



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
SANTO DOMINGO

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIEROAGROPECUARIO

DANIEL ALEJANDRO MEJÍA GRANDA

TEMA:

‘EFECTO DE LA REHABILITACIÓN Y MANEJO DE SUELOS ENDURECIDOS  
CON EL USO DE PLANTAS GERMINADAS, EN LA PRODUCTIVIDAD Y  
SOBREVIVENCIA DE GYPSOPHILA, (*Gypsophila paniculata* L.) VARIEDAD  
OVER TIME’

DIRECTOR: ING. ALFREDO VALAREZO LOAIZA.

CODIRECTOR: ING. PATRICIO VACA. Mg.

BIOMETRÍSTA: ING. VINICIO UDAY. Mg.

SANTO DOMINGO - ECUADOR

2014

“EFECTO DE LA REHABILITACIÓN Y MANEJO DE SUELOS ENDURECIDOS  
CON EL USO DE PLANTAS GERMINADAS, EN LA PRODUCTIVIDAD Y  
SOBREVIVENCIA DE GYPSOPHILA, (*Gypsophila paniculata* L.) VARIEDAD  
OVER TIME”

REVISADO Y APROBADO

---

Ing. Alfredo Valarezo L.  
DIRECTOR DE CARRERA  
INGENIERÍA AGROPECUARIA

---

Ing. Alfredo Valarezo Loaiza.  
DIRECTOR

---

Ing. Patricio Vaca. Mg.  
CODIRECTOR

---

Ing. Vinicio Uday. Mg.  
BIOMETRISTA

---

Dr. Ramiro Cueva Villamarín  
SECRETARIO ACADÉMICO

## CERTIFICACIÓN

Los suscritos, docentes de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Santo Domingo, certificamos que el proyecto de Investigación de grado intitulado “EFECTO DE LA REHABILITACIÓN Y MANEJO DE SUELOS ENDURECIDOS CON EL USO DE PLANTAS GERMINADAS, EN LA PRODUCTIVIDAD Y SOBREVIVENCIA DE GYPSOPHILA, (*Gypsophila paniculata* L.) VARIEDAD OVER TIME”, cumple las disposiciones reglamentarias establecidas, en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Esta Investigación desarrollada por el egresado DANIEL ALEJANDRO MEJIA GRANDA, fue guiada en forma permanente por nuestra parte y en las conclusiones y recomendaciones de este documento, se destaca la importancia para el sector florícola del país.

Debido a la importancia de esta investigación para mejorar los métodos de producción del cultivo de *Gypsophila* y cuidado del recurso suelo se recomienda su publicación.

Santo Domingo, 04 de abril del 2014

---

Ing. Alfredo Valarezo Loaiza.

**DIRECTOR**

---

Ing. Patricio Vaca. Mg.

**CODIRECTOR**

## AUTORÍA

Las ideas expuestas en el presente trabajo de investigación, así como los resultados, discusión y conclusiones son de exclusiva responsabilidad del autor.

.....  
Daniel Alejandro Mejía Granda  
0603240938

## AUTORIZACIÓN

Yo, DANIEL ALEJANDRO MEJÍA GRANDA

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “EFECTO DE LA REHABILITACIÓN Y MANEJO DE SUELOS ENDURECIDOS CON EL USO DE PLANTAS GERMINADAS, EN LA PRODUCTIVIDAD Y SOBREVIVENCIA DE GYPSOPHILA, (*Gypsophila paniculata* L.) VARIEDAD OVER TIME”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

.....  
Daniel Alejandro Mejía Granda

Santo Domingo, 04 de abril del 2014

## **DEDICATORIA**

***A mis tres madres; Teresa, Hilda y Nancy.***

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación y presión constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

***A mi hijo Cristian y mi esposa Ma. Alexandra.***

*Por ser motivación incesante transformada en anhelo de superación.*

***A mi hermano Damián Basantes. †***

*Por su amistad sincera, apoyo incondicional que en más de una ocasión sirvió de pilar para continuar en medio del duro camino cruzado hasta llegar a este punto de mi vida.*

## AGRADECIMIENTO

Reitero mi aprecio por la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE, a su carrera de Ingeniería Agropecuaria Santo Domingo, agradezco de manera puntual a todo su personal docente por los conocimientos y apoyo incondicional recibido.

A todos los maestros formadores de mi perfil profesional principalmente a los Señores Ingenieros Alfredo Valarezo (IASA II), y Juan Carlos Barrezuela (Grupo Esmeralda Ecuador), que me supieron motivar con sus conocimientos para despertar el interés y admiración en la noble profesión.

Al grupo Esmeralda Ecuador, Finca Santa Martha, por sus instalaciones y confianza depositada en mi persona al aceptarme como pasante y tesista, e incorporarme a su personal técnico y brindarme la oportunidad de iniciar mi vida profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Paginas
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS VOLCÁNICOS ENDURECIDOS.....	3
2.1.1. Horizontes de los Suelos Endurecidos.....	3
2.2. MANEJO DE SUELOS ENDURECIDOS.....	4
2.3. LA ESTRUCTURA DEL SUELO Y SU EFECTO SOBRE LOS CULTIVOS.....	5
2.4. CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA DE LA CANGAHUA EN EL ECUADOR.....	6
2.4.1. Los Suelos con Cangahua en el Ecuador.....	7
2.4.2. Usos y Manejo Agrícola de la Cangahua.....	8
2.5. INFILTRACION DE AGUA EN EL SUELO.....	10
2.5.1. Características de la Infiltración en los Suelos.....	10
2.5.2. Uso y Desventaja de Cilindros Infiltrómetros.....	12
2.6. CULTIVO DE LA GYPSOPHILA.....	12
2.6.1. Morfología.....	12
2.6.1.1. Raíz.....	12
2.6.1.2. Tallo.....	13
2.6.1.3. Hojas.....	13
2.6.1.4. Flores.....	13
2.6.2. Necesidades Ambientales y Edáficas Para Gypsophila.....	14
2.6.2.1. Temperatura.....	14
2.6.2.2. Humedad Relativa.....	14
2.6.2.3. Iluminación.....	15
2.6.2.4. Suelos.....	15
2.6.2.5. pH.....	15
2.7. INVESTIGACIONES EN EL CULTIVO DE GYPSOPHILA UTILIZANDO COBERTURA PLÁSTICA EN EL ECUADOR.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN.....	17
3.1.1. Ubicación Política.....	17
3.1.2. Ubicación Geográfica.....	17
3.1.3. Ubicación Ecológica.....	18
3.1.4. Características del Suelo.....	19
3.2. MATERIALES.....	20
3.2.1. Materiales de Campo.....	20
3.2.2. Equipos.....	20
3.2.3. Insumos.....	20
3.2.4. Materiales de Oficina.....	21
3.3. MÉTODOS.....	21
3.3.1. Metodología del Experimento.....	21
3.3.2. Diseño Experimental.....	21



3.3.2.1. Factores evaluados.....	21
3.3.2.2. Tratamientos a comparar.....	22
3.3.2.3. Repeticiones o bloques.....	24
3.3.2.4. Características de las unidades experimentales.....	24
3.3.2.5. Croquis del diseño.....	24
3.3.3. Análisis Estadístico.....	26
3.3.3.1. Esquema del Análisis de varianza.....	26
3.3.3.2. Coeficiente de variación.....	26
3.3.3.3. Análisis funcional.....	27
3.3.4. Variables a Medir.....	27
3.3.4.1. Velocidad de infiltración de agua de riego.....	27
3.3.4.2. Número de tallos exportables por planta.....	27
3.3.4.3. Porcentaje de desecho de flor en ramos ha <sup>-1</sup> .....	28
3.3.4.4. Producción en ramos ha <sup>-1</sup> .....	29
3.3.4.5. Biomasa radicular.....	29
3.3.4.6. Mortalidad de plantas después de la poda para el segundo ciclo.....	30
3.3.4.7. Metodología para la Determinación del Análisis Económico.....	30
3.3.4.8. Metodología para el objetivo institucional.....	31
3.3.5. Métodos Específicos de Manejo del Experimento.....	31
3.3.5.1. Cronología de la investigación.....	31
3.3.5.2. Preparación del terreno.....	31
3.3.5.3. Preparación de camas.....	32
3.3.5.4. Riego y fertilización.....	32
3.3.5.5. Tutorio.....	33
3.3.5.6. Siembra.....	34
3.3.5.7. Pinch.....	34
3.3.5.8. Desbrote.....	34
3.3.5.9. Iluminación.....	34
3.3.5.10. Aplicación de ácido giberélico.....	35
3.3.5.11. Manejo de mallas.....	35
3.3.5.12. Encanaste y peinado.....	35
3.3.5.13. Fumigación.....	35
3.3.5.14. Desinfección de planta y corona.....	36
3.3.5.15. Aspirado.....	37
3.3.5.16. Deshierba.....	37
3.3.5.17. Hidratación antes del corte.....	37
3.3.5.18. Cosecha.....	37
3.3.5.19. Postcosecha.....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO.....	39
4.2. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN DE AGUA AL INICIO Y FINAL DE LA FASE DE CAMPO.....	42
4.2.1. Velocidad de Infiltración Inicial.....	43
4.2.2. Velocidad de Infiltración Final.....	44
4.3. NÚMERO DE TALLOS EXPORTABLES POR PLANTA.....	45
4.4. PORCENTAJE DE DESECHO EN RAMOS ha <sup>-1</sup> .....	47

4.5. PRODUCCIÓN EN RAMOS ha <sup>-1</sup> .....	49
4.6. BIOMASA RADICULAR.....	53
4.7. MORTALIDAD A LA PRIMERA PODA.....	55
4.8. EVALUACION GLOBAL POR TIPOS DE MANEJO Y VOLUMEN DE CONTENEDOR DE PLANTAS PROPAGADAS.....	58
4.9. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	60
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES.....	66
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	67

## ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Propiedades físicas del suelo según su textura.....	11
Cuadro 1. Características químicas y físicas del suelo, análisis de suelos, Finca Santa Martha 2010.....	19
Cuadro 2. Niveles e interpretación de los factores a utilizados. Efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de gypsophila, ( <i>Gypsophila paniculata</i> L.) variedad over time.....	22
Cuadro 3. Tratamientos a comparar.....	23
Cuadro 4. Esquema del Análisis de varianza.....	26
Cuadro 5. Minerales y dosis en ppm utilizados para la fertilización en el efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de gypsophila, ( <i>Gypsophila paniculata</i> L.) variedad over time.....	33
Cuadro 6. Productos y dosis utilizados en las aplicaciones de agroquímicos del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de gypsophila, ( <i>Gypsophila paniculata</i> L.) variedad over time.....	36
Cuadro 7. Resultados de las dos calicatas realizadas en la investigación.....	41
Cuadro 8. Velocidad de infiltración al inicio y al final del ensayo expresada en cm/hora.....	42
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable tallos exportables por planta.....	45
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable porcentaje de desecho en ramos ha <sup>-1</sup> .....	48
Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable producción en ramos ha <sup>-1</sup> .....	50
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable biomasa radicular.....	53
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable mortalidad a la primera poda.....	55
Cuadro 14. Resultado de las variables del factor M.....	58
Cuadro 15. Resultado de las variables del factor B.....	59

- Cuadro 16. Rendimientos medios de los tratamientos del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de gypsophila, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.....61
- Cuadro 17. Resumen de los beneficios netos del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de gypsophila, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.....62
- Cuadro 18. Análisis de dominancia del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de gypsophila, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.....63
- Cuadro 19. Tasa de Retorno Marginal del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de gypsophila, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.....64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de la ubicación del experimento en la Finca Santa Martha.....	18
Figura 2. Croquis de campo del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de gypsophila, ( <i>Gypsophila paniculata</i> L.) variedad over time.....	25
Figura 3. Corte del perfil del suelo sitio uno, calicata uno.....	39
Figura 4. Corte del perfil del suelo sitio dos, calicata dos.....	40
Figura 5. Describe los resultados gráficos de los sitios escogidos al azar antes de realizar los tratamientos de manejo de suelo; a) sitio uno, b) dos, c) tres.....	43
Figura 6. Describe los resultados gráficos obtenidos por los manejos de suelo d) manejo de suelo uno, e) manejo de suelo dos, f) manejo de suelo tres, g) manejo de suelo cuatro, h) manejo de suelo cinco.....	44
Figura 7. Prueba de comparación de medias de Tukey para los tratamientos dentro de la variable tallos exportables planta.....	46
Figura 8. Prueba de comparación de medias de Tukey para los tratamientos dentro de la variable porcentaje de desecho en ramos $ha^{-1}$ .....	49
Figura 9. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor M dentro de la variable producción en ramos $ha^{-1}$ .....	51
Figura 10. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor B dentro de la variable producción en ramos $ha^{-1}$ .....	52
Figura 11. Prueba de comparación de medias de Tukey para los tratamientos dentro de la variable biomasa radicular.....	54
Figura 12. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor M dentro de la variable mortalidad a la primera poda.....	56
Figura 13. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor B dentro de la variable mortalidad a la primera poda.....	57
Figura 14. Esquema de las unidades experimentales de la investigación.....	71
Figura 15. Letrero de la investigación colocado en la instalación de la tesis.....	93

Figura 16. Procedimiento de medición de la velocidad de infiltración con doble cilindro infiltrómetro.....	93
Figura 17. Calicatas realizadas en el área de la investigación.....	94
Figura 18. Preparación de suelo métodos manuales e incorporación de enmiendas (factores m1 – m3).....	94
Figura 19. Preparación de suelo métodos mecánicos e incorporación de enmiendas (factores m2 – m4).....	95
Figura 20. Remoción de cangahua de las unidades experimentales de la investigación.....	95
Figura 21. Unidades experimentales listas para la siembra.....	96
Figura 22. Proceso de siembra.....	96
Figura 23. Unidades experimentales ya sembradas.....	97
Figura 24. Tipos de plantas procedentes de las diferentes bandejas enraizadoras.....	97
Figura 25. Incidencia de maleza en tratamientos con y sin mulch plástico.....	98
Figura 26. Labor de desbrote.....	98
Figura 27. Colocación de lámparas e iluminación de la investigación.....	99
Figura 28. Inicio a cosecha o punteo de las unidades experimentales.....	99
Figura 29. Ingreso a punteo entre los tratamientos 15 (izquierda) y 12 (derecha). (Fotografía tomada el mismo día).....	100
Figura 30. Cosecha de los tratamientos de la investigación.....	100
Figura 31. Diferencia en pico de producción entre los tratamientos uno (izquierda), dos (medio) y tres (derecha).....	101
Figura 32. Diferencia en pico de producción entre los tratamientos cuatro (izquierda), cinco (medio) y seis (derecha).....	101
Figura 33. Diferencia en pico de producción entre los tratamientos siete (izquierda), ocho (medio) y nueve (derecha).....	102
Figura 34. Diferencia en pico de producción entre los tratamientos diez (izquierda), once (medio) y doce (derecha).....	102
Figura 35. Diferencia en pico de producción entre los tratamientos trece (izquierda), catorce (medio) y quince (derecha).....	103

Figura 36. Diferencia de fin de cosecha entre los tratamientos 15 (izquierda) y 12 (derecha).....103

## RESUMEN

En la finca Santa Martha, parroquia Cusubamba, cantón Cayambe, provincia de Pichincha a 2534 metros de altitud, temperatura media anual de 14,9 °C, helifanía de 1 400 horas año<sup>-1</sup> y una precipitación de 440 mm anuales, se realizó esta investigación para determinar el mejor tipo de manejo de suelo y el volumen más apropiado de contenedor de propagación de plantas de vivero, como formas de recuperación de suelos endurecidos de la zona los cuales presentan un fuerte proceso de erosión producto de la presencia de una capa endurecida de cangahua volcánica (horizonte C) debajo de un horizonte A generando serias deficiencias de infiltración, razón por la cual se requiere la implementación de formas de manejo del suelo que posibiliten su estilización.

