

**Universidad Mayor de San Andrés**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**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**

**ADOLFO MARCELINO LEMUS CORONADO**

**La Paz – Bolivia**  
**2010**

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

**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 presentado como requisito  
parcial para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo**

**ADOLFO MARCELINO LEMUS CORONADO**

**Tutor:**

Ing. M.Sc. Luis Enrique Goitia Arze .....

**Asesor:**

Ing. Víctor Paye Huaranca .....

**Tribunal Revisor:**

Lic. Ph. D. Alberto Figueroa .....

Ing. M.Sc. Ángel Pastrana Albis. ....

Ing. M.Sc. Rolando Barrientos Z. ....

**APROBADO**

**Presidente del Tribunal Revisor:** .....

## DEDICATORIA

Este estudio está dedicado a mis dos hijitas;

**A Débora Jireh y Daniela Belén**

**por un futuro brillante**

“Nunca se aparten de ti  
la misericordia y la verdad;  
átalas a tu cuello,  
escríbelas en la tabla de tu corazón;  
y hallaras gracia y buena opinión  
ante los ojos de Dios y de los hombres”

Proverbios 3:3-4

## **AGRADECIMIENTOS**

La realización del presente estudio ha sido posible con el apoyo y colaboración desinteresada de muchas personas, a los cuales les debo mis más sinceros agradecimientos. Es justo reconocer la participación del Ing. Víctor Paye Huaranca (Asesor) y del Ing. M.Sc. Luis Enrique Goitia Arze (Tutor). Quienes han hecho el seguimiento y asesoramiento del desarrollo del trabajo de investigación, y es más, el apoyo y entusiasmo constante que me brindaron tan generosamente, lo que me place agradecer con toda sinceridad.

Mi agradecimiento al Tribunal Revisor, Ing. M.Sc. Ángel Pastrana Albis, Ing. M.Sc. Rolando Barrientos y Lic. Ph.D. Alberto Figueroa, quienes dieron parte de su valioso tiempo a la revisión de los borradores de mi Tesis de Grado. Sin cuya colaboración, este documento final no habría existido. Gracias.

Me complace en expresar mi reconocimiento a la Facultad de Agronomía de la UMSA, al plantel Docente, quienes en su sacrificada labor han logrado que tenga el acumulo de conocimientos para llegar a la culminación de la Carrera de Ingeniería Agronómica.

Al Centro Experimental de Cota Cota de la Facultad de Agronomía, al personal Docente y trabajadores, por sus servicios tan acertadamente prestados; muchas gracias.

Un agradecimiento especial a mis amigos y colegas, Ing. Luis Agreda y Ing. M.Sc. Marcelo Cárdenas por la colaboración y empuje que me brindaron en época de estudiantes.

MI gratitud especial a mis amigos y colegas Agrónomos, Ing. Nelson Condori Choque, Ing. Diego Cusi Gutiérrez, y Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas (revisor de la parte Estadística) por su gran y desprendida colaboración.

Quiero manifestar mi, agradecimiento a todas las Instituciones, profesionales y amigos, que no figuran aquí, pero, que sin su enorme colaboración, valiosos estímulos, e inapreciable apoyo que me brindaron desde el anonimato, esta tesis no se hubiera hecho realidad. Gracias.

## CONTENIDO

	Páginas
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	ii
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS.....	iii
ÍNDICE DE GRAFICOS Y MAPAS.....	iv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii

## ÍNDICE GENERAL

	Páginas
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Características del Eucalipto macho.....	3
2.1.1 Origen del <i>Eucalyptus globulus</i> Labill .....	3
2.1.2 Descripción botánica.....	3
2.1.2.1 Taxonomía.....	3
2.1.2.2 Morfología de la planta .....	4
2.1.3 Requerimientos del cultivo.....	6
2.1.3.1 Temperatura y precipitación.....	6
2.1.3.2 Suelo.....	7
2.1.4 Propagación y época de plantación.....	7
2.1.4.1 Procedencia de la semilla.....	8
2.1.5 Siembra.....	8
2.1.5.1 Siembra directa en bolsas.....	9
2.1.6 Desarrollo de plántulas.....	10
2.1.7 Enfermedades.....	10
2.1.8 Plagas.....	10
2.1.9 Usos y beneficios.....	11
2.1.9.1 Industrial.....	11
2.1.9.2 Medicinal.....	12
2.1.10 Impacto ambiental del Eucalipto.....	13
2.1.10.1 Fertilidad de los suelos.....	13
2.1.10.2 Protección de suelos.....	14

2.1.10.3	Aguas e hidrología.....	15
2.1.10.4	Flora y fauna.....	16
2. 2	Sustratos.....	16
2.2.1	Clasificación de sustratos.....	17
2.2.2	Descripción de los materiales de sustratos.....	18
2.2.3	Desinfección de sustratos.....	21
2.2.4	Materia orgánica.....	21
2.2.4.1	Estiércol.....	22
2.3	Tratamientos pregerminativos de la semilla.....	22
2.3.1	Tratamientos pregerminativos comunes.....	22
2.3.1.1	Semillas sumergidas.....	23
2.3.1.2	Estratificación.....	23
2.3.1.3	Escarificación.....	23
2.3.1.4	Lixiviación.....	24
2.3.1.5	Hormonas y otros estimulantes químicos.....	24
2.4	Uso de Invernaderos y carpas solares.....	24
2.4.1	Invernadero.....	24
2.4.2	Carpas solares.....	25
III.	MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1	Localización.....	27
3.1.1	Ubicación geográfica.....	27
3.1.2	Características ecológicas.....	27
3.1.2.1	Clima.....	27
3.1.2.2	Topografía.....	29
3.1.2.3	Vegetación.....	29
3.1.3	Características productivas.....	29
3.2	Materiales.....	30
3.2.1	Material biológico.....	30
3.2.2	Material de gabinete.....	30
3.2.3	Material de campo.....	31
3.3	Metodología.....	32

3.3.1	Procedimiento experimental.....	32
3.3.1.1	Preparación del sustrato.....	32
3.3.1.2	Desinfección del sustrato.....	33
3.3.1.3	Embolsado .....	34
3.3.1.4	Distribución de las bolsas en las unidades experimentales.....	35
3.3.1.5	Tratamiento pregerminativo de la semilla.....	35
3.3.1.6	Siembra directa en bolsas.....	36
3.3.1.7	Preparación de almacigueras.....	37
3.3.1.7.1	Siembra en almacigueras.....	37
3.3.1.8	Siembra al ambiente externo.....	37
3.3.1.9	Riego.....	38
3.3.1.10	Evaluación.....	38
3.3.2	Diseño experimental.....	45
3.3.2.1	Factores de estudio y sus tratamientos.....	45
3.3.2.2	Modelo lineal.....	46
3.3.2.3	Croquis del experimento.....	47
3.3.3	VARIABLES DE RESPUESTA.....	48
3.3.3.1	VARIABLES FENOLÓGICAS.....	48
3.3.3.2	VARIABLES AGRONÓMICAS.....	48
3.3.4	Costo de producción, relación Beneficio/Costo.....	50
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	51
4.1	Evaluación climática (temperaturas máximas y mínimas).....	51
4.2	VARIABLES DE RESPUESTAS.....	52
4.2.1	Días a la emergencia.....	53
4.2.1.1	Días a la emergencia por tipos de sustratos (Factor A).....	53
4.2.1.2	Días a la emergencia por tratamientos pregerminativos (Factor B).....	55
4.2.1.3	Días a la emergencia por la interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos.....	56
4.2.2	Días a la formación de las primeras hojas verdaderas.....	58
4.2.2.1	Días a la formación de las primeras hojas verdaderas por tipos de sustratos.....	58



4.2.2.2	Días a la formación de las primeras hojas verdaderas por tratamientos pregerminativos.....	60
4.2.2.3	Días a la formación de las primeras hojas verdaderas por interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos.....	61
4.2.3	Altura de la planta.....	62
4.2.3.1	Altura de la planta por tipos de sustratos (Factor A).....	63
4.2.4	Número de hojas.....	64
4.2.4.1	Número de hojas por tipos de sustratos (Factor A).....	65
4.2.4.2	Número de hojas por la interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos .....	66
4.2.5	Número de ramas.....	68
4.2.5.1	Número de ramas por tipos de sustratos.....	69
4.2.6	Diámetro del tallo.....	70
4.2.6.1	Diámetro del tallo por tipos de sustratos.....	71
4.2.7	Tamaño de raíz.....	72
4.2.7.1	Tamaño de raíz por tipos de sustratos.....	73
4.2.7.2	Tamaño de raíz por tratamientos pregerminativos.....	74
4.2.7.3	Tamaño de raíz por la interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos.....	75.
4.2.8	Volumen de raíz.....	76
4.2.8.1	Volumen de raíz por tipos de sustratos.....	76
4.3	Costos de producción.....	77
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
5.1	Conclusiones.....	80
5.2	Recomendaciones.....	82
VI.	BIBLIOGRAFIA.....	83

## ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1	Proporciones de mezcla del sustrato..... 33
Cuadro 2	Indicadores estadísticos de las temperaturas máximas y mínimas registradas en carpa solar..... 51
Cuadro 3	Análisis de varianza de días a la emergencia..... 53
Cuadro 4	Días a la emergencia de la semilla de eucalipto por tipos de sustratos..... 54
Cuadro 5	Días a la emergencia de la semilla por tratamientos pregerminativos..... 55
Cuadro 6	Días a la emergencia por interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos..... 56
Cuadro 7	Análisis de varianza de días a la formación de las primeras hojas verdaderas..... 58
Cuadro 8	Días a la formación de las primeras hojas verdaderas por tipos de sustratos..... 58
Cuadro 9	Días a la formación de las primeras hojas verdaderas por tratamientos pregerminativos..... 60
Cuadro 10	Días a la formación de primeras hojas verdaderas por interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos..... 61
Cuadro 11	Análisis de varianza de la altura de la planta..... 62
Cuadro 12	Altura de la planta por tipos de sustratos..... 63
Cuadro 13	Análisis de varianza de número de hojas..... 65
Cuadro 14	Número de hojas por tipos de sustratos..... 65
Cuadro 15	Número de hojas por interacción sustratos y tratamientos pregerminativos..... 67
Cuadro 16	Análisis de varianza de número de ramas..... 68
Cuadro 17	Número de ramas por tipos de sustratos..... 69
Cuadro 18	Análisis de varianza del diámetro del tallo..... 70
Cuadro 19	Diámetro del tallo por tipos de sustratos..... 71
Cuadro 20	Análisis de varianza del tamaño de raíz..... 72

Cuadro 21	Tamaño de raíz por tipos de sustratos.....	73
Cuadro 22	Tamaño de raíz por tratamientos pregerminativos.....	74
Cuadro 23	Tamaño de raíz por interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos.....	75
Cuadro 24	Análisis de varianza del volumen de raíz.....	76
Cuadro 25	Volumen de raíz por tipos de sustratos.....	77
Cuadro 26	Costos de establecimiento (en Bolivianos).....	78
Cuadro 27	Costo total de manejo (en Bolivianos).....	78

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Páginas
Fotografía 1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	5
Fotografía 2 Fruto del <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	5
Fotografía 3 Semilla del Eucalipto macho.....	30
Fotografía 4 Caldero de desinfección de sustratos con vapor de agua.....	33
Fotografía 5 Alimentación de sustrato a la cámara de desinfección.....	34
Fotografía 6 Descarga del sustrato desinfectado.....	34
Fotografía 7 Distribución de las bolsas en las unidades experimentales.....	35
Fotografía 8 Siembra directa en bolsas.....	36
Fotografía 9 Siembra en almaciguera.....	37
Fotografía 10 Siembra al ambiente externo (área Dasonomía).....	38
Fotografía 11 Desarrollo de los plantines a los 60 días de la siembra.....	39
Fotografía 12 Desarrollo de los plantines a los 77 días de la siembra en época de invierno.....	39
Fotografía 13 Plantines a los 85 días de la siembra.....	40
Fotografía 14 Desarrollo de los plantines a los 115 días de la siembra.....	40
Fotografía 15 Plantines a los 125 días de la siembra en carpa solar.....	41
Fotografía 16 Plantines al ambiente externo a los 125 días de la siembra.....	41
Fotografía 17 Comparación de muestras de plantines de carpa solar con plantines al ambiente externo.....	42
Fotografía 18 Comparación del efecto del sustrato a3 en carpa solar respecto al sustrato a3 al ambiente.....	43
Fotografía 19 Comparación del efecto del sustrato a2 en carpa solar respecto al sustrato a2 al ambiente.....	43
Fotografía 20 Comparación del efecto del sustrato a5 en carpa solar respecto al sustrato a5 al ambiente.....	44
Fotografía 21 Comparación del testigo (con tierra del lugar) de la carpa solar respecto al efecto de los sustratos testigos al ambiente.....	44
Fotografía 22 Aclimatación de los plantines de eucalipto.....	45

## ÍNDICE DE GRAFICOS Y MAPAS

	Páginas
Grafico 1	Variación promedio de las temperaturas máximas y mínimas..... 52
Grafico 2	Días a la emergencia por tipos de sustratos..... 54
Grafico 3	Días a la emergencia por tratamientos pregerminativos..... 55
Grafico 4	Días a la emergencia por interacción Factor A y Factor B..... 57
Grafico 5	Días a la formación hojas verdaderas por tipos de sustratos.....59
Grafico 6	Días a la formación hojas verdaderas por tratamientos pregerminativos..... 60
Grafico 7	Días a la formación primeras hojas verdaderas por interacción Factor A y Factor B..... 61
Grafico 8	Altura de la planta por tipos de sustratos..... 64
Grafico 9	Número de hojas por tipos de sustratos..... 66
Grafico 10	Número de hojas por interacción Factor A y Factor B..... 67
Grafico 11	Número de ramas por tipos de sustratos..... 69
Grafico 12	Diámetro del tallo por tipos de sustratos..... 71
Grafico 13	Tamaño de raíz por tipos de sustratos..... 73
Grafico 14	Tamaño de raíz por tratamientos pregerminativos..... 74
Grafico 15	Tamaño de raíz por interacción Factor A y Factor B..... 75
Grafico 16	Volumen de raíz por tipos de sustratos..... 77
Mapa 1	Ubicación geográfica del ensayo experimental..... 28

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1 Componentes del eucalipto y su rendimiento por hectárea.
- Anexo 2 Propiedades físicas y químicas de un sustrato ideal.
- Anexo 3 Propiedades de la turba.
- Anexo 4 Descripción general de algunos sustratos naturales y artificiales.
- Anexo 5 Métodos químicos de desinfección de sustratos.
- Anexo 6 Composición química de distintos abonos orgánicos.
- Anexo 7 Ventajas agronómicas de las carpas solares.
- Anexo 8 Comparación agronómica de las plantas testigo desarrollados al ambiente externo respecto al efecto de los sustratos de la carpa solar.
- Anexo 9 Comparación agronómica del sustrato a1 (testigo) de la carpa solar respecto al efecto de los cinco tipos de sustratos desarrollados externamente.
- Anexo 10 Valores promedios de las variables de respuesta registrados durante el desarrollo del plantin de eucalipto.
- Anexo 11 Raíz de la planta del *Eucalyptus globulus* Labill.
- Anexo 12 Planta de eucalipto experimental afectada por la helada del invierno.
- Anexo 13 Temperaturas Máximas y Mínimas registradas en carpa solar durante el desarrollo del plantin de eucalipto.

## RESUMEN

El árbol de eucalipto (*Eucalyptus glóbulus* Labill) tiene gran importancia económica en el mundo, es de rápido crecimiento y adaptable a ambientes semidesérticos a fríos. Tiene variados usos, industrial, medicinal, y valores estéticos. En ese sentido la investigación de esta especie, resulta de gran valor para los intereses del país.

El objetivo de la investigación fue el de evaluar sustratos de mayor rendimiento bajo tratamientos pregerminativos para la producción de plantines de eucalipto en carpa solar. El material que se utilizó fue la semilla recolectada de los árboles de *Eucalyptus globulus* del área forestal del Centro Experimental de Cota Cota. Se estudio dos factores, los sustratos (cinco tipos de sustratos) y tratamientos pregerminativos (semilla remojada y semilla estratificada).

Se practico la siembra directa en bolsas, de forma paralela tanto en la carpa sola como fuera de la carpa, esta ultima para fines de comparación. Para la distribución de las bolsas se utilizo el modelo de Diseño de Bloques al Azar con Arreglo en Parcelas Divididas, de las cuales resultaron 10 tratamientos, 4 repeticiones, representando un total de 40 unidades experimentales, de 42 plantines, por unidad experimental.

Para el procesamiento de los datos obtenidos en campo se utilizó el Análisis de Varianza y la Prueba Tukey. Las variables de respuestas fueron: días a la emergencia, días a la formación de las primeras hojas verdaderas, altura de la planta, número de hojas, número de ramas, diámetro del tallo y tamaño de la raíz. El tiempo de los ensayos experimentales fue de 125 días (23 de mayo al 26 de septiembre de 2008).

Pese al crudo invierno (del 2008), los resultados fueron satisfactorios, considerando que los plantines estaban listos para el trasplante a los 97 días porque ya tenían una altura de 25 a 30 cm. Durante la investigación la temperatura máxima y mínima registraron 36 °C y -1,4 °C respectivamente, los promedios Máximo y Mínimo de todo el experimento de 32,2 °C y 2 °C respectivamente.

Los resultados principales y significativos de acuerdo a las variables de respuestas fueron: para la variable “días a la emergencia” según el efecto de los sustratos a3 (50% tierra, 20% arena, 5% limo, 15% turba, 10% estiércol) y a4 (50% tierra, 15% arena, 10% limo, 20% turba, 5% estiércol) registraron un promedio de 15 días, y según los tratamientos pregerminativos, un promedio de 13 días según la semilla remojada y 23 para la estratificada.

La variable “días a la formación de las primeras hojas verdaderas” registró un promedio de 23 y 24 días según los sustratos a4 y a3, así mismo, de 22 y 28 días según los tratamientos pregerminativos de semilla remojada y semilla estratificada respectivamente; “altura de la planta” registró un promedio de 50 cm por el sustrato a3 y el efecto debido a los tratamientos pregerminativos no fue significativo.

La variable “número de hojas”, registró un promedio de 57 hojas y 52 hojas por el efecto de los sustratos a2 (50% tierra, 25% arena, 0% limo, 10% turba, 15% estiércol ) y a3 respectivamente; “número de ramas”, registró un promedio de 9 ramas debida al efecto de los sustratos a3 y a2; “diámetro del tallo”, registró un promedio de 3,49 mm según el sustrato a3 y 3,42 mm según el sustrato a2; “tamaño de raíz”, registró un promedio de 36 cm por el sustrato a3 y 35 cm por el sustrato a2, y el efecto del tratamiento pregerminativo generó 29 cm y 27 cm (con semilla remojada y estratificada respectivamente).

La producción de plantines en carpa solar a una altitud de 3450 m.s.n.m., tiene ventajas altamente significativas respecto a una producción convencional de plantines de eucalipto a ambiente abierto, estas se resumen en los siguientes puntos: facilita el desarrollo fisiológico de la planta, se puede producir durante la estación de invierno, se acorta el ciclo de producción de plantines, y facilita la producción intensiva de plantines de eucalipto durante el año.

Si solo se refiere, a los últimos datos de la “altura de la planta” según el efecto del sustrato a3, este tenía un promedio de 50 cm, en cambio los plantines fuera del ambiente alcanzaron apenas 12 cm de altura. Según el análisis de costos para el experimento se obtuvo un costo de 2,8 Bs/ plantin.



## ABSTRACT

The eucalyptus tree (*Eucalyptus glóbulus* Labill), it has great economic importance in the world, it is of quick growth and adaptive to ambient almost desert place to colds. It has varied uses, industrial, medicinal, and aesthetic values. In that sense the investigation of this species, is of great value for the interests of the country.

The objective of the investigation was the evaluating of soil which best efficiency together the treatments before-germinatives for the production of eucalyptus plantines in solar carp. The material that was used, it was the gathered seed of the trees of *Eucalyptus globulus* of the forest area of the Experimental Center of Cota Cota. Two factors were studied, the soils (five soils types) and treatments before-germinatives (soaked seed and stratified seed).

The direct sown in bags was practiced, in a parallel way so much in the alone carp as outside of the carp, the outside sown is used for comparison. The pattern of Design of Blocks at random with Arrangement in Divided Parcels was used, of which were 10 treatments, 4 repetitions, representing a total of 40 experimental units, of 42 plant, per every experimental unit.

For the prosecution of the data obtained in field, the Analysis of Variance and the Test Tukey were used. The variables of answers were: days to the emergency, days to the formation of the first true leaves, height of the plant, number of leaves, number of branches, diameter of the shaft and size of the root. The time of the experimental rehearsals was of 125 days (May 23 at September 26/2008).

In spite of the cold winter (of the 2008), the results were satisfactory, considering that the plantines was ready for the transplant to the 97 days because they already had a height from 25 to 30 cm. During the investigation the maximum and minimum temperature 36 °C and -1,4 °C registered respectively, the averages Maximum and Minimum of the whole experiment were 32,2 °C and 2 °C respectively.

The main and significant results according to the variables of answers were: for the variable "days to the emergency" according to the effect of the soils (50% earth, 20% sand, 5% files, 15% upsets, 10% manure) and a4 (50% earth, 15% sand, 10% files, 20% upsets, 5% manure) they registered an average of 15 days, and according to the treatments before-germinatives, an average of 13 days according to the soaked seed and 23 for the one stratified.

The variable "days to the formation of the first leaves true" got an average of 23 and 24 days according to the soils a4 and a3, beside, of 22 and 28 days according to the treatments before-germinatives of soaked seed and seed stratified respectively; "height of the plant" got an average of 50 cm for the soil a3 and the effect due to the treatments before-germinatives was not significant.

The variable "number of leaves" got an average of 57 leaves and 52 leaves for the effect of the soils a2 (50% earth, 25% sand, 0% files, 10% upsets, 15% manure) and a3 respectively; "number of branches" got an average of 9 branches to the effect of the soils a3 and a2; "diameter of the shaft" got an average of 3,49 mm according to the soil a3 and 3,42 mm according to the soil a2; "root size" got an average of 36 cm for the soil a3 and 35 cm for the soil a2, and the effect of the treatment before-germinatives got 29 cm and 27 cm (with soaked seed and stratified respectively).

The plantines production in solar carp to an altitude of 3450 m.s.n.m., it has highly significant advantages regarding a conventional production of eucalyptus plantines to open atmosphere, these summary in the following points: it facilitates the physiologic development of the plant, it can take place during the winter station, it shortens the cycle of plantines production, and it facilitates the intensive production of eucalyptus plantines during the year.

If alone it refers, to the last data of the "height of the plant" according to the effect of the soil a3, it had a average of 50 cm, on the other hand the plantines outside of the atmosphere hardly reached 12 cm of height. According to the analysis of costs for the experiment a cost of 2,8 Bs was obtained / plantin.

## I. INTRODUCCION

El árbol de eucalipto tiene más de 600 diferentes especies diseminadas por el mundo, siendo el *Eucalyptus globulus* Labill la de mayor fama por su gran valor económico. Sus características botánicas y fisiológicas hacen que sea de particular importancia para los países en desarrollo, por su rápido crecimiento, su amplia adaptabilidad a ambientes que van de semidesérticos a fríos (FAO, 1994).

El *Eucalyptus globulus* Labill ha demostrado ser mejoradora del suelo en comparación en las que se desenvuelven los cultivos agrícolas, no han existido pruebas de que degraden el terreno en ningún caso, incluso en los terrenos más pobres como en los arenales. El empobrecimiento que el eucalipto haya podido causar en determinados suelos forestales poco fértiles no es, pues, una cuestión de la especie, sino de su elevada capacidad de producción y de su excesivamente intensa forma de explotación (Montoya, 1995).

Para mayor conocimiento de esta especie se hace necesaria la investigación del desarrollo de plantines en carpa solar, con el fin de aprovechar las bondades que ofrece este ambiente. Los factores sujetos a estudio son: diferentes sustratos y tratamientos pregerminativos de la semilla. El objetivo es determinar el grado de aceleración de la germinación y su desarrollo hasta establecimiento del plantin de eucalipto; así mismo, los resultados obtenidos resultan medios de comparación con una explotación convencional de plantines en ambientes no atemperados.

