelerar el proceso de descomposición del estiércol, este se efectuó dentro de la carpa solar. Para lo cual, se extendió el estiércol sobre agrofilm, cubriéndose con otra capa de agrofilm.

Después de 20 días de descomposición, se verificó que el estiércol tomó un color plumizo (Foto 2), como indicador de que el abono está listo para su aplicación a los respectivos tratamientos.



Foto 2. Estiércol descompuesto

3.5. Variables de respuesta

3.5.1. Variable fenológica

3.5.1.1. Emergencia

El porcentaje de emergencia se determinó en forma visual, contando el número de plantas emergidas en relación al número de semillas sembradas, para posteriormente expresarlas en porcentaje. Las evaluaciones fueron realizadas a los 5, 10 y 15 días después de la siembra. El registro de este parámetro se realizó hasta obtener el máximo porcentaje de emergencia en base a la siguiente relación

$$\%EM = \frac{\text{Número de plantas emergidas}}{\text{Número total de plantas sembradas}} * 100\%$$

3.5.2. Variables Agronómicas

3.5.2.1. Altura de la planta

Para determinar la altura de planta, se tomaron un total de 10 plantas por unidad experimental, realizando las medidas con la ayuda de una cinta métrica, considerando la altura medida desde la base del cuello hasta la parte superior de la planta, en centímetros. Las lecturas se realizaron una vez por semana, cuando se tuvo el mayor porcentaje de emergencia.

3.5.2.2. Número de hojas por planta

Para determinar esta variable se contaron el número de hojas por planta, cuando las plantas por cada tratamiento, presentaron sus primeras hojas verdaderas (Foto 3), en un porcentaje superior al 50%, sin contar con los cotiledones.



Foto 3. Valerianela con sus primeras hojas verdaderas

3.5.2.3. Área Foliar

La determinación del área foliar se realizó durante la cosecha, tomándose una muestra de 20 hojas por tratamiento, una hoja grande, una mediana y una pequeña, se procedió a calcar las hojas en papel cebolla (Foto 4), para posteriormente sobreponerlas a papel milimetrado y determinar el área foliar en mm^2 , convirtiendo estas unidades a cm^2/hoja , de acuerdo con Poma (2011).

Asimismo se tomó la longitud y ancho de cada hoja en cm con la ayuda de una cinta métrica con la finalidad de plantear una alternativa del cálculo de regresión del área foliar de la valerianela con base en dichas medidas efectuadas.



Foto 4. Calcado de las hojas de valerianela en papel cebolla

3.5.2.4. Rendimiento de materia verde

Para evaluar el rendimiento del peso de materia verde ($\text{kg}/0,81 \text{ m}^2$), se realizó la cosecha de las unidades experimentales, tomando en cuenta el efecto de bordura, cosechándose un área total de $0,81 \text{ m}^2$ por tratamiento ($0,90\text{m}$ de largo * $0,90 \text{ m}$ de ancho). El peso se registró con la ayuda de una balanza eléctrica con capacidad de 100 kg .

3.5.3. Análisis de rentabilidad

Para realizar el respectivo análisis se empleó la metodología descrita por Perrin y Anderson (1988), determinando el beneficio o ingreso bruto, beneficio o ingreso neto y la relación beneficio/costo.

Las fórmulas que se utilizaron para el presente cálculo fueron:

Ingreso bruto (IB) = Rdto * Precio

Ingreso Neto (IN) = IB – Costos de Producción (CP)

Beneficio/costo (B/C) = IB/CP

La relación B/C mayor a 1 permite recuperar la inversión inicial y se han tenido ganancias adicionales, si el B/C es igual a 1 solo se recuperan las inversiones y no hay margen de ganancia y en caso que el B/C sea menor a 1 simplemente se pierden las inversiones (Hansen y Mowen, 2008).

Por su parte Brevis (1990), indica que un beneficio es igual a cero es representado en la relación beneficio/costo igual a uno, un ingreso mayor a los gastos es representado por la relación beneficio/costo por un número mayor a la unidad y por último un gasto mayor al ingreso es representado por la relación beneficio/costo por un número menor a uno.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables fenológicas

4.1.1. Porcentaje de emergencia

Según el análisis de varianza para las tres fechas de lectura de emergencia 5, 10 y 15 DDS (días después de la siembra), se observan diferencias altamente significativas para el tratamiento pregerminativo. Las demás fuentes de variación no muestran diferencias (Cuadro 4). Cabe señalar que para el análisis de varianza se efectuaron las transformaciones de las variables (\sqrt{x}) cuya distribución no es normal. Considerando para el cálculo de medias los valores reales del experimento.

Cuadro 4. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia

Fuentes de Variación	GL	Pr > F		
		5 DDS	10 DDS	15 DDS
Bloque (ρ)	2	0,6195 ns	0,1464 ns	0,5729 ns
Nivel de abono (α)	2	0,1909 ns	0,1391 ns	0,5830 ns
Error de la parcela principal (γ)	4	0,7167	0,3718	0,9487
Tratamiento pregerminativo (β)	2	<,0001 **	<,0001 **	0,0004 **
Efecto de la Interacción ($\alpha\beta$)	4	0,4743 ns	0,0944 ns	0,2811 ns
Error de subparcela o experimental (ϵ)	12			
Total	26			
Coefficiente de variación		3,46 %	2,01%	2,26%

DDS: días después de la siembra; ns: no significativo; **altamente significativo

Según la comparación de medias para el tratamiento pregerminativo efectuado en las semillas de valerianela, a los 5 DDS (días después de la siembra), el tratamiento de 12 horas de remojo fue el que alcanzó el mayor porcentaje de emergencia, con un promedio de 11,50%, seguido del tratamiento de 24 horas de remojo con un 10,18%. En tanto que las semillas que no tuvieron tratamiento pregerminativo muestran 0% de emergencia en esta fecha (Figura 2 y Anexo 7).

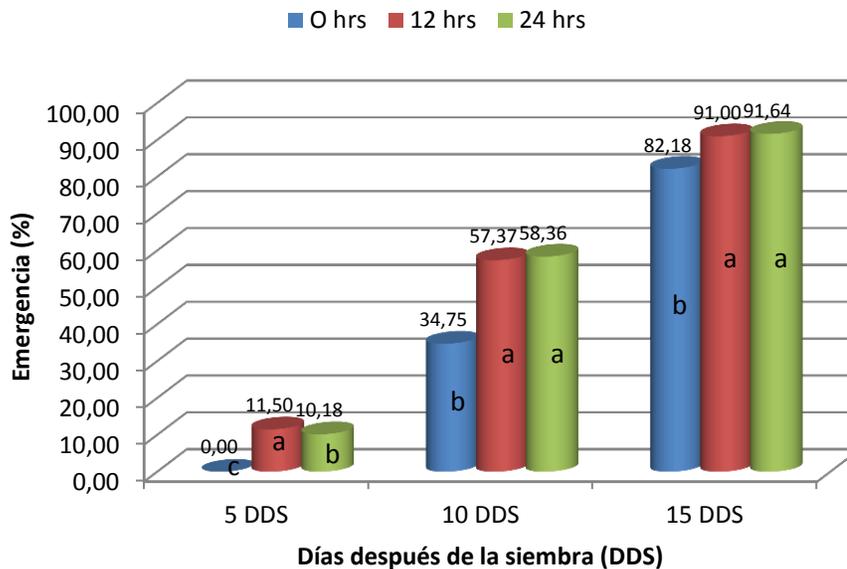


Figura 2, Porcentaje de emergencia según el tratamiento pregerminativo

Asimismo en la comparación de medias a los diferentes DDS (5, 10 y 15), se observan diferencias según la prueba de Duncan, para el día 10 DDS (Figura 2 y Anexo 7), en el cual los tratamientos pregerminativos 12 y 24 horas de remojo tuvieron un porcentaje de emergencia mayor al 50%, con promedios de 57,37% y 58,36% respectivamente, en comparación a los tratamientos sin horas de remojo cuyo valor alcanza 34,75%.

A los 15 DDS (días después de la siembra), los porcentajes de emergencia según Duncan al 5% son semejantes con 12 y 24 horas de remojo de las semillas, las cuales en promedio alcanzan a 91,00% y 91,64% respectivamente; mientras que las semillas con 0 horas de remojo alcanzan hasta un 82,18% (Figura 2 y Anexo 7).