El proceso de recuperación de costos elevados se justifica con el cultivo de especies muy remunerativas como es la gypsophila (*Gypsophila paniculata L.*).

Los factores en estudio fueron; cinco tipos de manejo del suelo y tres volúmenes del contenedor de plantas propagadas en vivero y de su combinación se obtuvieron quince tratamientos con tres repeticiones. Se utilizó un diseño de parcela dividida y la prueba de significancia de Tukey al 5%. Las variables evaluadas fueron; velocidad de infiltración de agua de riego, número de tallos exportables por planta, porcentaje de desecho, producción en ramos ha<sup>-1</sup>, biomasa radicular y mortalidad a la primera poda.

En lo referente a resultados dentro del análisis por factores se determinó que el mejor manejo de suelo fue el mecánico más mulch plástico el mismo que incremento un 38% para la variable tallos planta, mejoro la productividad en un 19%, mejorando las condiciones del suelo al incrementar la biomasa radicular en un 70% y reduciendo la mortalidad en un 47%. En cuanto al factor B planta, la mejor fue la propagada en bandeja de 75 cm<sup>3</sup>, incrementando la producción en un 33% y reduciendo la mortalidad en un 28%. Como tratamiento el mejor fue el tratamiento doce que consistió en manejo



mecánico más mulch plástico y planta propagada en contenedor de 75 cm<sup>3</sup>, mejorando notablemente las condiciones del suelo, obteniendo un 44% más tallos planta que el presupuesto de producción (4,5 tallos/planta), incremento de la producción en ramos ha<sup>-1</sup> en un 11%, superando en un 275% en biomasa radicular respecto al manejo comercial de la finca, reduciendo la mortalidad en la primera poda en un 27% y reduciendo la incidencia de maleza drásticamente.

**Palabras clave:** cangahua, suelos endurecidos, cultivo de *gypsophila paniculata*, *gypsophila*

## SUMMARY

On the farm Santa Martha, parish Cusubamba, canton Cayambe, Pichincha province 2534 meters above sea level, average annual temperature of 14.9 ° C, helifania of 1 400 hours ano<sup>-1</sup> and an annual precipitation of 440 mm, was carried out this research to determine the best type of management of soil and the most appropriate spread of plant nursery container volumeas forms of recovery of hardened soils of the area which presents a strong process of erosion product for the presence of a hardened layer of volcanic revolving (horizon C) below of a horizon generating serious deficiencies of infiltration, reason why the implementation of soil management forms enabling its stylization is required.

The process of recovery of costs is justified with the cultivation of highly remunerative species, as it is the gypsophila (*Gypsophila paniculata* L).

The factors in study were; five types of soil management and three volumes of container plants propagated in the nursery and its combination were fifteen treatments with three replications. A split plot design and test of significance of Tukey 5% was used. The evaluated variables were; infiltration rate of irrigation water, number of exportable stems per plant, percentage of scrap, production measured in classes ha<sup>-1</sup>, root biomass and mortality at the first pruning.

With regard to results within the analysis factors was determined to better management of soil mechanic more plastic mulch the same as increased 38% to the variable stems plant, improve productivity by 19 percent, improving the soil conditions by increasing the root biomass by 70% and reducing mortality by 47%. In terms of the factor B plant, it better was the widespread in tray 75 cm<sup>3</sup>, increasing production by 33 % and reduced mortality by 28 %. Ace the best treatment was treatment twelve consisting of mechanical handling dwells plastic mulch and plant propagated in 75 cm<sup>3</sup>

skip, dramatically improving the soil conditions, obtaining 44 % dwells stems than forecast production plant (4.5 stems per plant), increased production branches  $\text{ha}^{-1}$  by 11 %, surpassing by 275 % in root biomass on the commercial management of the estate reducing mortality in the first pruning by 27 % and drastically reducing the incidence of weeds.

**Keywords:** cangahua, hardened soil, cultivo de *gypsophila paniculata*, gypsophila

**“EFECTO DE LA REHABILITACIÓN Y MANEJO DE SUELOS  
ENDURECIDOS CON EL USO DE PLANTAS GERMINADAS, EN LA  
PRODUCTIVIDAD Y SOBREVIVENCIA DE GYPSOPHILA, (*Gypsophila  
paniculata* L.) VARIEDAD OVER TIME”**

## **I. INTRODUCCIÓN**

En el cantón Cayambe, provincia de Pichincha, existen muchas fincas dedicadas a la producción comercial de *Gypsophila* (*Gypsophila paniculata* L.). Buena parte de los suelos de la zona son de textura arenosa, presentan un horizonte A muy reducido, con una profundidad promedio de 20 cm, debajo del cual aparece la cangahua, que es una capa de suelo endurecida de origen volcánico, sin estructura, que impide el crecimiento de raíces y la infiltración del agua. En algunos sectores por efecto de erosión, el horizonte superficial ha desaparecido y ha aflorado la capa de cangahua, convirtiendo a estos sectores en eriales de difícil aprovechamiento. En este sentido la recuperación de la cangahua es entonces una necesidad común y constituye un requerimiento de mejoramiento de suelos para los campesinos de estas zonas ya que les permitirá incrementar la superficie de suelo agrícola (MAGAP 2000).

La *Gypsophila* (*Gypsophila paniculata* L.) es una de las flores de verano de mayor demanda y popularidad en Estados Unidos y Europa, originaria de regiones templadas euroasiáticas y se adapta muy bien a suelos desde ligeramente ácidos hasta alcalinos. Es una de las especies de mayor prestigio e importancia dentro de las plantas ornamentales de acompañamiento debido a que sus inflorescencias blancas son excelentes complementos de arreglos florales y/o de flores de corte (Medrano *et al*, sf).

Actualmente la floricultura constituye una de las más importantes fuentes de empleo a nivel nacional, ejemplo de esto es la Unidad de Negocios Santa Martha perteneciente al Grupo Esmeralda Ecuador que hasta fines del año 2005 tenía

destinado a este cultivo una superficie total de 15 ha y actualmente está en 40 ha, logrando proporcionar e incrementar fuentes de trabajo al sector.<sup>1</sup>

Frente a estas circunstancias, la opción de recuperar estos suelos para la producción florícola es una alternativa muy viable dada la mejor rentabilidad de los cultivos y el estricto control sobre la utilización del agua, el suelo y los demás recursos de la producción.

La investigación se realizó en el sector San Juan de la parroquia Santa Rosa de Cusubamba, la Finca Santa Martha, propiedad del grupo Hilsea Investments razón social ESMERALDA ECUADOR, en Módulo IV, bloques 77 y 81, que poseen un área de 1 687 m<sup>2</sup> y 1 639 m<sup>2</sup> respectivamente, entre los meses de mayo 2011 a enero del 2012. En la investigación se probó preparación de suelo y bandejas de propagación con deferencias notorias entre los tratamientos y los resultados obtenidos fueron acogidos por la empresa y actualmente son aplicados en el proceso de producción.

En esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar la recuperación del suelo por efecto de los tratamientos de preparación y manejo mediante la determinación de la velocidad de infiltración de agua al inicio y al final de la investigación.
- Determinar la producción de *Gypsophila* a las 22 semanas de acuerdo a los tratamientos de manejo de suelo y buenas prácticas agrícolas.
- Determinar la mortalidad de las plantas de *Gypsophila* transcurrida la primera poda.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos, mediante la determinación de la tasa de retorno marginal propuesta por Perrín *et al*, 2001.

---

<sup>1</sup> Ing. BARREZUETA JUAN CARLOS. Importancia de la Exportación de *Gypsophila*. Director de la Unidad de negocios Santa Martha. Entrevista personal. Noviembre 2010.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS VOLCÁNICOS ENDURECIDOS

Los suelos volcánicos endurecidos han sido descritos en la mayoría de los países de América con nombres locales. En México se le conoce como tepetate; en Centroamérica, se le llama talpetate. En Colombia se le llama hardpán, duripan y cangagua en la parte sur del país. Este último término se utiliza también en Ecuador. En Perú se le llama hardpán y en Chile se le denomina cangagua, moromoro, tosca y ñadis (Zebrowski, 1996).

Estos suelos presentan propiedades físicas, químicas y biológicas limitantes para su aprovechamiento agrícola; destacando la dureza, baja porosidad y su bajo nivel de fertilidad (caracterizado por contener sólo trazas de nitrógeno, escasa materia orgánica y fósforo), características que a su vez limitan la actividad biológica en este sustrato. Para su aprovechamiento agrícola es necesario primeramente roturar y luego mejorar la capacidad de suministro de nutrientes, mediante la aplicación de fertilizantes químicos inorgánicos o de abonos orgánicos.

El interés de estudiar los suelos volcánicos endurecidos se atribuye a la necesidad de conocer sus propiedades y su respuesta a diferentes modalidades de manejo, con el fin de generar tecnologías tendientes a su rehabilitación sustentable (Zebrowski y Sánchez, 1996).

#### 2.1.1. Horizontes de los Suelos Endurecidos

De acuerdo a Ibañez (2008), algunos horizontes endurecidos de suelos suelen ser blandos, es decir, susceptibles de ser arados (aunque algunos no sean muy propicios para ello), cavados, etc. Sin embargo, en ocasiones, se endurecen incluso más que

numerosas rocas compactas, debido a la cementación por ciertos compuestos que se acumulan en ellos. Cuando esto ocurre, la hidrología y morfología del perfil cambian por completo. Así, por ejemplo, la circulación del agua se ralentiza cuando topa con ellos, pudiéndose generar problemas de hidromorfía y encharcamientos superficiales tras fuertes lluvias. Del mismo modo, puede elevarse la escorrentía superficial que, en casos extremos, llega a erosionar por completo los horizontes superiores más deleznable, aflorando los endurecidos a la superficie. Más aún, cuando se cultivan suelos de este tipo de horizontes no se encuentran a profundidad, la germinación de plantas es afectada o impedida. Abundan en ambientes áridos y semiáridos aunque también aparecen en otros biomas.

Se pueden reconocer los suelos endurecidos en base a su estructura masiva y consistencia dura en el estado seco, y por la dificultad o imposibilidad de cultivarlos hasta que sus perfiles hayan sido mojados otra vez. Se han definido estos suelos como “suelos no disturbados ni marcados por la presión del dedo, a 0,10 m debajo de la superficie en un perfil seco, al contenido de la humedad del aire” (Mullins *et al*, 1990, citado por Ibañez, 2008).

## **2.2. MANEJO DE SUELOS ENDURECIDOS**

De acuerdo a los estudios realizados por Ibañez (2008), para solucionar el problema de los suelos endurecidos y aflojarlos es necesario hacer labranzas antes de la siembra. En estos suelos es prácticamente imposible hacer labranzas en el estado seco, aún con arado de discos, porque los discos no penetran. Se puede aflojar el suelo en el estado friable con una o dos pasadas del arado de cincel seguido por una pasada del vibrocultivador. Si el agricultor no tiene estos implementos se puede aflojar el suelo con una pasada del arado de discos seguido por una o dos rastreadas, pero estas labranzas dejarán el suelo desnudo y muy susceptible a la erosión y al encostramiento.

Sin embargo, el aflojamiento de los horizontes masivos y endurecidos no asegura que los suelos no vayan a compactarse otra vez cuando se sequen después de una

lluvia fuerte, restringiendo la emergencia de las plantas jóvenes. Para situaciones donde la baja infiltración está causada por la presencia de suelos masivos y endurecidos es necesario aflojar el suelo con una labranza. En África occidental hay evidencia que una arada a la salida de las lluvias afloja el perfil y favorece la infiltración de la lluvia en la próxima época. Sin embargo, esta práctica causa la inversión del suelo que podría provocar problemas físicos y/o químicos si las características del subsuelo no son deseables. Para estos suelos sería más aconsejable la labranza vertical que no invierte el suelo (Ibañez, 2008).

### **2.3. LA ESTRUCTURA DEL SUELO Y SU EFECTO SOBRE LOS CULTIVOS**

La estructura del suelo es el arreglo geométrico y topológico de los poros del suelo que se forman entre los agregados, y su estabilidad en tiempo y espacio. Es una propiedad básica considerada como uno de los principales atributos de la calidad del suelo. Se ha demostrado que las condiciones ideales del suelo para el crecimiento de la planta no necesariamente son aquellas que conllevan a una proliferación máxima de raíces. La condición ideal de la estructura del suelo permite a la parte aérea de la planta fotosintetizar y desarrollarse a su máxima expresión, de acuerdo con las condiciones ambientales aéreas y los factores genéticos, mientras no existan limitaciones en el abastecimiento de agua, aire, nutrimentos y sustancias húmicas que estimulan el crecimiento de la planta (Osuna - Ceja, *et al*, 2004).

La estructura del suelo controla la distribución, flujo y retención de agua, sustancias disueltas y gases; su perturbación conduce a procesos de degradación edáfica que se asocian con diversas causas como; compactación y cementación además disminuye la productividad de los agroecosistemas. La estructura del suelo y su estabilidad son los factores que más influyen en el crecimiento de las raíces, ya que afectan el abastecimiento de oxígeno, agua y nutrimentos a la solución del suelo adyacente a éstas. La tasa de desarrollo del sistema radical se reduce si la planta tiene que ejercer presión para crear un mayor número de poros grandes en los que pueda crecer. La existencia de una cantidad adecuada de macroporos continuos en los que



las raíces puedan penetrar libremente, es un requerimiento importante para su crecimiento (Zobel, 1991; De Freitas *et al*, 1999; Dexter, 2001 citados por Osuna - Ceja *et al*, 2004).

#### **2.4. CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA DE LA CANGAHUA EN EL ECUADOR**

La cangahua es un material proveniente de las antiguas proyecciones piroclásticas de 15000 años, duro, sin estructura, estéril y sensible a la erosión hídrica. Su rehabilitación, que contribuye a solucionar los problemas agrícolas, fue estudiada en La Tola (Tumbaco, Ecuador) sobre suelos rehabilitados de cangahua; se determinó la granulometría obteniéndose una textura franco arenosa con 7 % de arcilla, 33 % de limo fino y 44 % de arena (Leroux y Janeau, 1996).

Así, debido a la roturación y pulverización de la cangahua, una preparación gruesa (de al menos 50 % de agregados de tamaño superior a cinco centímetros) propicia un índice de rugosidad importante, estable, y una macroporosidad mayor en el tiempo y en el espacio que en el caso de la preparación fina. Esto se traduce en una mayor altura de agua de imbibición hasta la saturación del horizonte de cangahua cultivado, y por lo tanto en un retraso en el inicio del escurrimiento con respecto a la parcela de preparación fina. La disminución de la infiltración y por lo tanto de los recursos hídricos para las plantas depende directamente de la estructura superficial del suelo y de la pendiente. En la preparación fina, la conductividad hidráulica se degrada rápidamente debido al desmenuzamiento de los agregados, al taponamiento de los poros y a la rápida formación de costras superficiales.