Por otra parte el tratamiento pregerminativo de la semilla asociado al ambiente de la carpa solar condiciona un estado de aceleración de la germinación que muy bien puede ser aprovechado o simplemente no es significativo este efecto para una producción a escala mayor de explotación y reforestación.

Bolivia aun continua siendo desbastada por la tala indiscriminada de los bosques naturales ocasionando graves daños al equilibrio ecológico y la pérdida de recursos. En ese sentido el eucalipto (*Eucalytus globulus* Labill) es una buena alternativa de explotación y de reforestación para frenar la explotación de otras especies madereras en proceso de extinción.

Para su explotación y/o reforestación, es importante tratar a la especie desde su fase de plántulas, donde se deberá obtener alturas y diámetros uniformes. La existencia de variaciones debe mantenerse al mínimo, para que el producto final sea de mejor calidad, más fácil su cosecha y su mercadeo se efectuará con la máxima eficiencia después de la elaboración, lo que hará posible el mayor beneficio para el propietario forestal.

Se debe cultivar el eucalipto por sus ventajas económicas sobre el terreno y en la industria forestal, caso contrario continuara la destrucción de los recursos forestales de especies madereras más nobles (cerezo, nogal, fresno, roble, haya.) y del medio ambiente global del planeta tierra, y al empobrecimiento y desempleo y la industria.

Según Acarapi (2001), menciona que el eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) tiene un gran potencial económico dentro del desarrollo forestal del país y es apto para forestar terrenos con pendientes con más de 40%.

Según Khuno (2005), existen diferencias significativas de los diferentes niveles de sustratos en la germinación y crecimiento de las plántulas forestales.

### **1.1 Objetivo general**

- Evaluar diferentes sustratos y los tratamientos pregerminativos de mayor rendimiento de la semilla del eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill), para la producción de plantines en condiciones de carpa solar, en el Centro Experimental de Cota Cota de la Facultad de Agronomía.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar la producción de plantines de eucalipto bajo diferentes sustratos.
- Evaluar la producción de plantines de eucalipto bajo tratamientos pregerminativos.
- Evaluar los costos unitarios de producción de plantines, relación B/C.

### **1.3 Hipótesis**

- Los diferentes sustratos no influyen en la producción de plantines de eucalipto.
- Los diferentes tratamientos pregerminativos no influyen en la producción de plantines de eucalipto.

## II REVISION BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características del Eucalipto Macho

#### 2.1.1 Origen del *Eucalyptus globulus* Labill

El eucalipto se caracteriza por la presencia de glándulas oleíferas en todos sus órganos, es originario de Australia, Tasmania y Nueva Guinea. En total, hay más de 600 especies diferentes, la mayor parte de las cuales son endémicas de Australia. Dada la gran variedad de sus ecosistemas y la enorme diversidad del género, es posible encontrar eucaliptos adaptados a todo tipo de condicionantes ecológicos (FAO, 1981).

El *Eucalyptus globulus* Labill fue el primero de los eucaliptos ampliamente conocido fuera de Australia, y en una época su nombre vulgar, « blue gum », fue el sinónimo de eucaliptos para el público en general. Los éxitos iniciales lo llevaron a convertirse en la especie de eucalipto más extensamente plantada en el mundo. Hacia fines de 1973, había más de 800.000,0 ha de plantaciones del *Eucalyptus globulus*. La región de mayor concentración fue la Península Ibérica, contando Portugal, con 238.000,0 ha y España con 205.000,0 ha, ambos llegaron a formar más de la mitad del total. Portugal introdujo la especie ya en 1829, pero no hubo registros fidedignos hasta 1852 (FAO, 1994).

En el mismo documento se menciona que en Bolivia los eucaliptos fueron inicialmente introducidos en 1900 (semilla de *E. globulus* procedente de Argentina). *E. globulus* es todavía la especie principalmente plantada, y las plantaciones se presentan por lo general en forma de pequeños bosques privados, sobre la alta meseta.

#### 2.1.2 Descripción botánica

##### 2.1.2.1 Taxonomía

EL eucalipto tiene la siguiente descripción taxonómica (Marzocca, 1985):

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Dicotiledonea

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: Eucalyptus

Especie: Eucalyptus globulus

Nombre Científico: *Eucalyptus globulus* Labill

Nombre común: Eucalipto macho, eucalipto blanco, eucalipto azul, eucalipto medicinal.

### 2.1.2.2 Morfología de la planta

#### ➤ Tallo

El *Eucalyptus globulus* es un árbol perennifolio, monoico, que en su estado natural puede sobrepasar con facilidad los 50 m de altura y 1,5 m de diámetro (ver Fotografía 1). Su corteza es lisa, verde y blanca y caediza en láminas o tiras, es decir su corteza se desprende en tiras que, tras permanecer colgado del árbol durante un cierto tiempo, acaban por caer al suelo dejando ver al exterior una nueva corteza de color blanco-plateado o azulado (Sánchez, 1989).

#### ➤ Hojas y Flor

Cuando el ejemplar es joven, las hojas, en su etapa juvenil son opuestas, son grandes, entre ovales y oblongas, de color azul plateado y que toman color verde franco al madurar. Las hojas adultas son alternas, pecioladas, de color verde más oscuro, lanceoladas a menudo curvadas, y alcanzan entre 4 y 7 cm. de longitud en los ejemplares cultivados en suelo, al aire libre; estas características mencionadas hacen que esta especie tenga el carácter de "heterofilia", es decir presenta en el mismo árbol distintas y diferentes sus hojas respecto de las adultas. Su floración (flores blancas) se produce en umbelas axilares formadas por entre 3 y 10 flores (ver Fotografía 1), (Montoya, 1995).



Fuente: Tomada del libro "El eucalipto en la repoblación forestal" (FAO, 1981)

**Fotografía 1. *Eucalyptus globulus* Labill**

➤ **Fruto**

Su fruto es una cápsula pedicelada, leñosa y multisperma, que adquiere el aspecto de pequeñas campanillas (hemisférico o acampanado), de 10 – 15 mm de diámetro que se abre de forma apical, y formada por 3 a 5 valvas triangulares (ver Fotografía 2). En su interior acoge las semillas, de forma alargada y aspecto similar al de los piñones, que alcanzan entre 2 y 3 mm de longitud (Rojas, 2000).



Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía 2. Fruto del *Eucalyptus globulus* Labill**

## ➤ **Raíz**

Tiene una raíz muy poderosa y agresiva que ancla muy bien al árbol frente a los agentes atmosféricos. No obstante, el árbol puede resultar poco resistente frente al viento si la planta de la que procede se ha repicado deficientemente en vivero; de aquí la conveniencia de utilizar siempre en sus plantaciones la planta adecuada, y también la necesidad de cultivarla en los envases más apropiados. La conservación de su capacidad natural para rehacer el eje central pivotante de la raíz principal resulta en este sentido fundamental (Montoya, 1995).

## ➤ **Semilla y su diseminación**

Hay alrededor de 460 semillas limpias por gramo. Las cápsulas liberan las semillas inmediatamente al alcanzar la madurez y las semillas son dispersadas por el viento. La distancia de dispersión calculada en base a una altura de 40 m con unos vientos de 10 km por hora, es de 20 m. Las semillas recién liberadas germinan dentro de unas pocas semanas bajo condiciones adecuadas (FAO, 1994).

### **2.1.3 Requerimientos del cultivo**

#### **2.1.3.1 Temperatura y precipitación**

La distribución natural del eucalipto se localiza en climas templado-húmedos, pero prefiere los climas húmedos y sin heladas. La temperatura media debe ser superior a 3°C con el óptimo entre 10-15,5°C. La pluviosidad anual debe ser de 600 mm (idealmente de 700 a más de 1200 mm) repartidos con regularidad a lo largo del año. Las limitaciones de su crecimiento son las heladas y las bajas temperaturas, se presentan frecuentemente daños por heladas de por debajo de -3 °C (especialmente si las heladas se producen cuando el árbol esta brotando), el daño es más notorio cuando la temperatura desciende de -5 °C (FAO, 1981).

El mismo documento indica, que si la temperatura baja -6 °C a -8 °C es posible que el árbol llegue incluso a morir, especialmente si son prolongadas (no suelen soportar más de 10 días de heladas por año). Son especialmente sensibles a las heladas de forma particular los individuos jóvenes, sobre todo en presencia de nieblas, vientos fuertes y



sequias. La resistencia a las heladas aumenta al alcanzar los dos o tres años de edad. Tampoco se ven favorecidos por la sombra, por lo que soporta mal la cubierta o la competencia de otras especies.

### **2.1.3.2 Suelo**

Es relativamente exigente en calidad de suelos, requiere de suelo franco-arcilloso, no compactados, profundos, que mantengan buenos drenajes, en suelos con mejor textura tiene buenos resultados económicos, con pH mayor de 5. Se adapta muy bien a los terrenos agrícolas marginales abandonados. Resiste mal el encharcamiento y dada su abundancia en esencias (eucalipto) no es apenas agredido por el ganado, lo que facilita el cuidado de sus repoblaciones y el uso pastoral de sus montes (FAO, 1987).

El mismo autor indica, que el eucalipto no crece bien en suelos con escaso volumen útil disponible de tierra fina, ni en terrenos con fuertes discontinuidades en su perfil edáfico. Los suelos más comunes en sus cultivos son los formados sobre materiales silíceos: tierra parda húmeda, tierra parda meridional; también suelos pardo calizos con lavados de carbonatos y horizonte forestal muy desarrollado, así como suelos aluviales y pardos sobre gravas con materiales silíceos.

### **2.1.4 Propagación y época de plantación**

Se puede reproducir mediante semilla, esquejes, en vitro y hibridación controlada. Si se realiza su reproducción por semilla, ésta deberá plantarse en primavera o, preferiblemente, en otoño, aunque también se puede realizar a mediados o finales del verano (según algunos, la mejor estación para su siembra), época en la que los frutos alcanzan su madurez óptima (Montoya, 1995).

En caso de no poder realizar la siembra, se recomienda almacenar las semillas en lugares alejados de fuentes de luz, calor y humedad, con el objeto de mantener intactas sus cualidades germinativas, así como un óptimo estado fitosanitario. Su período de producción varía, dependiendo del ecosistema, está entre 3 y 5 meses, un tiempo relativamente corto si lo comparamos con otros árboles como los pinos o los robles, de crecimiento más lento (FAO, 1981).

#### **2.1.4.1 Procedencia de la semilla**

El eucalipto comienza normalmente a producir semillas a partir del cuarto a quinto año, sus frutos están maduros a los 10-12 meses de florecer. La recolección de semilla se hace en los bosques de producción, también después de las talas. Las inflorescencias (umbelas o panículos) que generan los frutos, estas deben sacarse a mano de las ramas y ponerse lo más pronto posible en una bolsa resistente de tejido tupido (FAO, 1994).

Las cápsulas de eucalipto recolectadas deben vaciarse sobre una superficie plana limpia, o sobre una lona, en ambiente cálido y seco, y sacudirlas regularmente para que caigan las semillas y paráfisis. Al cabo de pocos días, pueden tamizarse las cápsulas de las semillas y paráfisis, almacenándolas hasta la siembra en el vivero. Las semillas se conservan bien en frascos de cristal y bien sellados, a temperaturas de 3-4 °C, preferentemente con humedades de 7-9% (FAO, 2009).

En el mismo documento se menciona, que el método eficaz para lograr la correcta germinación de la semilla de eucalipto es el siguiente:

- Se recolectan los frutos sin abrir, pero ya maduros. La mejor estación para su recolección es durante los meses de verano. Si es posible, emplear las que se encuentren en el suelo, mirando que no estén abiertas y que mantengan dentro las semillas.
- Se sitúan al lado de una fuente de calor, en el caso de encontrarse en la época de siembra. Al notar el calor, el fruto se abre al cabo de unos días. Se sacuden y salen las semillas juntamente con paráfisis.
- Se siembran y a las pocas semanas nacen la mayoría sin mayor dificultad.

#### **2.1.5 Siembra**

Se pueden sembrar, lanzadas desde aviones o helicópteros, semillas encapsuladas para complementar la regeneración natural. Para las plantaciones de producción, las plántulas se crían mejor en viveros bien protegidos y organizados (FAO, 2009).

En los viveros, los eucaliptos pueden sembrarse en bandejas y las plantitas apenas germinadas repicarse en recipientes, en los cuales se llevarán al terreno, pero pueden ser

sembradas directamente en los recipientes (en tiestos de barro, tubos de polietileno, envases de turba, etc.), o, pueden sembrarse en hileras en almácigas cuidadosamente preparadas y luego sometidas a podas de raíces antes de plantarlas a raíz desnuda. Indudablemente, el método más común es el de criar las plantas en recipientes individuales, de formas diversas (Galloway, 1983).

### **2.1.5.1 Siembra directa en bolsas**

Los tres siguientes párrafos son extraídos de, FAO (1981).

Muchos forestales prefieren sembrar la semilla de eucalipto directamente en los recipientes, sea en bolsas o tubos de polietileno, en los tiestos de turba u otros, más bien que cultivar en sus fases iniciales las plántulas en bandejas. Las ventajas de la siembra directa son el menor costo y el evitar perjuicios a las plantas por repicados poco cuidadosos. Los principales inconvenientes son que se requiere más semilla y hay siempre el riesgo de no disponer de ella en cantidad suficiente a causa de una germinación irregular y pobre.

Se trata de sembrar un promedio de tres hasta cinco semillas por recipiente. Debido a su pequeño tamaño, es necesario emplear métodos especiales para regular la cantidad sembrada. En algunos viveros se usa una sembradora hecha con un frasco cuya tapa está perforada con agujeros calibrados, de modo que deja pasar una determinada cantidad de semillas en cada sacudida, mientras que en otras usualmente se emplea la sembradora «Nordland» (sembradora mecánica, pero portátil, destinada a semillas agrícolas). En Nigeria, se ideó un método por el cual se introduce dentro de la semilla una aguja revestida de almidón; la cantidad de semillas que se adhieren a la aguja es proporcional a la profundidad a que ésta se introduce.

Después de la siembra, se riegan los recipientes y se cubren para protegerlos del sol excesivo o lluvias de tormenta hasta que la germinación sea completa. Se ponen luego los envases a pleno sol durante el día, pero se cubren durante la noche o cuando se prevén tormentas. Cuando las plántulas llegan a la etapa del segundo o tercer par de hojas, se ralean a mano dejándose un par por recipiente. Este raleo es importante, ya que es posible que, en el caso en que más de dos plantas crezcan dentro del mismo recipiente, hay el riesgo que sean derribadas por el viento.

### **2.1.6 Desarrollo de plántulas**

Las plántulas recién germinadas poseen unos cotiledones en forma de corazones invertidos que aparecen de forma epigea. Las plántulas cultivadas en contenedores en el vivero alcanzan un tamaño de trasplante de aproximadamente 30 a 50 cm de altura en un período de 3 a 4 meses. Las plántulas se pueden establecer si se plantan con las raíces desnudas, pero el éxito depende en gran medida de la presencia de un clima lluvioso y favorable después del plantado. Por lo tanto, las plántulas son por lo usual cultivadas en contenedores y plantadas con el terrón. Las plántulas no son resistentes a las heladas (FAO, 1981).

### **2.1.7 Enfermedades**

Entre las principales enfermedades que afectan a los eucaliptos tenemos (Montoya, 1995):

- Hongos y bacterias que atacan las raíces: Entre ellas las más importantes son producidas por el género *Phytophthora* que producen la podredumbre de las raíces y la muerte de los árboles, de las cuales resalta la *Phytophthora cinnamomi*.
- El chancro del tallo: causado por el hongo *Diaporthe cubensis* Bruner que produce la falta de desarrollo del árbol, llegando a producirle la muerte.
- La enfermedad rosada: causada por *Corticium salmonicolor*, un patógeno que produce la destrucción de muchas ramas y partes de la planta. Comienza con la aparición de unas manchas de color rosado y la posterior introducción del hongo en el interior de la madera lo que produce la muerte de la zona afectada.
- El moho de los eucaliptos: producido por el hongo *Erysiphe cichoracearum* que ataca a las hojas haciendo que se deformen y caigan.

### **2.1.8 Plagas**

Entre las principales plagas tenemos (Montoya, 1995):

- Podredumbre de corazón: Causada por larvas del insecto *Phoracantha semipunctata* que ataca la madera de los árboles adultos o sus raíces produciendo daños en las mismas.

- Chupador de savia: se trata del insecto *Ctenarytaina eucalypti* Mask que se alimenta de la savia de este árbol.
- Barrenillos, termitas y hormigas: Son los principales insectos que atacan la madera de los árboles cortados o enfermos en las regiones cálidas.
- Daños producidos a las especies jóvenes: Los daños son producidos por las orugas de polillas, hormigas o larvas de escarabajos que se comen las partes tiernas.

La gomosis del eucalipto consiste en una exudación gomosa que se produce como resultado de daños causados por diferentes factores desde el ataque de insectos, hongos, o la rotura de ramas (Philip, 1984).

### **2.1.9 Usos y beneficios**

Según IASRF (2003), menciona que el Eucalipto es la frondosa más abundante, con más de cuatro millones de hectáreas de plantaciones diseminadas en todo el mundo. Han sido introducida y es cultivada en muchos países por sus elevadas producciones potenciales tanto industriales como medicinales, por sus cualidades protectoras (fijación de dunas, pantallas cortavientos, desecación de terrenos encharcados) o por sus valores estéticos (parques, lindes de caminos, etc).

#### **2.1.9.1 Industrial**

Actualmente, el *Eucalyptus globulus* se constituye como el árbol más utilizado para plantaciones forestales. Su uso industrial se distingue, principalmente para la producción de celulosa usada para la fabricación de pasta de papel, para madera con diferentes finalidades (muebles, vigas para la construcción, herramientas o chapas) y como combustible (FAO, 1987).

Por la riqueza en aceites de sus hojas, constituyen árboles muy productivos para la industria química (disolventes, aromatizantes, perfumes, repelentes de insectos, etc) y farmacéutica (cineol, terpineol, felandreno, etc). Incluso la industria de los licores se beneficia fabricando licores como el famoso Eucalittino de Roma, recientemente esta de promoción el uso del aceite de *Eucalyptus globulus* en la elaboración de pastas dentales

por la transnacional “Kolynos”. En Australia es parte de los árboles melíferos para la producción de miel de alta calidad, un mayor detalle de los componentes del eucalipto y su rendimiento por hectárea se muestra en Anexo 1, (UCA, 1994).

### **2.1.9.2 Medicinal**

Purifican el ambiente con el aromático olor que exhalan sus hojas. Con sus hojas quemadas se pueden hacer fumigaciones para el saneamiento de habitaciones, sobre todo de los enfermos (PEFB, 1991).

Los tres siguientes párrafos son extraídos de, UCA (1994).

Las hojas en infusión y cocimiento sirven muchísimo contra la influenza, la bronquitis y los catarros bronquiales, las afonías, la tos, las irritaciones del aparato urinario y las afecciones catarrales en general. Las hojas se emplean también contra las enfermedades del pecho o infecciones, aplicándolas en compresas o cataplasmas.

Las hojas, principalmente las de color verdemar, que son las que aparecen en los eucaliptos jóvenes o en las ramas nuevas, son astringentes, y su infusión es febrífuga, especialmente en las fiebres intermitentes, rebeldes a la acción de la quinina y demás febrífugos.

El mismo documento indica, que el estímulo que ejerce el eucalipto sobre el estómago, lo ha hecho prescribir como estimulante del apetito y digestivo en la dispepsia atónica. La esencia de eucalipto produce sobre las mucosas una sensación de calor. El eucalipto puede facilitar la cicatrización de algunas úlceras, modificando su naturaleza.

Internamente, en dosis moderadas, el extracto de eucalipto produce efectos antiespasmódicos, análogos a los del éter y del cloroformo. Pero si la dosis es demasiado elevada, se retrasan gradualmente la circulación y la respiración, se aminora la sensibilidad y puede llegar la muerte, a veces en medio de una calma profunda, a veces precedida de convulsiones (Orea, 2004).

### **2.1.10 Impacto ambiental del Eucalipto**

A todos nos es familiar las acusaciones de ecologistas y campesinos mal informados que inculpan al eucalipto de degradar de forma irreversible los suelos, hasta que el extremo que esta afirmación se repite insistentemente entre el gran público y forma parte ya de la cultura ambiental del ciudadano urbano. Sin embargo, esta generalizada creencia debe ser matizada. Los problemas a los que se alude más frecuentemente son (UCA, 1994):

- Una acidificación extrema, con todo lo que ello implica para la estructura del suelo y para la micro fauna y la flora.
- Un descenso del nivel freático, que afecta a cauces de agua, pozos, fuentes y provoca la desecación de cultivos en las inmediaciones de las plantaciones.
- Una pérdida sustancial de nutrientes, que deja empobrecidos a los suelos para un aprovechamiento posterior.
- Un descenso en la biodiversidad de los ecosistemas, que esteriliza a las plantaciones de flora y fauna autóctonas y de microorganismos en el suelo.
- Una pérdida de suelo por erosión, que hace aflorar la roca en aquellas plantaciones que se realizan sobre terrenos inclinados.

El mismo documento menciona, que por el contrario, los estudios científicos al respecto no se muestran catastróficos, sino que, por lo general, tienden a desmitificar tales indicios.

#### **2.1.10.1 Fertilidad de los suelos**

Dos son las formas de empobrecimiento de los suelos: la extracción misma de nutrientes y la rotura del ciclo natural de los nutrientes dentro del bosque y otros efectos edáficos derivados de la deforestación. Siempre el balance final está regulado por la capacidad natural de los suelos para regenerar sus nutrientes perdidos. Esta es la clave de que los suelos se degraden o no, en función de la intensidad de los aprovechamientos, cabe recordar que toda explotación forestal, eucalipto incluido, es un aprovechamiento mucho

más suave y menos explotador que los aprovechamientos agrícolas comunes (Montoya, 1995).

En el mismo documento se menciona, que las acusaciones que se dan al eucalipto de que degrada los suelos, es una verdad a medias mentira completa que tiene que ver con la falta de cultura forestal que impera casi en todo el mundo. El eucalipto es un cultivo de explotación económica, no un adorno en el paisaje. Todas la especies extraen nutrientes del suelo y si estas se siembran y se cosechan, el suelo se va empobreciendo. Esto ocurre con los bosques y los maizales. La diferencia consiste en que los maizales reciben alguna forma de abono.

El eucalipto cuando se siembra en formación cerrada tiene la apariencia de un bosque y no todo el mundo entiende que un bosque también necesita alimentarse. Pero el eucalipto economiza al máximo los nutrientes que necesita para su desarrollo, porque retoña. Cuando lo talan para cosecharlo, el eucalipto produce nuevos brotes, varios, que deben ser seleccionados. Esta selección se hace generalmente dos años después de la tala, y significa un interesante ingreso por leña o madera para estacas (Hidalgo, 2002).

En el mismo documento menciona, que el eucalipto ahorra a la tierra todos los nutrientes que necesitó el árbol para producir el complejo sistema radicular y el tocón del tronco que no se corta. Y se puede extraer madera del mismo tocón hasta por 100 años, sin necesidad de reforestar de nuevo.

#### **2.1.10.2 Protección de suelos**

Según Montoya (1995), indica que el eucalipto ha sido muy usado en protección contra la erosión eólica en zonas de dunas (especialmente en los borde del Sahara). En cortavientos en la agricultura. Su rapidez de crecimiento, la fortaleza de su madera y de su sistema radical, gran dimensión y permeabilidad al viento de sus copas, le hacen muy útil en estas aplicaciones.

El mismo autor indica, que el eucalipto también ha sido muy usado en restauración de suelos hidromorfos (muy frecuentes en todas las zonas mediterráneas con inviernos



lluviosos y veranos secos). Su elevada capacidad de transpiración deseca los suelos encharcados de pseudogley, al tiempo que su poderoso sistema radicular consigue frecuentemente perforar las capas más impermeables del suelo y dar salida hacia el fondo (drenaje vertical) el agua estacionalmente sobrante.

### **2.1.10.3 Aguas e hidrológica**

El eucalipto es acusado de desecar las fuentes y de agredir a las conducciones de aguas, pero este efecto no es tan alarmante como suele afirmarse. Dos cualidades presenta el eucalipto frente a las demás especies forestales (FAO, 1989):

- A causa de sus hojas colgantes presenta una reducida intercepción de la lluvia (que en algunos otros tipos de bosques llegan a representar hasta el 20-30% de la precipitación, pero en el eucalipto viene a ser solo del 5-10%), lo que incrementa los aportes al suelo.
- Sus hojas aéreas, colgantes y acuminadas, están bien adaptadas a recoger la humedad de la niebla para transformarla en lluvia.