El porcentaje de emergencia con la aplicación de los tratamientos pregerminativos, además de obtener un mayor porcentaje de germinación hasta 91,64% mayor al reportado en el envase de la semilla certificada (85%), aceleró la emergencia. Por lo cual se puede deducir que con los tratamientos de 12 y 24 horas se obtienen mayor porcentaje de emergencia, siendo más práctico aplicar el tratamiento de 12 horas por sus resultados en el experimento. Según Sanchez, *et al.* (1997) indica que el efecto de las horas de remojo de las semillas, las acondicionan para incrementar, acelerar y uniformar la germinación.

Finalmente, los valores de emergencia de valerianela encontrados en el presente trabajo, con la aplicación de tratamientos pregerminativos, superaron a los resultados señalados por Espinal (2009), Figueredo (2006), Calle (2006) y Mamani (2006) quienes en sus investigaciones reportaron un porcentaje de emergencia de valerianela del 76%, 80%, 87,62% y 66% respectivamente.

4.2. Variables agronómicas

4.2.1. Altura de planta

La medición de la altura de planta (cm), se inició a los 10 DDS (días después de la siembra), tomándose registros cada 7 días, hasta los 31 DDS, fecha en la cual las plantas alcanzaron un promedio de 7 a 8 cm. En el Cuadro 5, se presentan los resultados correspondientes al análisis de varianza para la altura de planta.

Cuadro 5. Análisis de varianza de la altura de planta

Fuentes de Variación	GL	Pr > F
Bloque (ρ)	2	0,1074 ns
Nivel de abono (α)	2	<,0001 **
Error de la parcela principal (γ)	4	0,0370
Tratamiento pregerminativo (β)	2	0,7491 ns
Efecto de la Interacción ($\alpha\beta$)	4	0,3150 ns
Error de subparcela o experimental (ϵ)	12	
Total	26	
Coeficiente de variación		9,95%

ns: no significativo; **: altamente significativo

El análisis de varianza realizado para la altura de planta (Cuadro 5), muestra alta significancia para el nivel de abono, en tanto que las fuentes de variación bloques, tratamiento pregerminativo y la interacción, no presentaron significancia.

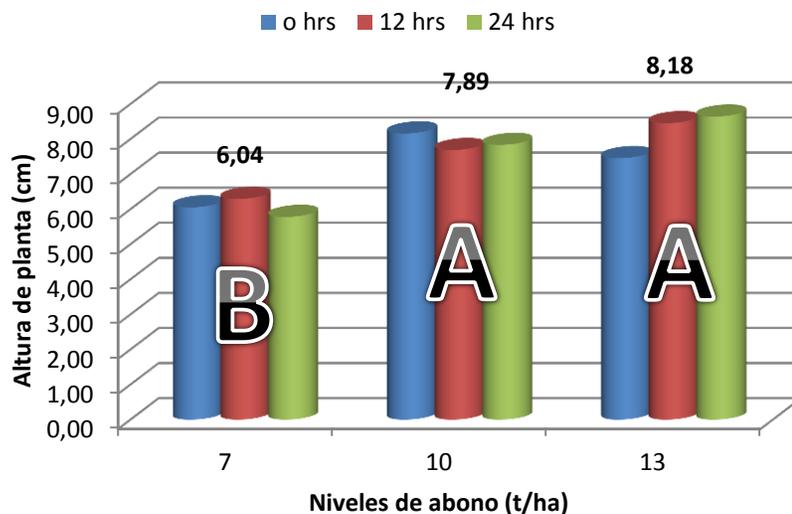


Figura 3. Promedios de altura de planta según el nivel de abono aplicado

La alta significancia para los niveles de abono, según la prueba de Duncan al 5% muestra una mayor altura de planta para los tratamientos con 13 y 10 t/ha con alturas promedio de 8,18 y 7,89 cm respectivamente, a diferencia de 6,04 cm de altura obtenida con el nivel de aplicación de 7 t/ha, como se puede apreciar en la Figura 3 y el Anexo 8.

Las mayores alturas registradas se las atribuirían a la mayor aplicación de los niveles de abono. Asimismo, Figueredo (2006) realizando estudios con valerianela, encontró un promedio de altura de planta de 13,91 cm con 10 t/ha de estiércol ovino en ambiente protegido, este valor es superior a los promedios reportados en el presente estudio, debido a que el mencionado autor realizó la cosecha de las plantas a los 65 DDS, mientras que en el presente ensayo la cosecha se efectuó a los 31 DDS (la mitad del tiempo utilizado por el citado autor).

4.2.2. Número de hojas

El resumen del análisis de varianza realizado para el número de hojas por planta se presenta en el Cuadro 6, donde se observan diferencias altamente significativas para el nivel de abono. Los bloques, tratamientos pregerminativos y la interacción no fueron significativos para dicha variable. Asimismo el análisis de varianza se efectuó transformando primeramente las variables a \sqrt{x} para mayor precisión en los resultados. Considerando para el cálculo de medias los valores reales del experimento.

Cuadro 6. Análisis de varianza del número de hojas

Fuentes de Variación	GL	Pr > F
Bloque (B)	2	0,9153 ns
Nivel de abono (A)	2	0,0001 **
Error de la parcela principal (Ea)	4	0,2795
Tratamiento pregerminativo (C)	2	0,0899 ns
Efecto de la Interacción (A*C)	4	0,5722 ns
Error de subparcela o experimental (Eb)	12	
Total	26	
Coeficiente de variación		1,06 %

ns: no significativo; **: altamente significativo

La prueba de Duncan realizada, muestra que el número de hojas fue diferente para la aplicación de niveles de abono (Figura 4 y Anexo 10), donde el nivel 13 t/ha fue el que presentó el mayor número de hojas previo a la cosecha con un promedio de 6,16 por ser el más alto nivel de abono utilizado, a diferencia de los niveles 10 y 7 t/ha que obtuvieron un menor número de hojas entre 5,91 y 5,82 en promedio respectivamente.

Al respecto Augstburger (1990), citado por Centellas (1999), señala que el estiércol es una fuente de macro nutrientes, micronutrientes y hormonas que ayudan a enriquecer el suelo; además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que aceleran la elongación y división celular, que va relacionado con un aumento de auxinas influyendo en la producción de hojas.

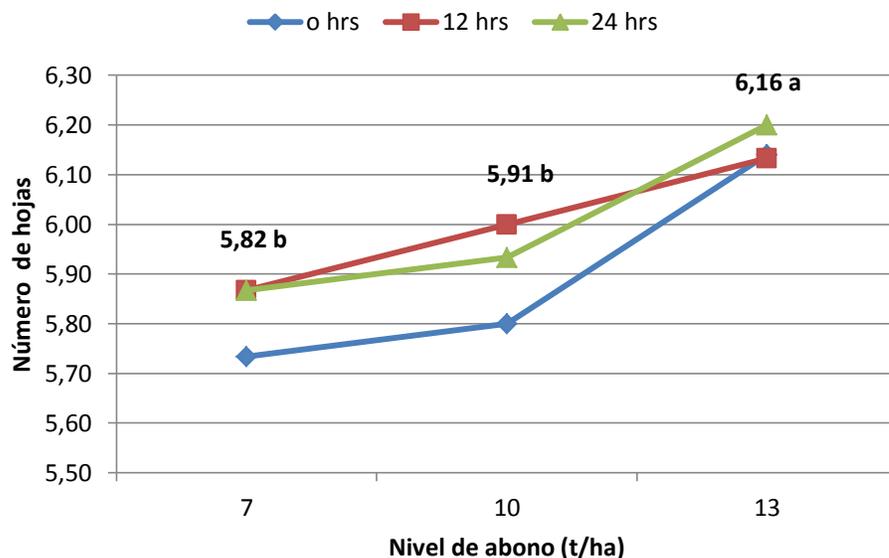


Figura 4. Promedios del número de hojas según el nivel de abono aplicado

En estudios realizados por Figueredo (2006), se encontró un número de hojas igual a 15 con un nivel de aplicación de 10 t/ha de estiércol ovino, a los 65 días de producción. Por su parte Mamani (2006), reportó como promedio de número de hojas 12,60 utilizando estiércol como abono orgánico a los 60 días. Valores similares a los encontrados en la presente investigación, considerando la diferencia de la mitad del tiempo empleado desde la siembra hasta la cosecha de valerianela.