La altura acumulada de lámina escurrida es mayor en las parcelas de preparación fina, el escurrimiento es tanto más importante cuanto menor es la rugosidad de la superficie. Los numerosos obstáculos de la preparación gruesa frenan el flujo y disminuyen las alturas de escurrimiento. Este proceso es más marcado después de la segunda campaña de medidas y se atenúa por el trabajo del suelo al inicio de la

tercera campaña. El umbral de la intensidad de las lluvias que desencadenan el transporte de sólidos es en cambio menor o igual en una parcela gruesa que en una parcela fina. La disminución del fenómeno de transporte sólido y consecuentemente de la erosión posterior a la rehabilitación de la cangahua para la agricultura, es posible mediante una preparación gruesa, en una pendiente inferior al 16 %.

El estudio demuestra que una preparación gruesa permitiría minimizar las pérdidas de suelo por escurrimiento y favorecería la retención del agua necesaria para los cultivos. Sin embargo se deben tomar precauciones al rehabilitar la cangahua en una pendiente inferior al 16 % (acondicionamiento de terrazas) con el fin de evitar todo riesgo de escurrimiento interno en el horizonte subyacente no trabajado (Leroux y Janeau, 1996).

#### **2.4.1. Los Suelos con Cangahua en el Ecuador**

Según Zebrowski (1996) en el Ecuador, los suelos volcánicos que presentan capas duras llamadas cangahua están localizados en la parte septentrional del callejón interandino. Sus características y distribución fueron detalladas en el marco de un inventario de los recursos naturales realizado de 1974 a 1984 por el Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG) y el ORSTOM. Esos trabajos desembocaron en la elaboración de mapas a escala 1: 50 000 (Colmet - Daage *et al*, 1974-1982) y posteriormente en mapas de síntesis a escala 1: 200 000 (Colmet - Daage y Zebrowski, 1980-1984 citados por Zebrowski 1996).

Los suelos volcánicos endurecidos cubren una superficie de 240 000 ha en la parte septentrional del callejón interandino, entre Alausí y Tulcán. Están localizados en las laderas internas de las cordilleras, a una altura comprendida entre 2 400 y 3 600 msnm. Las vertientes inferiores de estos relieves, ubicadas a menos de 3 200 msnm, presentan un clima ecuatorial templado, lo que permite una amplia gama de cultivos. Estas partes bajas han sido cultivadas desde la época pre-incásica y fueron

poco a poco erosionadas. Las zonas desnudas y endurecidas ocupan superficies importantes. Se estima en efecto que 80 000 ha de las zonas antiguamente cultivadas que hoy en día están erosionadas y en las cuales los suelos ya no tienen sino una profundidad inferior a 20 cm, de esas 80 000 ha, cerca de la mitad está completamente erosionada y su horizonte endurecido, llamado localmente “cangahua” aflora en la superficie (Zebrowski, 1996).

Situadas en zonas densamente pobladas, estas formaciones erosionadas son a menudo incorporadas a la agricultura después de un trabajo de roturación del suelo endurecido. Si bien hubo algunos intentos oficiales de recuperación a partir de los años 1970, la incorporación de estos suelos a la agricultura se practica sobre todo en el contexto del medio campesino tradicional (De Noni *et al*, 1992).

Al igual que sucede en México con el tepetate (Zebrowski y Sánchez, 1996), la cangahua, a pesar de su pobreza inicial, no es cultivada de manera diferente al suelo agrícola. No es sorprendente entonces que los rendimientos sean muy bajos. Dadas las potencialidades agronómicas de la cangahua, su presencia en la región templada de la sierra que permite una amplia gama de cultivos, así como las posibilidades de riego existentes en el Ecuador, este tipo de suelo merecería ser incorporado a la agricultura de manera más exitosa. Sin embargo, los elevados costos de su rehabilitación, que pueden alcanzar 830 a 1 050 \$ ha<sup>-1</sup>, incompatibles con los recursos económicos de la gran mayoría de los campesinos implicados, suponen un programa de ayuda gubernamental.

#### **2.4.2. Usos y Manejo Agrícola de la Cangahua**

Zebrowski y Vicuña (1996) manifiestan que el pequeño campesino rotura y ablanda la cangahua para poder subsistir y cultiva de manera casi exclusiva maíz asociado con frijol. A medida que la cangahua aflora en la superficie, el agricultor va incorporando paulatinamente este material como parte de la capa arable, sin tomar en

cuenta los posibles cambios de pendiente realizados durante dicha labor. Para lograr dicho propósito, el sistema tradicional generalmente empleado por el minifundista para recuperar la cangahua se compone de las siguientes operaciones:

- Romper con pico y barra “tolar” la cangahua hasta una profundidad de 60 cm por lo general, esta operación se efectúa durante la estación lluviosa por estar la tierra húmeda y más fácil de trabajar con las herramientas ya indicadas. En esta labor, un hombre puede tardar un mes para trabajar unos 1 000 m<sup>2</sup>.
- Dejar podrir durante tres o cuatro semanas el material roturado para que se descomponga la escasa cobertura vegetal incorporada que crece en la cangahua.
- Incorporar estiércol de chivo o de borrego mediante la construcción de pequeños corrales portátiles donde se encierran los animales para que cubran de heces la superficie del terreno recuperado. Se estima una aplicación aproximada de 100 g m<sup>2</sup><sup>-1</sup>.
- Romper nuevamente los bloques de cangahua producto de la primera labor y mezclar con el estiércol incorporado.
- Preparar el terreno para la siembra de la asociación maíz - frijol, mediante la construcción de “huachos” (lomos y surcos).
- Sembrar el terreno preparado. Se hace de manera manual con una tola (palo con punta que permite hacer un hueco de uno a dos centímetros de profundidad) depositando en cada hueco tres semillas de maíz y una de frijol al mismo tiempo.
- Después de la siembra se dan dos labores superficiales (deshierba y aporque), que no implican roturación de la cangahua.

Para sacar el máximo provecho de una tierra pobre, algunas comunidades se esfuerzan en cultivar especies nativas de maíz, por ser suaves y precoces. Tal práctica permite cosechar a los cuatro meses, en estado tierno, el “choclo”, que es un

maíz dulce, bastante apetecido. Gracias a este periodo corto de cultivo, es posible en algunas zonas hacer otro cultivo, generalmente de arveja, en el mismo lugar. Sin embargo, tal costumbre está superditada a las condiciones climáticas y no puede darse regularmente cada año (Zebrowski y Vicuña, 1996).

Globalmente, como se mencionó antes, los resultados son definitivamente pocos en relación a la fuerza de trabajo invertida. Las posibilidades de buenas cosechas son aleatorias, así como la espera de excedentes para el mercado. Se observa que se trata de una práctica de recuperación bastante elemental para la cual no se reporta el uso de herramientas específicas y tradicionales para trabajar la cangahua, hecho que hace pensar que dicho tipo de labor entró recientemente en las costumbres y obligaciones del campesino.

## **2.5. INFILTRACION DE AGUA EN EL SUELO**

Una propiedad de los suelos de gran importancia para los regantes, es la velocidad a la que el agua percola o se filtra por ellos. La velocidad de infiltración es normalmente mucho mayor al principio de un riego o lluvia que varias horas después y está influenciada por las propiedades del suelo y por el gradiente de humedad presente en ese momento en el suelo. En las diferentes capas del suelo existe tensión de Humedad que sumada a la gravedad atrae al agua hacia la parte no saturada del suelo, cabe recalcar que la tensión de humedad después de unas horas de iniciado el riego se hace constante y la única fuerza que domina la infiltración es la gravedad. Podemos definir como infiltración de agua al descenso del agua desde la superficie del suelo medida en centímetros por hora. (Israelsen y Hansen, 2003).

### **2.5.1. Características de la Infiltración en los Suelos**

Israelsen y Hansen (2003), manifiestan que, con excepción del riego subterráneo, en todos los demás métodos de regadío, el agua se aplica a la capa superficial del suelo, con el fin de que penetre en él y se acumule para quedar a disposición de las plantas. Por tanto, el objetivo principal del riego consiste en aportar agua al suelo,

donde deberá quedar almacenada. En estas condiciones, la velocidad de ingreso del agua al suelo sometido a condiciones de prácticas agrícolas, es muy lenta o excesiva velocidad de infiltración del agua de riego, en suelos de textura fina y pesada la velocidad será lenta lo que puede desembocar en encharcamientos y desperdicio de fertilizantes e incluso salinidad en la capa arable.

La velocidad de infiltración depende de muchos factores entre los cuales contamos con el volumen de agua a regar, la temperatura de agua y suelo, textura, estructura y contenido de humedad del suelo. Cuando existen diferentes horizontes en el suelo la velocidad de infiltración se ve afectada y por lo tanto se reduce, por ejemplo la velocidad de infiltración de los suelos arenosos varía alrededor de 25 cm/hora, mientras que en suelos arcillosos puede llegar a 0 cm/hora, en el caso de que por malas prácticas agrícolas la estructura del suelo haya sido destruida.

Tabla 1. Propiedades físicas del suelo según su textura Israelsen y Hansen (2003).

Textura	Promedios rangos	Filtración y permeabilidad cm/hora If	Total espacio poroso % W	Peso específico aparente	Capacidad de campo % Fc	Marchitez permanente
Arenoso	promedio	5	38	1,65	9	4
	rango	2,5-22,5	32-42	1,55-1,80	6-12	2-6
Franco-arenoso	promedio	2	43	1,5	14	6
	rango	1,3-7,6	40-47	1,40-1,60	10-18	4-8
Franco	promedio	1,3	47	1,4	22	10
	rango	0,8-2,0	43-49	1,350-1,50	18-26	8-12
Franco-arcilloso	promedio	0,8	49	1,35	27	13
	rango	0,25-1,5	47-51	1,30-1,40	23-31	11-15
Arcillo-arenoso	promedio	0,3	51	1,3	31	15
	rango	0,03-0,5	49-53	1,25-1,35	27-35	13-17
Arcilloso	promedio	0,5	53	1,25	35	17
	rango	0,01-0,1	51-55	1,20-1,30	31-39	15-19

Para fines de riego el volumen de agua que penetra en el suelo puede ser representado adecuadamente por el espesor acumulado de agua infiltrada o lamina de riego, ya que la velocidad de infiltración inicial es siempre mayor a la final.

### **2.5.2. Uso y Desventaja de Cilindros Infiltrómetros**

Según Holzapfel y Matta 2000, el método más preciso para medir directamente la infiltración de terrenos cultivados consiste en aforar el agua aplicada y a este volumen sustraer el agua que drena por el terreno. Cuando no se puede efectuar esta medida directa se utilizan cilindros infiltrómetros que arrojan resultados aceptables. La limitación más seria para el uso de cilindros infiltrómetros es que su emplazamiento en el suelo provoca un cierto grado de alteración de sus condiciones naturales (destrucción de la estructura o compactación) produciendo cierta variación en la cantidad de agua que penetra en el suelo. Además, la interfase entre el suelo y el lado del cilindro metálico puede causar una entrada anormal de agua, resultando un mayor volumen de agua que se infiltra en un tiempo dado.

## **2.6. CULTIVO DE LA GYPSOPHILA**

### **2.6.1. Morfología**

#### **2.6.1.1. Raíz**

El sistema radicular de la planta se forma a partir de un rizoma vertical, de donde nacen unas potentes y robustas raíces, muy carnosas, de notable longitud, entre uno y dos metros, y con un diámetro de unos tres centímetros; las raíces secundarias se distribuyen sobre las primarias muy aisladamente y bastante separadas, ostentando una longitud de uno a dos centímetros. Con tropismo opuesto se encuentra el “cuello” o “corona” de la planta, que es el órgano generativo de la parte aérea, dotado de un gran potencial de emisión de yemas vegetativas con posibilidad de evolucionar a tallos (González y Fernández, 1991).

La *Gypsophila* es propaga asexualmente y la obtención de plantas con un sistema radicular bien desarrollado es de gran importancia para su sobrevivencia y crecimiento en las nuevas condiciones ambientales que representan las plantaciones. El proceso de enraizamiento es muy complejo incluyendo factores fisiológicos, bioquímicos y biológicos los que se integran a los factores ambientales, incluyendo el tipo de embase o bandeja en el que se propagan (Bosa *et al*, 2003).

#### **2.6.1.2. Tallo**

Los tallos son erectos, pero necesitan tutoreo para mantenerse erguidos. Pueden llegar a medir casi un metro. Están divididos en numerosos entrenudos, existiendo en cada nudo una yema potencialmente vegetativa que, cuanto más cercana esté del ápice de tallo, mayor probabilidad tiene de evolucionar a un ramo de flor. La planta de *Gypsophila* posee un tallo leñoso, con una serie de tallos laterales. Los tallos son de crecimiento erecto y rígidos apropiados para el corte (González y Fernández, 1991).

#### **2.6.1.3. Hojas**

Las hojas son similares a las de clavel, cubiertas de cera, son opuestas y lanceoladas, de siete centímetros o más. En cada nudo las hojas van disminuyendo en tamaño progresivamente desde la base de la planta a la base de la inflorescencia (González y Fernández, 1991).

#### **2.6.1.4. Flores**

Las flores son inflorescencias paniculadas, las múltiples ramas de cada tallo terminan con un gran número de florillas de color blanco en formación triangular, son de cinco a trece milímetros de diámetro y de color blanco (González y Fernández, 1991). Poseen cinco brácteas (sépalos), usualmente coriáceas dentadas o pegadas, cinco pétalos puede presentar una pequeña distensión bráctea entre el borde y limbo. Los estambres son diez y los estilos generalmente son dos. Las florillas pueden ser blancas como: “Bristol Fairy” y “Perfecta” o rosadas como en el caso de “Flamingo”, “Pink”, y “Red sea” (López y González, 2006).



## **2.6.2. Necesidades Ambientales y Edáficas Para Gypsophila**

La Gypsophila se desarrolla bien a pleno sol, preferiblemente en suelos bien drenados o arenosos con algo de limo. Su desarrollo y vida se ven muy limitados en aquellas zonas de clima frío y húmedo. Son poco agresivas en su competencia de malezas, por lo tanto deben plantarse en suelo libres de éstas. La situación cambia cuando la planta tiene su follaje completo. Con respecto al fotoperíodo, es de día largo (López y González, 2006).

### **2.6.2.1. Temperatura**

La temperatura es un factor determinante para el crecimiento y el control de floración de la planta; así temperaturas nocturnas inferiores a 7 °C favorecen el desarrollo vegetativo, con independencia del número de horas de luz. Para obtener una respuesta del cien por ciento en floración, se necesitan temperaturas nocturnas superiores a 11 °C en régimen de día largo; temperaturas nocturnas inferiores procuran una menor respuesta a la floración. Con temperaturas medias más elevadas durante el cultivo, se acorta el periodo en entrada de producción, todo esto con fotoperíodo favorable (López y González, 2006).

### **2.6.2.2. Humedad Relativa**

La Gypsophila es una especie que prefiere un ambiente de poca humedad, entre el 60 a 70 %, sobre todo a nivel de los primeros centímetros por encima del suelo, ya que las humedades elevadas a estos niveles posibilitan la presencia de determinadas enfermedades criptogámicas. El desarrollo de este cultivo en suelos sueltos y arenosos, que permitan la rápida evaporación de la humedad del suelo en los primeros horizontes reducen los riesgos de dichas enfermedades (Franco *et al*, 2005).