Se estima su consumo de agua en unos 500 litros de agua por kilogramo de materia seca producida, se calcula una producción anual de 3 y 15 toneladas de materia seca por hectárea, No obstante, producir similares cantidades de materia seca con otras especies (si existiera especies leñosas o herbáceas alternativas) , llevaría a consumos de agua aun mayores (Montoya, 1995).

El eucalipto consume menos agua de lo que parece, porque tiene la facultad de cerrar sus hojas, de manera que durante las sequías, su evaporación – transpiración se reduce radicalmente. Cuando no llueve y los demás árboles se ponen amarillos y secos, el eucalipto se mantiene verde y alegre. Y no porque tenga enormes reservas de agua hurtadas a sus vecino vegetales, sino porque cierra sus estomas de sus hojas y no deja escapar por ellos el agua (los eucaliptos no sudan), (CIH, 1999).

#### **2.1.10.4. Flora y fauna**

Tras las cortas de los eucaliptos, la vegetación adventicia se desarrolla rápidamente, lo que en todo caso da una idea de la escasa entidad y persistencia de estos fenómenos alelopáticos (*Bromus mollis* o *Lolium multiflorum*). Pese a ello, la vegetación del sotobosque de los eucaliptales puede llegar a ser muy densa y abundante si estos abandonan a formas de masa marginales y débiles (Hidalgo, 2002).

Pocas especies de insectos son capaces de consumir al eucalipto. En contraste, la continuidad y abundancia de su floración favorece a las abejas cuya miel obtenida es de gran calidad y precio. La frecuente anidada de grandes aves (cigüeñas, águilas, buitres, etc.) posan sobre los eucaliptos aislados de gran dimensión. Su sombra matizada y no muy densa atraen durante su descanso a diversas especies de mamíferos y otros animales (Montoya, 1995).

#### **2.2 Sustratos**

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Vargas, 2002).

También se define al sustrato como la mezcla de distintos materiales utilizados en un vivero, entre los que se encuentran Tierra vegetal, Tierra negra, Arenilla, Lama, Guano, Compost y Tierra del lugar. Es el medio en el cual germinaran las semillas. Este debe ser un material fino, poroso, suelto y liviano, de tal manera que permita una buena formación de la raíz (Fossati y Olivera, 1996).

El mismo autor indica, que el sustrato de almacigo debe tener una textura arenosa a limosa. El sustrato para el llenado de bolsas debe contener un mayor número de nutrientes y una textura franco limoso a franco arcilloso, en este sustrato las plántulas crecen y se desarrollan hasta su establecimiento en plantación.

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc. Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se debe considerar las propiedades físicas y químicas de los sustratos, algunas de las cuales se describe en Anexo 2, (Galloway, 1983).

### **2.2.1 Clasificación de sustratos**

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos que están basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc (FAO, 1987).

#### **I) Según sus propiedades:**

- **Sustratos químicamente inertes.** Arena granítica o silíceas, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- **Sustratos químicamente activos.** Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal.

#### **II) Según el origen de los materiales:**

##### **a) Materiales orgánicos**

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turba).
- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).

- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

## **b) Materiales inorgánicos o minerales.**

- De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).
- Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.).

### **2.2.2 Descripción de los materiales de sustratos**

Las características y funciones de los materiales más comunes que se utilizan en los diferentes sustratos son (Fossati y Olivera, 1996):

#### **a. Arenas**

Las que proporcionan los mejores resultados son las arenas de río. Su granulometría más adecuada oscila entre 0,5 y 2 mm de diámetro. Su densidad aparente es de 1.500-1.800 kg/m<sup>3</sup> similar a la grava. Su capacidad de retención del agua es media (20 % del peso y más del 35 % del volumen); su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de la compactación; su capacidad de intercambio catiónico es nula.

Es relativamente frecuente que su contenido en caliza alcance el 8-10 %. Su pH varía entre 4 y 8. Su durabilidad es elevada. Es bastante frecuente su mezcla con turba, como sustrato de enraizamiento y de cultivo en contenedores. Debido a su porosidad permite la penetración de la humedad en forma rápida y uniforme en el sustrato, permitiendo el drenaje adecuado del excedente de agua. Además, facilita el crecimiento y buena formación de las raíces.

## **b. Turbas**

Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica.

Es más frecuente el uso de turbas rubias en cultivo sin suelo, debido a que las negras tienen una aireación deficiente y unos contenidos elevados en sales solubles. Las turbas rubias tienen un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero muy variable en cuanto a su composición ya que depende de su origen.

La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3,5 y 8,5. Se emplea en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros. Las propiedades de la turba, se muestra en Anexo 3,

## **c. Limo**

Este material, cuando está húmedo, no se pega ni se rompe fácilmente al contacto de los dedos. Tiene una reacción ligeramente ácida a neutra (pH 6,0 a 7,0), varía de acuerdo a su origen. Se encuentra en las orillas de los ríos, formando bancos de diferentes tamaños. Su función es la de mantener una estructura adecuada para el crecimiento de las raíces, mantener la humedad y aportar nutrientes en pequeña escala.

#### **d. Tierra vegetal**

Este material puede ser de dos clases: la primera clase es la que se encuentra en la ceja de monte y que presenta características de reacción ácida (pH 4,0 a 5,0). Está compuesta por ramas, hojas, corteza y otros residuos vegetales en descomposición.

La otra clase de tierra vegetal se encuentra, en la zona de los valles secos. Está compuesta por material en descomposición de hojas de molle, algarrobo y otros. La diferencia es que tiene una reacción neutra (pH 6,5 a 7,5).

La función de ambas clases de tierra vegetal es mantener la humedad del sustrato y proveer nutrientes. Este material es más provechoso para la planta cuando está más descompuesto.

#### **e. Compost**

Es el producto de la descomposición de malezas provenientes de los deshierbes y de plántulas de descarte de pinos, ciprés y otros. Tiene características ácidas (pH 5,5 a 6,5). Su función es de proveer nutrientes y mantener la humedad. Este material debe ser preparado en el vivero.

#### **f. Abono orgánico**

Generalmente se utiliza el estiércol de la vaca, oveja, conejo u otro animal y debe ser utilizado bien descompuesto. Tiene características de reacción neutra a alcalina (pH 7,0 a 8,0). Su función es la de proporcionar nutrientes a las plantas y mantener la humedad.

#### **g. Tierra del lugar**

Aquellas tierras ubicadas en sitios sobre los 3000 m.s.n.m., o en zonas húmedas, presentan características de suelos de textura mediana (franco arcilloso) y reacción

acida. Aquellos suelos de zonas por debajo de los 3000 m.s.n.m., presentan características desde ligeramente acidas a ligeramente alcalinas, con suelos livianos o franco arenosos y suelos semi pesados o franco limosos (estos últimos compuestos de arcillas rojas con pocos nutrientes).

La función de la tierra del lugar es de substituir, en forma barata, sencilla, a materiales del sustrato que son difíciles de encontrar. Además, le da a la planta un medio parecido al que tendrá en su sitio de plantación.

Mayor detalle de sustratos naturales se muestra en el Anexo 4.

### **2.2.3 Desinfección de sustratos**

La desinfección de los sustratos para almácigos es una operación necesaria e importante debido a que un hongo o enfermedad podría eliminar miles de plántulas en corto tiempo. Un método practico y barato, aunque no muy efectivo es el uso de agua hervida. Se aplica agua hirviendo, con regadera, directamente a la almaciguera, en una proporción de 8 litros por 2 metros cuadrados; esto se debe realizar inmediatamente antes que el agua enfrié y pierda su efectividad (Fossati y Olivera, 1996).

Según Goitia (2000), existe otros métodos más efectivos, en los cuales se utilizan compuestos químicos como el Formol concentrado al 40%, Basamid, Bromuro de metilo, Formalina, etc. Algunos métodos de desinfección se detallan en Anexo 5.

### **2.2.4 Materia orgánica**

El suelo físicamente está formado por una parte mineral y otra orgánica; la primera proviene de la génesis propia a partir de la “roca madre”, los elementos de sedimentación, etc. La parte orgánica proviene de los distintos desechos de los organismos vivos que son transformados por los microorganismos que posee naturalmente el suelo (Rodríguez, 1982).

El mismo autor menciona, que la materia orgánica proviene de los residuos vegetales y animales. Los restos vegetales derivan tanto de los cultivos como de las plantas naturales y de los llamados “abonos verdes” (se los entierra en un punto determinado de crecimiento

para incorporar materia orgánica al suelo). Los restos animales provienen de los animales muertos, tanto de la fauna general como de la fauna edáfica (estos contribuyen además a las características del suelo, como la formación de poros, y a la aireación) y de las deyecciones y abonos orgánicos como el estiércol, el guano, harina de sangre, etc.

#### **2.2.4.1 Estiércol**

El estiércol se trata de defecaciones animales descompuestas. Dependiendo del animal que procedan tienen diferentes características. Normalmente se mezclan las defecaciones con paja o algún similar. El estiércol descompuesto se utiliza para mezclar con el sustrato inicial para aportar fertilidad, nunca se utiliza al 100% debido a que es un abono muy fuerte y puede ocasionar daños a la planta (quema de raíces). Contiene sobre todo nitrógeno y algo de fósforo y potasio. Su pH puede variar según el origen (Huanca, 2007).

El estiércol de ovino es abundante en nitrógeno y potasio, y un poco menos en fósforo, tiene un parecido al estiércol de caballo, su concentración NPK típica es de 1-0,5-1. El estiércol fresco contiene mucho nitrógeno y es peligroso utilizarlo en grandes cantidades (Moholt, 1999).

La composición química de distintos abonos orgánicos, se detalla en Anexo 6.

### **2.3 Tratamientos pregerminativos de la semilla**

El fenómeno germinativo y el establecimiento de plántulas en su hábitat constituyen dos eventos de radical importancia para la supervivencia de cualquier especie.

El proceso de germinación comprende el lapso de vida de la planta en el cual el embrión inicia su crecimiento hasta que la plántula se establece; resulta importante tener en cuenta, para entender mejor tal proceso, que las semillas necesitan cierta cantidad y calidad de luz, humedad y temperatura para poder germinar (Tarima, 2000).

#### **2.3.1 Tratamientos pregerminativos comunes**

El estudio de los eventos pregerminativos y germinativos resulta interesante en cualquier ecosistema. Los tratamientos comunes son: semillas sumergidas, estratificación, escarificación, lixiviación, hormonas y otros estimulantes (Tarima, 2000).



Debido a la diversidad de semillas forestales, se debe aplicar el tratamiento pregerminativo más adecuado a fin de evitar el daño de la semilla (Goitia, 2000).

### **2.3.1.1 Semillas sumergidas**

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 12 de oscuridad por día. Este tratamiento es utilizado para ablandar los tegumentos de la semilla (Trujillo, 1995).

### **2.3.1.2 Estratificación**

Consiste en colocar las semillas embebidas de agua, en capas o estratos húmedos, usando como sustrato arena. El período de estratificación varía según la especie. Se utiliza para superar latencias provenientes del embrión. En el vivero también se puede estratificar empleando el mismo suelo o algún otro sustrato húmedo. La estratificación fría se realiza en invierno y la cálida en verano (Goitia, 2000).

- Cálida. Si la estratificación se realiza a temperaturas altas (22 a 30 °C).
- Fría. Si la estratificación se realiza a temperaturas bajas (0 a 10 °C).

### **2.3.1.3 Escarificación**

Es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases. Estos se describen a continuación (Goitia, 2000).

- Mecánica. Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo. Si es a gran escala se utilizan maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava.
- Con agua caliente. Se colocan las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 y 100 °C. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento.

- Con ácido. Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el período de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante.

#### **2.3.1.4 Lixiviación**

El propósito es remover los inhibidores remojando las semillas en agua corriente o cambiándoles el agua con frecuencia. El tiempo de lixiviación es de 12 a 24 horas (Trujillo, 1995).

#### **2.3.1.5 Hormonas y otros estimulantes químicos**

Existen compuestos que sirven para estimular la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, etileno, ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), citokininas, entre otros. Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de remojo, dependiendo de la especie de que se trate (Trujillo, 1995).

Teniendo en cuenta lo anterior, es de gran importancia realizar el tratamiento pregerminativo que se recomienda para cada lote de semillas, ya que obtendrá resultados más rápidos y una producción de plantas más homogéneas (FAO, 1987).

### **2.4 Uso de invernadero y carpas solares**

El uso de la tecnología de ambientes atemperados, invernaderos y carpas solares, en los últimos tiempos se ha constituido en una alternativa para el mejoramiento de rendimientos en la producción de hortalizas, flores y frutales. Esta tecnología se adapta bien a las condiciones edafoclimatológicas de suelos áridos como es el Altiplano Boliviano.

#### **2.4.1. Invernadero**

Un invernadero (o invernáculo) es una construcción de vidrio o plástico en la que se cultivan plantas, a mayor temperatura que en el exterior. Aprovecha el efecto producido por la radiación solar que, al atravesar un vidrio u otro material traslúcido, calienta los

objetos que hay adentro; estos, a su vez, emiten radiación infrarroja, con una longitud de onda mayor que la solar, por lo cual no pueden atravesar los vidrios a su regreso quedando atrapados y produciendo el calentamiento (Schneck, 1992).

El mismo autor indica, que las emisiones del sol hacia la tierra son en onda corta mientras que de la tierra al exterior son en onda larga. La radiación visible puede traspasar el vidrio mientras que una parte de la infrarroja no lo puede hacer. Cabe mencionar que el invernadero se controla la temperatura, la humedad, la luz, gases CO<sub>2</sub>, etc.

El cristal usado para un invernadero trabaja como medio selectivo de la transmisión para diversas frecuencias espectrales, y su efecto es atrapar energía dentro del invernadero, que calienta el ambiente interior. Esto puede ser demostrada abriendo una ventana pequeña cerca de la azotea de un invernadero: la temperatura cae considerablemente. Este principio es la base del sistema de enfriamiento automático (auto ventilación), (Moholt, 1999).

El mismo autor indica que, en ausencia de un recubrimiento, el calor absorbido se eliminaría por corrientes convectivas y por la emisión de radiación infrarroja (longitud de onda superior a la visible). La presencia de los cristales impide el transporte del calor acumulado hacia el exterior por convección y obstruye la salida de una parte de la radiación infrarroja. El efecto neto es la acumulación de calor y el aumento de la temperatura del recinto.

#### **2.4.2. Carpas solares**

Las carpas solares son construcciones con techo transparente, en el que se crea un ambiente propicio bajo condiciones favorables de suelo, agua, clima y semilla. Las carpas solares al igual que los invernaderos y huertos atemperados cumplen las mismas funciones del aprovechamiento de la energía solar pasiva, atrapar la luz y temperatura (CEDEFOA, 2002).

Según Flores (1996), se pueden combinar cuatro factores de producción dentro de la carpa solar:

- Se pueden tener diferentes temperaturas de acuerdo a las épocas
- Se puede hacer un uso eficiente del suelo, realizando mezclas de los materiales, hasta lograr una textura, estructura y un pH adecuado.
- Se puede realizar un uso eficiente del recurso agua, aplicando sistemas de riego acorde a la superficie.
- Los anteriores factores facilitan la buena germinación y un adecuado desarrollo vegetativo y la obtención de un excelente rendimiento de productos hortícolas.

Mayor detalle del uso de las ventajas agronómicas de las carpas solares, se describe en el Anexo 7.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización**

Esta referida a la descripción geográfica y ecológica donde se llevo a cabo la investigación del estudio experimental del proyecto.

##### **3.1.1 Ubicación geográfica**

Los ensayos experimentales se realizaron, en las carpas solares que pertenece al Centro Experimental de Cota Cota de la Facultad de Agronomía. Este se encuentra localizado 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 de la ciudad, tiene una altitud de 3445 m.s.n.m., y esta a 16° 32' 04" de latitud sud y 68° 03' 44" de longitud oeste (Centro Experimental de Cota Cota, 2010).

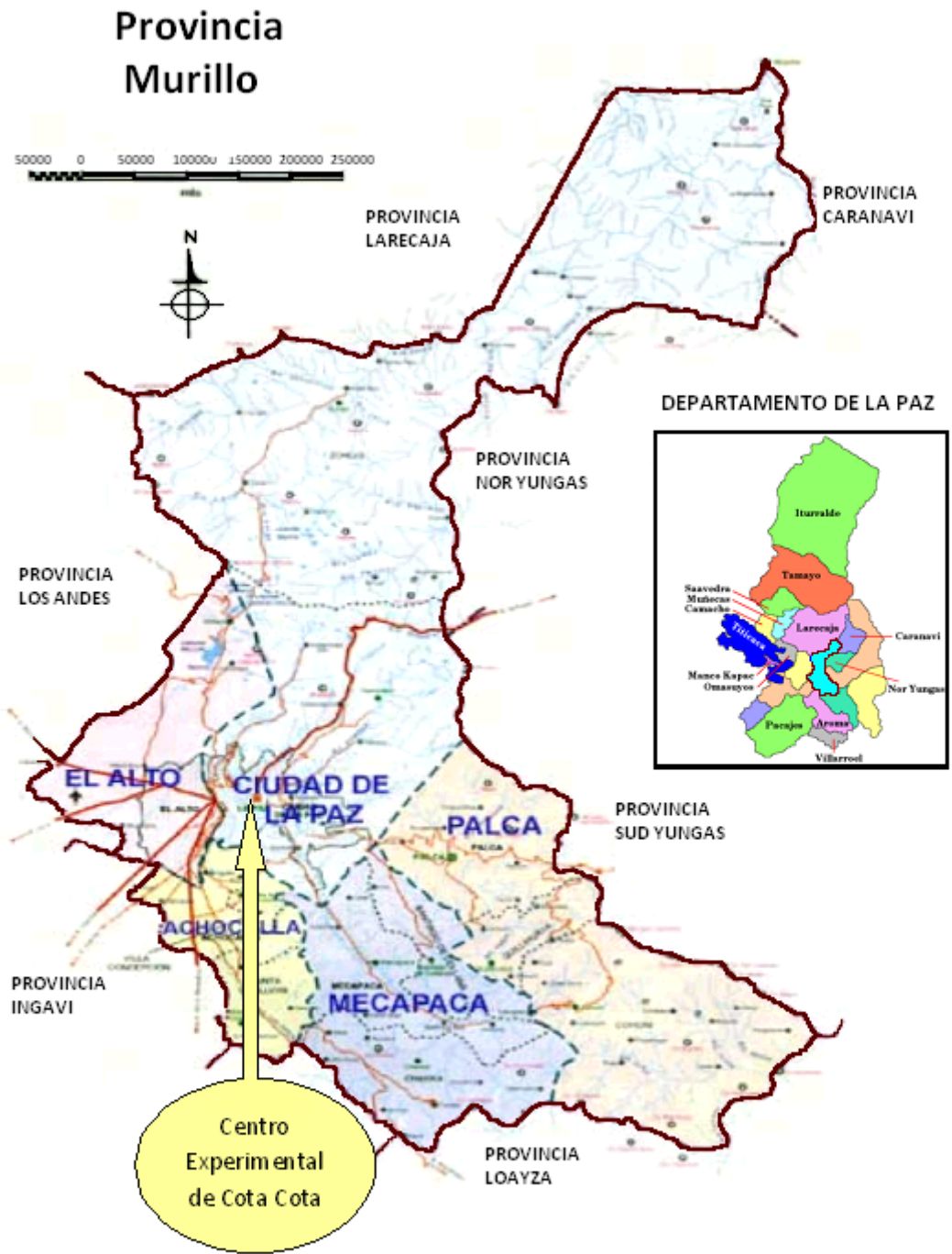
El Mapa 1, describe la ubicación geográfica del Centro Experimental de Cota Cota perteneciente a la Facultad de Agronomía de la UMSA.

##### **3.1.2 Características ecológicas**

###### **3.1.2.1 Clima**

El clima es de montaña típico de cabecera de valle con inviernos secos y fríos con nevadas y granizos ocasionales, los veranos son frescos debido a las elevadas precipitaciones. La época húmeda se presenta entre los meses de diciembre y marzo debido a que en estas fechas se concentran las lluvias de manera estacional, la precipitación promedio es de 600 mm. La temperatura promedio anual es de 11,5 °C, la máxima promedio de 21,5 °C y la mínima promedio de -0,6 °C. Tiene vientos moderados en agosto. En el verano la temperatura puede alcanzar entre los 28 °C y 29 °C (SENAMHI, 2009).

Mapa 1. Ubicación geográfica del ensayo experimental



### **3.1.2.2 Topografía**

La topografía del lugar es variada, una parte del área corresponde a la ladera de un cerro compuesto por una topografía abrupta con pendientes del 40-50%, al pie de esta ladera se encuentran las áreas de experimentación cuya topografía está compuesta de pequeñas terrazas de pendientes que varían aproximadamente del 10-15%, por otra parte existen planicies conseguidas bajo la acción del hombre para cultivos especiales de experimentación, el lugar presenta también exuberante vegetación sobre todo lo que corresponde a las áreas verdes.

### **3.1.2.3 Vegetación**

La cobertura vegetal se remite tan solo al área forestal, excluyendo a las áreas exclusivas de investigación experimental del Centro Experimental de la Facultad de Agronomía, tomando en cuenta que las áreas circundantes están totalmente urbanizadas. La cobertura está conformada por una variedad de especies, cuyos nombres científicos están conforme al catalogo de plantas que lo define, Rojas (1990):

Como el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Paja brava (*Stipa ichu*), Diente de león (*Taraxacum officinalis*), Sewenka (*Cortaderia quila*), Trébol blanco (*Trifolium repens*), Ligustro cerco (*Ligustrum vulgare*), Margarita (*Chrysanthemum leucathenum*), Manzanilla (*Matricaria chamonilla*), Eucalipto Macho (*Eucalyptus globulus*), Acacia florida (*Acacia floribunda*), Acacia aroma (*Acacia melanoxyton*), Retama (*Spartium junceum*), Ciruelo (*Prunus insititia*), Durazno (*Prunus pérsica*), Tuna (*Opuntia ficus indica*), Pera (*Pyrus comunis*), etc.

### **3.1.3 Características productivas**

Cota Cota es una zona residencial de la ciudad de La Paz, es un área urbanizada. La actividad productiva es educativa y comercial. En las partes marginales existe pequeña actividad agropecuaria, a ello se adhiere el Centro Experimental de Cota Cota que también produce hortalizas en carpa solar y campo abierto, cría de animales menores, etc.

## 3.2 Materiales

Los distintos materiales que se utilizaron se clasifican como: material biológico, de gabinete, de campo y orgánico.

### 3.2.1 Material biológico

El material biológico que se utilizó fue la semilla de *Eucalyptus globulus* (ver Fotografía 3) procedente de la cosecha realizada en el Centro Experimental de Cota Cota, para lo cual se seleccionó los árboles de mejor porte, de mayor altitud, mayor robustez y de mejor follaje. La cosecha se realizó en los meses de septiembre a octubre.

La semilla recolectada se mezcló y se tamizó para seleccionar aquellas de mayor tamaño, posteriormente se hizo un cuarteo para sacar la semilla representativa del lugar, que fue utilizada para las pruebas experimentales.



Fuente: Elaboración propia

**Fotografía 3. Semilla del Eucalipto macho**

### 3.2.2 Material de gabinete

El material de gabinete considera los siguientes ítems:

- Computadora
- Calculadora
- Escáner
- Películas
- Flash memory
- SAS (Statistical Analysis System)
- Filmadora



- Cámara Fotográfica
- Hojas de papel bond
- Cassette de video
- Marcadores, bolígrafos y lápices

### **3.2.3 Material de campo**

Se utilizo una carpa solar perteneciente al Centro Experimental de Cota Cota de la Facultad de Agronomía y el material de campo utilizado para el desarrollo experimental se detalla a continuación:

- Caldero de desinfección de sustratos
- Bolsas de polietileno
- Termómetro
- Flexo metro de 5 m
- Regla
- Probeta volumétrica
- Carretilla
- Malla milimétrica
- Pala
- Regaderas
- Perforadoras
- Diesel 40 litros
- Formol al 40%
- Pinturas y estacas
- Cartulina
- Pintura
- Tierra del lugar
- Turba
- Limo
- Arena
- Estiércol de ovino

### **3.3 Metodología**

La metodología del estudio se enmarca en el proceso experimental de los ensayos, el diseño estadístico aplicado y las variables de respuestas evaluadas, el cual se desglosa a continuación.