4.2.3. Área foliar

Esta variable fue evaluada a la cosecha, realizando el conteo total del número de cm^2 presentes dentro de los contornos foliares de las 174 hojas muestreadas, se obtuvo un promedio de $9,25 \text{ cm}^2$ de área foliar. Esto puede atribuirse al nivel de abono aplicado en los tratamientos, lo que permite el mayor desarrollo del área foliar, apoyando a que la planta exprese su mayor capacidad fenotípica y genotípica. Similares valores fueron encontrados por Espinal (2009), quien reporta para la misma especie de lechuga un área foliar de $10,3 \text{ cm}^2$ utilizando biol ovino como fertilizante foliar.

4.2.3.1. Regresión múltiple para el cálculo del área foliar

Para determinar la relación existente entre las variables longitud y ancho de hoja en cm con relación al área foliar de valerianela, se efectuó una regresión múltiple con ayuda del programa SAS System 9.2; como se puede observar en el Anexo 10, cuya ecuación de regresión fue:

$$Y = -8,259 + 1,199K_1 + 3,522K_2 \quad \text{ó}$$

$$\text{Área foliar (cm}^2\text{)} = -8,259 + 1,199 \text{ longitud hoja (cm)} + 3,522 \text{ ancho hoja (cm)}$$

Con base en la ecuación de regresión múltiple, se encontró que el coeficiente de determinación (R^2) del área foliar es 0,7729, lo que significa que el 77,29% de la variabilidad del área foliar está determinada por las variables longitud y ancho de la hoja.

Deduciéndose que por cada centímetro de incremento en la longitud de hoja, el área foliar incrementa 1,199 cm² y que por cada centímetro de incremento en el ancho de la hoja el área foliar incrementa 3,522 cm². Lo que beneficiaría el incremento de la materia verde.

La correlación existente entre los valores encontrados con la ecuación del área foliar presentada en la presente investigación y el área foliar estimada en base al conteo de cm² por hoja, posterior a la cosecha es igual a 0,9247 ó 92,47% (Anexo 11).

4.2.4. Rendimiento en materia verde

Según el análisis de varianza realizado para el rendimiento en materia verde de valerianela, solo se detectaron diferencias altamente significativas para el nivel de abono y no significancia para bloque, tratamiento pregerminativo y la interacción (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza del rendimiento en materia verde

Fuentes de Variación	GL	Pr > F
Bloque (ρ)	2	0,3643 ns
Nivel de abono (α)	2	0,0006 **
Error de la parcela principal (γ)	4	0,2477
Tratamiento pregerminativo (β)	2	0,6780 ns
Efecto de la Interacción ($\alpha\beta$)	4	0,6194 ns
Error de subparcela o experimental (ϵ)	12	
Total	26	
Coeficiente de variación	22,44 %	

ns: no significativo; **: altamente significativo

Según la prueba de Duncan al 5% realizada para el nivel de abono, presentada en el Cuadro 8 y el Anexo 13, el mayor rendimiento en materia verde fue para los niveles de aplicación de 13 y 10 t/ha, con promedios de 1,02 kg/0,81m² y 1,03 kg/0,81m² respectivamente. Mientras que el nivel de abono 7 t/ha obtuvo el menor rendimiento en materia verde con un promedio de 0,59 kg/0,81m². Esto posiblemente se debe a que al tener un mejor nivel de abono en el suelo, se incrementa el contenido de nutrientes y así se tiene un mejor desarrollo de la planta, influyendo en su crecimiento, altura, número de hojas y peso por unidad experimental.

Primavesi (1982) citado por Figueredo (2006), menciona que al incorporar fertilización al suelo se incrementa la capacidad de intercambio catiónico en el suelo lo cual favorece a la planta estimulando la absorción de nutrientes incrementado el crecimiento y desarrollo de la misma.

Cuadro 8. Promedios de rendimiento en materia verde

Niveles de abono	Promedios	Comparaciones
10 (t/ha)	1,03 (kg/0,81m ²)	A
13 (t/ha)	1,02 (kg/0,81m ²)	A
7 (t/ha)	0,59 (kg/0,81m ²)	B

Figueredo (2006), encontró un peso de biomasa comercial de valerianela igual a 1,73 kg/m² para un nivel de abonamiento de 10 t/ha. Valor superior a los encontrados en el presente trabajo, probablemente atribuible al tiempo transcurrido desde la siembra hasta la cosecha, que para el mencionado autor fue de 65 días.

Por su parte Mamani (2006), indica como rendimiento de materia verde 1,587 kg/m² de valerianela en su tratamiento con aplicación de estiércol (50% bovino 50% ovino). Resultado superior a los reportados en nuestra investigación, lo que puede deberse al número de días a la cosecha, que para el presente autor fue de 60 DDS.

4.3. Análisis de rentabilidad

4.3.1. Determinación de los costos fijos

Los costos fijos considerados en el presente trabajo incluyeron el aspecto referido a los gastos administrativos. De acuerdo con el Cuadro 9, el costo fijo total de la producción de valerianela fue Bs 37,36.

4.3.2. Determinación de los costos variables

En la determinación de los costos variables se tomaron en cuenta aspectos como ser: la compra de semilla, compra de materia orgánica, el servicio de mano de obra y el costo de material de empaquetado, cuyos valores se presentan en el Cuadro 9.

El costo variable de la producción de valerianela, a partir de 2 onzas semilla en un área total de 27 m² fue de Bs 381,50, Observándose que los gastos que tuvieron mayor influencia en este resultado fueron: el servicio de mano de obra con Bs 190,50 que representó el 49,93% del costo variable total, seguido por la compra de semilla la cual tuvo un valor de Bs 140,00 y representó el 36,70% del valor total.

4.3.3. Determinación del costo total

El Cuadro 9, presenta que el costo total de la producción de valerianela en todo el experimento, fue Bs 449,74. Dicho valor se calculó en base a los costos fijos, costos variables y el imprevisto estimado en un 10% para la investigación.

Cuadro 9. Costo total de la producción de valerianela

	Nº	Detalle	Unid.	Costo Unit. (Bs)	Cant.	Costo total (Bs)
COSTOS FIJOS		Gastos administrativos				
	1	Servicio de energía eléctrica	días	0,00	0	0,00
	2	Servicio de agua potable	días	0,20	30	6,04
	3	Alquiler de ambiente ¹	m ²	1,16	27	31,32
		TOTAL COSTOS FIJOS		1,36		37,36
COSTOS VARIABLES		Compra de semilla				
	4	Compra de valerianela var. Trophy	onza	70,00	2	140,00
		<i>Subtotal</i>		<i>70,00</i>		<i>140,00</i>
		Compra de materia orgánica				
	5	Turba	kg	0,70	20	14,00
	6	Estiércol ovino	kg	1,00	27	27,00
		<i>Subtotal</i>		<i>1,70</i>		<i>41,00</i>
		Servicio de mano de obra²				
	7	Preparación del terreno	jornal	25,00	1	25,00
	8	Siembra	jornal	25,00	0,5	12,50
	9	Riego	horas	3,20	40	128,00
	10	Cosecha	jornal	25,00	1	25,00
		<i>Subtotal</i>		<i>78,20</i>		<i>190,50</i>
		TOTAL COSTOS VARIABLES		149,90		371,50
		TOTAL		151,26		408,86
		<i>Imprevistos (10%)</i>		<i>15,13</i>		<i>40,89</i>
		COSTO TOTAL		166,39		449,74

¹ Estimado en base a Poma (2011) Anexo 13, que incluye el uso de herramientas.

² Estimado en base al jornal de Bs 25 para el servicio de mano de obra no calificada para la fecha

Con base en el cuadro 9, considerando la producción de 23,75 kg de valerianela, el costo por kg de valerianela es de Bs 18,94, A partir del costo total y según el nivel de abono utilizado en el suelo se procedió a calcular el costo por tratamiento, detallado en el Cuadro 10 y el Anexo 14.

Cuadro 10. Costos de producción por tratamiento

DETALLE	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	TOTAL
Costos fijos (Bs)	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	37,36
Costos variables (Bs)	40,39	40,39	40,39	41,29	41,29	41,29	42,19	42,19	42,19	371,61
Imprevistos 10% (Bs)	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	40,86
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (Bs)	49,08	49,08	49,08	49,98	49,98	49,98	50,88	50,88	50,88	449,83

4.3.4. Determinación del ingreso bruto

El ingreso bruto de la producción de valerianela, presentado en el Cuadro 11, fue calculado en base al precio de venta en los supermercados vigentes, utilizando la relación de Bs 5 por 200 g.