### 2.6.2.3. Iluminación

La iluminación es un factor imprescindible para el control de la floración y, si mantuviese sólo la dotación de luz natural, no sería posible la obtención de los rendimientos actuales. Se trata de una especie de día largo que necesita un mínimo de 13 a 16 horas de luz diaria para inducir la floración, por lo que es precisa la aportación de iluminación artificial (González y Fernández, 1991).

El fotoperiodo óptimo para llevar a cabo la floración es de 16 horas por día, a partir de esto y de una forma secuencial sucederá la inducción, diferenciación y elongación, dando como resultado la floración.

### 2.6.2.4. Suelos

Esta especie prefiere los suelos arenosos, sueltos y profundos de buen drenaje. Los suelos pesados, agravados con problemas de drenaje, resultan muy perjudiciales, al favorecer el encharcamiento, para el normal desarrollo del cultivo, ya que pueden ocasionar problemas de asfixia radicular así como favorecer la aparición de podredumbres basales. También prefiere los suelos con alto contenido en calcio, el mismo nombre del género lo indica, *Gypsophila* o “amiga del yeso” (López y González, 2006).

### 2.6.2.5. pH

Respecto al pH, esta planta exige suelos básicos, no siendo aconsejable su cultivo en suelos con pH menor de 6,5 aunque es posible que este factor dentro de un rango determinado llegue a valores próximos a ocho, no constituya un factor limitante para el cultivo (Franco *et al*, 2005).

## **2.7. INVESTIGACIONES EN EL CULTIVO DE GYPSOPHILA UTILIZANDO COBERTURA PLÁSTICA EN EL ECUADOR**

Rocha y Orquera (2008), realizaron un ensayo en la misma zona del presente estudio, se obtuvo mejores respuestas cuando instalaron cobertura plástica color café frente al testigo sin cobertura tanto en la época de siembra como en la poda, con una producción de 10,65 brotes por planta y en poda 15,50 brotes por planta, incrementando el rendimiento en un 49 %, en comparación al testigo (sin cobertura) en el que se obtuvo 8,38 brotes por planta en siembra y 10,0 brotes por planta en poda.

La cobertura plástica café retiene más el calor del suelo, el cual elevó la temperatura en 4,74 °C, respecto al suelo desnudo y la cobertura plástico blanco/negro elevó la temperatura solamente en 2,12 °C. La implementación de coberturas plásticas permitió obtener precocidad en los días a la cosecha, tanto en la época de siembra, como en la época de poda, obteniendo la mejor respuesta la cobertura café, logrando en la siembra la cosecha a los 93 días y en la poda a los 101 días, obteniendo de esta forma precocidad en el cultivo, adelantando 12 días la cosecha; en relación al testigo (sin cobertura) que en siembra la cosecha inicio a los 107 días y en la poda a los 113 días.

La mayor rentabilidad se obtuvo en la implementación de coberturas plásticas obteniendo un 37,29 %, consiguiendo de esta manera un incremento de 5,58 puntos, ya que sus costos de producción bajan, debido que se tiene una reducción de trabajadores por hectárea y se obtiene una mayor productividad, que le hicieron más eficiente a este tratamiento.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. Ubicación Política

La investigación se realizó en:

- Finca: Santa Martha (Figura 1)
- Sector: San Juan
- Parroquia: Cusubamba
- Cantón: Cayambe
- Provincia: Pichincha

##### 3.1.2. Ubicación Geográfica

El ensayo se realizó en las siguientes coordenadas geográficas:

- Norte: 9995044
- Este: 802304
- Altitud: 2534 m.s.n.m.

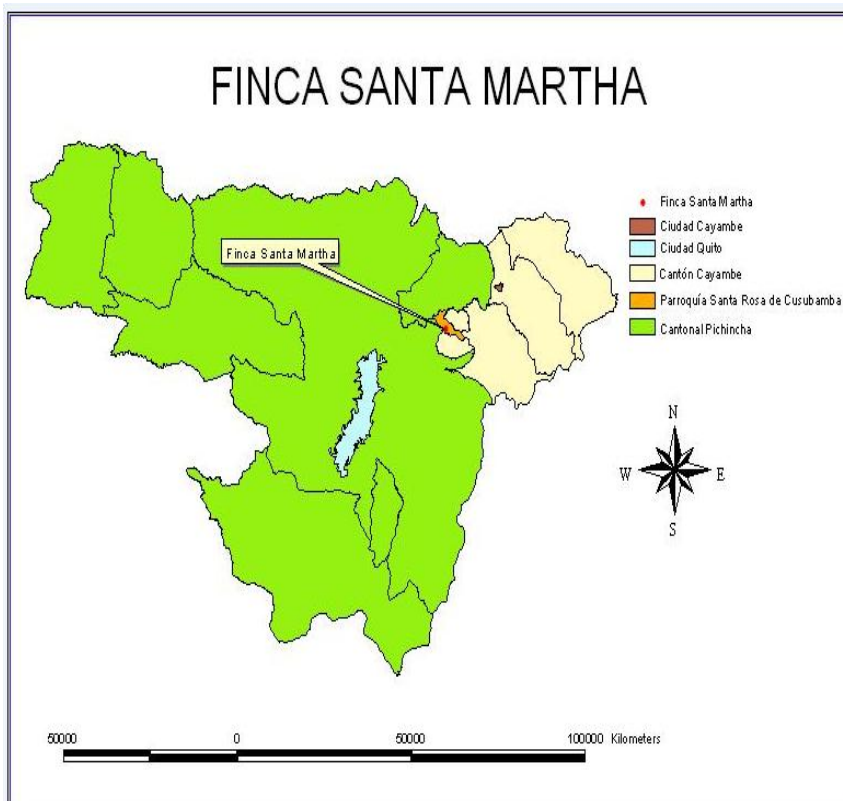


Figura 1. Croquis de la ubicación del experimento en la Finca Santa Martha.

### 3.1.3. Ubicación Ecológica

De acuerdo a los datos meteorológicos de la finca Santa Martha (2010), corresponde al clima ecuatorial mesotérmico semi - húmedo a húmedo. La temperatura media anual es de 14,9 °C.; la temperatura mínima es de 8,3 °C y la máxima es de 22,4 °C; la humedad relativa es de 80 % y la duración de la insolación anual es de 1 400 horas. La precipitación anual es de 440 mm y está repartida en dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo en donde llueve el 40 % de la precipitación y en octubre a noviembre meses en los que cae aproximadamente el 25 % de la precipitación anual. La estación seca principal, de junio a septiembre, es muy marcada; la segunda estación seca se sitúa entre diciembre y enero, razón por la que se la llama veranillo del Niño. Según el diagrama de las Zonas de Vida de Leslie Holdridge, el lugar del ensayo corresponde a Bosque seco Montano bajo (bs-Mb).

### 3.1.4. Características del Suelo

Las principales características físicas y químicas del suelo, en diferentes fechas de muestreo, en sus primeros 30 cm de profundidad, se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características químicas y físicas del suelo, análisis de suelos, Finca Santa Martha 2010.

ELEMENTO	U	19 / VII / 2010	30 / VII / 2010	Min	Opt	Max
Hierro (Fe)		0,28	0,19	0,28	0,45	0,56
M O	%	1,1	1,4			
Textura		Franco-arenosa	Franco-arenosa			
pH (en H <sub>2</sub> O)		7,0	6,7		6,5	
C.E. (mS/cm)	mS/cm	0,49	0,52		0,75	
Nitrato (N <sub>03</sub> )	ppm	52,2	70,2	55,0	109,0	217,0
Amonio (NH <sub>4</sub> )	ppm	3,0	0,2			<1.8
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	ppm	61,9	60,1	7,4	9,5	14,4
Potasio (K)	ppm	77,0	73,8	26,0	39,0	65,0
Magnesio (Mg)	ppm	10,7	11,4	11,0	19,0	32,0
Calcio (Ca)	ppm	26,2	33,9	30,0	60,0	120,0
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	ppm	61,9	88,8	67,0	144,0	384,0
Sodio (Na)	ppm	14,7	9,7			<92
Manganeso (Mn)	ppm	0,06	0,08	0,06	0,11	0,17
Cobre (Cu)	ppm	0,01	0,03	0,01	0,04	0,06
Zinc (Zn)	ppm	0,08	0,11	0,1	0,13	0,16
Boro (B)	ppm	0,18	0,44	0,11	0,16	0,27

Fuente: Análisis de suelo realizado en el laboratorio AGRARPROJEKT S.A. Quito – Ecuador. 2010.

## **3.2. MATERIALES**

### **3.2.1. Materiales de Campo**

Una cinta métrica de 50 m, cuatro rollos de piola de 50 m, dos palas cuadradas, un barreno, un balde, una regla graduada en mm, un martillo, rótulos de identificación, un flexómetro, lupa, 180 escalerillas, botas de caucho, guantes de caucho, azadilla, treinta lámparas de sodio, 180 pambiles de 1,5 m, 18 rollos de malla metálica 20 x 20 cm.

### **3.2.2. Equipos**

Dos bombas de mochilas manuales, calibrador de diámetros, tractor con arado y rastra, un GPS, dos pares de anillos infiltrómetro, un cronometro, cinco tensiómetros, sistema de riego por goteo, una balanza de precisión.

### **3.2.3. Insumos**

Plantas de Gypsophila variedad. Over Time, insecticidas (vertimec, evisect, katate, mesurol, confidor, tracer, metarizium), fungicidas (mancozeb, azufre micronizado, foliogol, scurry, scorre, curzate, bravo 720, mancozin 30 F, trichoderma), herbicidas (glifosato, ronstar, gramoxone, centurión), fertilizantes (ácido nítrico al 100%, nitrato de potasio, nitrato de amonio, nitrato de calcio, ácido

fosfórico al 100%, sulfato de magnesio, sulfato de potasio, sulfato de manganeso, superfer Fe 6%, Quelato de hierro, sulfato de zinc, sulfato de cobre).

#### **3.2.4. Materiales de Oficina**

Equipo de computación, impresora, cámara fotográfica, suministros de oficina, libreta, un USB flash drive.

### **3.3. MÉTODOS**

#### **3.3.1. Metodología del Experimento**

Se utilizaron dos bloques de cultivo de similares condiciones de suelo e iguales dimensiones, se establecieron 45 unidades experimentales, donde se probaron 15 tratamientos.

#### **3.3.2. Diseño Experimental**

Se utilizó el diseño Parcela Dividida, donde el primer factor lo representan los métodos de manejo del suelo (M) y el segundo factor, volumen del contenedor de plantas de vivero (B).

##### **3.3.2.1. Factores evaluados**

**Factor M.** Se utilizaron cinco niveles de preparación y manejo de suelo.

**Factor B.** Se utilizaron tres niveles de volumen del contenedor de plantas de vivero.



Cuadro 2. Niveles e interpretación de los factores a utilizados. Efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de gypsophila, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.

<b>FACTOR</b>	<b>NIVELES</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
<b>M</b>	m1=	Preparación manual más roturación manual de capa endurecida a 60 cm, más sobre posición de la capa arable.
	m2=	Preparación con retroexcavadora más roturación mecánica de capa endurecida a 60 cm, más incorporación de la capa arable.
	m3=	Preparación manual más roturación manual de capa endurecida a 60 cm, más sobre posición de la capa arable más cobertura de mulch plástico.
	m4=	Preparación con retroexcavadora más roturación mecánica de capa endurecida a 60 cm, más incorporación de la capa arable más cobertura de mulch plástico.
	m5=	Preparación convencional con subsolador más arado y levantamiento de la cama a 30 cm de profundidad.
<b>B</b>	b1=	Plantas procedentes de contenedores de 28 cm <sup>3</sup> de volumen.
	b2=	Plantas procedentes de contenedores de 55 cm <sup>3</sup> de volumen.
	b3=	Plantas procedentes de contenedores de 75 cm <sup>3</sup> de volumen.

### **3.3.2.2. Tratamientos a comparar**

De la combinación de los dos factores en estudio resultan 15 tratamientos que se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Tratamientos a comparar.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
T1	m1b1	Preparación manual, roturación de suelo hasta 60 cm, más plantas de contenedor de 28 cm <sup>3</sup>
T2	m1b2	Preparación manual, roturación de suelo hasta 60 cm, más plantas de contenedor de 55 cm <sup>3</sup>
T3	m1b3	Preparación manual, roturación de suelo hasta 60 cm, más plantas de contenedor de 75 cm <sup>3</sup>
T4	m2b1	Preparación con retroexcavadora, roturación de suelo hasta 60 cm, más plantas de contenedor de 28 cm <sup>3</sup>
T5	m2b2	Preparación con retroexcavadora, roturación de suelo hasta 60 cm, más plantas de contenedor de 55 cm <sup>3</sup>
T6	m2b3	Preparación con retroexcavadora, roturación de suelo hasta 60 cm, más plantas de contenedor de 75 cm <sup>3</sup>
T7	m3b1	Preparación manual, roturación de suelo hasta 60 cm, más mulch plástico más plantas de contenedor de 28 cm <sup>3</sup>
T8	m3b2	Preparación manual, roturación de suelo hasta 60 cm, más mulch plástico más plantas de contenedor de 55 cm <sup>3</sup>
T9	m3b3	Preparación manual, roturación de suelo hasta 60 cm, más mulch plástico más plantas de contenedor de 75 cm <sup>3</sup>
T10	m4b1	Preparación con retroexcavadora, roturación de suelo hasta 60 cm, más mulch plástico más plantas de contenedor de 28 cm <sup>3</sup>
T11	m4b2	Preparación con retroexcavadora, roturación de suelo hasta 60 cm más mulch plástico más plantas de contenedor de 55 cm <sup>3</sup>
T12	m4b3	Preparación con retroexcavadora, roturación de suelo hasta 60 cm, más mulch plástico más plantas de contenedor de 75 cm <sup>3</sup>
T13	m5b1	Preparación convencional con arado hasta 30 cm de profundidad, pase de rastra más plantas de contenedor de 28 cm <sup>3</sup>
T14	m5b2	Preparación convencional con arado hasta 30 cm de profundidad, pase de rastra más plantas de contenedor de 55cm <sup>3</sup>
T15	m5b3	Preparación convencional con arado hasta 30 cm de profundidad, pase de rastra más plantas de contenedor de 75 cm <sup>3</sup>

Simbología; T= Tratamiento

m= Manejo de suelo

b= Bandeja de propagación

### 3.3.2.3. Repeticiones o bloques

El número de bloques que se utilizó para el experimento fueron tres.

### 3.3.2.4. Características de las unidades experimentales

Superficie de la unidad experimental <sup>1</sup> (1 cama)	51,2 m <sup>2</sup> (1,6 x 32 m)
Superficie de la parcela neta <sup>2</sup>	51,2 m <sup>2</sup> (1,6 x 32 m)
Número de hileras por cama	5
Número de plantas por hilera	160
Distancia entre hileras de plantas	0,20 m
Distancia entre plantas dentro de la hilera	0,20 m
Número de plantas por parcela total	800
Número de plantas por parcela neta	800
Número de unidades experimentales	45
Separación entre bloques	1,6 m
Área total de la investigación	2 966,4 m <sup>2</sup>

### 3.3.2.5. Croquis del diseño

El croquis de campo se encuentra descrito en la figura 2.