#### **3.3.1 Procedimiento experimental**

El procedimiento experimental se remite a las descripciones en detalle de cada uno de las operaciones llevadas a cabo.

##### **3.3.1.1 Preparación del sustrato**

En la preparación de los sustratos se utilizó tierra del lugar, material de origen inorgánico y orgánico. Los materiales inorgánicos empleados fueron, arena y limo; y los materiales orgánicos que se utilizaron fueron la turba y el estiércol de ovino. Se preparó cinco tipos de sustratos, donde el primer sustrato, a1, estuvo compuesto del 100% de tierra del lugar con el propósito de que también sirva de testigo. En los demás sustratos a2, a3, a4, y a5, la tierra del lugar representó el 50% de su composición (a fin de aminorar los costos y que tenga un medio de sustrato parecido a su trasplante), 25% de material inorgánico y 25% de material orgánico, el detalle del mismo se muestra en el Cuadro 1.

En los sustratos a2, a3, a4, y a5 se hizo variar la proporción de arena, limo, turba y estiércol en forma proporcional, de tal manera que ésta variación defina encontrar el sustrato adecuado para el plantín. Cabe mencionar que antes de proceder al mezclado de los componentes de los sustratos que se detalla en el Cuadro 1; primeramente se eliminaron las impurezas, y en el caso particular de la tierra del lugar este pasó por un cernidor para separar los elementos pedregosos de gran tamaño, posteriormente se procedió a una mezcla homogenizada de los componentes de cada sustrato.

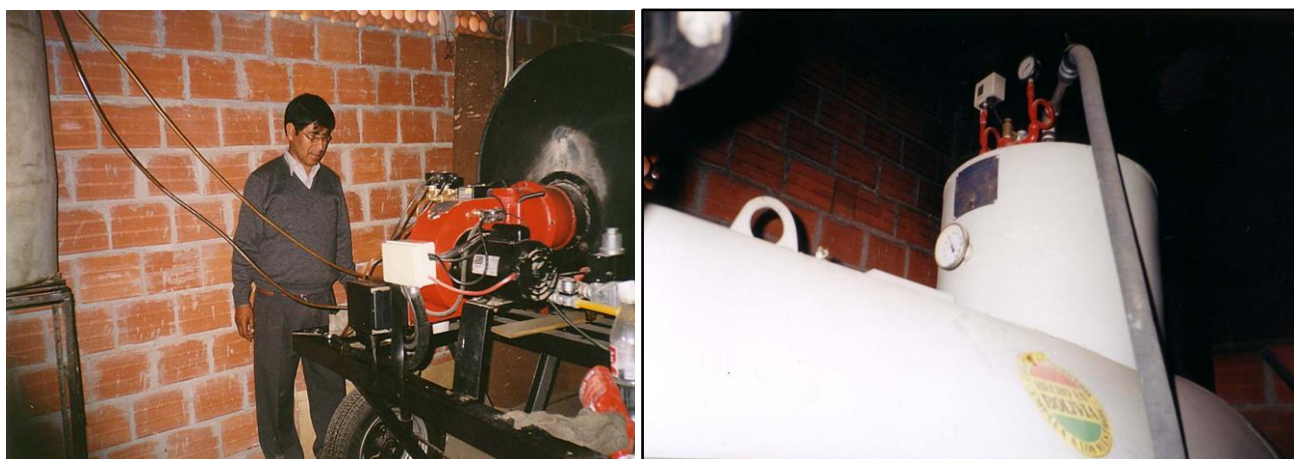
**Cuadro 1. Proporciones de mezcla del sustrato**

No. sustrato	Tierra del lugar	Arena	Limo	Turba	Estiércol ovino
a1	100%	0%-	0%	0%	0%
a2	50%	25%	0%	10%	15%
a3	50%	20%	5%	15%	10%
a4	50%	15%	10%	20%	5%
a5	50%	10%	15%	25%	0%

### 3.3.1.2 Desinfección del sustrato

Para la desinfección del sustrato se utilizó un caldero a diesel que pertenece al Centro Experimental de Cota Cota, en cuyas cámaras de presión se cargaron los cinco sustratos respectivamente, tal como muestran las Fotografía 4 y 5. El equipo genera vapor a alta presión a una temperatura de 150-200 °C, el cual es conectado a la cámara de desinfección donde se encuentra el sustrato. Al cabo de 20 a 30 minutos el sustrato fue desinfectado, la temperatura en el centro del sustrato fue de 80 °C.

Seguidamente el sustrato de turno fue descargado cuidadosamente debido a la elevada temperatura en que se encontraba, como se muestra en la Fotografía 6. Terminada la desinfección de los sustratos estos fueron enviados a la carpa solar de experimentación.



**Fotografía 4. Caldero de desinfección de sustratos con vapor de agua**



**Fotografía 5. Alimentación de sustrato a la cámara de desinfección**



**Fotografía 6. Descarga del sustrato desinfectado**

### **3.3.1.3 Embolsado**

El sustrato desinfectado se llenó en bolsas de polietileno. Las dimensiones de las bolsas fueron de 22 cm de altura x 12,3 de ancho (diámetro de 8 cm), las cuales previamente fueron perforadas en la base para su respectivo drenaje.

### 3.3.1.4 Distribución de las bolsas en las unidades experimentales

Seguidamente las bolsas fueron colocadas y distribuidas de acuerdo al diseño experimental planteado, donde cada unidad experimental estuvo formada por 6 filas de 7 bolsas, haciendo un total de 42 bolsas. El número total de unidades experimentales distribuidas en cuatro bloques fue de 40, es decir 1680 bolsas. La Fotografía 7, muestra la distribución de las bolsas en las unidades experimentales.



**Fotografía 7. Distribución de las bolsas en las unidades experimentales**

### 3.3.1.5 Tratamiento pregerminativo de la semilla

Se utilizó dos métodos de tratamientos pregerminativos, debido a que son los más adecuados por el tamaño y delicado de la semilla:

- La semilla seleccionada se sumergió en un recipiente con agua desinfectada por un periodo de 4 días con reemplazo de agua cada 48 horas, con el objetivo de ablandar los tegumentos de la semilla.

- Se estratificó la semilla con arena, para lo cual primeramente se puso una cama de arena en el fondo de un recipiente de vidrio, luego se distribuyó encima una porción de semilla, seguidamente se cubrió la semilla con otra capa de arena y así sucesivamente. Luego se regó con agua hasta que todas las capas de arena tuvieron las condiciones de humedad y se mantuvo así con riegos periódicos durante 5 días.

### **3.3.1.6 Siembra directa en bolsas**

Para la siembra se utilizó las semillas ya tratadas y se sembró de forma directa en las bolsas, colocando manualmente de 3 a 5 semillas por bolsa (según la práctica tradicional, Caballero (1997)). Esto puede verse en la Fotografía 8.

Debido al invierno que estaba cerca, ya se registraba temperaturas muy bajas tanto en la noche como en la mañana (dentro la carpa solar), entonces se procedió a cubrir las bolsas sembradas con paja brava; seguidamente se regó hasta que este a capacidad de campo. También se instaló una semi sombra de malla milimétrica para proteger de la intensidad de la radiación solar, situación que fue muy necesaria sobre todo durante la emergencia de la semilla.



**Fotografía 8. Siembra directa en bolsas**

### **3.3.1.7 Preparación de almacigueras**

Se preparó almacigueras para determinar dos variables de respuesta: Días a la emergencia y Días a la formación de las primeras hojas verdaderas. Las almacigueras fueron construidas de estructura de madera con dimensiones de 50 cm x 30 cm y 12 cm de alto, por cada unidad experimental.

#### **3.3.1.7.1 Siembra en almacigueras**

Se utilizó 30 semillas por cada unidad experimental, donde la distancia entre semillas fue de 4 cm y de 8 cm entre surcos, posteriormente se regó a capacidad de campo, La Fotografía 9, muestra la siembra de las semillas dentro de las almacigueras.



**Fotografía 9. Siembra en almaciguera**

#### **3.3.1.8 Siembra al ambiente externo**

Con el fin de tener un medio de comparación de la investigación de la carpa solar, se requirió un testigo; en tal sentido se hizo la siembra directa en bolsas y distribuidas en un solo bloque fuera de la carpa solar. Luego del regado suave se cubrió con paja brava y plástico de polietileno, debido al intenso frío del invierno. La Fotografía 10, muestra la siembra del testigo al ambiente externo.



**Fotografía 10. Siembra al ambiente externo (área de Dasonomía)**

### **3.3.1.9 Riego**

El riego se realizó diariamente durante los primeros días hasta la emergencia, posteriormente fue día por medio, y dos a tres veces por semana cuando los plantines tenían una altura de 12 a 15 cm. Se observó mayor requerimiento de agua de los plantines de la carpa solar, debida a la mayor concentración de calor especialmente a medio día.

### **3.3.1.10 Evaluación**

La evaluación y control se realizó todos los días paralelo al riego, posteriormente el control fue conforme al programa de control de cada variable de respuesta. La evaluación final fue una vez que los plantines dentro la carpa solar alcanzaron una altura próxima a los 50 cm, esto se hizo a los 125 días después de la siembra (26/09/08). La evaluación de los plantines al ambiente externo, solo se remitió a su altura debido a que presentó un gran retrasó en su desarrollo.

A continuación se muestra algunas fases del desarrollo de los plantines de eucalipto dentro la carpa solar y su comparación con los plantines que se desarrollaron al ambiente externo, a fin de que se pueda corroborar el análisis estadístico de resultados y las conclusiones del estudio, que son detalladas en los siguientes capítulos.



La Fotografía 11, muestra el desarrollo del eucalipto a los 60 días después de la siembra (22/07/08) que alcanzó un promedio de 12 cm de altura. Aquí se observó un retraso en su desarrollo fisiológico debido al clima invernal de la época. La Fotografía 12, muestra el desarrollo de los plantines a los 77 días, en el cual el incremento del desarrollo no es tan significativo, el cual se atribuye a que todavía continuaba intenso frío y heladas.



**Fotografía 11. Desarrollo de los plantines a los 60 días de la siembra**



**Fotografía 12. Desarrollo de los plantines a los 77 días de la siembra en época de invierno**

En la Fotografía 13, se observa mejor desarrollo de los plantines, los cuales ya tienen una edad de 85 días, pese a haber afrontado las inclemencias del invierno. Los plantines a los 115 días (ver Fotografía 14), alcanzaron un desarrollo acelerado en tamaño y follaje, alcanzando una altura media de 35 cm muy cerca del tamaño ideal para sus trasplantes, lo que favorecieron para ello el clima de primavera que se avecinaba.



**Fotografía 13. Plantines a los 85 días de la siembra**



**Fotografía 14. Desarrollo de los plantines a los 115 días de la siembra**

A los 125 días después de la siembra (26/09/08), se observó una marcada diferencia en el desarrollo de los plantines de *Eucalyptus globulus* dentro la carpa solar y el desarrollo de

los plantines fuera de la carpa solar, lo cual se pueden observar en las Fotografías 15 y 16. Las diferencias son significativas en el tamaño y desarrollo del follaje, una cuantificación aproximada define en un 400% mayor el desarrollo de los plantines dentro la carpa solar respecto a los del ambiente, situación que muestra la Fotografía 17.



**Fotografía 15. Plantines a los 125 días de la siembra en carpa solar**



**Fotografía 16. Plantines al ambiente externo a los 125 días de la siembra**



**Fotografía 17. Comparación de muestras de plantines de carpa solar con plantines al ambiente externo**

Cabe mencionar que el desarrollo de los plantines al ambiente externo todavía no alcanzaron los tamaños recomendables para su trasplante, lo que significa que requieren mayor tiempo y como consecuencia mayor costo de producción.

Una evaluación del impacto de los diferentes tipos de sustratos al desarrollo de los plantines dentro de la carpa solar y los plantines fuera de ella, se detalla en las Fotografías 18, 19 y 20. La Fotografía 18, muestra el efecto del desarrollo de los plantines debidas al sustrato a3 respecto al plantin que se desarrollo al ambiente externo también con el sustrato a3, ambos en el mismo periodo de tiempo. Por otra parte la Fotografía 19 y 20, muestran el efecto de los sustratos a2 y a5 respecto a los testigos respectivamente.



**Fotografía 18. Comparación del efecto del sustrato a3 en carpa solar respecto al sustrato a3 al ambiente**



**Fotografía 19. Comparación del efecto del sustrato a2 en carpa solar respecto al sustrato a2 al ambiente**



**Fotografía 20. Comparación del efecto del sustrato a5 en carpa solar respecto al sustrato a5 al ambiente**

Es importante puntualizar que el desarrollo de los plantines en carpa solar debido al efecto del sustrato a1 (tierra del lugar) han alcanzado al cabo de 125 días un desarrollo menor respecto a los demás sustratos. Sin embargo, este testigo tuvo mayor desarrollo de follaje y altura respecto a los diferentes sustratos (a1, a2, a3, a4 y a5) que se desarrollaron fuera de la carpa solar. El detalle del mismo se observa en la Fotografía 21.



**Fotografía 21. Comparación del testigo (con tierra del lugar) de la carpa solar respecto al efecto de los sustratos testigos al ambiente**

Una vez que los plantines de eucalipto llegaron al tamaño adecuado para su trasplante, estos fueron transportados a otra carpa parcialmente cubierta, donde la temperatura, la

humedad y las corrientes de aire son próximas al medio ambiente externo, con el fin de que pasen por el proceso de aclimatación, situación que se muestra a continuación en la Fotografía 22.



**Fotografía 22. Aclimatación de los plantines de eucalipto**

Mayor detalle de las comparaciones agronómicas de los plantines de la carpa solar y del ambiente externo, se muestra en los Anexos 8 y 9.

### **3.3.2 Diseño experimental**

El diseño experimental planteado fue de Bloques al Azar en un Arreglo de Parcelas divididas, con 2 factores (con el Factor A “tipos de sustrato” como parcela principal y con el Factor B “tratamientos pregerminativos” como subparcela), 10 tratamientos y 4 repeticiones, haciendo un total de 40 unidades experimentales (Calzada, 1982).

#### **3.3.2.1 Factores de estudio y sus tratamientos**

Según el diseño experimental, los respectivos factores de estudio y tratamientos se describen a continuación:

##### **FA: Tipos de sustratos**

a1= tierra del lugar 100% (testigo)

a2= tierra+arena+limo+turba+estiércol en proporción 50%:25%:0%:10%:15%

a3= tierra+arena+limo+turba+estiércol en proporción 50%:20%:5%:15%:10%

a4= tierra+arena+limo+turba+estiércol en proporción 50%:15%:10%:20%:5%

a5= tierra+arena+limo+turba+estiércol en proporción 50%:10%:15%:25%:0%

## FB: Tratamientos pregerminativos

b1= semilla remojada

b2= semilla estratificada

### Tratamientos:

T1: a1 b1= tierra (100%) vs semilla remojada

T2: a2 b1= tierra+arena+lino+turba+estiércol (50%:25%:0%:10%:15%)  
vs semilla remojada

T3: a3 b1= tierra+arena+lino+turba+estiércol (50%:20%:5%:15%:10%)  
vs semilla remojada

T4: a4 b1= tierra+arena+lino+turba+estiércol (50%:15%:10%:20%:5%)  
vs semilla remojada

T5: a5 b1= tierra+arena+lino+turba+estiércol (50%:10%:15%:25%:0%)  
vs semilla remojada

T6: a1 b2= tierra del lugar 100% vs semilla estratificada

T7: a2 b2= tierra+arena+lino+turba+estiércol (50%:25%:0%:10%:15%)  
vs semilla estratificada

T8: a3 b2= tierra+arena+lino+turba+estiércol (50%:20%:5%:15%:10%)  
vs semilla estratificada

T9: a4 b2= tierra+arena+lino+turba+estiércol (50%:15%:10%:20%:5%)  
vs semilla estratificada

T10: a5 b2= tierra+arena+lino+turba+estiércol (50%:10%:15%:25%:0%)  
vs semilla estratificada

### 3.3.2.2 Modelo lineal

Los resultados experimentales se analizaron con el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \gamma_j + \alpha\gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (\text{Ochoa, 2007})$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Una observación

$\mu$  = Media poblacional

$\beta_k$  = Efecto del k-esimo bloques

$\alpha_i$  = Efecto del i-esimo tipo de sustrato

$\varepsilon_{ik}$  = Error del factor A

$\gamma_j$  = Efecto del j-esimo tratamiento pregerminativo

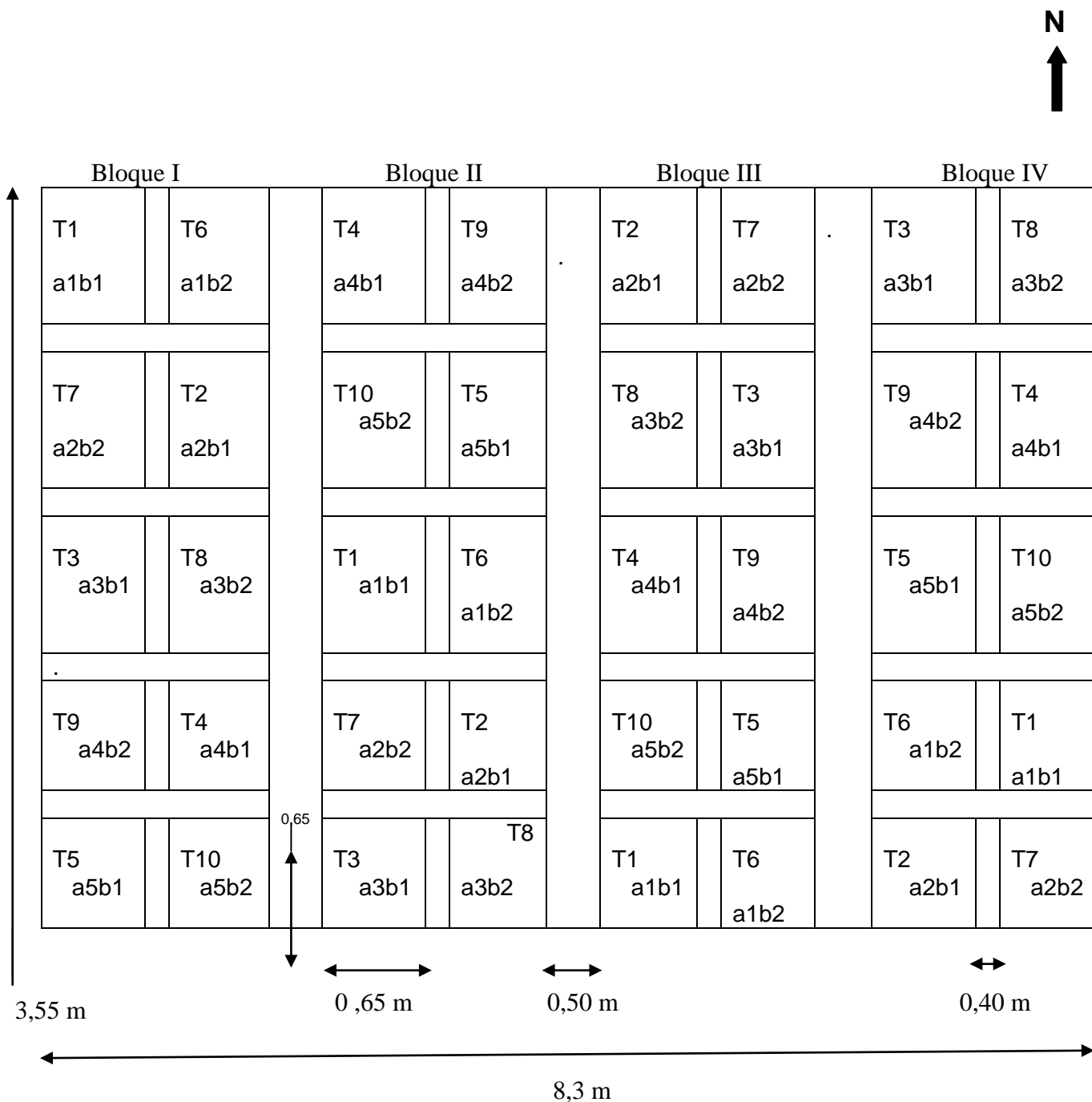
$\alpha\gamma_{ij}$  = Efecto de interaccion del i-esimo tipo de sustrato,  
con el J-esimo tratamiento pregerminativo (interacción AxB)

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental



### 3.3.2.3 Croquis del experimento

A continuación se muestra la disposición de las unidades experimentales (Padrón, 1996).



Área de la unidad experimental =  $(0,65 \times 0,65) = 0,42\text{m}^2$

Superficie total utilizada por el experimento =  $30 \text{ m}^2$

### **3.3.3 Variables de respuesta**

Las variables de respuestas del diseño experimental son de carácter dependiente, cuyo efecto está en función a los factores de estudio del experimento. Estas variables son de carácter fenológico y agronómico las cuales se detallan a continuación.

#### **3.3.3.1 Variables fenológicas**

##### **a) Días a la emergencia**

El registro de los días a la emergencia estuvo sujeto en base a un cronograma de observación diaria. Esta variable se evaluó una vez que emergieron más del 50% de las plantas por unidades experimentales, el conteo se realizó generalmente por la mañana.

##### **b) Días a la formación de las primeras hojas verdaderas**

Los datos se tomaron una vez que aparecieron las primeras hojas verdaderas, este registro se realizó diariamente, y la variable fue evaluada cuando aparecieron más del 50% de las plántulas con hojas verdaderas.

#### **3.3.3.2 Variables agronómicas**

##### **a) Altura de la planta**

La medición de la altura de los plantines se realizó una vez que tuvieron las primeras dos hojas verdaderas. Se seleccionaron 10 muestras al azar por cada unidad experimental en las cuales se tomaron la altura utilizando un flexo metro, donde se midió desde la base del tallo hasta el ápice terminal de la planta. Los datos se registraron cada 15 días, la última toma de datos fue cuando los plantines alcanzaron una altura media de 50 cm al cabo de 125 días después de la siembra (26/09/08).

### **b) Número de hojas**

Se realizó el conteo del número de hojas de los plantines seleccionados cada 15 días, una vez que obtuvieron las dos primeras hojas verdaderas. Cabe mencionar que en esta variable se tuvo problemas por el marchitamiento de las hojas de algunas muestras durante la época de invierno.

### **c) Número de ramas**

Esta variable se determinó mediante el conteo de las ramas, y se hizo inicialmente a los 67 días de la siembra (29/07/08) y el conteo final a los 125 días. Mayor detalle de evaluación se muestra en el Anexo 10.

### **d) Diámetro del tallo**

Se registraron los datos del diámetro del tallo una vez que las plantas alcanzaron las cuatro a seis hojas verdaderas. El registro final de cada unidad experimental fue a los 125 días de la siembra. Los promedios del diámetro durante la evaluación se presentan en el Anexo 10.

### **e) Tamaño de raíz**

Esta variable se evaluó cada 30 días y se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice final de la raíz principal. El procedimiento consistió en colocar la bolsa con sustrato del plantin dentro de un recipiente con agua y eliminar cuidadosamente la bolsa de polietileno, esto evito que se rompan las raíces y permitió que se desprenda fácilmente el sustrato adherido a las raíces. La medición final se realizó a los 125 días después de la siembra. La descripción del mismo se muestra en el Anexo 11.

### **f) Volumen de la raíz**

Paralelo a la medición del largo de la raíz se evaluó el volumen de la raíz. Para ello se contó con una probeta volumétrica, donde el procedimiento consistió en llenar la probeta con agua a un cierto volumen, registrar los datos y luego colocar la raíz del plantin. La diferencia de volumen registró el volumen de la raíz.

### 3.3.4 Costo de producción, relación Beneficio/Costo

#### Costo de producción

Para la determinación del costo de producción se definió dos tipos de costos (Tarima, 2000): Costos de establecimiento y Costos de manejo.

➤ Costos de establecimiento

En este costo se tomo en cuenta el dinero gastado para el establecimiento físico, lugar (carpa solar), los materiales, equipos y herramientas, en la producción de 1680 plantines de eucalipto.

➤ Costos de manejo

En este costo se refiere al dinero gastado por la mano de obra utilizada y los gastos por la compra de insumos.