Cuadro 11. Ingreso bruto de la producción de valerianela

DETALLE	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	TOTAL
Rend. en peso de materia verde (kg)	1,65	1,80	1,85	3,25	3,30	2,75	2,70	3,35	3,10	23,75
Rend. ajustado (-10%)	1,49	1,62	1,67	2,93	2,97	2,48	2,43	3,02	2,79	21,37
Rend. comercial (bolsa 200 g)	7,43	8,1	8,33	14,6	14,9	12,4	12,2	15,1	14	106,88
Precio de mercado (Bs/bolsa)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
INGRESO BRUTO (Bs)	37,13	40,50	41,63	73,13	74,25	61,88	60,75	75,38	69,75	534,38

En el Cuadro 11, se observa el rendimiento en peso de materia verde para cada tratamiento, posterior a ello se observa este mismo pero reducido en un 10%, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el productor podría obtener con la implementación de los tratamientos (CIMMYT, 1998).

Asimismo, el Cuadro 11, muestra que el ingreso bruto total obtenido de la venta de 21,37 kg de valerianela, fue Bs 534,38. Este resultado significa que por cada kg de valerianela se obtuvo un ingreso de Bs 25,00.

4.3.5. Determinación del ingreso neto

En el siguiente cuadro, se puede apreciar que el ingreso neto total obtenido en el presente trabajo fue Bs 84,55, dividiendo este valor entre el total de kg vendidos, se obtuvo un ingreso neto de Bs 3,96 por kg de valerianela.

Cuadro 12. Ingreso neto de la producción de valerianela

DETALLE	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	TOTAL
Ingreso bruto (Bs)	37,13	40,5	41,63	73,13	74,3	61,88	60,8	75,38	69,8	534,38
Costo total de producción (Bs)	49,08	49,08	49,08	49,98	49,98	49,98	50,88	50,88	50,88	449,83
INGRESO NETO (Bs)	-11,96	-8,58	-7,46	23,14	24,27	11,89	9,87	24,49	18,87	84,55

Del mismo modo, dividiendo el ingreso neto de la producción de valerianela entre el área total del experimento (27 m^2), se obtuvo el ingreso por m^2 que asciende a Bs 3,13. Este valor fue superior al mayor beneficio neto obtenido por Mamani (2006a), quien estudiando el efecto del abonamiento y densidades de siembra en valeriana, en camas bajas protegidas encontró Bs $2,17/\text{m}^2$ como máximo beneficio.

Mientras que el resultado, fue inferior a los encontrado por Figueredo (2006), Mamani (2006) y Calle (2006) quienes reportaron un beneficio neto de Bs 4,06 y 5,00 y 83,33 por m^2 . Las citadas diferencias se pueden atribuir a los rendimientos de materia verde superiores encontrados por presente autores, probablemente debido al tiempo dedicado al experimento y a las condiciones propias de cada estudio.

4.3.6. Determinación de la relación beneficio/costo

El Cuadro 13, muestra que la relación beneficio/costo (B/C) de todo el proceso fue 1,19, Lo que quiere decir que el proceso es rentable ($B/C > 1$) existiendo un beneficio económico de Bs 0,19 por cada Bs1 invertido.

Cuadro 13. Relación beneficio/costo de la producción de valerianela

DETALLE	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	TOTAL
Ingreso bruto (Bs)	37,13	40,5	41,63	73,13	74,3	61,88	60,8	75,38	69,8	534,38
Costo total de producción (Bs)	49,08	49,08	49,08	49,98	49,98	49,98	50,88	50,88	50,88	449,83
BENEFICIO/COSTO	0,76	0,83	0,85	1,46	1,49	1,24	1,19	1,48	1,37	1,19

El valor de beneficio/costo obtenido fue superior al mencionado por Mayta (2011), quien afirma que la máxima relación beneficio/costo de la producción de dos variedades de lechuga en sustratos orgánicos con diferentes coberturas inorgánicas, en ambiente protegido fue igual a 0,0612.

Por el contrario el beneficio/costo repostado en el Cuadro 13, fue Calle (2006) y Ticona (2004) quienes indican 2,58 y 1,71 como b/c en la producción de valerianela. Las diferencias se pueden atribuir a los costos de producción y a los ingresos obtenidos por la venta de valerianela bajo las condiciones propias de cada estudio.

Finalmente, se puede manifestar que según el Cuadro 13, el tratamiento que logró una mayor rentabilidad fue el T5 (10 t/ha; 12 horas de remojo) con un beneficio/costo de 1,49 seguido del T8 (13 t/ha; 12 horas de remojo) con 1,48 como b/c. Y por el contrario el tratamiento que no mostró rentabilidad y tuvo mayores pérdidas económicas fue el T1 (7 t/ha; 0 horas de remojo) con un beneficio/costo de 0,76.

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos durante la presente investigación, se presentan las siguientes conclusiones:

- Los tratamientos pregerminativos 12 y 24 horas de remojo de las semillas en agua a 25 °C, afectan considerablemente el porcentaje de emergencia a los 5, 10 y 15 días después de la siembra (DDS), obteniendo un porcentaje superior al 50% a los 10 DDS, con promedios de 57,37% y 58,36% respectivamente, con relación a 34,75% alcanzado por el tratamiento sin horas de remojo.
- Las semillas que fueron sometidas a tratamientos pregerminativos de 12 y 24 horas de remojo, emergieron más rápidamente (a los 5 días después de la siembra, DDS) que las semillas que no fueron sometidas a remojo y alcanzaron valores superiores de emergencia; lo que quiere decir que se favoreció la aceleración, homogenización y el aumento de la germinación gracias a dichos tratamientos, bajo las condiciones del presente estudio.
- El mayor promedio de altura de planta alcanzado en los diferentes tratamientos corresponden a los niveles de abonamiento de 13 y 10 t/ha, con medias de 8,18 y 7,89 cm a diferencia de 6,04 cm altura obtenida con el nivel 7 t/ha, lo que favorece la comercialización de las plantas e indica que los nutrientes fueron bien asimilados en el proceso de producción, a mayor nivel de abono mayor altura de planta.
- El nivel 13 t/ha, fue el que presentó el mayor número de hojas previo a la cosecha con un promedio de 6,16 hojas/planta, por ser el más alto nivel de abono utilizado, a diferencia de los niveles 10 y 7 t/ha que obtuvieron 5,91 y 5,82 hojas/planta en promedio respectivamente.