---

<sup>1</sup> El diseño de la unidad experimental se encuentra descrito en el anexo 1

<sup>2</sup> La superficie de la unidad experimental es igual a la parcela neta y a que se cosecho y se pesó toda la unidad experimental con forme a los protocolos de la empresa.

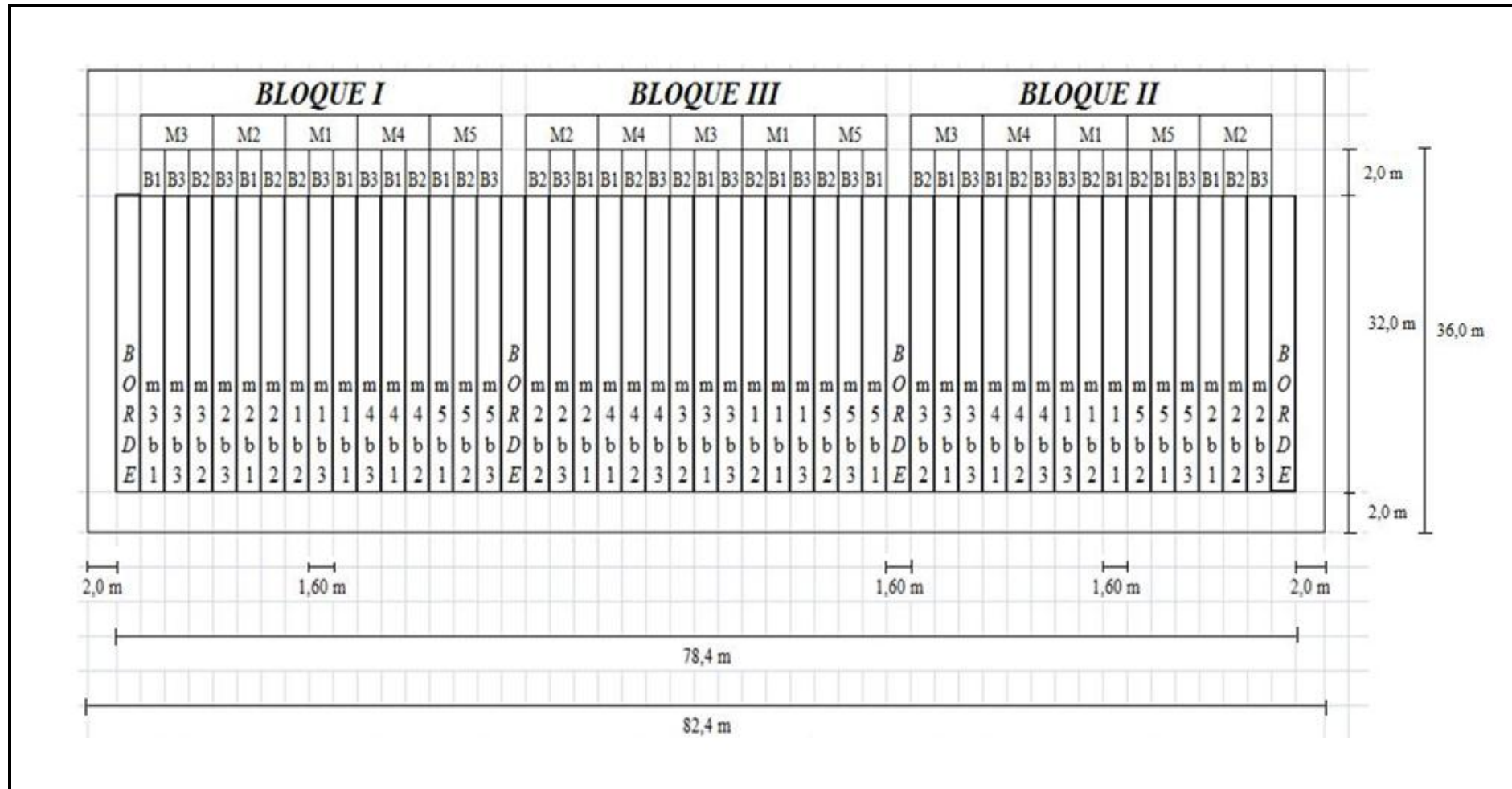


Figura 2. Croquis de campo del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de gypsophila, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.

### 3.3.3. Análisis Estadístico

#### 3.3.3.1. Esquema del Análisis de varianza

Cuadro 4. Esquema del Análisis de varianza.

<b>Factor de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Repeticiones (r - 1)	2
Factor M. Métodos de Preparación y manejo: (m - 1)	4
Error tipo (a): (m - 1) (r - 1)	8
Factor B. Tipos de bandejas (b - 1)	2
Interacción preparación y manejo x bandejas (m - 1) x (b - 1)	8
Error tipo (b): m (b - 1) (r - 1)	20
Total: (rab - 1)	44

#### 3.3.3.2. Coefficiente de variación

Para el cálculo del coeficiente de variación se utilizó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} * 100$$

Dónde:

CV = Coeficiente de variación.

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

X = Promedio de tratamientos

### **3.3.3.3. Análisis funcional**

Para la comparación de las medias de los tratamientos de todas las variables se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%.

### **3.3.4. Variables a Medir**

#### **3.3.4.1. Velocidad de infiltración de agua de riego**

Al inicio y al final de la fase de campo de la investigación se realizó la medición de la velocidad de infiltración del agua en el suelo, de acuerdo a la metodología de doble anillo infiltrómetro.

La primera medición de infiltración se realizó en la semana menos dos cuando el terreno estuvo preparado (dos pases de arado en forma de cruz) y listo para la preparación de camas, se procedió a seleccionar cuatro lugares al azar dentro del terreno en estudio y se realizó una prueba de infiltración por cada lugar seleccionado.

La segunda medición de la velocidad de infiltración se realizó en la semana 23 después de la poda en cada uno de los tratamientos de manejo de suelo.

#### **3.3.4.2. Número de tallos exportables por planta**

Para determinar el número de tallos exportables por planta, al inicio del ensayo se seleccionaron cinco plantas al azar de las unidades experimentales de cada tratamiento, es decir 15 plantas por tratamiento dichas plantas fueron etiquetadas y numeradas, la *Gypsophila* es una planta que macolla y está compuesta por diferentes tallos. Las 15 plantas seleccionadas y etiquetadas de cada tratamiento fueron sometidas a conteo

simple identificando los tallos exportables y los de desecho, el conteo se realizó en la semana 11 de cultivo después del desbrote. Las características de calidad que debe reunir un tallo exportable según el procedimiento del grupo Esmeralda Ecuador se resumen en los siguientes parámetros:

- Tallos sin curvaturas mayores a cinco centímetros en la parte media
- Tallo mínimo con tres brotes laterales
- Peso no inferior a los 30 g
- Libre de plagas y enfermedades
- Tallo rígido, no endeble ni maleable
- Altura no inferior a 65 cm
- Sin flor café o pasado el punto de corte

#### **3.3.4.3. Porcentaje de desecho de flor en ramos ha<sup>-1</sup>**

Una vez que se concluyó con la cosecha se identificó las mallas provenientes de los diferentes tratamientos y fueron llevadas a post cosecha, donde se sometieron a procesos de verificación de calidad y desecho de los tallos que no cumplen con los requerimientos del mercado extranjero.

Una vez clasificados todos los tallos en exportables y de desecho se pesaron en una balanza de precisión y se obtuvo el porcentaje de tallos de desecho por unidad experimental y una vez sumadas se obtuvo el resultado por tratamiento. Las cantidades obtenidas por tratamiento fueron llevadas a hectárea mediante el uso de una regla de tres simple y los resultados fueron sometidos al análisis estadístico propuesto en la investigación.

#### **3.3.4.4. Producción en ramos ha<sup>-1</sup>**

En la etapa final del ensayo se procedió a la cosecha de todas las unidades experimentales de los 15 tratamientos, el corte se realizó a tres centímetros de la base del tallo y se procedió a la eliminación de las hojas hasta encontrarse con el primer brote lateral, una vez limpios del exceso de follaje se los colocó en coches sin confundir entre tallos de diferentes tratamientos y se armó ramos de 30 tallos fijándolos con una liga a 10 cm de la base, a los ramos se les colocó una identificación de la procedencia de cada tratamiento y se realizó un despate o igualación de los tallos para que tengan uniformidad, a cada ramo se le envolvió en una malla plástica para precautelar su integridad.

A continuación los ramos fueron llevados al área de post cosecha y fueron sometidos a un proceso de control de calidad y pesados en una balanza de precisión y se estableció la relación mediante una regla de tres simple y se transformó el peso obtenido de cada tratamiento a producción en ramos ha<sup>-1</sup>.

#### **3.3.4.5. Biomasa radicular**

En la etapa final de la fase de campo o semana 22 se realizó *in situ* la extracción al azar de seis plantas por tratamiento (dos de cada unidad experimental), la masa radicular fue cortada, etiquetada y pesada la misma que se expresó en gramos de peso verde, las muestras se llevaron a estufa a 105 °C por 24 horas, al transcurrir este tiempo fueron pesadas nuevamente y mediante una regla de tres simple se estableció la biomasa radicular de cada tratamiento, los resultados de los 15 tratamientos fueron sometidos al análisis estadístico planteado en la investigación.



#### **3.3.4.6. Mortalidad de plantas después de la poda para el segundo ciclo**

En la semana 22 del cultivo se procedió a cosechar la totalidad de ramos. En la semana 23 del cultivo o semana cero del segundo ciclo se procedió a realizar la poda de todas las plantas de los 15 tratamientos en estudio, que consistió en hacer un corte a todos los tallos a una altura de tres centímetros de la base del tallo.

Para determinar la sobrevivencia de las plantas a la poda se realizó mediante un conteo simple de presencia de plantas muertas en los 10 m<sup>2</sup> centrales de las unidades experimentales pertenecientes a los 15 tratamientos en estudio y fueron sometidos a igual análisis estadístico. La unidad de medida fue en porcentaje de plantas vivas y el conteo se realizó transcurridas cuatro semanas después de la poda.

#### **3.3.4.7. Metodología para la Determinación del Análisis Económico**

El análisis económico se realizó utilizando la metodología propuesta por Perrín *et al*, 2001. Se tomó en cuenta los rendimientos medios, que consistió en la suma y promedio de la producción de las tres unidades experimentales de cada tratamiento en estudio, con el resultado del rendimiento medio se calculó el beneficio neto, que consistió en la diferencia del ingreso bruto de campo menos el total de costos variables. Se realizó el análisis de dominancia, que comprendió el ordenamiento de los tratamientos de manera creciente referente a los costos variables y de acuerdo a la comparación de su beneficio neto se seleccionó a los tratamientos no dominados, es decir; "un tratamiento es dominado si presenta un ingreso neto menor a un costo mayor, que un tratamiento anterior". Una vez diferenciados se calculó la tasa de retorno marginal, empezando por el costo más bajo respecto a su beneficio neto con la finalidad de identificar cuál tratamiento económicamente es el mejor.

#### **3.3.4.8. Metodología para el objetivo institucional**

Se editó una Nota Técnica con los resultados de la investigación para la difusión entre los técnicos de la Empresa Esmeralda-Ecuador y un artículo científico para publicación en la revista Ecociencia de la ESPE (Anexo 19-20).

#### **3.3.5. Métodos Específicos de Manejo del Experimento**

##### **3.3.5.1. Cronología de la investigación**

La unidad de negocios Santa Martha perteneciente al Grupo Esmeralda – Ecuador organiza las actividades y labores de cultivo dando inicio en la semana cero correspondiente a la siembra en el campo de las plántulas previamente producidas con seis semanas de anterioridad en vivero. Todas las labores previas a la semana cero son designadas con un signo negativo (-), en la semana cero inicia el ciclo fenológico del cultivo.

En la fase de campo se realizaron todas las actividades desde la siembra hasta la primera poda. Para establecer el cultivo en el campo se siguió los siguientes pasos:

##### **3.3.5.2. Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizó en la semana menos dos y comprendió las siguientes actividades:

- Eliminación de rastrojo
- Erradicación de restos de vegetación
- Arado, con una profundidad de 30 cm, realizando dos pases en forma de cruz

### **3.3.5.3. Preparación de camas**

La preparación de camas se realizó de la semana menos uno a la semana cero y comprendió las siguientes actividades:

- Humedecimiento del terreno a capacidad de campo.
- Trazado de camas y caminos (1,0 m ancho de cama 0,5 m ancho de camino)
- Incorporación de enmiendas; 1,5 kg de compost m<sup>2</sup>, 350 g de carbonato de calcio m<sup>2</sup>, zeolita 500 g m<sup>2</sup>.

El procedimiento de elaboración de camas contempló las siguientes actividades:

- Movimiento de la capa arable u horizonte A de aproximadamente de 30 cm, esto se realizó a mano con pala cuadrada o con máquina según lo requiera el tratamiento.
- Roturación de la capa endurecida, se realizó de forma manual con azadón o con máquina según los tratamientos.
- Incorporación de compost; 20 sacos de 25 kg por cama, esta labor fue igual para todos los tratamientos.
- Recolocación de la capa arable antes retirada sobre la capa retolada sin mezclarlas.
- Levantamiento de camas a 30 cm, se verificó que quede completamente apisonado los filos de la cama para evitar derrumbes.
- Nivelación de camas con rastrillo.
- Marcación 24 horas antes de la siembra.
- Cobertura plástica de las unidades experimentales que lo requirieron.

### **3.3.5.4. Riego y fertilización**

Se siguió el protocolo de la empresa en el cual se efectuó a partir de la lectura promedio de cinco tensiómetros ubicados en cada uno en los cinco factores de manejo

del suelo. El sistema funcionó mediante un programa de computadora, de forma que el caudal en las camas es el reflejo de la lectura de los tensiómetros, pudiéndose establecer el volumen de agua recibido por unidad de tiempo. Se colocó las mangueras de goteo entre las hileras a 10 cm entre planta. Desde la semana cero se fertilizó con una fórmula única dando tres pases diarios de cinco minutos por tres días a la semana, complementando un día a la semana de bioles y biocontroladores, se alternó un día fertilizante y otro día solamente agua.

Cuadro 5. Minerales y dosis en ppm utilizados para la fertilización en el efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de *Gypsophila*, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.

Elemento que aporta	Fuente	ppm
NH <sub>4</sub>	Nitrato de amonio	21
K	Nitrato de potasio	220
Mg	Sulfato de magnesio	60
NO <sub>3</sub>	Ácido nítrico	476
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato mono potásico	40
Fe	Quelato de hierro	2
Mn	Sulfato de manganeso	8
Zn	Sulfato de zinc	8
B	Borax	1
Cu	Sulfato de cobre	1
Mo	Molibdato de sodio	0,12

### 3.3.5.5. Tutoreo

Esta labor se realizó antes de la siembra en la semana cero se colocaron pambiles a los extremos de las camas, seguido a esto se colocó una malla metálica y un alambre a cada lado de la cama, en la semana cinco se colocó las escalerillas intermedias a una

distancia entre seis y siete metros cada una, estos implementos ayudaron a dar sostén al cultivo.

#### **3.3.5.6. Siembra**

Para la siembra en campo, la unidad de negocios de propagación entregó las plántulas listas y enraizadas provenientes de las diferentes bandejas contenedoras; las mismas que fueron de los siguientes volúmenes 28 cm<sup>3</sup>, 55 cm<sup>3</sup> y 75 cm<sup>3</sup>.