El costo total de producción de los plantines en carpa solar se calculó de acuerdo a la suma de los dos costos descritos. Se asume que la venta es directa desde el centro de producción, por tanto el costo de comercialización es cero.

Costo de producción = Costo de establecimiento + Costo de manejo

Costo unitario de producción = Costo de producción/No. de plantines

Para la determinación de los ingresos, se tomó en cuenta el precio unitario (Pv) que impera en el mercado local, es de 4 Bs/plantin, en ese sentido se asumió este precio para el cálculo del ingreso total.

Ingresos = Pv x Cantidad producida

#### Relación Beneficio/Costo

Este coeficiente está referido a la relación de los ingresos respecto a los costos totales de producción de los plantines. Cuando es mayor a uno entonces indica la rentabilidad del proyecto.

B/C = Ingresos/Costo de producción

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El análisis de resultados que se muestran a continuación está en función a las condiciones y objetivos que persiguió el estudio experimental.

##### 4.1 Evaluación climática (temperaturas máximas y mínimas)

Durante el desarrollo de los plantines dentro la carpa solar se registró grandes variaciones entre las temperaturas mínimas y máximas. Los meses críticos relacionados a las temperaturas mínimas fueron junio, julio y parte de agosto, que influenciaron en el crecimiento de los plantines.

Se presentaron temperaturas por debajo de cero grados en el mes de julio las cuales se debieron a la estación climática presente (intenso invierno del 2008), donde se tuvieron algunas pérdidas de plantines que no fueron calificadas significativas (ver Anexo 12). Sin embargo, las temperaturas mínimas mejoraron a mediados de agosto lo cual significó un impulso al desarrollo de los plantines.

El cuadro 2, presenta el resultado de algunos indicadores estadísticos producto del procesamiento de la información que esta detallada en el Anexo 13.

**Cuadro 2. Indicadores estadísticos de las temperaturas máximas y mínimas registradas en carpa solar**

MES	T.MAX Media °C	Desviación Estándar°C	Coficiente Variación	T.MIN Media °C	Desviación Estándar°C	T.MEDIA °C
Mayo	31,8	0,8	2,5%	1,6	1	16,7
Junio	30,9	1,4	4,5%	1,1	0,8	16
Julio	31,2	1	3,2%	-0,3	0,6	15,4
Agosto	32,1	2,1	6,5%	1,9	1,9	17
Septiembre	33,5	0,9	2,7%	3,8	0,6	18,6
Media General	31,9	1,2		1,6	1,0	

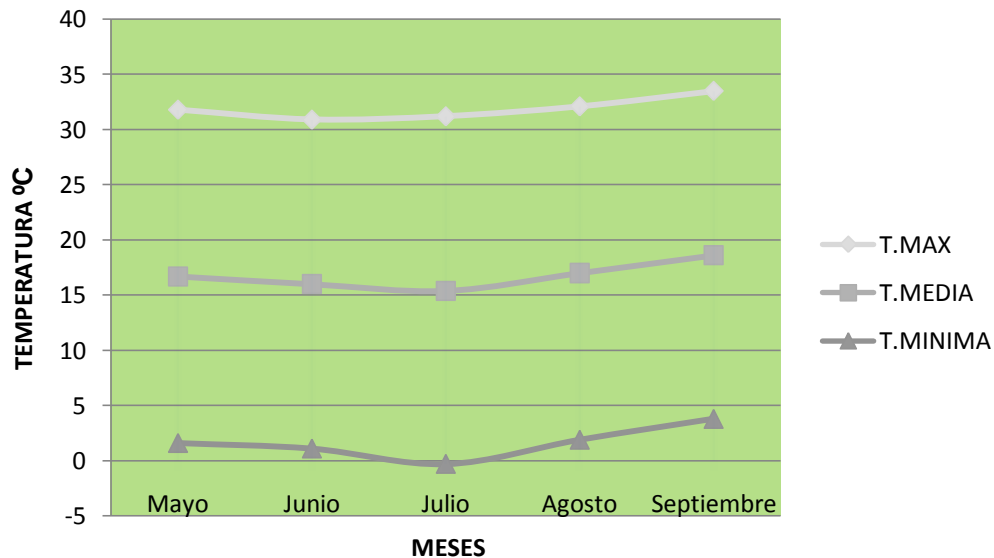
Fuente: Elaboración propia en base a datos Anexo 13.

Los promedios mensuales de las temperaturas máximas durante el desarrollo del plantin (23 de mayo al 26 de septiembre del 2008), presentan variaciones en el rango de 30°C-33,5°C, con una media de todo el ensayo de 31,9°C. Las mayores dispersiones de temperatura respecto a la media se encuentran en los meses de junio y agosto (con un coeficiente de variación de 4,5% y 6,5% respectivamente).

En lo que respecta a los promedios de temperaturas mínimas mensuales, se observa que el mes de julio tiene una media de  $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esto significa que se presentaron heladas durante todo el mes (ver Anexo 13), situación que ha sido la causa de algunas bajas en los plantines. La mayor temperatura mínima media corresponde a los meses de agosto y septiembre con  $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivamente.

La Grafico 1, muestra la variación de las temperaturas máximas, mínimas y medias en la que se desarrollo el cultivo de plantines de eucalipto en carpa solar.

**Grafico 1. Variación promedio de las temperaturas máximas y mínimas**



#### 4.2 Variables de respuesta

Los resultados y su análisis que se muestran a continuación, están en función a un análisis de varianza de las variables de respuesta y la comparación de medias mediante una prueba Tukey (al 5%). Cabe mencionar que para el procesamiento estadístico de los datos experimentales, se utilizo el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System).

#### 4.2.1 Días a la emergencia

En el Cuadro 3, se presenta los resultados obtenidos en el análisis de varianza correspondiente a la variable “días a la emergencia”.

**Cuadro 3. Análisis de varianza de días a la emergencia**

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Bloques	3	0,47	0,16	0,13	0,9420 NS
Tipos de sustratos	4	757,90	189,47	152,60	0,0001**
Error “a”	12	14,90	1,24	--	--
Tratamientos pregerminativos	1	931,22	931,22	1894,02	0,0001**
Interacción sustratos x germinativo	4	92,90	23,22	47,24	0,0001**
Error experimental “b”	15	7,37	0,49	--	--
Total	39	1804,77	--	--	--

G.L.=Grados de libertad; S.C. = Suma de cuadrados; C.M. = Cuadrado medio; F Cal = F calculado  
Pr = Probabilidad de F; (\*\*) = Altamente significativo; NS = No significativo

C.V.= 3,88%;  $R^2 = 0,99$

En primer lugar se puede apreciar que el coeficiente de variación es menor de 5% lo que indica que el manejo ha sido excelente (Ochoa, 2007), y los datos experimentales tienen una alta confiabilidad. Además, el coeficiente de determinación es mayor a 0,80 lo que implica que los datos se ajustan al modelo.

Según al análisis de varianza que detalla el Cuadro 3, los días a la emergencia de la semilla de eucalipto, presenta diferencias altamente significativas debido a los diferentes tipos de sustratos, cuya probabilidad mucho menor al 1% (0,01), donde se tiene un 99% de confianza de que las diferencias en la emergencia no se deben al azar. Existen diferencias altamente significativas en la emergencia debidas al factor B (tratamientos pregerminativos), donde la probabilidad es también menor a 0,01.

También la interacción Sustratos x Tratamientos pregerminativos presenta alta significancia ( $p < 0,01$ ), es decir que estos dos factores al accionar conjuntamente generan efectos significativos a la emergencia de la semilla.

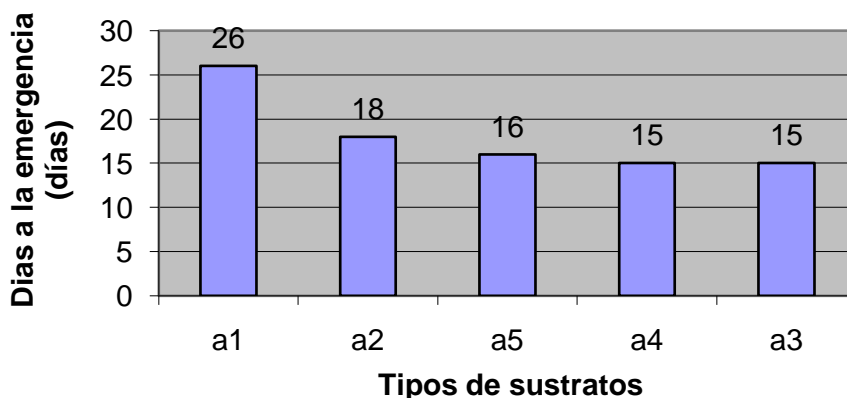
##### 4.2.1.1 Días a la emergencia por tipos de sustratos (Factor A)

En el Cuadro 4, se presenta los promedios de la variable “días a la emergencia” y la prueba Tukey (5%), los cuales están representados en el Grafico 2.

**Cuadro 4. Días a la emergencia de la semilla de eucalipto por tipos de sustratos**

Sustrato	Promedios (días) Emergencia	Tukey (5%)
a1	26	A
a2	18	B
a5	16	C
a4	15	C
a3	15	C

**Grafico 2. Días a la emergencia por tipos de sustratos**



Los promedios debido a los sustratos a1 y a2 son estadísticamente diferentes, los cuales se aprecia en el Grafico 2, y estas a su vez son estadísticamente diferentes de los promedios debido a los sustratos a5, a4 y a3. En cambio los promedios debido a los sustratos a5, a4 y a3 son estadísticamente iguales.

Es decir, los promedios 26 y 18 días a la emergencia debida a los sustratos a1 y a2 son mayores a los promedios de los sustratos a5, a4 y a3 (de 16, 15 y 15 días respectivamente) que muestran menos días a la emergencia. De acuerdo a la importancia de la variable de respuesta y a la interpretación de la prueba Tukey, los sustratos a5, a4, y a3 son estadísticamente superiores a los sustratos a1 y a2, por que permitieron emerger a la semilla de eucalipto en menos tiempo.

En general se aprecia la influencia de los tipos de sustratos a los días de la emergencia del eucalipto. Estrictamente convendría utilizar los sustratos a4 y a3, que permitieron



menor tiempo de emergencia (15 días), se infiere que esta se debió al mayor porcentaje de turba (20% y 15% respectivamente) y arena (15% y 20% respectivamente) en la dosificación del sustrato, lo que generó mayor retención de agua y aireación (con mayor espacio poroso), lo que dio lugar a que el sustrato se mantenga con buena humedad y calor dentro de la carpa solar.

El menor tiempo obtenido en la emergencia por los sustratos a3, a4 y a5, no está en función del contenido de abono (estiércol de ovino) dentro del sustrato, una prueba clara de ello es que el sustrato a5, en su dosificación tiene 0% de abono, pero generó 16 días a la emergencia, y esta a un día de lo alcanzado por los sustratos a3 y a4, cuya diferencia estadísticamente no es significativo.

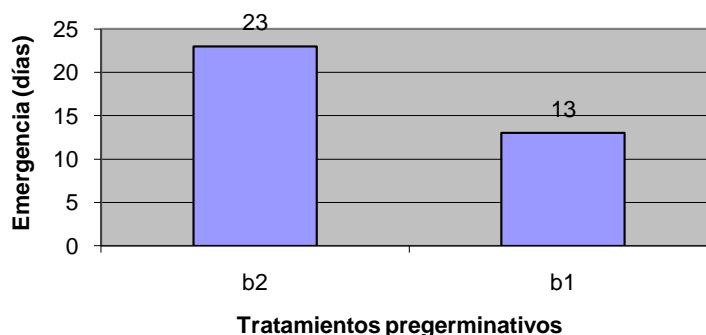
#### 4.2.1.2 Días a la emergencia por tratamientos pregerminativos (Factor B)

El Cuadro 5 y el Grafico 3, muestra la variación de los promedios (días a la emergencia) en función a los tratamientos pregerminativos y la prueba Tukey (5%).

**Cuadro 5. Días a la emergencia de la semilla por tratamientos pregerminativos**

T. Pregerminativos	Promedios (días) Emergencia	Tukey (5%)
b2	23	A
b1	13	B

**Grafico 3. Días a la emergencia por tratamientos pregerminativos**



Los promedios de la variable de respuesta, días a la emergencia, debido a los tratamientos pregerminativos b2 y b1 son estadísticamente diferentes, donde el

tratamiento pregerminativo b1 (semilla remojada) muestra solo 13 días a la emergencia y es estadísticamente superior al tratamiento b2 (semilla estratificada).

Se observa que la semilla remojada tiene mayor efecto en la emergencia debido a la acción del ambiente saturado de agua, que permitió humedecer la semilla sin ocasionar ningún tipo de daño, muy contrario al tratamiento por estratificación donde la manipulación y peso de los estratos de arena puede haber ocasionado algún tipo de daño en su fisiología de la semilla lo que incidió en tener un mayor tiempo en su emergencia (una media de 23 días). Cabe hacer notar que la semilla de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) es muy delicada y pequeña (2-2,5 mm).

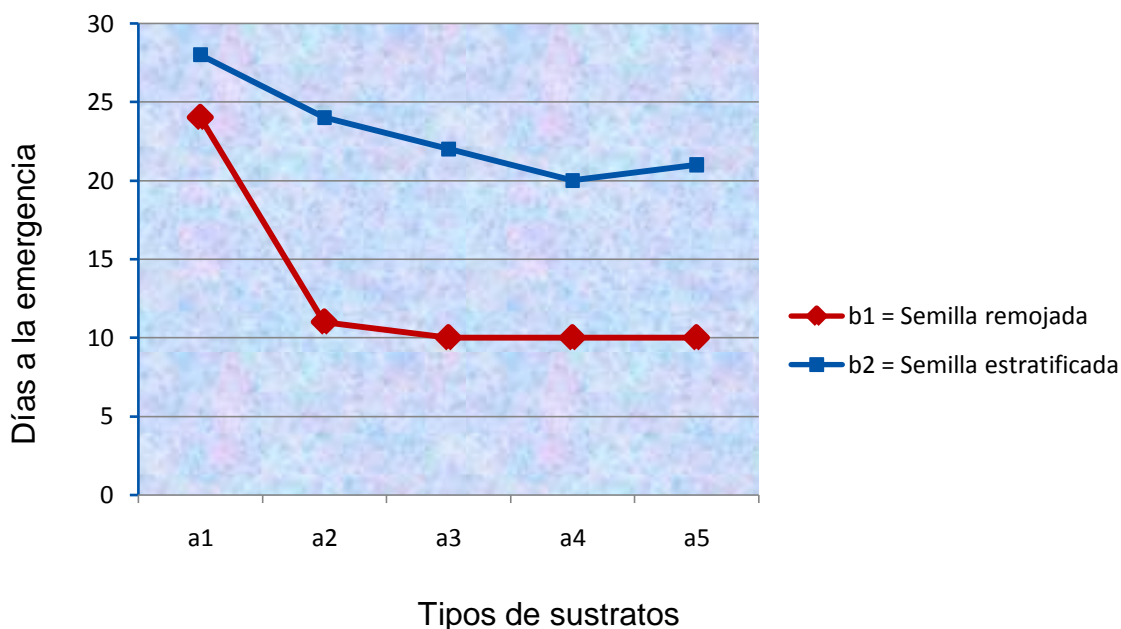
#### 4.2.1.3 Días a la emergencia por la interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos

El Cuadro 6, muestra los promedios de los días a la emergencia en función a la interacción de los Factores A (tipos de sustratos) y B (tratamientos pregerminativos). La Grafica de efectos simples que muestra el Grafico 4, indica la tendencia del grado de interacción entre los dos Factores.

**Cuadro 6. Días a la emergencia por interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos**

Interacción Factores	Promedios (días) Emergencia	SD
a1b1	24	1,00
a1b2	28	1,00
a2b1	11	1,00
a2b2	24	1,00
a3b1	10	0,50
a3b2	22	0,50
a4b1	10	0,50
a4b2	20	1,26
a5b1	10	0,50
a5b2	21	1,00

**Grafico 4. Días a la emergencia por interacción Factor A y Factor B**



En el Grafico 4, se aprecia que los niveles del Factor B tienen un comportamiento muy diferenciado en los cinco niveles del Factor A. Donde, el nivel b2 (semilla estratificada), presenta un comportamiento significativamente diferenciado en los diferentes niveles del Factor A, presentando un mayor tiempo de días a la emergencia (28 días) obtenido con el nivel a1 (tierra del lugar), y el menor tiempo de días a la emergencia (20 días) conseguido con el nivel a4.

En el caso del nivel b1 (semilla remojada), tiene un comportamiento significativamente diferenciado por el efecto de los niveles a1 y a2, y es constante para los niveles a3, a4 y a5 del Factor A (tipos de sustratos), donde al igual que en el caso anterior presenta el mayor tiempo de días a la emergencia (24 días) con el nivel a1 del Factor A, y el menor tiempo de días a la emergencia (10 días) obtenida con los niveles a3, a4 y a5. Por tanto se recomienda que a un nivel cuales quiera del Factor A, se recomienda el nivel b1 del Factor B.

#### 4.2.2. Días a la formación de las primeras hojas verdaderas

El análisis de varianza de la variable de respuesta días a la formación de las primeras hojas verdaderas detalla el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Análisis de varianza de días a la formación de las primeras hojas verdaderas**

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Bloques	3	2,20	0,73	0,64	0,6051NS
Tipos de sustratos	4	339,60	84,90	73,83	0,0001**
Error "a"	12	13,80	1,15	--	--
Tratamientos pregerminativos	1	384,40	384,40	461,28	0,0001**
Interacción sustrato x germinativo	4	73,10	18,27	21,93	0,0001**
Error experimental "b"	15	12,50	0,83	--	--
Total	39	825,60	---	--	--

C.V. = 3,59%;  $R^2 = 0,98$

Según el coeficiente de variación de 3,59%, determina que los datos experimentales son de alta confiabilidad y buen manejo; por otra parte el coeficiente de determinación de 0,98 mayor a 0,8 indica que la información se ajusta al modelo.

En el análisis de varianza se observan diferencias altamente significativas de la variable de respuesta debida al efecto de los sustratos ( $p < 0,01$ ). También existen diferencias altamente significativas debidas al factor B (tratamientos pregerminativos) y para la interacción AxB (sustratos x tratamientos pregerminativos).

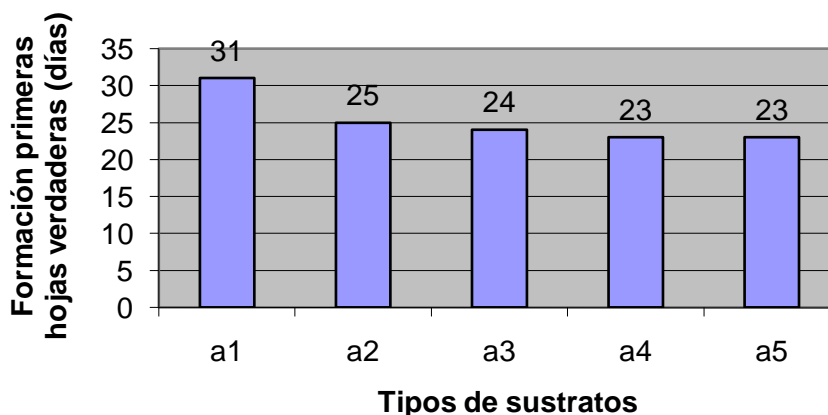
##### 4.2.2.1 Días a la formación de las primeras hojas verdaderas por tipos de sustratos

Los promedios de los días a la formación de las primeras hojas del eucalipto y la comparación de medias Tukey (5%) se observa en el Cuadro 8 y el Grafico 5.

**Cuadro 8. Días a la formación de las primeras hojas verdaderas por tipos de sustratos**

Sustrato	Promedios (días) Primeras hojas	Tukey (5%)
a1	31	A
a2	25	B
a3	24	B
a4	23	B
a5	23	B

**Grafico 5. Días a la formación hojas verdaderas por tipos de sustratos**



La prueba de Tukey selecciona dos grupos, donde el promedio de los días a la formación de las primeras hojas verdaderas debida al sustrato a1 forma el primer grupo, y es estadísticamente diferente de los promedios de los sustratos a2, a3, a4, y a5 que forman el segundo grupo, en cambio las medias debidas al segundo grupo (a2, a3, a4, y a5) son estadísticamente iguales

El mayor tiempo promedio utilizado por el sustrato a1 a la formación de las primeras hojas verdaderas (de 31 días), se debe al sustrato testigo utilizado (tierra del lugar), el cual careció de componentes de arena, limo, turba y estiércol, que es muy diferente a los componentes de los demás sustratos (a2, a3, a4, a5).

Los tiempos promedio utilizados por el segundo grupo a la formación de las primeras hojas verdaderas (25 días, 24 días, 23 días, y 23 días), son estadísticamente iguales y son menores al tiempo registrado por el sustrato a1. Esta diferencia es notable porque representa un 25% de acortamiento de los días, lo que indica una gran influencia del tipo de sustrato utilizado y la respectiva dosificación de sus componentes. Los sustratos a4 y a5 son los que determinaron menor tiempo de días a la formación de las primeras hojas (de 23 días).

Cabe hacer notar, que los promedios obtenidos por el segundo grupo aun no fueron influenciados por la disponibilidad de nutrientes que les ofreció el abono orgánico, más bien alcanzaron el equilibrio en cuanto a disponibilidad de humedad y aireación. El mayor

contenido de turba estuvo presente en el sustrato a5 (25%), el cual equilibrio la cantidad de materia orgánica del sustrato y su efecto en los resultados.

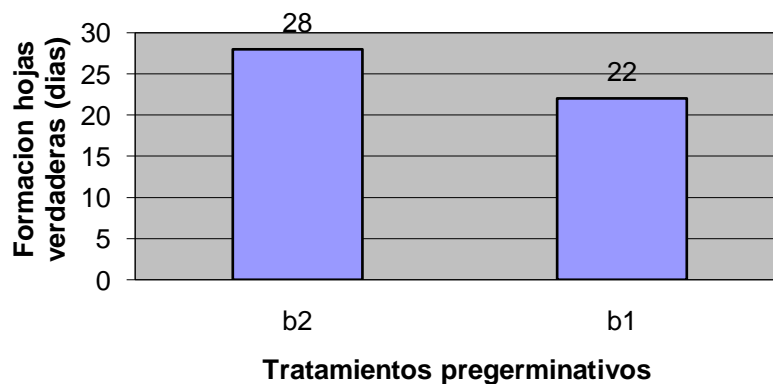
#### 4.2.2.2 Días a la formación de las primeras hojas verdaderas por tratamientos pregerminativos.

El Cuadro 9 y el Grafico 6, muestran los promedios de días a la formación de las primeras hojas verdaderas en función a los tratamientos pregerminativos y la prueba Tukey (5%).

**Cuadro 9. Días a la formación de las primeras hojas verdaderas por tratamientos pregerminativos**

T. Pregerminativos	Promedios (días) Primeras hojas	Tukey (5%)
b2	28	A
b1	22	B

**Grafico 6. Días a la formación de hojas verdaderas por tratamientos pregerminativos**



Los promedios de los tratamientos pregerminativos b1 y b2 son estadísticamente diferentes, donde el tratamiento pregerminativo b1 (semilla remojada) muestra 22 días y es estadísticamente superior al tratamiento b2 (semilla estratificada) con 28 días. Por lo que convendría utilizar el tratamiento pregerminativo b1, debido a que permite alcanzar en menor tiempo la formación de las primeras hojas verdaderas, este resultado está en relación proporcional a la emergencia alcanzado por el tratamiento b1.