- El área foliar tuvo un promedio general de 9,25 cm²/hoja. La regresión múltiple par el área foliar en base en las medias longitud y ancho de hoja tuvo como resultado la siguiente ecuación de regresión “Área foliar (cm²)= -8,259+1,199 longitud hoja (cm) + 3,522 ancho hoja (cm)”, ecuación que tuvo un coeficiente de determinación (R²) igual a 0,7729.
- La regresión lineal efectuada entre los valores obtenidos en campo (papel milimetrado) versus los obtenidos mediante la ecuación anterior, presentan un coeficiente de variación de 0,9247 ó 92,47% lo que significa que la ecuación encontrada es confiable.
- El mayor rendimiento en materia verde lo obtuvieron los niveles 13 y 10 t/ha, con promedios de 1,02 kg/0,81m² y 1,03 kg/0,81m² respectivamente. Mientras que el nivel de abono 7 t/ha, obtuvo el menor rendimiento en materia verde con 0,59 kg/0,81m² como promedio. Lo que significa que a mayor cantidad de abono utilizado mayor será en rendimiento del cultivo bajo las condiciones del presente experimento. Manifestándose una asimilación positiva de nutrientes en cuanto al nivel aplicado.
- El costo total de la producción de 1 kg de valerianela, bajo las condiciones del presente estudio fue Bs 18,94, el ingreso bruto total obtenido de la venta de 1 kg de valerianela fue Bs 25, cifras que manifiestan un ingreso neto de Bs 3,13 por kg y una relación beneficio/costo de 1,19 (b/c>1) lo que significa que el proceso es rentable, obteniéndose una ganancia de Bs 0,19 por cada Bs 1 invertido en el trabajo.
- La variable que tuvo mayor efecto en el costo por kg fue el servicio de la mano de obra, dependiendo de si esta es calificada o no calificada y el precio del jornal según las fechas del ensayo. Asimismo, la variable compra de semilla afecta también de manera significativa en los costos de producción. Lo que significa que cuando existe un incremento en estas dos variables la rentabilidad será menor.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la producción de valerianela, por sus características nutritivas y su elevado costo en el mercado, superiores al de la lechuga común.
- En base al estudio realizado, se recomienda realizar trabajos sobre otros tipos de tratamientos pregerminativos en valerianela, para ver otros resultados y compararlos a los presentados en el estudio, en vista de que se logró acelerar, homogeneizar y aumentar el porcentaje de emergencia del cultivo bajo las condiciones de la presente investigación.
- Se recomienda validar los resultados obtenidos en el presente trabajo con relación al nivel de abono utilizado y su influencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo.
- Se recomienda ampliar el estudio del rendimiento y la rentabilidad de valerianela complementándolo con un análisis pre y post aplicación del estiércol ovino, para ver los resultados.
- También, se propone efectuar estudios de mercado, ya que este cultivo posee buen rendimiento, calidad nutricional y ciclo de vida corto, por lo que se considera una buena alternativa de producción.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aruquipa, R. (2008).** Producción de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo dos sustratos (sólido y líquido) en el municipio de El Alto. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 98 p.
- Asociación de productores de turba hortícola Quebec (2011).** Utilización de la turba. Producción responsable. La turba en la horticultura. 2011. 3 p.
- Ayaviri, R. (1996).** Estudio de cuatro profundidades de walipinis en producción hortícola en invierno, contorno letanías Viacha, La Paz. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 145 p.
- Benzon Instituto Review (2000).** Artículo The Panqqar Huyu. Volumen 1. Brigham Young University. Provo, Utah EE.UU.
- Boguslawski, E. (1983).** La paja y la fertilidad de suelos. Continental. México. 146 p.
- Boletín de estiércoles (2004).** Consultado el 15 de abril de 2013. Disponible en: ---
- Buckman, H. y Braddy, N. (1993).** Naturaleza y propiedades de los suelos. Solard, R. Quinta edición. México, D. F. Editorial Limusa 565 p.
- Brevis, O. (1990).** Manual de la administración de la empresa agrícola. Instituto de capacitación e investigación. Chile. 115 p.
- Calle, S. (2006).** Estudio comparativo de dos medios de cultivo, bajo tres densidades de siembra en valerianela (*Valerianella locusta*), en el municipio de El Alto. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 100 p.
- Calzada, J. (1985).** Métodos estadísticos para la investigación. &ma. Ed. Milagros S.A. Lima Perú 644 p.

- Canónigo (2002).** Verduras de hoja. Consultado 22 de marzo de 2011. Disponible en: <http://www.sqclubdelgourmet.com/Hortalizas.htm>.
- Canónigos (2010).** *Valerianella locusta*. Consultado el 4 de junio de 2010. Disponible en: www.eurorestaurantes.com/Alimentos/canonigos.htm
- Cásseres, E. (1980).** Producción de horatlizas, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José – Costa Rica. 84p
- Cedefoa (2002).** Carpas solares, Técnicas de construcción y técnicas de producción de hortalizas. La Paz - Solivia 42 p.
- Centellas, R. (1999).** Respuesta al cultivo de lechuga en condiciones de invernadero a tres distancias de plantación y tres niveles de estiércol de ovino. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.196 p.
- Centro Experimental Cota Cota (2013).** Ubicación geográfica. Datos obtenidos del tablero de ubicación del mismo Centro experimental. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía.
- CIMMYT (1998).** Manual metodológico de evaluación económica. México. Distrito Federal. 128 p.
- Cooke, G. (1983).** Fertilización para rendimiento máximo. Editorial Trillas. México. 384 p.
- Condori, J. (2005).** Validación del modelo de simulación LINTUL para cuantificar el rendimiento potencial de diferentes especies de papa (*solanum spp.*) en el altiplano central -La Paz. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.189 p.
- Cuenca, A. (2005).** Más allá de las pajas y espinas. Ed. Latinas Editores. Oruro, Bolivia. 97 p.

- Chapman, G. (1978).** Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales. S. E. Roma. 250 p.
- Chilon, E. (1997).** Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ediciones CIDAC. La Paz Bolivia 256 p.
- De Luca, N. (2013).** Características de las semillas, tratamientos pregerminativos, técnicas de recolección y almacenamiento. 9 p.
- Díaz, R. (1998).** Aplicación fraccionada de nitrógeno en tres densidades de plantación en lechuga bajo carpa solar 89 p.
- Espinal, G. (2009).** Efecto de Biol como fertilizante foliar en la producción de lechuga suiza (*Valerianella locusta* L.) con diferentes concentraciones en ambiente atemperado en el municipio de Tiwanacu - La Paz. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 98 p.
- FAO (1961).** Las semillas agrícolas y hortícolas. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Impreso en Roma, Italia. 616 p.
- Figueredo, R. (2006).** Efecto de densidades de siembra y niveles de abono orgánico en el comportamiento agronómico de la valerianela (*Valerianella locusta*) en ambiente protegido. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 110 p.
- García, A. (1987).** La lechuga Cultivo y comercialización. Edit: Oikos. 4ta ed. Barcelona, España, pp. 90 - 98.
- Goitia, L. (2003).** Dasonomía y silvicultura. Texto base. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía, La Paz , Bolivia. 280 p.
- Gomero, L. (1999).** Manejo ecológico de suelo Primera edición. Editorial Stefang SRL Lima Perú Pp. 182-196.
- Gross, A. (1986).** Guía práctica de la fertilización, enmiendas orgánicas. Ed. Mundi Prensa. Séptima Edición, reimpresso en Madrid, España. 560 p.

- Hansen, D. y Mowen, M. (2008).** Administración de costos. Contabilidad y control internacional. Thomson editores S.A. de C.V. México 502p.
- Hartman, F. (1990).** Invernaderos y Ambientes Atemperados. Edit: Offsed. La Paz, Bolivia. 260 p.
- Hartmann, T. y Kester, E. (1997).** Propagación de plantas: principios y prácticas. Segunda edición. Editorioal OCtintental. México. 760 p.
- Infojardín (2012).** Portal en agricultura. Horatalizas y verdiras. Consultado 8 abril de 2012. Disponible en: www.infojardin.com/fichas/hortalizas-verduras/canonigo-hierba-canonigos-valerianela-lechuga-campo.htm
- Kameswara, N.; Hanson, J.; Ehsan, M.; Kakoli, G. Nowell, D. y Larine, M. (2007).** Manual para el manejo de semillas en bancos de germplasma. Biodiversity International Global Crop. CTA. Roma, Italia. 165 p.
- Lemus, A. (2010).** Evaluación de diferentes sustratos y tratamientos pregerminativos en la producción de plantines de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) en carpa solar en el Centro Experimental de Cota Cota. . Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 135 p.
- Lewis, G. (1982).** Revisión de especies hortícolas. Editorial S. A. Sud África 46 p.
- Mamani, E. (2006).** Efecto de la aplicación de abonos en el cultivo de lechuga suiza (*Valerianella locusta*) en walipinis de la localidad de Ventilla. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 77 p.
- Mamani, L. (2006a).** Efecto del abonamiento y la densidad de siembra en el comportamiento agronómico de la valeriana (*Valerianella locusta*) en camas bajas protegidas en el altiplano norte. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 77 p.

- Mamani, P. (2006b).** Efectos de los sustratos y tratamientos pregerminativos en semillas de Asaí (*Euterpe precatoria* Martius), en la comunidad Rosario del yata, Provincia Vaca Díez – Beni. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 83 p.
- Mayta, W. (2011).** Producción de dos variedades de lechuga suiza (*Valerianella locusta* L.), en sustratos orgánicos con diferentes coberturas inorgánicas, en ambiente protegido. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 85 p.
- Montaño, R. (2006).** Tratamientos pregerminativos y sustratos en la germinación de copoasú (*Theobroma grandiflorum* Schum.) y pacay (*Inga edulis* Martius) en la comunidad de Santa Rosa del Abuná, Pando. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 135 p.
- Morodias, J. (1994).** Sistema de crianza bovina y costos de producción de leche en la comunidad de Taypillanga (Provincia Arona del Departamento de La Paz). Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Autónoma Tomás Frías. Facultad de Agronomía. Potosí Bolivia. 90 p.
- Muños, B. (2011).** Efecto de los tratamientos pre germinativos de hidratación - deshidratación sobre la germinación, establecimiento, floración y fructificación del pepino (1). consultado 5 de abril del 2011 Disponible en: www.cntop168.com/led_light_product.htm
- Murillo, W. (2011).** Ingeniero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. En comunicación personal.