Para el transplante definitivo se humedeció el suelo a capacidad de campo, se realizó el marcado del terreno con una densidad de siembra de 27 plantas por metro cuadrado dando como resultado una densidad de 180 000 plantas/m<sup>2</sup>. El hoyo no excedió la profundidad del dedo pulgar con el fin de no ahogar y dañar las yemas de la planta.

#### **3.3.5.7. Pinch**

El pinch consistió en eliminar el brote apical consiguiendo una buena formación de la planta desde la corona, rompiendo la dominancia apical de la planta y estimulando los brotes basales, se lo realizó cuando la planta alcanzó de 10-12 cm de altura y seis pares de hojas, en la semana cuatro.

#### **3.3.5.8. Desbrote**

Se realizó en la semana nueve y once del ciclo y consistió en eliminar los brotes axilares bajeros de cada tallo y dejar máximo cuatro laterales por tallo productivo.

#### **3.3.5.9. Iluminación**

La iluminación se inició en semana cinco de cultivo en forma continua con un total de diez horas netas de luz de cuarzo, en ciclos con 101 lámparas ha<sup>-1</sup>, el corte de la

iluminación se realizó en la semana 11 de cultivo, cuando alcanza una altura de 90 cm promedio y la panícula estuvo definida.

#### **3.3.5.10. Aplicación de ácido giberélico**

La aplicación de ácido Giberélico se la realizó en las semanas cinco, seis, siete y ocho del cultivo por la mañana. Se utilizan AG3 del 90 % de ingrediente activo, con un volumen de  $30 \text{ cm}^3 \text{ planta}^{-1}$ , ocho litros por cama, completando un total de 600 ppm.

#### **3.3.5.11. Manejo de mallas**

A la sexta semana se subieron las mallas de 10 a 15 cm, a la octava semana se sube de 15 a 20 cm las dos mallas. En la décima semana sube la primera a 25 cm y la segunda 15 cm de la primera. En la doceava semana se sube de 25 a 30 cm la primera malla y la segunda de 30 a 35 cm con respecto a la primera.

#### **3.3.5.12. Encanaste y peinado**

Consistió en guiar a la planta dentro de los cuadros de la malla e introducir los tallos que crecen fuera de la misma. Esta labor se realizó de acuerdo a la subida de mallas. Desde la semana seis hasta la semana 16.

#### **3.3.5.13. Fumigación**

Se realizaron dos aplicaciones semanales la primera de fungicidas principalmente para controlar alternaría, la segunda de insecticidas para controlar blancos biológicos como; minador larva, minador adulto, trips y afidos principalmente, para ejecutar los programas de fumigación, se realizó monitoreos de plagas y enfermedades, sin identificar ningún problema serio que supere el lumbral económico del cultivo.

Cuadro 6. Productos y dosis utilizados en las aplicaciones de agroquímicos del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de *Gypsophila*, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.

TIPO	Blanco biológico	1	Dosis cc $\Gamma^1$	2	Dosis cc $\Gamma^1$	3	Dosis cc $\Gamma^1$
Curativos	Afidos	Confidor	0,2				
Curativos	Minador Adulto	Latigo	1				
Curativos	Crecimiento	Ácido Giberelico	1				
Curativos	Fusarium	Antracol	2	Mirage	0,5	Tachigarem	1
Curativos	Ácaros	Polo	1	Floramite	0,35	rufast	0,4
Curativos	Herbicidas	Ronstar	2	Centurion	3	Gramoxone	5
Curativos	Desinfección Minador	Vitavax 300	5	Terraclor	1,5	Kocide	2
Curativos	Larva	Trigard	0,35	Vertimec	0,4	Tracer	0,3
Curativos	Trips			Karate			
Curativos	Adherente	Acidurez	0,3	Zeon	1	Mesurol	1
Curativos	Alternaria	Curzate	2,5	Break Thru	0,2	Agrotin	0,3
Curativos	Foliares	Ergostim	0,5	Score	0,6	foliogol	2
Preventivos	Alternaria	Dithane FMB	1,6	Stimufol	1	Metalosato Calcio	1
Preventivos	Foliares	Mineral Electric	0,7	Bravo 720	2	Kumulus	2
Preventivos	Foliares	Electric	0,7	Biol	60		

### 3.3.5.14. Desinfección de planta y corona

Para la desinfección de planta y corona se realizó en drench:

- Drench de kocide a la semana cero con dosis 0,2 g  $\Gamma^1$ , 40 l cama<sup>-1</sup>.
- Drench de terraclor luego de realizar el raleo, con dosis 2 g  $\Gamma^1$ , 40 l cama<sup>-1</sup>.

### **3.3.5.15. Aspirado**

El aspirado se realizó partir de la semana uno de siembra hasta la semana diez, esta labor se la efectuó con la ayuda de una bomba de motor con el objeto de aspirar minadores de hoja perjudiciales para el cultivo, se realizó un pase por día.

### **3.3.5.16. Deshierba**

Se realizó cada dos semanas o dependiendo del nivel de presencia de malezas. Desde la semana dos hasta la semana 10, en los tratamientos con mulch plástico se realizaron dos deshierbas de baja incidencia mientras que en los tratamientos sin cobertura plástica se realizó cuatro deshierbas de alta incidencia.

### **3.3.5.17. Hidratación antes del corte**

Cuando los lotes estuvieron listos para la cosecha se inició a las seis de la mañana con el riego, ya sea de agua o de fertilizante de manera que exista una hidratación a la planta, para que en la operación de corte disminuya el estrés y la deshidratación de los tallos. De igual manera se hicieron riegos pesados con agua cruda los caminos principales y secundarios alrededor de los bloques de cosecha.

### **3.3.5.18. Cosecha**

La cosecha consistió en cortar los tallos maduros según el punto de corte de cada día, así se tiene; lunes y martes cinco flores abiertas, miércoles tres flores abiertas, jueves y viernes una flor abierta. La cosecha se realizó desde la semana 13 del cultivo según el tratamiento extendiéndose en algunos casos hasta la semana 22.



### **3.3.5.19. Postcosecha**

En campo se armaron ramos, los mismos que estuvieron compuestos por 30 tallos cada uno. Después de cada cosecha diaria los ramos ingresaron al proceso en verde, que consistió en el pelado de las hojas y corte de laterales rotos, en este proceso se eliminó los tallos rotos, y que no cumplieron con las características de calidad requeridas por el proceso (literal 3.3.4.2).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

Se realizó la construcción de dos calicatas de 100 x 100 x 70 cm (figura 3-4), en las cuales se describieron los horizontes existentes, y se determinó la densidad aparente por el método del hoyo (cuadro 7).

Calicata uno:

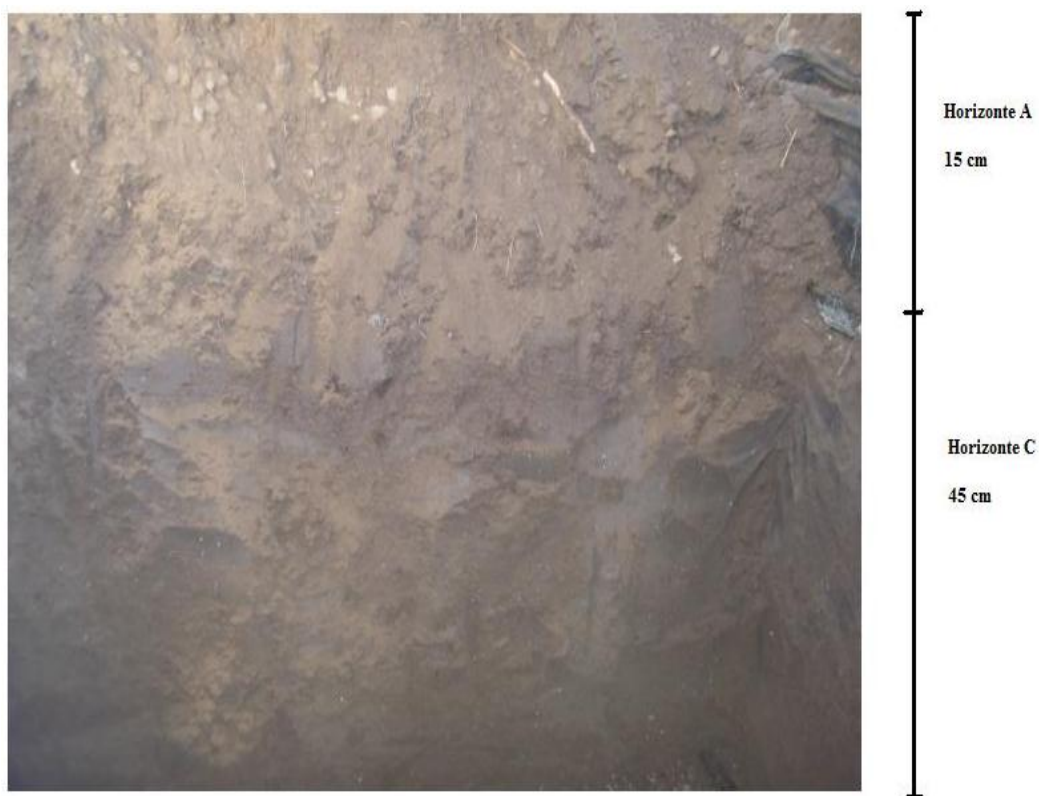


Figura 3. Corte del perfil del suelo sitio uno, calicata uno.

Suelo de origen volcánico, realizando la excavación se observó el perfil de suelo en donde se identificó dos horizontes:

Horizonte A: profundidad de 15 cm, consistencia poco adherente, baja plasticidad en humedad, alta porosidad con presencia de raíces.

Horizonte C: profundidad de 45 cm, consistencia adherente, alta porosidad en humedad, baja porosidad, ausencia total de raíces.

Calicata dos:



Figura 4. Corte del perfil del suelo sitio dos, calicata dos.

En el perfil de suelo dos se identificaron dos horizontes:

Horizonte A: profundidad de 20 cm, muy suelto, consistencia poco adherente, baja plasticidad en humedad, alta porosidad con presencia de raíces.

Horizonte C: profundidad de 50 cm, consistencia adherente, alta porosidad en humedad, sin porosidad, ausencia total de raíces.

Cuadro 7. Resultados de las dos calicatas realizadas previo a la investigación. Efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de *Gypsophila*, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.

Calicata	Horizonte	Profundidad en cm		Espesor en cm	Textura	Estructura	Densidad aparente g/cm <sup>3</sup> inicial	Densidad aparente g/cm <sup>3</sup> final	Consistencia	Plasticidad	Presencia de raíces
		desde	hasta								
1	A	0	15	15	Franco arenosa	Granular fino	1,21	1,19	Poco adherente	Baja	Si
	C	15	60	45	Arcillosa	Sin estructura	1,4	1,29	Adherente	Alta	No
2	A	0	20	20	Arenosa	Granular fino	1,15	1,15	Poco adherente	Baja	Si
	C	20	70	50	Arcillosa	Sin estructura	1,38	1,31	Adherente	Alta	No

En el cuadro anterior se describen los resultados obtenidos en campo y laboratorio de las dos calicatas realizadas en la investigación en donde se puede observar que.

#### 4.2. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN DE AGUA AL INICIO Y FINAL DE LA FASE DE CAMPO

A continuación se presenta el cuadro seis con el resumen del cálculo gráfico de la velocidad de infiltración inicial al azar y final por tratamiento de manejo de suelo.

Cuadro 8. Velocidad de infiltración al inicio y al final del ensayo expresada en cm/hora.

Velocidad de infiltración inicial cm h <sup>-1</sup>				Velocidad de infiltración final según tratamientos de manejo del suelo cm h <sup>-1</sup>				
sitio 1	sitio 2	sitio 3	Promedio	Manual (M1)	Retroexc avadora (M2)	Manual + mulch (M3)	Retroexca vadora + mulch (M4)	Convencional (M5)
21,8	15,1	29,2	22,03	22,3	23,4	21,7	34,3	13,7

El promedio de la velocidad de infiltración inicial está acorde con lo reportado en la literatura según Israelsen y Hansen (2003), para suelos arenosos. Al final de la investigación se midió nuevamente la velocidad de infiltración habiéndose determinado valores de 22,3 para el manejo de suelo M1 (manual), 24,3 para M2 (retroexcavadora), 21,7 para M3 (manual + mulch), lo que permite expresar que no hubo ninguna modificación relevante en cuanto la velocidad de infiltración.

Para los manejos de suelo M4 (retroexcavadora + mulch) y M5 (convencional), los resultados de velocidad de infiltración son completamente dispares en el primer caso con un valor de 34,3 pudiendo tratarse que el sitio que se realizó la prueba no hubo presencia de cangahua facilitando la infiltración de agua, mientras que en el segundo caso la prueba arrojó un valor de 13,7 el cual es menor a la media inicial de la velocidad de infiltración pero dentro del rango reportado por la literatura.

#### 4.2.1. Velocidad de Infiltración Inicial

Para observar las curvas de la velocidad de infiltración inicial de los sitios uno, dos y tres escogidos al azar, a continuación se presenta la siguiente figura.

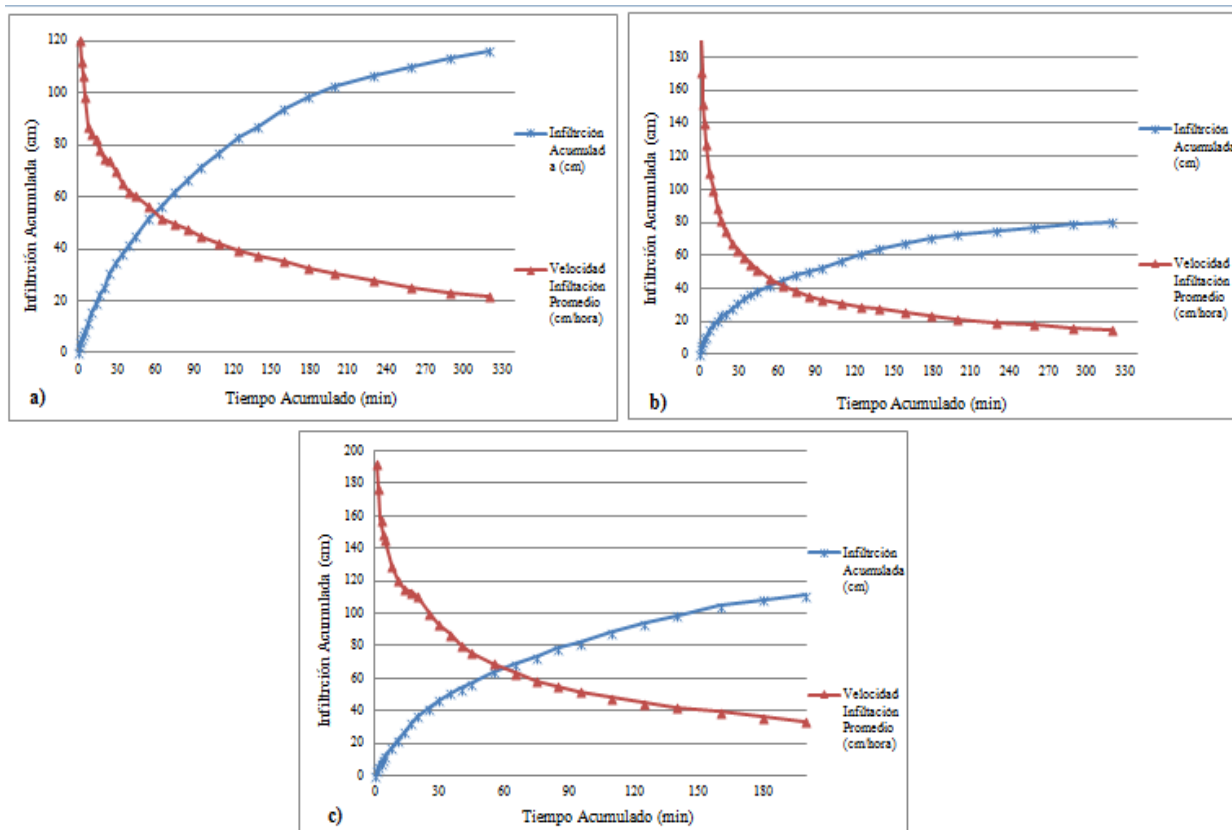


Figura 5. Describe los resultados gráficos de los sitios escogidos al azar antes de realizar los tratamientos de manejo de suelo; a) sitio uno, b) dos, c) tres.