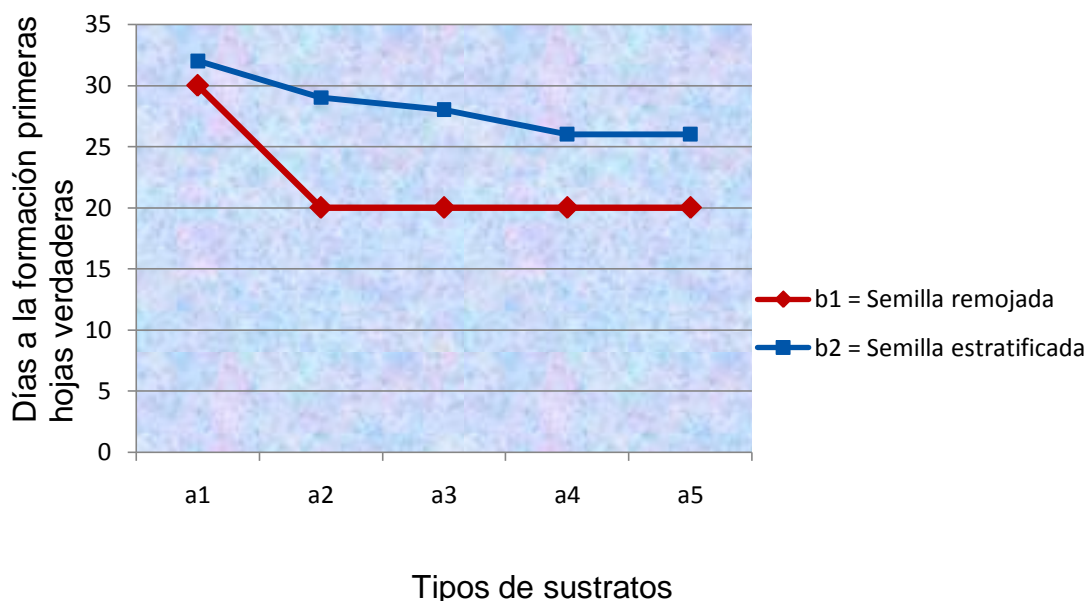
#### 4.2.2.3 Días a la formación de las primeras hojas verdaderas por interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos

Los promedios de los días a la formación de las primeras hojas verdaderas por efecto de la interacción de los sustratos con los tratamientos pregerminativos de las semillas se detalla en el Cuadro 10. La Grafica de efectos simples, que muestra la Grafico 7 define gráficamente la interacción de los dos factores.

**Cuadro 10. Días a la formación de primeras hojas verdaderas por Interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos**

Interacción Factores	Promedios (días) Primeras hojas	SD
a1b1	30	1,00
a1b2	32	0,50
a2b1	20	0,50
a2b2	29	2,06
a3b1	20	0,50
a3b2	28	1,00
a4b1	20	0,50
a4b2	26	1,00
a5b1	20	0,50
a5b2	26	1,00

**Grafico 7. Días a la formación primeras hojas verdaderas por interacción Factor A y Factor B**



El nivel b2 (semilla estratificada) que muestra el Grafico 7, tiene un comportamiento significativamente diferenciado en los niveles a1, a2 y a3, y comportamiento similar para los niveles a4 y a5 del Factor A, registrando un mayor tiempo de días a la formación de primeras hojas verdaderas (32 días) obtenido con el nivel a1, y presenta el menor tiempo de días a la formación de hojas verdaderas (26 días) obtenido por los niveles a4 y a5.

El nivel b1 (semilla remojada), presenta un comportamiento muy significativamente diferenciado por efecto del nivel a1 en relación al efecto de los demás niveles del Factor A, presentando un mayor tiempo a la formación de las primeras hojas verdaderas (30 días) debido al nivel a1, y el menor tiempo de días a la formación de las primeras hojas verdaderas (20 días) obtenidas con los niveles a2, a3, a4, y a5. El comportamiento del nivel b1 es constante a partir del nivel a2 del Factor A; es decir que los niveles a2, a3, a4, y a5 no afectaron el comportamiento del nivel b1 del Factor B.

#### 4.2.3 Altura de la planta

La prueba estadística de varianza de la variable de respuesta “altura de la planta” se muestra en el Cuadro 11.

**Cuadro 11. Análisis de varianza de la altura de la planta**

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Bloques	3	16,66	5,55	0,27	0,8431 NS
Tipos de sustratos	4	3669,69	917,42	45,24	0,0001* *
Error “a”	12	243,35	20,28	--	--
Tratamientos pregerminativos	1	0,65	0,65	0,12	0,7356 NS
Interacción sustrato x germinativo	4	31,92	7,98	1,45	0,2656 NS
Error experimental “b”	15	82,42	5,49	--	--
Total	39	4044,69	--	--	--

$$C.V. = 5,76\%; R^2 = 0,98$$

El coeficiente de variación en la prueba es de 5,76%, lo que demuestra que el manejo ha sido relativamente bueno y es confiable tal como afirma, calzada (1982). El coeficiente de determinación de 0,98 mayor a 0,80 indica que los datos se ajustan al modelo planteado.



El análisis de varianza para la altura de los plántines, advierte que no existen diferencias significativas entre bloques, lo que indica que el desarrollo de la altura de los plántines entre los diferentes bloques del tratamiento no presentan diferencias estadísticas, es decir que la distribución de los bloques dentro de la carpa solar no influyó significativamente, pese a que en algunas posiciones de los bloques, los plántines no recibieron la misma radiación solar.

Existen diferencias altamente significativas en la altura del plántin al nivel del 1% de probabilidad debida a los sustratos, lo que significa que cada sustrato generó un efecto diferente en el desarrollo de la altura del plántin.

El análisis estadístico determina que no existen diferencias significativas entre las alturas de los plántines debida al efecto de los niveles del factor B (tratamientos pregerminativos), es decir que la altura alcanzada es indistinta al tratamiento pregerminativo aplicado. Del mismo modo no existen diferencias significativas de las alturas de los plántines, debidas a la interacción sustratos por tratamiento pregerminativos ( $p < 0,01$ ).

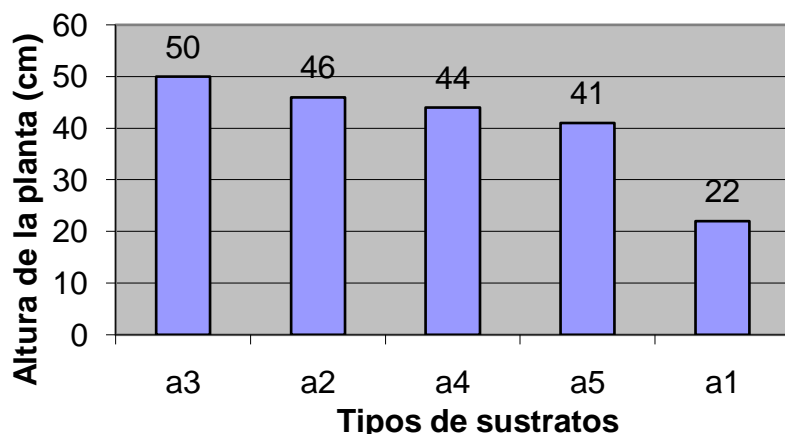
#### 4.2.3.1 Altura de la planta por tipos de sustratos (Factor A)

Los promedios de la altura de los plántines en función a los tipos de sustrato y la prueba Tukey (5%), se observan en el Cuadro 12 y el Gráfico 8.

**Cuadro 12. Altura de la planta por tipos de sustratos**

sustrato	Promedios altura ( cm)	Tukey (5%)
a3	50	A
a2	46	A B
a4	44	B
a5	41	C
a1	22	D

**Grafico 8. Altura de la planta por tipos de sustratos**



En este caso los promedios de las alturas de la planta debida a los sustratos a3 y a2 son estadísticamente iguales pero diferentes de los promedios de los sustratos a4, a5 y a1; a su vez los promedios de los sustratos a2 y a4 son estadísticamente iguales y estadísticamente diferentes al promedio de los sustratos a5 y a1.

Los sustratos a3 y a2 alcanzaron las mayores alturas promedio (de 50 y 46 cm respectivamente), debido a que sus componentes tienen mayor porcentaje de abono (10% y 15% de estiércol), y junto a la acción de la turba proporcionaron nutrientes y humedad en el desarrollo de los plantines, a esto se adhiere el mayor porcentaje de arena (20% y 25%) entre sus componentes que ayudo a la retención de agua y aireación, generando un ambiente propicio para el crecimiento y buena formación de las raíces.

Lo que indica que a medida que bajan las proporciones de abono en los sustratos, se tiene menor tamaño de los plantines, tal como lo demuestran los sustratos a5 y a1 (con 0% de estiércol), quienes alcanzaron 41 y 22 cm de altura respectivamente. La diferencia grande de promedios de altura entre estos dos sustratos, se debe a que el sustrato a1 es el testigo y que dentro sus componentes carece de arena, limo, turba y estiércol; por tanto es estadísticamente inferior a los demás sustratos.

#### **4.2.4 Número de hojas**

El análisis de varianza de la variable de respuesta, número de hojas, se detalla en el Cuadro 13, que se muestra a continuación.

**Cuadro 13. Análisis de varianza de número de hojas**

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Bloques	3	41,27	13,76	0,12	0,9491 NS
Tipos de sustratos	4	5267,15	1316,79	11,08	0,0005 * *
Error "a"	12	1425,85	118,82	--	--
Tratamientos pregerminativos	1	105,62	105,62	2,61	0,1270 NS
Interacción sustrato x germinativo	4	684,75	171,19	4,23	0,0173 *
Error experimental "b"	15	607,12	40,47	--	--
Total	39	8131,77	--	--	--

C.V. = 14,9%; R<sup>2</sup> = 0,92

De acuerdo al coeficiente de variación de 14,9% menor a 20%, se concluye que el manejo ha sido bueno, y el coeficiente de determinación de 0,92 mayor a 0,8 determina que los datos experimentales se ajustan al modelo planteado.

El análisis muestra que no existen diferencias significativas entre bloques; lo cual significa que la distribución de los bloques dentro la carpa solar no es significativa en la variable de respuesta. Existen diferencias altamente significativas al nivel del 1% del número de hojas de las plantas debidas al efecto de los sustratos, lo que significa que existe variación en el desarrollo del follaje de las plantas, ocasionada justamente por los diferentes tipos de sustratos utilizados.

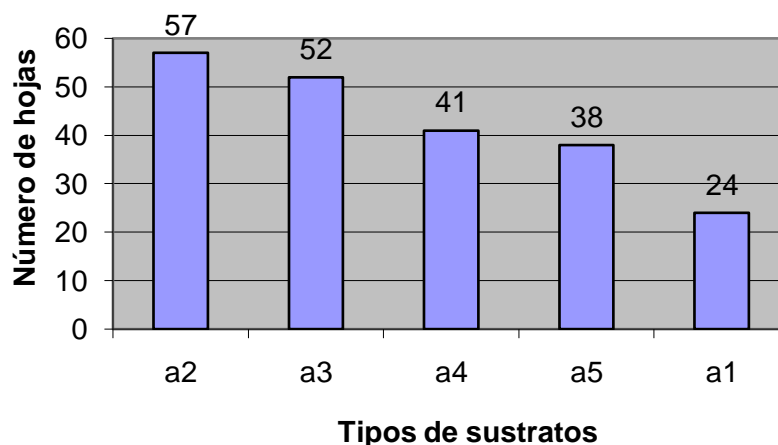
#### 4.2.4.1 Número de hojas por tipos de sustratos (Factor A)

Los promedios del numero de hojas debido al efecto del los sustratos y la comparación de medias Tukey (5%) se detalla en el Cuadro 14 y Grafico 9.

**Cuadro 14. Número de hojas por tipos de sustratos**

Sustrato	Promedios Número hojas	Tukey (5%)
a2	57	A
a3	52	A
a4	41	B
a5	38	B
a1	24	C

**Grafico 9. Número de hojas por tipos de sustratos**



La prueba Tukey determina tres grupos: los promedios de la variable de respuesta debido a los sustratos a2 y a3 son estadísticamente iguales y estadísticamente diferentes de los promedios de los sustratos a4, a5 y a1. Los promedios de los sustratos a4 y a5 son estadísticamente iguales y estadísticamente diferentes que el sustrato a1. El promedio del sustrato a1 es estadísticamente diferente de los promedios de los demás sustratos.

El mayor desarrollo promedio del follaje de los plantines de eucalipto alcanzado por los sustratos a2 y a3 con 57 y 52 hojas respectivamente, está en relación a la mayor disponibilidad de nutrientes proporcionada por el abono entre sus componentes. En cambio el que menos desarrollo obtuvo fue el sustrato a<sub>1</sub>, con tan solo 24 hojas lo cual es atribuido a su carácter de testigo.

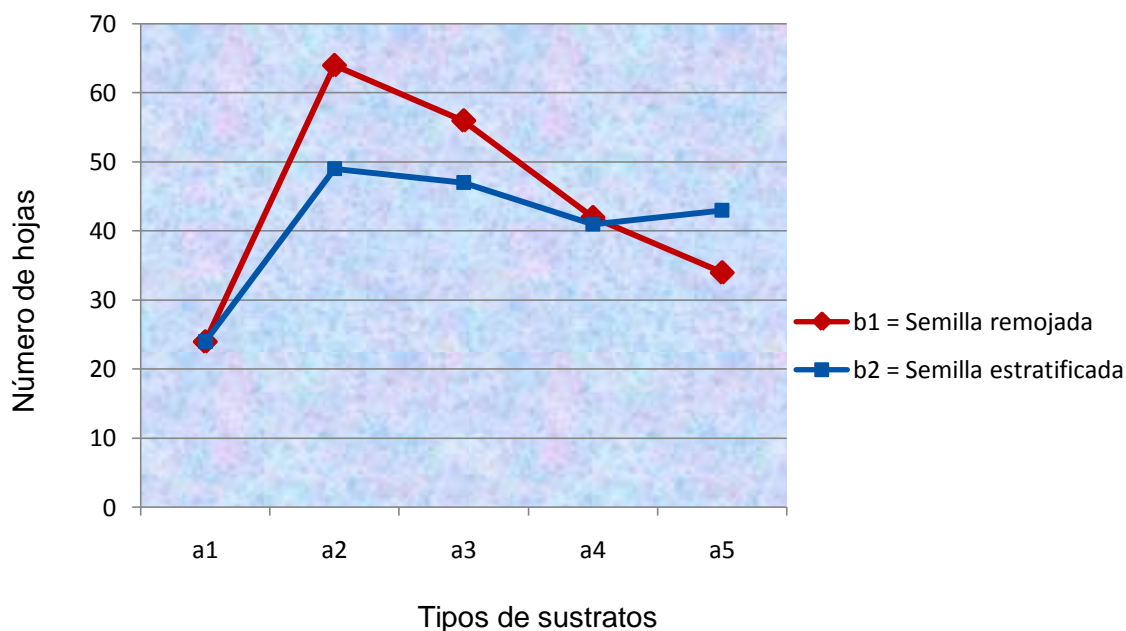
#### **4.2.4.2 Número de hojas por interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos**

El Cuadro 15, detalla los promedios del número de hojas de los plantines debido a la interacción de los Factores A y B. El Grafico 10, muestra la Grafica de efectos simples de los Factores.

**Cuadro 15. Número de hojas por interacción sustratos y tratamientos pregerminativos**

Interacción Factores	Promedios Número hojas	SD
a1b1	24	6,05
a1b2	24	4,92
a2b1	64	19,64
a2b2	49	8,99
a3b1	56	2,98
a3b2	47	1,89
a4b1	42	6,13
a4b2	41	7,39
a5b1	34	3,30
a5b2	43	6,95

**Grafico 10. Número de hojas por interacción Factor A y Factor B**



El Grafico 10, muestra que el nivel b1 (semilla remojada) tiene un comportamiento significativamente diferenciado en los cinco niveles del Factor A, presentando un mayor número de hojas (64 hojas) conseguido por el efecto del nivel a2, y presenta un menor número de hojas (34 hojas) obtenido con el nivel a5. Cabe hacer notar que la tendencia del nivel b1 es negativa a partir del efecto del nivel a2, casi proporcionalmente a la cantidad de abono (estiércol de ovino que va en disminución en la conformación de los sustratos) presente en los sustratos.

En el caso del nivel b2 (semilla estratificada), también tiene un comportamiento significativamente diferenciado por los niveles del Factor A, donde de la misma forma que el anterior caso presenta el mayor número de hojas (49 hojas) con el nivel a2 del Factor A, y un menor número de hojas (41 hojas) obtenida con el nivel a4. El comportamiento del nivel b1 que muestra el Grafico 10, está por encima del comportamiento del nivel b2 excepto por el efecto del nivel a5, lo que permite recomendar el nivel b1 del Factor B.

#### 4.2.5 Número de ramas

El análisis de varianza correspondiente a la variable de respuesta, número de ramas, se muestra en el siguiente Cuadro 16.

**Cuadro 16. Análisis de varianza de número de ramas**

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Bloques	3	4,10	1,37	0,65	0,5968 NS
Tipos de sustratos	4	173,65	43,41	20,71	0,0001 * *
Error "a"	12	25,15	2,09	--	--
Tratamientos pregerminativos	1	0,90	0,90	0,62	0,4431 NS
Interacción sustratox germinativo	4	12,35	3,09	2,13	0,1275 NS
Error experimental "b"	15	21,75	1,45	--	--
Total	39	237,90	--	--	--

$$C.V. = 18,38\%; R^2 = 0,91$$

El coeficiente de variación del manejo experimental es 18,38% menor a 20%, lo que significa que el manejo ha sido bueno y confiable, y el ajuste de los datos experimentales al modelo es adecuado porque el coeficiente de determinación tiene un valor de 0,91 mayor a 0,8 de lo aceptable.

Los resultados del análisis de varianza, muestran que no existen diferencias significativas entre bloques, lo que significa que la distribución de los bloques dentro la carpa solar es homogénea y no genera variación estadística entre bloques, además los bloques ocupan un espacio reducido dentro la carpa solar y la variabilidad entre unidades experimentales es mínima.

Existen diferencias altamente significativas en el número de ramas, debido al efecto de los cinco tipos de sustratos del Factor A. Los niveles b1 y b2 del Factor B (tratamientos pregerminativos) son estadísticamente iguales en el efecto al desarrollo foliar (número de ramas). La interacción de los Factores A y B no presentan significación, es decir los comportamientos de los niveles del Factor B no afectaron los niveles del Factor A.

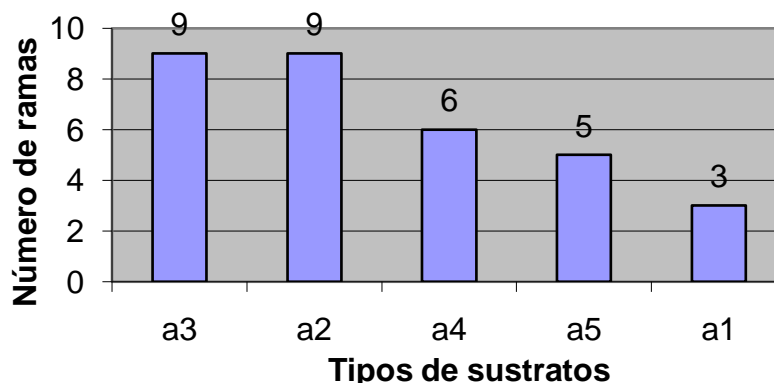
#### 4.2.5.1 Número de ramas por tipos de sustratos

La prueba de comparación de medias Tukey (5%) de los promedios del número de ramas debido al efecto de los sustratos, se detalla en el Cuadro 17 y el Grafico 11.

**Cuadro 17. Número de ramas por tipos de sustratos**

sustrato	Promedios Número ramas	Tukey (5%)
a3	9	A
a2	9	A
a4	6	B
a5	5	B
a1	3	C

**Grafico 11. Número de ramas por tipos de sustratos**



La prueba muestra que los promedios de los sustratos a3 y a2 son estadísticamente iguales pero diferentes de los sustratos a4, a5 y a1. Los promedios de los sustratos a4 y a5 son también estadísticamente iguales. Siendo el promedio del sustrato a1 estadísticamente diferente de los demás sustratos.

Los promedios del número de ramas que corresponden a los sustratos a3 y a2 (con 9 cada uno), son las que mayor desarrollo alcanzaron, y son diferentes a los promedios de los sustratos a4, a5 y a1 (con 6, 5 y 3 ramas respectivamente). Este efecto se debe muy en particular al abonamiento con estiércol de ovino, y el concurso de la arena y turba que ayudaron a mantener un buen nivel de retención de agua y aireación del sustrato.

El sustrato a5 no tuvo abono adicional, y merced a sus buenas condiciones de humedad alcanzo un desarrollo aceptable de los plantines con un promedio de 5 ramas, pero lejos de las 9 ramas que alcanzaron los sustratos a2 y a3.

#### 4.2.6 Diámetro del tallo

El análisis de varianza de la variable de respuesta “diámetro del tallo”, se detalla en el Cuadro 18.

**Cuadro 18. Análisis de varianza del diámetro del tallo**

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Bloques	3	0,62	0,21	1,86	0,1903 NS
Tipos de sustratos	4	12,14	3,04	27,23	0,0001 **
Error “a”	12	1,34	0,11	--	--
Tratamientos pregerminativos	1	0,12	0,12	1,38	0,2584 NS
Interacción sustrato x germinativo	4	0,26	0,07	0,75	0,5715 NS
Error experimental “b”	15	1,31	0,09	--	--
Total	39	15,80	--	--	--

$$C.V. = 9,80; R^2 = 0,92$$

El análisis estadístico determina un coeficiente de variación de 9,80% menor a 10%, lo que quiere decir que la prueba experimental tuvo buen manejo y los datos tienen un grado de confiabilidad. El coeficiente de determinación indica que los datos se ajustan al modelo.

Existen diferencias altamente significativas al nivel del 1% entre los niveles del Factor A (tipos de sustratos) en el diámetro del tallo de los plantines; en cambio los niveles b1 y b2 del factor B (tratamientos pregerminativos) sobre el diámetro del tallo presentan un comportamiento significativamente igual (no significativo). La interacción sustrato por tratamiento pregerminativo tampoco es significativa.



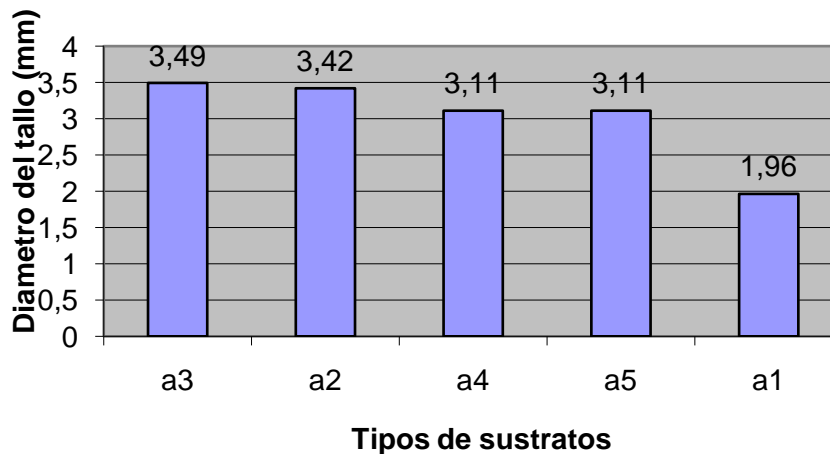
#### 4.2.6.1 Diámetro del tallo por tipos de sustratos

La prueba de comparación de medias Tukey (5%) del diámetro de tallo por el efecto de los sustratos, se detalla en el Cuadro 19 y el Grafico 12.

**Cuadro 19. Diámetro del tallo por tipos de sustratos**

Sustrato	Promedios (mm) Diámetro tallo	Tukey 5%
a3	3,49	A
a2	3,42	A
a4	3,11	A
a5	3,11	A
a1	1,96	B

**Grafico 12. Diámetro del tallo por tipos de sustratos**



La prueba de Tukey determina dos grupos, de las cuales los sustratos a3, a2, a4 y a5, forman el primer grupo, son estadísticamente iguales en el desarrollo del diámetro de tallo, pero diferentes del promedio alcanzado por el sustrato a1 (segundo grupo).

En el Grafico 12, se puede apreciar que los sustratos a3 y a2 lograron un mejor desarrollo del diámetro del plantín con 3,49 y 3,42 cm respectivamente, esto se explica por el mayor grado de nutrientes con que cuentan, es decir están dotados de mayor dosificación de abono (estiércol).

En cambio el sustrato a1 (tierra del lugar) es el que alcanza menor desarrollo del diámetro, con un valor de 1,96 mm, que está en relación a su tamaño alcanzado (22 cm) y según la recomendación técnica (FAO, 1981), no está habilitado aun para su trasplante, esto se debe a que la tierra del lugar tiene una textura altamente arcillosa, que al efecto de la labor de riego frecuente tiende a compactarse con rapidez y cerrando todo su espacio poroso disponible al principio, logrando una sofocación del plantín.

#### 4.2.7 Tamaño de raíz

El Cuadro 20, muestra la prueba del análisis de varianza correspondiente a la variable, tamaño de raíz.