- Orta, R.; Sanchez, J.; Muñoz, B., Calvo, E. ; Hernández, L. y Prede, M. (2013).** Efectos de los tratamientos acondicionadores y robustecedores sobre el rendimiento de los cultivos. Siembra temprana del tomate. Acta Botánica Cubana. 176:19-23. 5p.
- Ospina, M. (1995).** Economía. Administración y mercasos agropecuarios. Editorial Terranova. Santa fe de Bogotá, Colombia. 258 p.
- Paredes, R. (1999).** Elementos para la elaboración y evaluación de proyectos. Segunda Edición . Ed. Catacora. La Paz, Bolivia. 250 p.
- Paredes, I. (2008).** Efecto de tres niveles de fertilización orgánica Em Bokashi y dos tratamientos pre germinativos en Cipres (*Cupresus sempervirens* L.) en vivero. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 128 p.
- Patruno, A. (1978).** Influencia de la densidad de siembra en los cultivos. Edit: El Ateneo. Zaragoza, España, pp. 209 -211.
- Penningsfeld, F. (1983).** Cultivos hidropónicos y en turba Ed. Mundi prensa. Madrid, España. 214 p.
- Perrin, R. y Anderson, J. (1988).** Manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. Presupuesto parcial. 202 p.
- Poma, E. (2011).** Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. En comunicación personal.
- Pomier, K. (2006).** Descripción dendrológica y evaluación germinativa de dos especies de acacia bajo el efecto de dos sustratos y dos tratamientos pre-germinativos.
- Ramos, M. (2000).** Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd) bajo riego diferenciado por fases fenológicas en el altiplano central. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 113 p.

- Randall, C. (1999).** Malas hierbas. Ministerio de agricultura. Australia Occidental. 156 p.
- Rojas, F. (2004).** Aplicación del programa SAS Sytem en la investigación agropecuaria. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 108 p.
- Rodríguez, M. (1991).** Fisiología Vegetal. Edit: Amigos del Libro. Cochabamba, Bolivia. pp. 343-361.
- Sanchez, J; Calvo, E.; Orta, R.; Muñoz, B. (1997).** Tratamientos pre-germinativos de hidratación y deshidratación para semillas de pepinos (*Cucumis sativus* L.). Acta botánica mexicana. Artículo. 20 p.
- Sapag, N. (2002).** Preparación y evaluación de proyectos, Centro de invstigación aplicada para el desarrollo de la empresa (CIADE). Universidad de Chile, Mayo, 2002. 115 p.
- Semta (1993).** Guía de manejo de cultivos protegidos. La Paz -Bolivia. Ed. FM Arte Gráfico 211 p.
- Serrano, Z. (1980).** Cultivo de hortalizas en invernadero, 1ra Edición. ED. Barcelona España. 360 p.
- Tiscornia, J (1975).** Horatlizas de hoja. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. 705 p.
- Universidad Nacional de San Cristóbal (2010).** Diseño en parcelas divididas. UNSC de Huamanga. Ayacucho, Perú, 2010
- Valdez, G. (1997).** Producción en invernaderos. Editorial Águila. Puno, Perú 50 p.
- Varela, S. y Arana, V. (2013).** Latencia y gemrinación de semillas. Tratmientos pregerminativos. INTA. Bariloche, Argentina. 10 p.
- Wikipedia (2012).** *Valerianella locusta*. Consultado el 24 de mayo de 2012. Disponible en: www.wikipedia.es/valerianellalocusta.htm
- Wikipedia (2013).** Turba. Consultado el 12 de octubre de 2013. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Turba>

Wikipedia (2013b). Paja. Consultado el 12 de octubre de 2013. Disponible en:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Paja>

ANEXOS

Anexo 1. *Valerianella locusta*



Fuente: Propia

Anexo 2. Ubicación geográfica del experimento



Anexo 3. Semilla de valerianela variedad Trophy



Fuente: Propia

Anexo 4. Análisis o composición promedio del estiércol ovino

Detalle	Contenido
Nitrógeno Anhidrido	3 a 5,5 por 1,000 con un promedio de 4,14 kg/t m
Fosfórico	2 a 4 por 1,000 con promedio de 2,3 kg/t m
Oxido de Potasio	5 a 6 por 1,000 con promedio de 5,5 kg/ t m
Azufre	0,5 kg/ t m
Magnesio	2 kg/ t m
Cal	5 kg/ t m
	30,5 g/ t
Manganeso	m
Boro	4 g/ t m
Cobre	2 g /t m

Fuente: Centellas (1999)

Detalle	Contenido
Materia seca	35
N	1,95
P ₂ O ₅ %	0,31
K ₂ O%	1,26
CaO%	1,16
MgO%	0,34
SO ₄ %	0,34

Fuente: SEPAR (2004) Boletín de Estiércoles

Anexo 5. Croquis del experimento

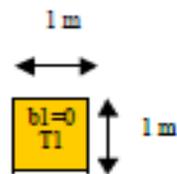
REFERENCIAS:

I, II, III = Bloques

a = Niveles de abono

b = Tratamientos pregerminativos

T1, T2, ..., T9 = Tratamientos



Anexo 6. Valerianela con una altura promedio de 7 a 8 cm



Fuente: Propia

Anexo 7. Comparación de medias del porcentaje de emergencia a los 5 DDS según el tratamiento pre-germinativo

tratpreg
1:0 horas de remojo
2:12 horas de remojo
3: 24 horas de remojo

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para emergdia5

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	12
Error de cuadrado medio	0,005774

Número de medias	2	3
Rango crítico	.07805	.08169

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	tratpreg
A	3,39111	9	2
B	3,18889	9	3
C	0,00000	9	1

Procedimiento GLM

Nivel de nivabo		-----emergdia5-----		
N	Media	Dev tip		
1	9	2,15444444	1,62058717	
2	9	2,20333333	1,65717380	
3	9	2,22222222	1,66798365	

Nivel de tratpreg		-----emergdia5-----		
N	Media	Dev tip		
1	9	0,00000000	0,00000000	
2	9	3,39111111	0,06392270	
3	9	3,18888889	0,11084273	

Nivel de nivabo	Nivel de tratpreg	N	Media	Dev tip
1	1	3	0,00000000	0,00000000
1	2	3	3,35000000	0,08660254
1	3	3	3,11333333	0,10969655
2	1	3	0,00000000	0,00000000
2	2	3	3,42333333	0,04618802
2	3	3	3,18666667	0,13316656
3	1	3	0,00000000	0,00000000
3	2	3	3,40000000	0,05000000
3	3	3	3,26666667	0,04163332

tratpreg
1:0 horas de remojo
2:12 horas de remojo
3: 24 horas de remojo

Sistema SAS 4

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para emergdia10

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	12
Error de cuadrado medio	0,020002

Número de medias	2	3
Rango crítico	.1453	.1520

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	tratpreg
A	7,63889	9	3
A			
A	7,57333	9	2
B	5,89222	9	1

Procedimiento GLM

Nivel de nivabo		-----emergdia10-----		
N	Media	Dev tip		
1	9	6,95888889	0,90743381	
2	9	7,04333333	0,75779285	
3	9	7,10222222	0,94140557	

Nivel de tratpreg		-----emergdia10-----		
N	Media	Dev tip		
1	9	5,89222222	0,17512694	
2	9	7,57333333	0,19163768	
3	9	7,63888889	0,15078498	

Nivel de nivabo	Nivel de tratpreg	N	Media	Dev tip
1	1	3	5,75333333	0,04163332
1	2	3	7,58333333	0,11372481
1	3	3	7,54000000	0,08717798
2	1	3	6,04666667	0,10785793
2	2	3	7,53333333	0,21779195
2	3	3	7,55000000	0,05196152
3	1	3	5,87666667	0,21031722
3	2	3	7,60333333	0,28746014
3	3	3	7,82666667	0,03511885

tratpreg
1:0 horas de remojo
2:12 horas de remojo
3: 24 horas de remojo

Sistema SAS 4

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para emergdia15

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

		Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	12		
Error de cuadrado medio	0,045113		
Número de medias	2	3	
Rango crítico	.2182	.2283	

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	tratpreg
A	9,5700	9	3
A			
A	9,5389	9	2
B	9,0633	9	1

Sistema SAS
Procedimiento GLM

-----emergdia15-----				
Nivel de nivabo	N	Media	Dev tip	
1	9	9,33111111	0,28184413	
2	9	9,40777778	0,30252181	
3	9	9,43333333	0,34788648	