En donde se obtuvo para; a) infiltración acumulada de 116,1 cm, en un tiempo acumulado de 320 minutos y una velocidad promedio final de 21,8 cm/hora, b) infiltración acumulada de 80,6 cm, en un tiempo acumulado de 320 minutos y una velocidad promedio final de 15,1 cm/hora, c) infiltración acumulada de 116,9 cm, en un tiempo acumulado de 240 minutos y una velocidad promedio final de 29,2 cm/hora.

#### 4.2.2. Velocidad de Infiltración Final

Para observar la curva de la velocidad de infiltración final de los tratamientos de manejo de suelo se presenta la siguiente figura.

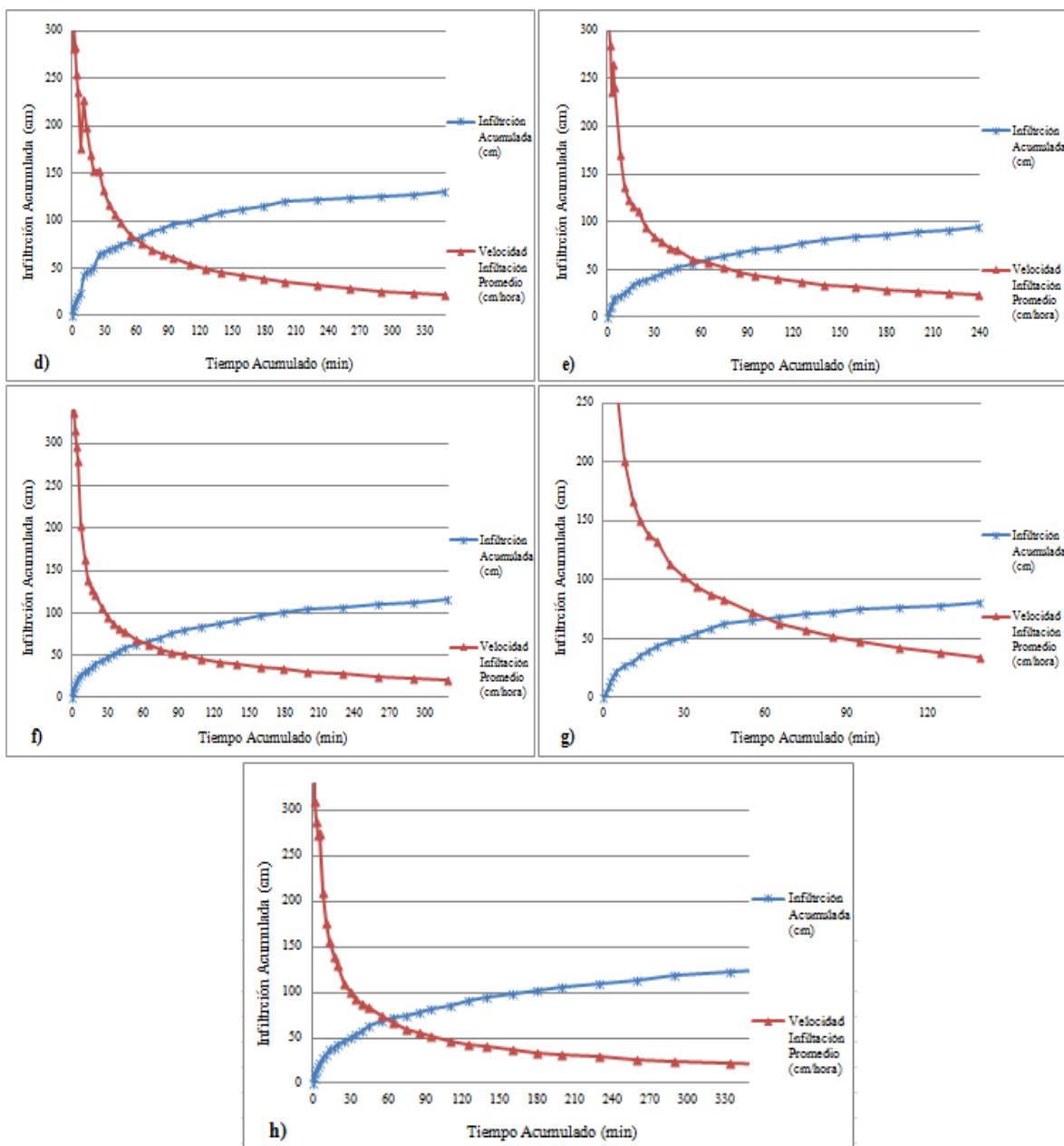


Figura 6. Describe los resultados gráficos obtenidos por los manejos de suelo d) manejo de suelo uno, e) manejo de suelo dos, f) manejo de suelo tres, g) manejo de suelo cuatro, h) manejo de suelo cinco.

En donde se obtuvo para; d) infiltración acumulada de 129,8 cm, en un tiempo acumulado de 350 minutos y una velocidad promedio final de 22,3 cm/hora, e) infiltración acumulada de 93,6 cm, en un tiempo acumulado de 240 minutos y una velocidad promedio final de 23,4 cm/hora, f) infiltración acumulada de 115,8 cm, en un tiempo acumulado de 320 minutos y una velocidad promedio final de 21,7 cm/hora, g) infiltración acumulada de 80 cm, en un tiempo acumulado de 140 minutos y una velocidad promedio final de 34,3 cm/hora, h) infiltración acumulada de 142,7 cm, en un tiempo acumulado de 625 minutos y una velocidad promedio final de 13,7 cm/hora.

#### 4.3. NÚMERO DE TALLOS EXPORTABLES POR PLANTA

A continuación se presenta el cuadro 8 con el análisis de varianza para la variable tallos exportables por planta de *Gypsophila paniculata* L. variedad OVER TIME, bajo el efecto del factor manejo de suelo (factor m) y bandeja de propagación (factor b).

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable tallos exportables por planta.

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	
Blo	0,03	2	0,02	0,5	0,6139	
Manejo de suelo (m)	13,88	4	3,47	16,79	0,0006	*
Error m	1,65	8	0,21	6,2	0,0004	
Tipo de bandeja (b)	26,43	2	13,22	396,5	<0,0001	*
m*b	1,03	8	0,13	3,88	0,0066	*
Error b	0,67	20	0,03			
Total	43,7	44				
Coefficiente de variación	3,86					

Al establecer el análisis de varianza para la variable tallos exportables por planta de *Gypsophila paniculata* L. variedad OVER TIME se encontró diferencias estadísticas altamente significativas para el factor manejo de suelo con un valor de  $p=0,0006$ ; el factor bandeja con un valor de  $p=<0,0001$  y la interacción entre los factores suelo y



bandeja con un valor de  $p=0066$ . El coeficiente de variación para esta variable es de 3,86%, lo cual es un coeficiente muy bueno que representa la homogeneidad en el experimento tomando en cuenta que se lo llevo a cabo en campo abierto.

Para observar las diferencias entre tratamientos, a continuación se presenta la comparación de medias de Tukey realizada a un nivel de  $\alpha=0,05$ .

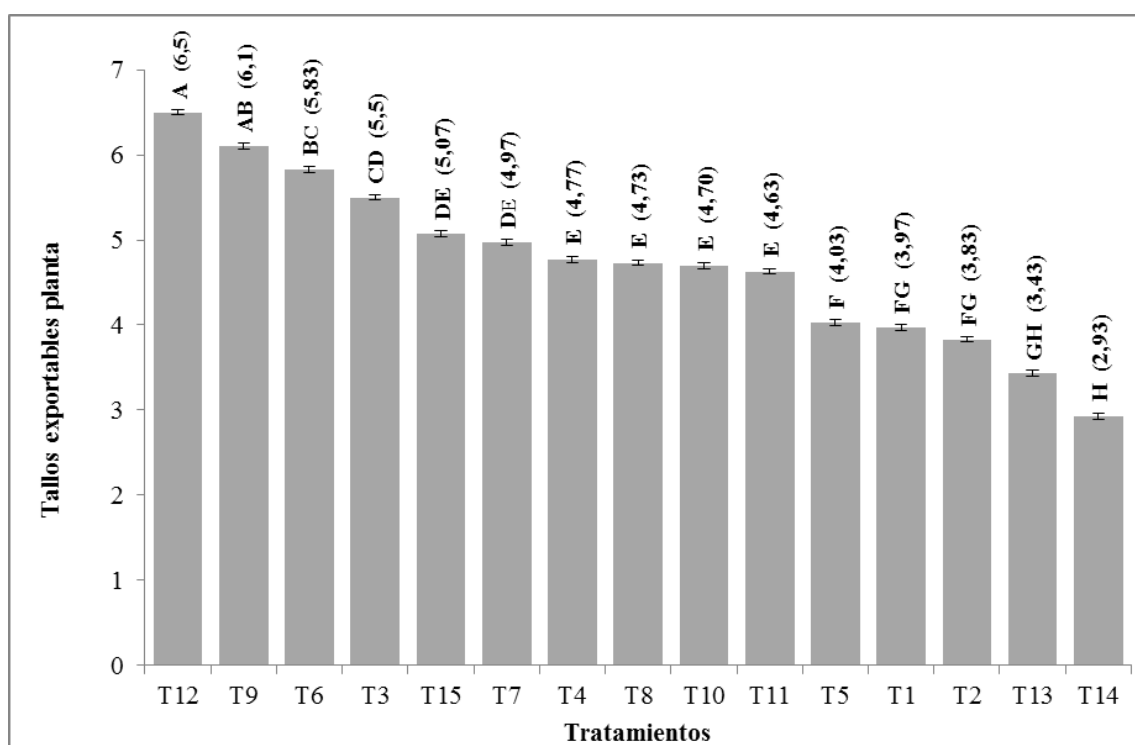


Figura 7. Prueba de comparación de medias de Tukey para los tratamientos dentro de la variable tallos exportables planta.

En la figura anterior se pueden observar diez rangos entre los tratamientos, en el primer rango (A) se encuentra T12, como segundo rango tenemos (AB) que comprende T9; como tercer rango tenemos (BC) que comprende T6, como cuarto rango tenemos (CD) que comprende T3, como quinto rango tenemos (DE) que comprende T15, T7; como sexto rango tenemos (E) que comprende T4, T8, T10, T11; como séptimo rango

tenemos (F) que comprende T5; como octavo rango tenemos (FG) que comprende los tratamientos T2; como noveno rango tenemos (GH) que comprende T13, como decimo y último rango tenemos (H) que comprende T114. El primer rango (A) perteneciente al tratamiento doce producto de la combinación del factor m4 (preparación mecánica + mulch plástico) y b3 (bandeja de 75 cm<sup>3</sup>).

El tratamiento doce es el que se ha comportado de mejor manera en comparación al resto de los tratamientos en estudio el mismo que obtuvo 6,5 tallos exportables planta superando en 44% al presupuesto de producción comercial de la empresa que es de 4,5 tallos exportables planta.

En comparación con Rocha y Orquera, 2008 manifiestan que al utilizar cobertura plástica los brotes por planta incrementaron en un 49 %, cosa similar sucede en el caso del tratamiento 12 que tiene en un 54,9 % más tallos exportables que el tratamiento 14 (preparación convencional + bandeja de 55 cm<sup>3</sup>) que es el que menos tallos exportables tuvo en el desarrollo de la investigación.

#### **4.4. PORCENTAJE DE DESECHO EN RAMOS ha<sup>-1</sup>**

A continuación se presenta el cuadro 10 con el análisis de varianza para la variable porcentaje de desecho en ramos ha<sup>-1</sup> de *Gypsophila paniculata* L. variedad OVER TIME, bajo el efecto del factor manejo de suelo (factor m) y bandeja de propagación (factor b).

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable porcentaje de desecho en ramos ha<sup>-1</sup>.

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	
Blo	73866,32	2	36933,16	0,58	0,5669	
Manejo de suelo (m)	24557765,01	4	6139441,25	71,46	<0,0001	*
Error m	687326,67	8	85915,83	1,36	0,2731	
Tipo de bandeja (b)	14759907,81	2	7379953,91	116,68	<0,0001	*
m*b	7143953,54	8	892994,19	14,12	<0,0001	*
Error b	1264993,04	20	63249,65			
Total	48487812,39	44				
Coeficiente de variación	9,62					

Al establecer el análisis de varianza para el variable porcentaje de desecho en ramos ha<sup>-1</sup> se encontró diferencias altamente significativas para los dos factores en estudio así como para la interacción entre los factores manejo de suelo y bandeja de propagación. El factor manejo de suelo con un valor de  $p < 0,0001$ ; el factor bandeja con un valor de  $p < 0,0001$  y la interacción entre los factores suelo y bandeja con un valor de  $p < 0,0001$ . El coeficiente de variación para esta variable es de 9,6%, lo cual es un coeficiente bueno que al tratarse de un experimento que se lo llevo a cabo en campo abierto.

Para observar las diferencias entre tratamientos, a continuación se presenta la figura de comparación de medias de Tukey realizada a un nivel de  $\alpha = 0,05$ .