**Cuadro 20. Análisis de varianza del tamaño de raíz**

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Bloques	3	1,90	0,63	0,11	0,9514 NS
Tipos de sustratos	4	2235,27	558,82	98,58	0,0001 **
Error "a"	12	68,03	5,67	--	--
Tratamientos pregerminativos	1	17,03	17,03	6,31	0,0240 *
Interaccion sustratox germinativo	4	54,13	13,53	5,01	0.0091 **
Error experimental "b"	15	40,51	2,70	--	--
Total	39	2416,87	--	--	--

$$C.V. = 5,81; R^2 = 0,98$$

El coeficiente de variación en el ensayo experimental es de 5,81% menor a 10%, lo que implica que el ensayo ha sido bien desarrollado. Se tiene un coeficiente de determinación de 0,98 que hace referencia que los datos se ajustan al modelo.

El análisis estadístico de varianza determina, que existen diferencias altamente significativas en las longitudes de la raíz por efecto de los diferentes sustratos experimentales.

Existen diferencias significativas al nivel del 5% en la longitud de la raíz por efecto de los tratamientos pregerminativos; y además se registra diferencias altamente significativas al nivel del 1% debidas a la interacción sustrato por tratamiento pregerminativo. Es decir que la interacción de los dos factores ocasiona variaciones significativas en la variable de respuesta.

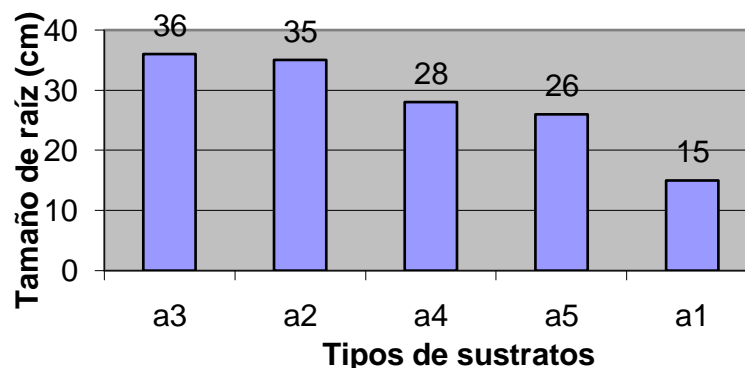
#### 4.2.7.1 Tamaño de raíz por tipos de sustratos

El Cuadro 21 y el Grafico 13, muestran el resultado de la prueba de medias Tukey al nivel del 5% en la longitud de raíz bajo el efecto de los sustratos.

**Cuadro 21. Tamaño de raíz por tipos de sustratos**

Sustrato	Promedios (cm) Tamaño de raíz	Tukey (5%)
a3	36	A
a2	35	A
a4	28	B
a5	26	B
a1	15	C

**Grafico 13. Tamaño de raíz por tipos de sustratos**



Los promedios del tamaño de raíz debida al efecto de los sustratos a3 y a2 son estadísticamente iguales y presenta diferencias significativas respecto a los demás sustratos. Los promedios alcanzados por los niveles, a4 y a5, del Factor A son estadísticamente iguales y estadísticamente diferentes al sustrato a1.

Los sustratos a3 y a2 alcanzaron los mayores tamaños de raíz (36 y 35 cm respectivamente). Este resultado está en relación al resultado de otras variables de respuesta tales como: "altura de planta", "diámetro de tallo", "número de ramas", etc. De las cuales los mejores resultados están en relación a los niveles a3 y a2 del Factor A.

Los sustratos a4 y a5 alcanzaron una longitud de raíz significativa, pero están por debajo de los dos primeros sustratos mencionados, lo que se debe al menor porcentaje de abono

en su dosificación (5% y 0%). El promedio del sustrato a1 alcanzó un crecimiento pobre debido a la textura arcillosa del sustrato, en el cual la ramificación de la raíz ha sido lento y estéril, careciendo totalmente de las propiedades físicas de los sustratos como: material fino, poroso, suelto y liviano.

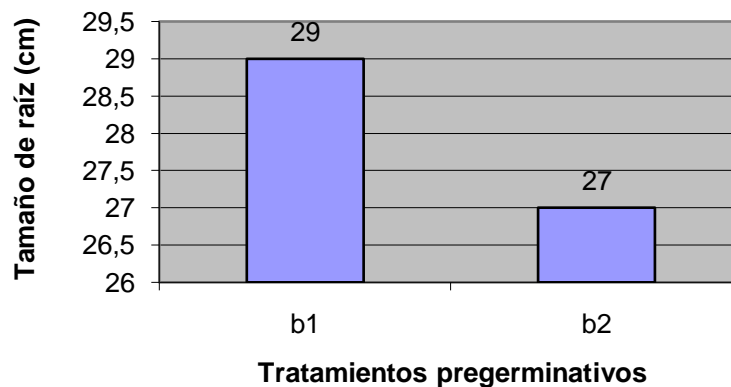
#### 4.2.7.2 Tamaño de raíz por tratamientos pregerminativos

El Cuadro 22 y el Grafico 14, muestran los promedios de la longitud de la raíz debido a los tratamientos pregerminativos y la prueba de comparación de medias Tukey (5%).

**Cuadro 22. Tamaño de raíz por tratamientos pregerminativos**

T. Pregerminativos	Promedios (cm) Tamaño de raíz	Tukey (5%)
b1	29	A
b2	27	B

**Grafico 14. Tamaño de raíz por tratamientos pregerminativos**



Los promedios de la longitud de la raíz debido a los tratamientos pregerminativos b1 (semilla remojada) y b2 (semilla estratificada) son estadísticamente diferentes, lo que significa que existe variación por el uso de los dos tratamientos. Con el tratamiento b1 se alcanzó 29 cm y con b2 se alcanzó 27 cm, esta diferencia de alguna forma tiene relación en el retraso fisiológico que presentaron las semillas estratificadas respecto a la semilla remojada.

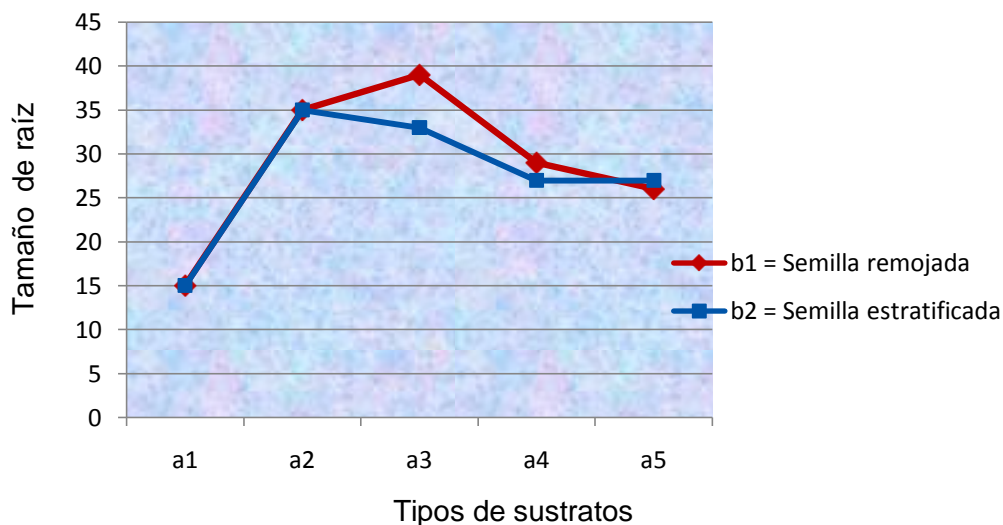
### 4.2.7.3 Tamaño de raíz por interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos

En el Cuadro 23, se detalla los promedios de longitud de raíz alcanzados, por efecto de la interacción de los factores A y B. La interacción de los factores se representa gráficamente a través de la Grafica de efectos simples, que muestra el Grafico 15.

**Cuadro 23. Tamaño de raíz por interacción de sustratos y tratamientos pregerminativos**

Interacción Factores	Promedios(cm) Tamaño de raíz	SD
a1b1	15	1,82
a1b2	15	1,29
a2b1	35	2,78
a2b2	35	2,63
a3b1	39	3,13
a3b2	33	1,97
a4b1	29	0,81
a4b2	27	0,94
a5b1	26	0,98
a5b2	27	0,98

**Grafico 15. Tamaño de raíz por interacción Factor A y Factor B**



El Grafico 15, muestra que los niveles del Factor B tienen un comportamiento muy diferenciado en los niveles del Factor A, lo que indica la existencia de la interacción de los factores para obtener los resultados. En ese sentido el comportamiento del nivel b1 (semilla remojada), presenta un mayor tamaño de raíz (39 cm) obtenida con el efecto del nivel a3, y un menor tamaño de raíz (26 cm) obtenida con el nivel a5.

El nivel b2 (semilla estratificada), tiene un comportamiento significativamente diferenciado por efecto de los cinco niveles del Factor A, presentando un mayor tamaño de raíz (35 cm) debida al efecto del nivel a2, y un menor tamaño de raíz (27 cm) obtenida por los niveles a4 y a5.

#### 4.2.8 Volumen de raíz.

El Cuadro 24 detalla los resultados del análisis de varianza de la variable “Volumen de raíz”, el cual se muestra a continuación.

**Cuadro 24. Análisis de varianza del volumen de raíz**

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Bloques	3	2,49	0,83	0,70	0,5711 NS
Tipos de sustratos	4	608,43	152,11	127,41	0,0001 **
Error “a”	12	14,33	1,19	--	--
Tratamientos pregerminativos	1	0,10	0,10	0,04	0,8388 NS
Interacción sustratos germinativo	4	9,63	2,41	1,03	0,4231 NS
Error experimental “b”	15	4,72	0,31	--	--
Total	39	67,19	--	--	--

C.V. = 18,13; R<sup>2</sup> = 0,95

No obstante, que el coeficiente de variación (18,13%), es mucho mayor en relación a los coeficientes de variación que presentaron las demás variables de respuesta, se concluye que el ensayo esta dentro el rango clasificado como buen manejo ( C.V. menor al 20%), (Ochoa, 2007). El coeficiente de determinación de 0,95 determina que los datos estadísticamente se ajustan al modelo del diseño.

Existen variaciones en el volumen de la raíz, altamente significativas debido a los cinco niveles del Factor A (tipos de sustratos); en cambio no existen diferencias significativas por los niveles del Factor B (tratamientos pregerminativos), ni por la interacción de los dos Factores A x B.

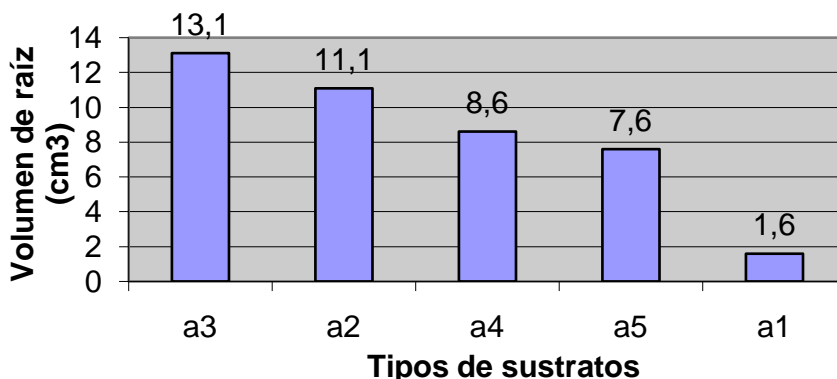
##### 4.2.8.1 Volumen de raíz por tipos de sustratos

El volumen promedio de la raíz de los ensayos experimentales como consecuencia del efecto de los sustratos y la comparación de medias Tukey (5%) se muestra en el siguiente Cuadro 25 y el Grafico 16.

**Cuadro 25. Volumen de raíz por tipos de sustratos**

Sustrato	Promedios (cm <sup>3</sup> ) Volumen raíz	Tukey 5%)
a3	13,1	A
a2	11,1	A
a4	8,6	B
a5	7,6	B
a1	1,6	C

**Grafico 16. Volumen de raíz por tipos de sustratos**



Los promedios de los volúmenes de la raíz por efecto de los sustratos a3 y a2 son estadísticamente iguales; lo propio ocurre con los sustratos a4 y a5, pero existe diferencias estadísticas entre estos dos grupos. El efecto promedio del sustrato a1 es estadísticamente diferente respecto a los demás sustratos.

El mayor promedio volumétrico de la raíz de los plantines se debe al sustrato a3 con 13,1 cm<sup>3</sup>, seguido del sustrato a2 con 11,1 cm<sup>3</sup>, además estos sustratos alcanzaron los mayores tamaños de raíz (36 y 35 cm respectivamente), lo que significa que ambas variables están proporcionalmente relacionados. El sustrato a3 tiene menor porcentaje de abono (10%) que el sustrato a2 (15%). Sin embargo, en la mayoría de las variables de respuesta lidera el sustrato a3 por el mayor equilibrio alcanzado en sus componentes (arena 20%, limo 5%, turba 10%, estiércol 10% y 50% de tierra del lugar).

### 4.3 Costos de producción

Los respectivos costos para la determinación del costo unitario de producción, se detallan a continuación:

### a) Costos de establecimiento

La determinación de este costo incluyó ítems referidos al establecimiento de los ensayos, el detalle del mismo se muestra en el Cuadro 26.

**Cuadro 26. Costos de establecimiento (en Bolivianos)**

Detalle	Unidad	cantidad	Total
Alquiler área de carpa solar 30 m <sup>2</sup>	150Bs/mes	6	900
Semi sombra	50 Bs/m <sup>2</sup>	16	800
Equipos y herramientas (Regaderas, rastrillo, pala,..etc)	80 Bs		80
Sub total			1780
Valor residual después de uso de semi sombra			(400)
Valor residual después de uso equipos y herramientas			(50)
Costo total de establecimiento			1280

### b) Costo total de manejo

El costo total de manejo para producir 1680 plantines, se detalla en el Cuadro 27.

**Cuadro 27. Costo total de manejo (en Bolivianos)**

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTALES
<b>MANO DE OBRA</b>				
Reacondicionamiento y limpieza del lugar	70 Bs/jornal	1	70	
Extracción y mezcla de Tierra y componentes	70Bs/jornal	3	210	
Desinfección de sustrato	70Bs/jornal	2	140	
Cortado y llenado de bolsas	70Bs/jornal	4	280	
Tratamiento de semillas	70Bs/jornal	0,5	35	
Trabajo de Riego	10Bs/sesión	60	600	
Construcción de semi sombra	70Bs/jornal	0,5	35	
Mantenimiento y deshierbe	60Bs/jornal	8	480	
TOTAL COSTO MANO OBRA				1850
<b>INSUMOS</b>				
Semillas	80Bs/kg	0,75	80	
Turba	200Bs/m <sup>3</sup>	1	200	
Arena	150Bs/m <sup>3</sup>	1	150	
Limo	15Bs/carretilla	7	85	
Estiércol ovino	200Bs/m <sup>3</sup>	1	200	
Agua para riego	5 Bs/m <sup>3</sup>	6	30	
Bolsas 12 cm x 25 cm (1680)	12 Bs/100bls	17	204	
TOTAL COSTO INSUMO				949
<b>OTROS</b>				
Flete caldero desinfección	100Bs/hr	4	400	
Transporte insumos+carguío	250Bs/carrera	1	250	
TOTAL OTROS COSTOS				650
COSTO TOTAL DE MANEJO				3449



### **c) Costo total de producción**

Costo de producción =  $1280 + 3449 = 4729$  Bs.

Costo unitario de producción =  $Cu = 4729/1680 = 2,8$  Bs/plantin

### **d) Ingresos por venta**

Ingresos =  $Pv \times$  Cantidad producida

Ingresos =  $4$  Bs/plantin  $\times$   $1680$  plantines =  $6720$  Bs.

### **e) Relación beneficio-costo**

$B/C = 6720$  Bs/ $4729$  Bs =  $1,42 > 1 \rightarrow$  el proyecto es rentable

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Concluida la investigación científica, sus resultados fueron evaluados y analizados conforme a los objetivos perseguidos, de los cuales se tienen las siguientes conclusiones:

- 1) La fase de emergencia del eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) varía de acuerdo al sustrato utilizado. Los sustratos a3 (50% tierra, 20% arena, 5% limo, 15% turba, 10% estiércol) y a4 (50% tierra, 15% arena, 10% limo, 20% turba, 5% estiércol) tienen una proporción equilibrada en sus componentes lo que genera una rápida emergencia de la semilla (15 días). Esta a su vez está en relación directamente proporcional a la formación de las primeras hojas verdaderas (de 23 a 24 días).

El uso del 100% de tierra del lugar como sustrato, retrasa notoriamente la emergencia de la semilla (de 26 a 27 días).

- 2) El efecto de los sustratos a3 y a2 permiten mayor desarrollo del follaje (mayor número de ramas y hojas) de los plantines de eucalipto al cabo de 125 días después de la siembra (con un promedio de altura de 50 cm), estas ya están disponibles para un eventual trasplante. El desarrollo está asociado a la mayor proporción de abono orgánico en el sustrato (15% y 10% de estiércol respectivamente).
- 3) Se consigue mayor precocidad en la emergencia de la semilla de eucalipto a través del efecto combinado, utilizando semillas remojadas y sustratos (10 y 11 días en los sustratos a3 y a2 respectivamente), que una semilla estratificada. Se explica en el sentido que la semilla del eucalipto es bastante pequeña y delicada, y que al tratamiento por estratificación puede ocasionar lesiones que alterarían su fisiología.
- 4) El efecto de la semilla remojada y la acción de los sustratos (interacción de ambas variables), a2, a3, a4 y a5, permite alcanzar las hojas verdaderas de los plantines en un promedio de 20 días, tiempo menor respecto a la estratificada que es de, 26 a 32 días. Es decir el efecto conjunto es significativo.

- 5)** La producción de plantines en carpa solar a una altitud de 3450 m.s.n.m. (altitud de la zona de Cota Cota), tiene ventajas altamente significativas respecto a una producción convencional de plantines de eucalipto a ambiente abierto, estas se resumen en los siguientes puntos:
- a. Facilita el desarrollo fisiológico de la planta.
  - b. Se puede producir durante la estación de invierno con resultados todavía rentables.
  - c. Se acorta el tiempo de producción de plantines en un menor costo. Facilita la producción intensiva de plantines de eucalipto durante el año.
- 6)** El tiempo promedio de crecimiento de la planta de eucalipto hasta nivel plantin (de 50 cm según el sustrato a3) es de 4 meses y una producción al ambiente abierto se estima en 6 meses, ambas en época de invierno y a 3450 m.s.n.m.. Esta diferencia obtenida, le califica al uso de la carpa solar como un medio de ganancia de tiempo y rendimiento para una explotación forestal de eucalipto. Considerando una producción en otra estación del año, se infiere que la producción se reducirá en un tiempo mucho menor a 4 meses.
- 7)** De acuerdo a la docimasia de hipótesis realizada para cada “variable de respuesta”, la hipótesis nula ( $H_0$ ) (Los diferentes sustratos no influyen en la producción de plantines de eucalipto), es rechazada a un nivel de significación del 1%. Es decir, los diferentes sustratos influyen en la producción de plantines (que están relacionadas a su fisiología: emergencia, formación de hojas verdaderas, altura de planta, tamaño de raíz, número de hojas, diámetro del tallo, número de ramas).
- 8)** La hipótesis ( $H_0$ ) (Los diferentes tratamientos pregerminativos no influyen en la producción de plantines), es aceptada al nivel del 1% para las variables: altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo y número de ramas. Y  $H_0$  es rechazada, para días a la emergencia, formación de hojas verdaderas y tamaño de raíz.
- 9)** Finalmente, se concluye que el análisis económico determino la relación B/C (Beneficio/Costo) es mayor a 1, según el cual se proyecta que esta rentabilidad será muy superior para un proyecto forestal, con costos menores al obtenido.

## 5.2 Recomendaciones

Los resultados y conclusiones vertidas del estudio permiten afirmar las siguientes recomendaciones:

- 1) Realizar un estudio comparativo del desarrollo del plantin de eucalipto sin tratamiento de la semilla, para ver el grado de aporte del tratamiento pregerminativo en carpa solar y al ambiente externo.
- 2) Determinar ensayos con mayores tamaños de bolsa del plantin, para ver si afecta en su desarrollo, de esa manera hallar el tamaño adecuado para un buen desarrollo del sistema radicular.
- 3) Investigar la materia seca del follaje del plantin tanto en carpa solar y en ambiente externo, este resultado puede ayudar mucho para comprender la fisiología de la planta en el ambiente atemperado.
- 4) Realizar una evaluación acerca del tiempo de aclimatación fuera del ambiente atemperado, una vez que el plantin ha alcanzado el tamaño necesario para su trasplante.
- 5) Finalmente se recomienda realizar un estudio económico y ambiental de la explotación del eucalipto, a fin de aclarar y descartar afirmaciones no concluyentes.

## VI. BIBLIOGRAFIA

Acarapi, C. 2001. Determinación del Potencial Económico Forestal del Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y Aliso (*Agnus acuminata* Kunth), Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. La Paz, BO, Universidad Boliviana “Mayor de San Andrés”. p.12-13, 48-39, 64.

Calzada, B. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. 5 ed. Lima, PE, Editorial Milagros. p. 50.

Caballero, A. 1997. Manual de Forestación: CIPCA Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. La Paz, BO, Impreso Artes Graficas. p. 28-30.

CEDEFOA (Centro de Desarrollo y Fomento a la Autoayuda), 2002. Manual de técnicas de Construcción de Carpas Solares. Desarrollado por equipo técnico de CEDEFOA. La Paz, BO, s.e. p. 8-18.

CIH (Centro de Investigación Hidrológica), 1999. Efectos de la corta a hecho y tratamiento de restos sobre el régimen hidrológico y la dinámica de nutrientes en Eucaliptales y Penares de Galicia. Madrid, ES, s.e. p. 122-123.

CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA, 2010. Datos obtenidos del tablero de ubicación del Centro Experimental, Facultad de Agronomía, Universidad Boliviana “Mayor de San Andrés”, La Paz, BO.

Fossati, J; Olivera, T. 1996. Sustratos en Viveros Forestales: Programa de Repoblamiento Forestal. COTESU. Cartilla no. 2, Cochabamba, BO. s.p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1989. Efecto Ecológico de los Eucaliptos: Erosión Hídrica. Capítulo II, no. 59, Roma, IT. p. 27-28.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1987. Sistemas Agroforestales en los Andes del Perú: Memoria del Seminario Nacional sobre Agroforestería y Conservación de Suelos. Cusco, PE. p. 31-34.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1994. Evaluación de Recursos Forestales. p. 24-70.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1981. El eucalipto en la repoblación Forestal. 2 ed. Roma, IT. p. 47-237.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2009. Establecimiento y ordenación de las plantaciones de eucaliptos (en línea). Consultado 15 dic. 2009. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/AC459S/AC459S08.htm>

Flores, J. 1996. Carpas Solares: Técnicas de Construcción; Centro de Desarrollo y Fomento a la Autoayuda. 1 ed. La Paz, BO, Editorial Cedefoa. p. 30-35.

Goitia, L. 2000. Dasonomía y Silvicultura. Editorial Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 1 ed. La Paz, BO, s.e. (380 p.)

Galloway, G 1983. Manual de Viveros Forestales en la Sierra Peruana. Proyecto FAO/Holanda/INFOR. 1 ed. Tacna, PE. p. 26-31.

Hidalgo, O. 2002. La Plantación de Eucalipto en Chiapas. Centro de Investigaciones Económica y Políticas de Acción Comunitaria no. 294. Distrito Federal, MX. s.p.

Huanca, C. 2007. Evaluación de sustratos y bolsas para desarrollo de plantines de Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides* Linn) en la primera fase bajo carpa solar. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. La Paz, BO, Universidad Boliviana "Mayor de San Andrés". p. 21-22.

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), 1996. Producción Forestal Resultado. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación no 3. Madrid, ES. p. 25-36.

IASRF (Investigación Agraria Sistemas y Recursos Forestales), 2003. Efecto de la Resistencia mecánica del suelo sobre la densidad de raíces finas de *Eucalyptus globulus* Labill no. 12. Madrid, ES. p. 125-126.

Khuno, M. 2005. Efecto de Tres Sustratos y Tres Tratamientos en la Germinación y Crecimiento Inicial de la Semilla de *Kiswara* en la Localidad de Choquenaira. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. La Paz, BO, Universidad Boliviana "Mayor de San Andrés". p. 79.