-----emergdia15-----				
Nivel de tratpreg	N	Media	Dev tip	
1	9	9,06333333	0,17014700	
2	9	9,53888889	0,13383240	
3	9	9,57000000	0,26466961	

-----emergdia15-----				
Nivel de nivabo	Nivel de tratpreg	N	Media	Dev tip
1	1	3	9,17333333	0,27465129
1	2	3	9,46666667	0,12423097
1	3	3	9,35333333	0,40153871
2	1	3	9,03000000	0,07810250
2	2	3	9,57000000	0,18734994
2	3	3	9,62333333	0,04041452
3	1	3	8,98666667	0,07505553
3	2	3	9,58000000	0,09643651
3	3	3	9,73333333	0,05131601

Anexo 8. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable altura de planta

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: altplan31

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	38,16258519	2,72589894	5,07	0,0039
Error	12	6,45477778	0,53789815		
Total corregido	26	44,61736296			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	altplan31 Media
0,855330	9,947363	0,733415	7,372963

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	2,90811852	1,45405926	2,70	0,1074
nivabo	2	24,28520741	12,14260370	22,57	<.0001
bloque*nivabo	4	7,79270370	1,94817593	3,62	0,0370
tratpreg	2	0,31845185	0,15922593	0,30	0,7491
nivabo*tratpreg	4	2,85810370	0,71452593	1,33	0,3150

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	2,90811852	1,45405926	2,70	0,1074
nivabo	2	24,28520741	12,14260370	22,57	<.0001
bloque*nivabo	4	7,79270370	1,94817593	3,62	0,0370
tratpreg	2	0,31845185	0,15922593	0,30	0,7491
nivabo*tratpreg	4	2,85810370	0,71452593	1,33	0,3150

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para bloque*nivabo como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	2,90811852	1,45405926	0,75	0,5303
nivabo	2	24,28520741	12,14260370	6,23	0,0590

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para altplan31

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

1: 7 t/ha
2:10 t/ha
3:13 t/ha

Alpha 0,05
Error Degrees of Freedom 4
Error de cuadrado medio 1,948176

Número de medias 2 3
Rango crítico 1,827 1,867

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	nivabo
A	8,1833	9	3
A	7,8933	9	2
B	6,0422	9	1

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para altplan31

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

1:0 hrs
2:12 hrs
3: 24 hrs

Alpha 0,05
Error Degrees of Freedom 12
Error de cuadrado medio 0,537898

Número de medias 2 3
Rango crítico .7533 .7885

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	tratpreg
A	7,4778	9	2
A	7,4178	9	3
A	7,2233	9	1

Sistema SAS
 Procedimiento GLM

Nivel de nivabo		-----altplan31-----		
	N	Media	Dev tip	
1	9	6,04222222	0,81897463	
2	9	7,89333333	0,94797152	
3	9	8,18333333	0,98597667	

Nivel de tratpreg		-----altplan31-----		
	N	Media	Dev tip	
1	9	7,22333333	1,51790975	
2	9	7,47777778	1,18396345	
3	9	7,41777778	1,35334565	

Nivel de nivabo		Nivel de tratpreg		-----altplan31-----		
		N	Media	Dev tip		
1	1	3	6,05333333	1,18153855		
1	2	3	6,29333333	0,93489750		
1	3	3	5,78000000	0,46357308		
2	1	3	8,16000000	1,45433834		
2	2	3	7,68666667	1,00081633		
2	3	3	7,83333333	0,54930259		
3	1	3	7,45666667	1,50134384		
3	2	3	8,45333333	0,36610563		
3	3	3	8,64000000	0,53507009		

Anexo 9. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de hojas

ANVA con datos transformados

Procedimiento GLM

Variable dependiente: numhoj31

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	0,03662963	0,00261640	3,94	0,0113
Error	12	0,00797778	0,00066481		
Total corregido	26	0,04460741			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	numhoj31 Media
0,821156	1,057524	0,025784	2,438148

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	0,00011852	0,00005926	0,09	0,9153
nivabo	2	0,02671852	0,01335926	20,09	0,0001
bloque*nivabo	4	0,00383704	0,00095926	1,44	0,2795
tratpreg	2	0,00394074	0,00197037	2,96	0,0899
nivabo*tratpreg	4	0,00201481	0,00050370	0,76	0,5722

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	0,00011852	0,00005926	0,09	0,9153
nivabo	2	0,02671852	0,01335926	20,09	0,0001
bloque*nivabo	4	0,00383704	0,00095926	1,44	0,2795
tratpreg	2	0,00394074	0,00197037	2,96	0,0899
nivabo*tratpreg	4	0,00201481	0,00050370	0,76	0,5722

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para bloque*nivabo como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	0,00011852	0,00005926	0,06	0,9410
nivabo	2	0,02671852	0,01335926	13,93	0,0158

ANVA con datos reales

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: numhoj31

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	0,72909630	0,05207831	3,82	0,0127
Error	12	0,16373333	0,01364444		
Total corregido	26	0,89282963			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	numhoj31 Media
0,816613	1,958673	0,116809	5,963704

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	0,00269630	0,00134815	0,10	0,9066
nivabo	2	0,54402963	0,27201481	19,94	0,0002
bloque*nivabo	4	0,07650370	0,01912593	1,40	0,2917
tratpreg	2	0,07114074	0,03557037	2,61	0,1148
nivabo*tratpreg	4	0,03472593	0,00868148	0,64	0,6464

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	0,00269630	0,00134815	0,10	0,9066
nivabo	2	0,54402963	0,27201481	19,94	0,0002
bloque*nivabo	4	0,07650370	0,01912593	1,40	0,2917
tratpreg	2	0,07114074	0,03557037	2,61	0,1148
nivabo*tratpreg	4	0,03472593	0,00868148	0,64	0,6464

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para bloque*nivabo como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	0,00269630	0,00134815	0,07	0,9331
nivabo	2	0,54402963	0,27201481	14,22	0,0152

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para numhoj31

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	4
Error de cuadrado medio	0,019126

Número de medias	2	3
Rango crítico	.1810	.1850

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	nivabo
A	6,15778	9	3
B	5,91111	9	2
B	5,82222	9	1

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para numhoj31

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	12
Error de cuadrado medio	0,013644

Número de medias	2	3
Rango crítico	.1200	.1256

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	tratpreg
A	6,00000	9	2
A	6,00000	9	3
A	5,89111	9	1

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Nivel de nivabo	N	-----numhoj31-----	
		Media	Dev tip
1	9	5,8222222	0,12018504
2	9	5,9111111	0,14529663
3	9	6,1577778	0,08969083

Nivel de tratpreg	N	-----numhoj31-----	
		Media	Dev tip
1	9	5,8911111	0,20666667
2	9	6,0000000	0,14142136
3	9	6,0000000	0,20000000

Nivel de nivabo	Nivel de tratpreg	N	-----numhoj31-----	
			Media	Dev tip
1	1	3	5,7333333	0,11547005
1	2	3	5,8666667	0,11547005
1	3	3	5,8666667	0,11547005
2	1	3	5,8000000	0,00000000
2	2	3	6,0000000	0,00000000
2	3	3	5,9333333	0,23094011
3	1	3	6,1400000	0,12165525
3	2	3	6,1333333	0,11547005
3	3	3	6,2000000	0,00000000

Anexo 10. Regresión múltiple del área foliar vs longitud y ancho de hoja

Sistema SAS

Procedimiento REG

Modelo: MODEL1

Variable dependiente: areafoliar

Número de observaciones leídas	175
Número de observaciones usadas	174
Número de observaciones con valores ausentes	1

Análisis de la varianza

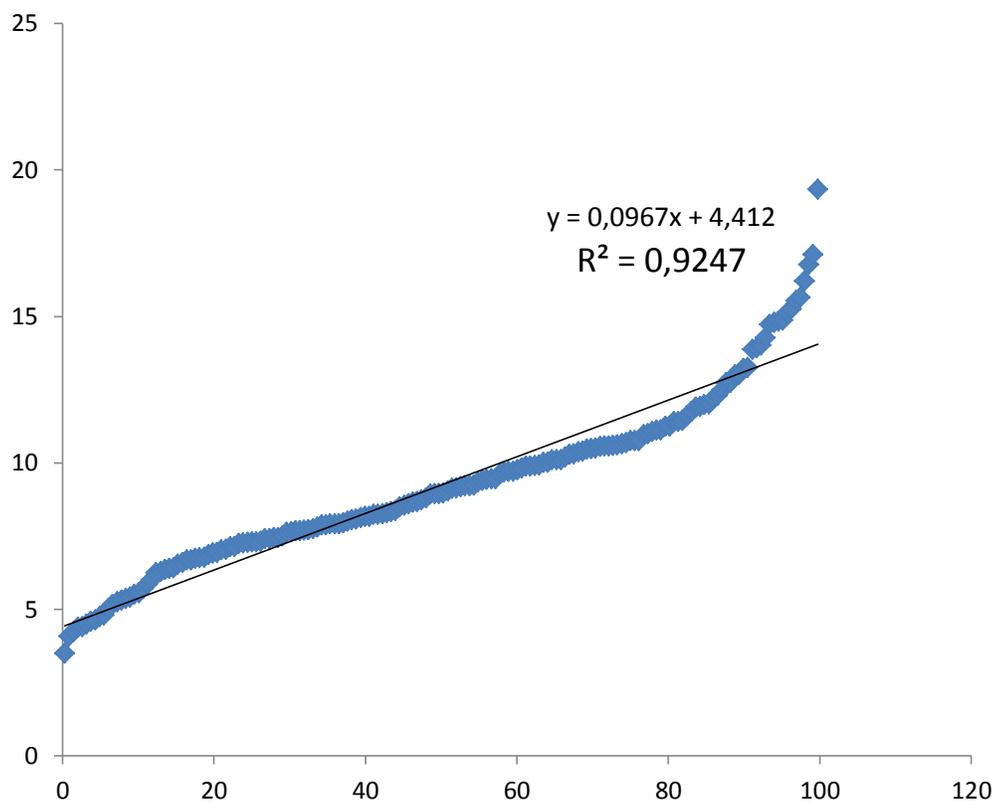
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Model	2	1134,19356	567,09678	290,99	<.0001
Error	171	333,25701	1,94887		
Total corregido	173	1467,45057			

Raíz MSE	1,39602	R-cuadrado	0,7729
Media dependiente	9,24885	Adj R-Sq	0,7702
Var Coef	15,09398		

Estimadores de parámetros

Variable	DF	Estimador del parámetro	Error estándar	Valor t	Pr > t	Type I SS	Tipo II SS
Intercept	1	-8,25900	0,73344	-11,26	<.0001	14884	247,12073
longhoja	1	1,19920	0,10036	11,95	<.0001	838,81874	278,23639
anchohoja	1	3,52194	0,28608	12,31	<.0001	295,37482	295,37482

Anexo 11. Correlación del área foliar (mét. de contornos foliares vs ec. de regresión múltiple)



Anexo 12. Análisis de varianza y comparación de medias para el rendimiento en materia verde

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
bloque	3	1 2 3
nivabo	3	1 2 3
tratpreg	3	1 2 3

Número de observaciones leídas 27
 Número de observaciones usadas 27
 Sistema SAS 15:48 Wednesday, February 11, 2009 2

Procedimiento GLM

Variable dependiente: rendmatverde

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	1,60851852	0,11489418	2,95	0,0340
Error	12	0,46777778	0,03898148		
Total corregido	26	2,07629630			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	rendmatverde Media
0,774706	22,44550	0,197437	0,879630

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	0,08574074	0,04287037	1,10	0,3643
nivabo	2	1,14240741	0,57120370	14,65	0,0006
bloque*nivabo	4	0,24314815	0,06078704	1,56	0,2477
tratpreg	2	0,03129630	0,01564815	0,40	0,6780
nivabo*tratpreg	4	0,10592593	0,02648148	0,68	0,6194

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	0,08574074	0,04287037	1,10	0,3643
nivabo	2	1,14240741	0,57120370	14,65	0,0006
bloque*nivabo	4	0,24314815	0,06078704	1,56	0,2477
tratpreg	2	0,03129630	0,01564815	0,40	0,6780
nivabo*tratpreg	4	0,10592593	0,02648148	0,68	0,6194

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para bloque*nivabo como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	2	0,08574074	0,04287037	0,71	0,5466
nivabo	2	1,14240741	0,57120370	9,40	0,0308

Sistema SAS 15:48 Wednesday, February 11, 2009 3

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para rendmatverde

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	4
Error de cuadrado medio	0,060787

Número de medias	2	3
Rango crítico	.3227	.3298

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	nivel
A	1,0333	9	2
A			
A	1,0167	9	3
B	0,5889	9	1

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para rendmatverde

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	12
Error de cuadrado medio	0,038981

Número de medias	2	3
Rango crítico	.2028	.2123

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	tratpreg
A	0,92778	9	2
A	0,85556	9	1
A	0,85556	9	3

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Nivel de nivabo	N	-----rendmatverde-----	
		Media	Dev tip
1	9	0,58888889	0,10240171
2	9	1,03333333	0,27500000
3	9	1,01666667	0,17500000

Nivel de tratpreg	N	-----rendmatverde-----	
		Media	Dev tip
1	9	0,85555556	0,30150088
2	9	0,92777778	0,33364569
3	9	0,85555556	0,23109041

Nivel de nivabo	Nivel de tratpreg	N	-----rendmatverde-----	
			Media	Dev tip
1	1	3	0,58333333	0,05773503
1	2	3	0,56666667	0,10408330
1	3	3	0,61666667	0,16072751
2	1	3	1,08333333	0,34034296
2	2	3	1,10000000	0,36055513
2	3	3	0,91666667	0,16072751
3	1	3	0,90000000	0,22912878
3	2	3	1,11666667	0,10408330
3	3	3	1,03333333	0,15275252

Anexo 13. Calculo del alquiler de ambiente en base a datos proporcionados por Poma (2011)

Considerando 3 tipos de carpas	costo de construcción por m2 de una carpa 10x10 (US\$)	Vida util de la carpa
A.- tradicional (Materiales simples) B.- Comercial A(Fierro, etc) C.- Comercial B (galvanizado, etc.)	10 a 12 17 a 20	5 años 7 años 30 10 a 12 años
Considerando la tipo A $10 \text{ US\$} * 100 \text{ m}^2 = 1000 \text{ US\$}$		
Considerando la vida util de la carpa $1000 \text{ US\$}/5 \text{ años} = 200 \text{ US\$}/\text{año}$		
Considerando el alquiler por mes $200 \text{ US\$}/12 \text{ meses} = 16,67 \text{ US\$}/\text{mes}$	16,67 19,448333	30 35
Considerando el tamaño de la carpa $16,67 \text{ US\$}/100 \text{ m}^2/\text{mes}$ $0,1667 \text{ US\$}/\text{m}^2 /\text{mes}$ Considerando el t/c $1 \text{ US\$} = 6,97 \text{ Bs}$ $0,1667 * 6,97 = 1,16 \text{ Bs}/\text{m}^2/\text{mes}$		

Anexo 14. Cálculo del costo total de producción por tratamiento

Costos por tratamiento	Unid.	Costo										Total (Bs)
		total (Bs)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
Costos fijos												
Servicio de energía eléctrica	días	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Servicio de agua potable	días	6,04	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	6,03
Alquiler de ambiente ¹	m ²	31,32	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	31,32
SUBTOTAL		37,36	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	37,35
Costos variables												
<i>Compra de semilla</i>												
Compra de valerianela var.												
Trophy	kg	140,00	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56	140,04
Subtotal		140,00	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56	140,04
<i>Compra de materia orgánica</i>												
Turba	kg	14,00	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	14,04
Estiércol ovino	kg	27,00	2,10	2,10	2,10	3,00	3,00	3,00	3,90	3,90	3,90	27,00
Subtotal		41,00	3,66	3,66	3,66	4,56	4,56	4,56	5,46	5,46	5,46	41,04
<i>Servicio de mano de obra</i>												
Preparación del terreno	jornal	25,00	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	25,02
Siembra	jornal	12,50	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	12,51
Riego	horas	128,00	14,22	14,22	14,22	14,22	14,22	14,22	14,22	14,22	14,22	127,98
Cosecha	jornal	25,00	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	25,02
Subtotal		190,50	21,17	21,17	21,17	21,17	21,17	21,17	21,17	21,17	21,17	190,53
SUBTOTAL		371,50	40,39	40,39	40,39	41,29	41,29	41,29	42,19	42,19	42,19	371,61
imprevistos		40,89	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	40,86
TOTAL		449,75	49,08	49,08	49,08	49,98	49,98	49,98	50,88	50,88	50,88	449,82