Montoya, O. 1995. El Eucalipto. 1 ed. Bilbao, ES, Editorial Mundi-Prensa. p. 11-19, 37-40.

Moholt, C. 1999. Basic gardenning illustrated. California, US, Editorial Sunset Publishing Corporation. p. 54-57.

Marzocca, A. 1985. Nociones Básicas de Taxonomía Vegetal. Edición IICA. San José, CR. p. 153-178.

Orea, U. 2004. El eucalipto comunidad y entorno. Edición Universitaria Pinar del Río, Departamento de Química. Pinar del Rio, CU. 150 p.

Ochoa, R. 2007. Diseños Experimentales. Edición Facultad de Agronomía de la UMSA. La Paz, BO, s.e. p. 183-186.

Ortega, A; Corbalán, E. 2009. Calidad de los Sustratos para Almacigos (en línea). Salta, Argentina. Consultado 20 jul. 2009. Disponible en [http://www.inta.gov.ar/salta/info/documentos/\\_Fertilizacion/sustrato\\_almacigo.pdf](http://www.inta.gov.ar/salta/info/documentos/_Fertilizacion/sustrato_almacigo.pdf)

Padrón, E. 1996. Diseños Experimentales con Aplicación a la Agricultura y la Ganadería. 1 ed. Distrito Federal, MX, Editorial Trillas. p. 26-31.

PEFB (Pequeñas Empresas Forestales de Bolivia. Aceite de Eucalipto), (1991). La Paz, BO, Editorial Luz de América. p. 13-15.

Philip, G 1984. El problema de la marchitez del *Eucalyptus globulus* en el Perú. Proyecto FAO/Holanda/INFOR. Documento de Trabajo No. 1, Perú, Impresión Art. Lautrec. p. 30-35.

Rodriguez, F. 1982. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. Editor S.A. 1 ed. Distrito Federal, MX, Editorial A.G.T. p. 33.

Rojas, F. 2000. Apuntes de Botánica Sistemática. Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, BO. s.p.

Rojas, F. 1990. Catalogo de Plantas. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, BO, s.e. (47 p.).

Sánchez, T. 1989. Investigación Científica Comunicaciones I.N.I.A: Crecimiento y adaptación de algunas especies de Eucalipto a la zona Centro de Madrid. Serie Recursos Naturales no. 33. Madrid, ES. p. 30-50.

Sustratos Agrícolas 2009. Turba Negra Húmica (en línea). Santiago, Chile. Consultado 15 ene. 2009. Disponible en <http://sustratosagricolas.galeon.com>

SENAMHI, 2009. Informe Anual de Datos Climáticos SENAMHI 2009. La Paz, BO. s.p.

Schneck, M. 1992. How To Make the Most of Every Square Foot: Plants in Small Spaces. First Published by Smithmark Publishers. New York, US, s.e. p 50-55.

Tarima, J. 2000. Manual de Viveros. 2 ed. Santa Cruz, BO, s.e. p. 56-58.

Trujillo, E. 1995. Avances en la Producción de Semillas Forestales de América Latina, Memorias del simposio, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (en línea), CATIE, Managua, Nicaragua, Consultado 10 ene. 2009. Disponible en [http://books.google.com.bo/books?hl=es&lr=&id=0eAOAQAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA317&dq=tratamientos+pregerminativos+de+semillas+forestales&ots=PFVrQdZ1Jc&sig=Kpo\\_hm](http://books.google.com.bo/books?hl=es&lr=&id=0eAOAQAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA317&dq=tratamientos+pregerminativos+de+semillas+forestales&ots=PFVrQdZ1Jc&sig=Kpo_hm)

UCA (Universidad Centroamericana), 1994. Eucalipto: las Bendiciones de un Árbol Maldito no 28. Managua, NI. (50 p.).

Vargas, G. 2002. Niveles de Fertilización N, P y K En la producción de plantas de Eucalipto (*Eucallyptus globulus* L.) en la localidad de la Puerta. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Potosí, BO, Universidad Boliviana Autónoma "Tomas Frías". p. 4-17.



# ANEXOS

## **ANEXO 1. COMPONENTES DEL EUCALIPTO Y SU RENDIMIENTO POR HECTÁREA**

### **Componentes:**

Toda la planta del *Eucalyptus globulus* Labill contiene aceites esenciales. Las hojas y los botones florales contienen de 0,5-3% de aceites esenciales. Este es generalmente incoloro, soluble en alcohol de 95 grados, éter, cloroformo y sulfuro de carbono. El principal componente del aceite esencial es el éter óxido terpénico cineol o eucaliptol, constituyendo el 70-80% (Orea, 2004).

### **Rendimiento por hectárea**

Para el eucalipto, la densidad de plantación más utilizada es 1.111 árbol/ha, lo que implica plantar a 3 m x 3 m.

En cuanto al volumen, es variable y depende de las condiciones de suelo y clima donde se haga la plantación. Por ejemplo en Chile: Valparaíso tiene una media de 198 m<sup>3</sup> de madera, Concepción 220 m<sup>3</sup> y en Valdivia 242 m<sup>3</sup> (INIA, 1996).

## **ANEXO 2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN SUSTRATO IDEAL**

Según Vargas (2002), las propiedades físicas y químicas de un sustrato ideal pueden resumirse de la siguiente manera:

### a) Propiedades físicas:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio).

### b) Propiedades químicas:

- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.

### c) Otras propiedades.

- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo costo.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales.

### ANEXO 3. PROPIEDADES DE LA TURBA

Las turbas rubias son mas acidas que las negras y tienen una diferenciación en cuanto a sus propiedades, estas se pueden ver en la siguiente tabla (Sustratos Agrícolas, 2009).

<b>Propiedades de las turbas</b>		
<b>Propiedades</b>	<b>Turbas rubias</b>	<b>Turbas negras</b>
Densidad aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	0,06 - 0,1	0,3 - 0,5
Densidad real (gr/cm <sup>3</sup> )	1,35	1,65 - 1,85
Espacio poroso (%)	94 o más	80 - 84
Capacidad de absorción de agua (gr/100 gr m.s.)	1.049	287
Aire (% volumen)	29	7,6
Agua fácilmente disponible (% volumen)	33,5	24
Agua de reserva (% volumen)	6,5	4,7
Agua difícilmente disponible (% volumen)	25,3	47,7
C.I.C. (meq/100 gr)	110 - 130	250 o más

## **ANEXO 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE ALGUNOS SUSTRATOS NATURALES**

Están disponibles otros sustratos naturales, los cuales se describe a continuación (Ortega y Corbalán, 2009):

### **SUSTRATOS NATURALES**

#### **A) AGUA**

Es común su empleo como portador de nutrientes, aunque también se puede emplear como sustrato.

#### **B) GRAVAS**

Suelen utilizarse las que poseen un diámetro entre 5 y 15 mm. Destacan las gravas de cuarzo, la piedra pómez y las que contienen menos de un 10% en carbonato cálcico. Su densidad aparente es de 1.500-1.800 kg/m<sup>3</sup>. Poseen una buena estabilidad estructural, su capacidad de retención del agua es baja si bien su porosidad es elevada (más del 40% del volumen).

Su uso como sustrato puede durar varios años. Algunos tipos de gravas, como las de piedra pómez o de arena de río, deben lavarse antes de utilizarse. Existen algunas gravas sintéticas, como la herculita, obtenida por tratamiento térmico de pizarras.

#### **C) TIERRA VOLCÁNICA.**

Son materiales de origen volcánico que se utilizan sin someterlos a ningún tipo de tratamiento, proceso o manipulación. Están compuestos de sílice, alúmina y óxidos de hierro. También contiene calcio, magnesio, fósforo y algunos oligoelementos. Las granulometrías son muy variables al igual que sus propiedades físicas. El pH de las tierras volcánicas es ligeramente ácido con tendencias a la neutralidad.

La C.I.C. es tan baja que debe considerarse como nulo. Destaca su buena aireación, la inercia química y la estabilidad de su estructura. Tiene una baja capacidad de retención de agua, el material es poco homogéneo y de difícil manejo.

#### **D) CORTEZA DE PINO.**

Se pueden emplear cortezas de diversas especies vegetales, aunque la más empleada es la de pino, que procede básicamente de la industria maderera. Al ser un material de origen natural posee una gran variabilidad. las cortezas se emplean en estado fresco (material crudo) o compostadas. Las cortezas crudas pueden provocar problemas de deficiencia de nitrógeno y de fitotoxicidad.

Las propiedades físicas dependen del tamaño de sus partículas, y se recomienda que el 20-40% de dichas partículas sean con un tamaño inferior a los 0,8 mm es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0,1 a 0,45 g/cm<sup>3</sup>. La porosidad total es superior al 80-85%, la capacidad de retención de agua es de baja a media, siendo su capacidad de aireación muy elevada. El pH varía de medianamente ácido a neutro. La CIC es de 55 meq/100 g.

#### **E) FIBRA DE COCO.**

Este producto se obtiene de fibras de coco. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6,3-6,5) y una densidad aparente de 200 kg/m<sup>3</sup>. Su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee.

## ANEXO 5. METODOS QUÍMICOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS

Fossati y Olivera (1996), indica que existe dos métodos químicos de fácil utilización para la desinfección de sustratos:

### A. Formol concentrado al 40%.

- Para los viveros que se encuentran en la zona de los valles, a una altura menor a los 3000 msnm. La dosis es la siguiente:  
1 litro de Formol al 40% X 25 litros de agua.
- Para los viveros que se encuentran en las zonas altas y frías, a una altura mayor a 3000 msnm. La dosis es la siguiente:  
1 litro de Formol al 40% X 50 litros de agua.
- Una vez realizada la mezcla se aplica a la almaciguera con regadera, en una dosis de 8 litros por 3 m<sup>2</sup>.
- Después de aplicar el producto, se debe cubrir la almaciguera inmediatamente, con plástico negro o transparente que no tenga roturas ni agujeros, asegurando los bordes con tierra húmeda.
- La almaciguera debe estar tapada durante unos 3 a 4 días. Después de este tiempo, se deja ventilar otros 3 a 4 días removiendo el sustratos superficialmente.
- La limitación del método con Formol, es que solo sirve para controlar el hongo que causa el "Dumpig off".

### B. Basamid.

- La dosis para este químico es la misma tanto en zonas altas como en zonas bajas y consiste:  
10 a 12 gramos de Basamid X 1 m<sup>2</sup>  
10 a 12 gramos = 2 o 3 cucharadas
- Se nivela y se humedece la almaciguera, se aplica el Basamid de acuerdo a la dosis. Se realiza una remoción superficial con asadill o picota.
- Se cubre herméticamente con plástico negro transparente como el método anterior.
- La almaciguera debe permanecer tapada por 15 días (2 semanas), pasado este tiempo, se destapa y deja ventilar por otros 15 días, con remociones superficiales para que evapore la acción residual del compuesto químico.

## ANEXO 6. COMPOSICION QUIMICA DE DISTINTOS ABONOS ORGANICOS

La composición química de abonos orgánicos de común uso para la preparación de almacigos forestales, se detalla en la siguiente tabla (Huanca, 2007):

Constituyentes	Bovino	Caballar	Ovino	Porcino	Gallináceo
Humedad %	80,0	75,0	68,0	82,0	56,0
Nitrogeno %	1,67	2,29	3,75	3,75	6,27
Fosforo P2O5 %	1,11	1,25	1,87	3,13	5,92
Potasio K2O %	0,56	1,38	1,25	2,50	3,27

FUENTE: Extraído Tesis (Huanca, 2007)

## ANEXO 7. VENTAJAS AGRONOMICAS DE LAS CARPAS SOLARES

Según (CEDEFEOA, 2002), las ventajas del uso de las carpas solares pueden resumirse de la siguiente manera:

- Es un sistema de producción agroecológica, porque se utiliza materia orgánica, clima adecuado y agua pura.
- Es una actividad que involucra producción escalonada durante todo el año.
- El tiempo de producción en carpas solares en algunos casos es más corto que en algunas zonas tropicales y subtropicales.
- En las estaciones críticas se puede cultivar hortalizas, que en campo abierto no se pueden cultivar.
- Los rendimientos aumentan considerablemente por unidad y superficie con relación a los cultivos de campo abierto.
- Las hortalizas son aceptadas en las ferias, mercados y supermercados a precios competitivos.
- Manejo racional del suelo, donde se pueden aplicar enmiendas y evitar la degradación y su respectiva erosión.

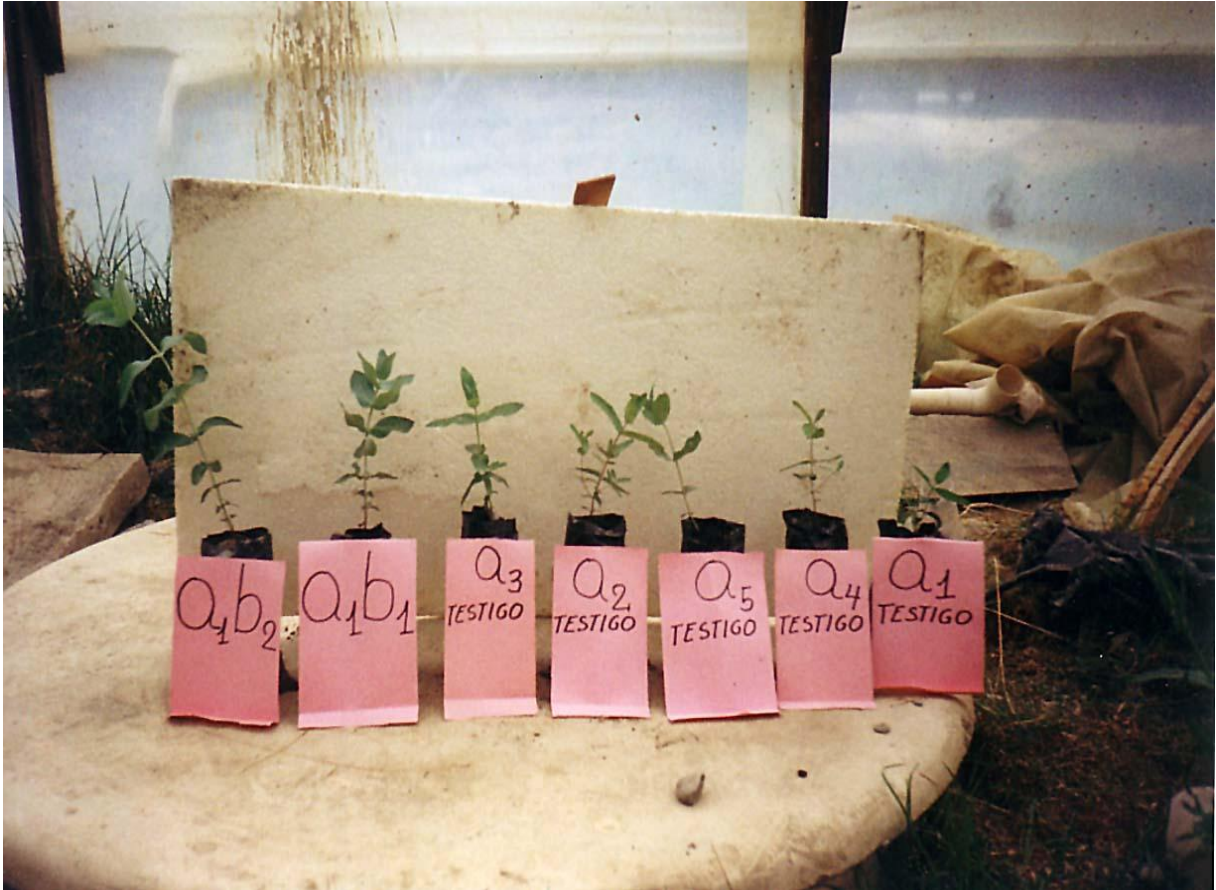


- La calidad del producto es buena, en cuanto al tamaño, peso, color, sabor y madurez.
- Aplicación de sistemas de riego, acorde al tamaño o clase de cultivo.
- Menores costos de producción, restringiendo para la producción el uso de agroquímicos, pesticidas, etc.
- La incidencia del ataque de plagas y enfermedades es menor, por lo que se puede controlar por métodos naturales.
- La recuperación de lo invertido es rápida, dependiendo del tamaño de la superficie, tipo del cultivo y el mercado.
- Los productos están fuera de contaminación atmosférica y química.
- Se pueden practicar otras culturas como la crianza de lombrices, sean con fines de obtención de humus o carne.

**ANEXO 8. COMPARACIÓN AGRONÓMICA DE LAS PLANTAS TESTIGO DESARROLLADAS AL AMBIENTE EXTERNO RESPECTO AL EFECTO DE LOS SUSTRATOS DE LA CARPA SOLAR**



**ANEXO 9. COMPARACIÓN AGRONÓMICA DEL SUSTRATO a1 (TESTIGO) DE LA CARPA SOLAR RESPECTO AL EFECTO DE LOS CINCO TIPOS DE SUSTRATOS DESARROLLADOS EXTERNAMENTE.**



**ANEXO 10. VALORES PROMEDIOS DE LAS VARIABLES DE RESPUESTAS REGISTRADO DURANTE EL DESARROLLO DEL PLANTIN DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus* Labill)**

ITEM	TIPOS		TRATAMIENTOS		DÍAS	DÍAS	ALTURA	DIAMETRO	NÚMERO	NÚMERO	TAMAÑO	VOLUMEN
	SUSTRATO	BLOQUES	PREGERMINA		EMERGEN > 50%	FORMACION HOJAS V.	PLANTA (cm)	TALLO (mm)			RAÍZ (cm)	DE RAÍZ (cm³)
1	a1	I	b1		23	29	25,1	2,1	33	3	17,0	2,0
2	a1	II	b1		25	31	22,4	1,9	22	3	14,0	1,9
3	a1	III	b1		25	31	21,3	1,7	20	2	16,0	1,5
4	a1	IV	b1		25	31	20,6	2,2	21	7	13,0	1,4
5	a1	I	b2		27	31	25,9	2,4	28	3	17,0	1,6
6	a1	II	b2		29	32	22,1	1,9	28	3	16,0	1,8
7	a1	III	b2		29	32	25,7	2,1	20	3	14,0	1,5
8	a1	IV	b2		29	32	16,3	1,4	19	2	15,0	1,5
9	a2	I	b1		13	21	50,5	3,8	48	8	34,0	9,5
10	a2	II	b1		11	20	45,8	3,2	58	9	35,0	10,0
11	a2	III	b1		11	20	42,7	2,9	59	7	39,0	13,5
12	a2	IV	b1		11	20	50,2	3,8	93	13	32,5	11,0
13	a2	I	b2		25	32	44,7	3,6	46	7	34,5	11,0
14	a2	II	b2		23	27	46,7	3,0	48	9	38,5	13,0
15	a2	III	b2		25	29	46,6	3,5	41	7	33,5	10,0
16	a2	IV	b2		25	29	44,3	3,6	62	9	32,5	11,0
17	a3	I	b1		10	21	54,7	4,0	59	10	39,5	14,7
18	a3	II	b1		9	20	47,1	3,2	57	10	37,5	13,2
19	a3	III	b1		10	20	51,7	3,3	57	9	35,7	11,9
20	a3	IV	b1		10	20	47,8	3,5	52	9	43,0	16,2
21	a3	I	b2		20	29	56,6	3,9	46	8	35,0	13,0
22	a3	II	b2		21	27	46,2	3,6	50	9	31,0	12,0
23	a3	III	b2		20	29	48,0	3,6	47	8	32,5	11,5
24	a3	IV	b2		20	29	44,0	2,8	46	8	35,0	12,5
25	a4	I	b1		10	21	44,2	3,0	46	7	30,0	8,5
26	a4	II	b1		11	20	41,9	2,8	48	7	29,7	8,0
27	a4	III	b1		10	20	44,5	3,0	37	6	28,3	9,5
28	a4	IV	b1		10	20	43,9	2,9	36	5	30,0	9,0
29	a4	I	b2		18	25	43,0	3,3	44	7	27,5	9,5
30	a4	II	b2		21	27	44,9	3,1	34	6	28,0	8,5
31	a4	III	b2		20	27	46,0	3,7	50	8	28,5	8,0
32	a4	IV	b2		20	27	47,3	3,1	36	6	26,3	8,2
33	a5	I	b1		10	20	33,6	3,1	37	5	25,5	5,7
34	a5	II	b1		11	21	42,5	2,9	32	5	25,0	7,3
35	a5	III	b1		10	20	39,5	2,9	30	4	26,5	7,7
36	a5	IV	b1		10	20	41,5	3,1	36	5	27,2	7,0
37	a5	I	b2		23	27	37,5	2,9	39	6	26,3	12,0
38	a5	II	b2		21	25	41,8	3,0	50	7	27,0	7,0
39	a5	III	b2		21	27	44,6	3,3	47	7	28,2	6,0
40	a5	IV	b2		21	27	44,4	3,7	35	5	26,0	7,9

FUENTE: Elaboracion propia en base a datos experimentales

**ANEXO 11. RAÍZ DE LA PLANTA DEL *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL**



**NEXO 12. PLANTA DE EUCALIPTO EXPERIMENTAL AFECTADA POR LA HELADA DEL INVIERNO**



**ANEXO 13. TEMPERATURA MÁXIMAS Y MÍNIMAS REGISTRADAS EN CARPA SOLAR DURANTE  
EL DESARROLLO DEL PLANTIN DEL EUCALIPTO  
MACHO**

DIA	MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE	
	8:00	14:00	8:00	14:00	8:00	14:00	8:00	14:00	8:00	14:00
	T MIN	T MAX	T MIN	T MAX	T MIN	T MAX	T MIN	T MAX	T MIN	T MAX
1					0,9	31,8	0,0	30,5	4,5	34,5
2			1,3	31,0	-0,2	32,3	0,5	31,5	4,0	35,5
3			1,3	31,0	-0,4	30,0			4,5	36,0
4			1,8	32,4	-0,2	31,7	0,5	31,3	5,0	32,5
5			1,6	31,3	0,9	32,7	0,8	31,5	3,0	33,5
6			2,1	31,8					4,0	35,0
7			1,2	32,5	0,1	32,0	0,0	28,5		
8					0,9	30,5	-0,5	25,0	4,5	34,5
9			1,8	31,5	0,6	30,0	0,3	31,5	4,0	35,5
10			0,8	31,8	-0,1	31,5			5,0	34,0
11			0,3	28,5	-0,2	31,7	0,7	31,8	4,0	34,5
12			0,8	29,3	0,1	32,0	0,5	32,0	3,5	33,5
13			1,1	29,0			1,0	32,3	4,0	34,5
14			0,8	27,5	0,3	31,5	1,5	32,5		
15					0,1	31,7	2,5	34,8	4,5	33,5
16			0,8	29,8			2,8	34,5	4,0	32,5
17			2,8	30,3	-0,1	31,3			3,8	34,5
18			3,3	32,5	-0,4	31,5	2,0	31,5	4,0	35,5
19			3,1	32,8	-0,1	32,5	2,5	32,5	5,0	34,5
20			0,7	32,5			3,5	33,0	4,5	34,0
21			1,1	31,5	0,5	32,0	4,0	33,3		
22					-1,1	30,5	4,5	33,5	4,3	34,0
23			1,1	31,0	-0,6	30,3	5,0	34,8	4,5	34,8
24	2,5	33,0	1,1	31,0	-0,4	30,5			5,0	35,0
25			1,0	29,8	-0,5	31,5	5,5	33,5	5,0	35,5
26	4,0	32,0	1,3	30,5	-0,2	32,0	3,5	33,8	5,5	35,7
27	2,0	31,4	0,0	31,3			4,5	35,4		
28	1,5	31,5	0,8	32,3	-0,4	29,5	4,0	35,7		
29	1,0	31,8			-1,1	28,5	4,0	35,5		
30	1,5	30,5	2,3	31,3	-1,4	30,5	5,5	35,5		
31	2	32,5			-1,1	30,3				
MEDIA	2,1	31,8	1,4	31,0	-0,2	31,2	2,4	32,6	4,4	34,5
VARIAN	1,0	0,7	0,7	1,9	0,4	1,0	3,7	5,7	0,3	0,9
DESVIA	1,0	0,8	0,8	1,4	0,6	1,0	1,9	2,4	0,6	1,0

FUENTE: ELABORACION PROPIA EN BASE DATOS TOMADOS EN CARPA SOLAR