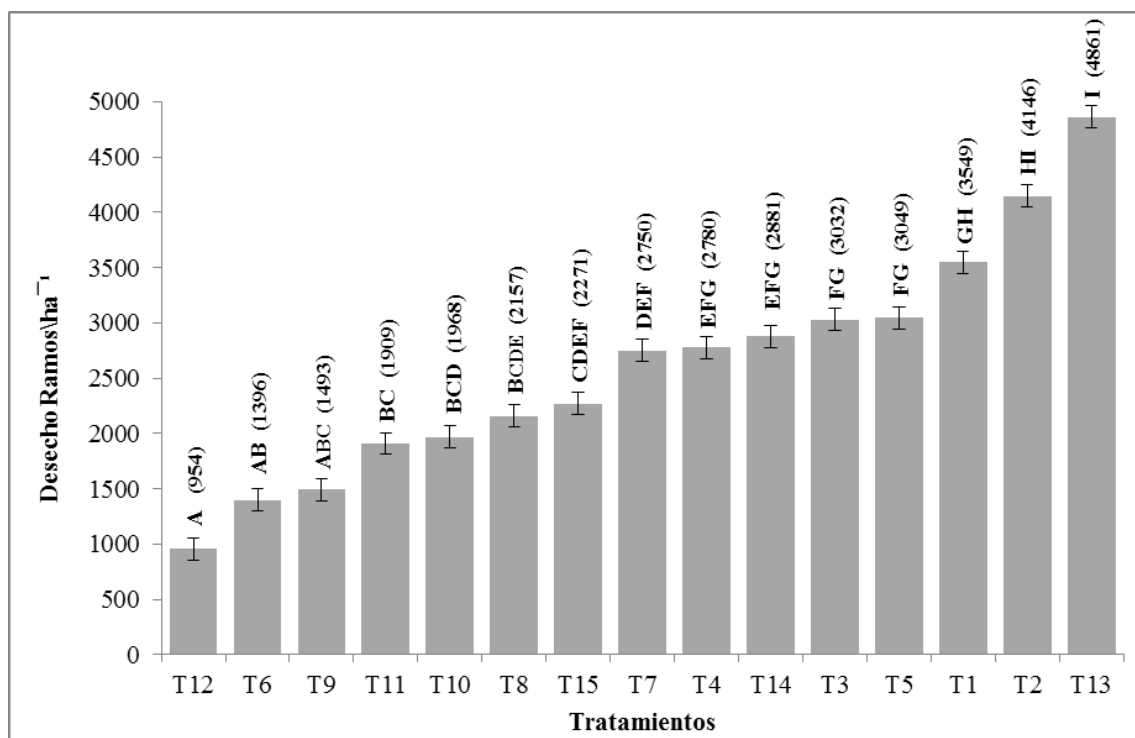


Figura 8. Prueba de comparación de medias de Tukey para los tratamientos dentro de la variable porcentaje de desecho en ramos  $\text{ha}^{-1}$ .

En la figura anterior se pueden observar trece rangos entre los tratamientos, cabe recalcar que en esta variable lo que interesa es que la media o el valor sea más bajo ya que estamos hablando de desecho. En el primer rango (A) se encuentra T12, el último rango (I) se encuentra T13, este tratamiento fue el que presentó mayor desecho por lo tanto mayor pérdida.

#### 4.5. PRODUCCIÓN EN RAMOS $\text{ha}^{-1}$

A continuación se presenta el cuadro 12 con el análisis de varianza para la variable producción en ramos  $\text{ha}^{-1}$  de *Gypsophila paniculata* L. variedad OVER TIME, bajo el efecto del factor manejo de suelo (factor m) y bandeja de propagación (factor b).

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable producción en ramos  $\text{ha}^{-1}$ .

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	
Blo	54301830,77	2	27150915,38	0,86	0,4371	
Manejo de suelo (m)	1722717255	4	430679313,7	6,93	0,0103	*
Error m	497367669,1	8	62170958,63	1,98	0,1037	
Tipo de bandeja (b)	3281874616	2	1640937308	52,15	<0,001	*
m*b	128316946,3	8	16039618,29	0,51	0,835	ns
Error b	629370012,2	20	31468500,61			
Total	6313948329	44				
Coefficiente de variación	10,64					

Al establecer el análisis de varianza para la variable producción en ramos  $\text{ha}^{-1}$  se encontró diferencias estadísticas los dos factores en estudio, el factor manejo de suelo (factor m) con un valor de  $p=0,0103$ ; de igual manera para el bandeja de propagación (factor b) con un valor de  $p=<0,0001$ ; lo que no sucedió para la interacción entre los factores suelo y bandeja con un valor de  $p=0,835$  (Cuadro 20). El coeficiente de variación para esta variable es de 10,6%, lo cual es un coeficiente bueno al tratarse de un experimento que se lo ejecuto en campo abierto.

Para observar las diferencias del factor a (preparación de suelo), a continuación se presenta la figura de comparación de medias de Tukey realizada a un nivel de  $\alpha=0,05$ .

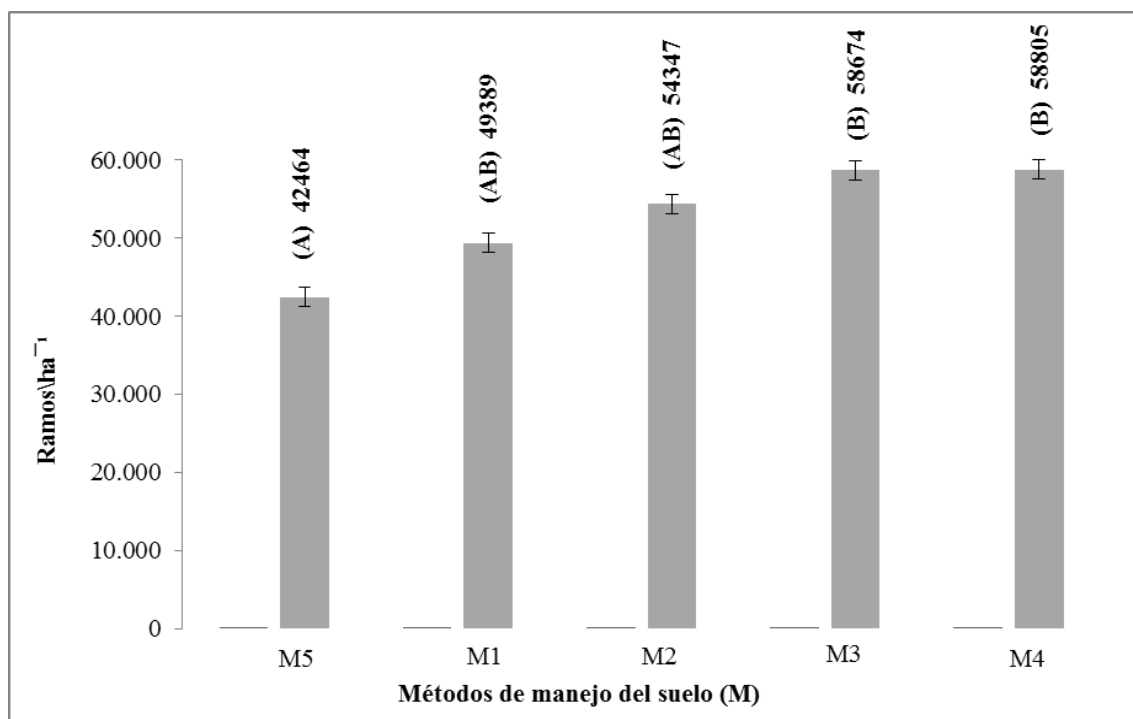


Figura 9. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor M dentro de la variable producción en ramos ha<sup>-1</sup>.

En la figura anterior se pueden observar tres rangos en el factor m dentro de la variable producción en ramos ha<sup>-1</sup>. El primer rango (A), concierne a la preparación de suelo m5; el segundo rango (AB), que comprende la preparación de suelo m1 – m2 y como tercer y último rango (B), que comprende la preparación de suelo m3 – m4. Lo interesante de esta figura es que las preparaciones de suelo 3 y 4 contemplan el uso de mulch plástico y los las más altas en productividad.

Para observar las diferencias del factor b (bandeja de propagación), a continuación se presenta la figura de comparación de medias de Tukey realizada a un nivel de  $\alpha=0,05$ .

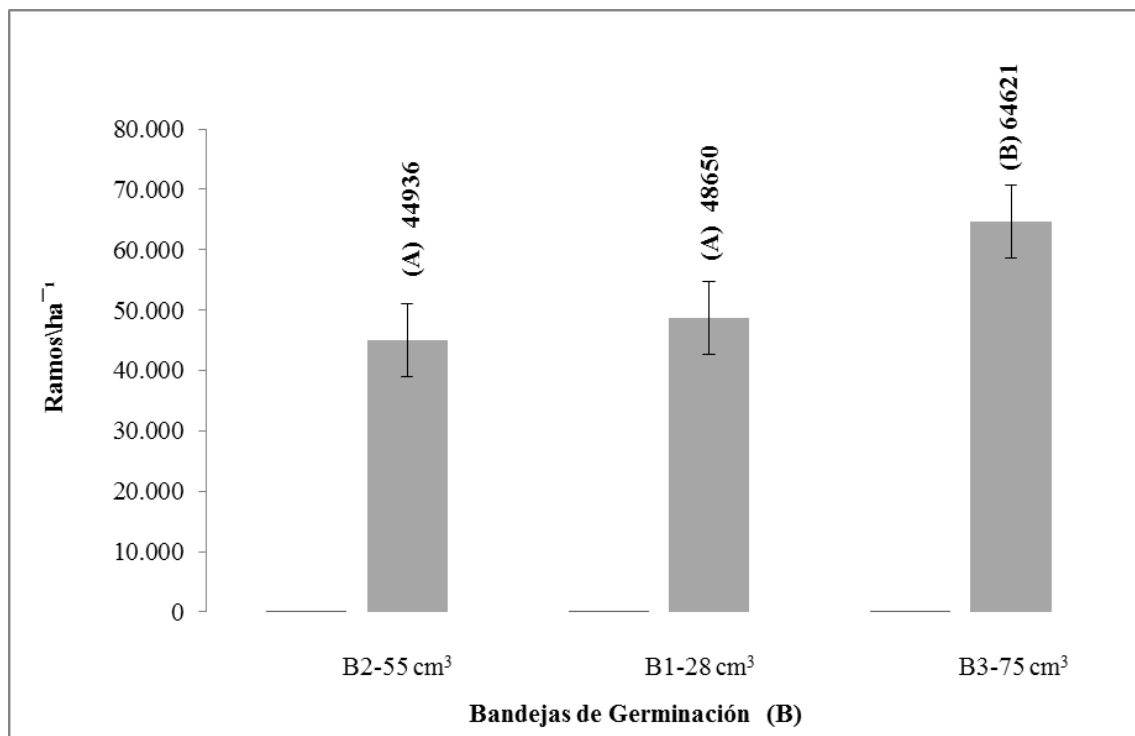


Figura 10. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor b dentro de la variable producción en ramos ha<sup>-1</sup>.

En la figura anterior se pueden observar dos rangos en el factor b dentro de la variable producción en ramos ha<sup>-1</sup>. El primer rango (A), concierne a las bandejas de propagación b1 (28 cm<sup>3</sup>) - b2 (55 cm<sup>3</sup>); el segundo rango (B), que comprende la bandeja de propagación b3 (96 cm<sup>3</sup>).

Lo interesante de esta figura es que la bandeja de propagación b3 tiene más volumen lo que facilita que las raíces tengan mayor espacio para su desarrollo y por ende mayor arquitectura radicular lo que a futuro representa mayor productividad.

#### 4.6. BIOMASA RADICULAR

A continuación se presenta el cuadro 14 con el análisis de varianza para la variable biomasa radicular de *Gypsophila paniculata* L. variedad OVER TIME, bajo el efecto del factor manejo de suelo (factor m) y bandeja de propagación (factor b).

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable biomasa radicular.

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Blo	0,21	2	0,11	0,87	0,4343
Manejo de suelo (m)	85,32	4	21,33	53,73	<0,0001 *
Error m	3,18	8	0,4	3,28	0,0148
Tipo de bandeja (b)	74,01	2	37	305,88	<0,0001 *
m*b	44,07	8	5,51	45,54	<0,0001 *
Error b	2,42	20	0,12		
Total	209,21	44			
Coefficiente de variación	5,32				

Al establecer el análisis de varianza para la variable biomasa radicular de *Gypsophila paniculata* L. variedad OVER TIME se encontró diferencias estadísticas altamente significativas para el factor suelo con un valor de  $p < 0,0001$ ; el factor bandeja con un valor de  $p < 0,0001$  y la interacción entre los factores manejo de suelo y bandeja con un valor de  $p < 0,0001$ . El coeficiente de variación para esta variable es de 5,3%, lo cual es un coeficiente muy bueno que representa la homogeneidad en el experimento tomando en cuenta que se lo llevo a cabo en campo abierto.

Para observar las diferencias entre tratamientos, a continuación se presenta la figura de comparación de medias de Tukey realizada a un nivel de  $\alpha = 0,05$ .



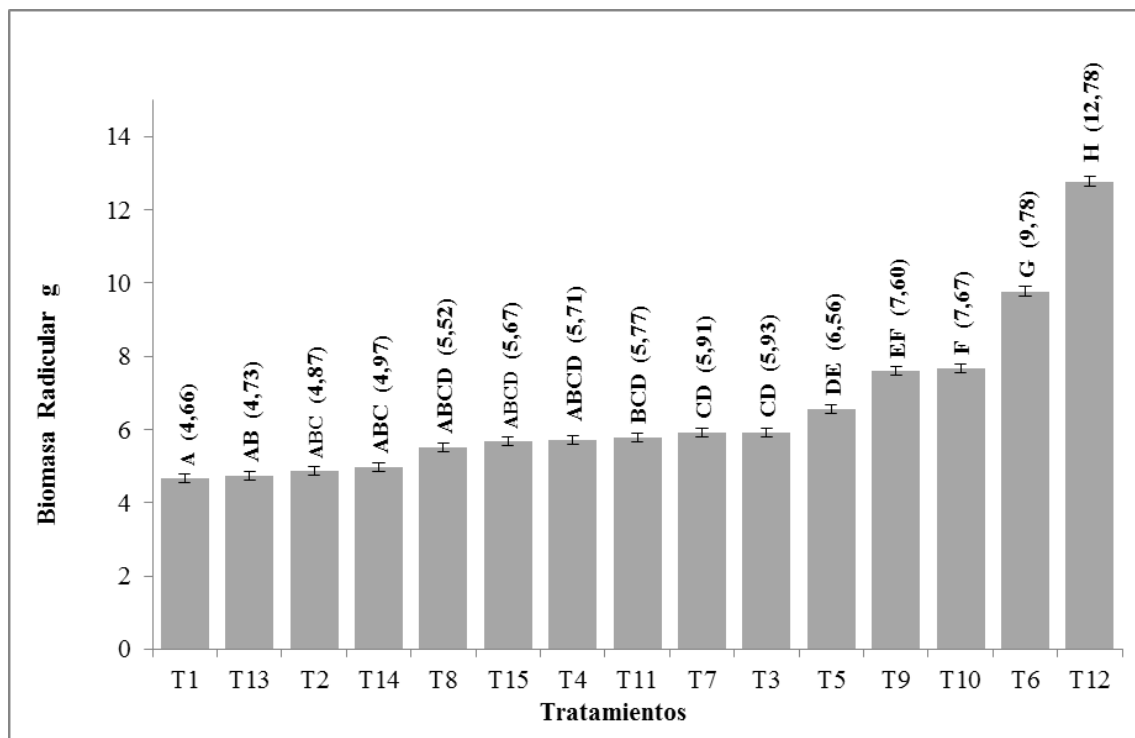


Figura 11. Prueba de comparación de medias de Tukey para los tratamientos dentro de la variable biomasa radicular.

En la figura anterior se pueden observar once rangos entre los tratamientos, en el primer rango (A) se encuentra T1, tratamiento que fue el de más bajo peso seco; el último rango (H) perteneciente a T12, este tratamiento fue el que obtuvo mayor peso seco en cuanto a sistema radicular por ende fue el que presentó mayor volumen y arquitectura radicular lo que refleja el buen manejo de suelo, al tener un suelo mullido, suelto y que no se compacte con la ayuda de la cobertura plástica, provee un sustrato de excelentes condiciones para que la planta desarrolle buen sistema y arquitectura radicular para sobresalir dentro de los demás tratamientos en estudio.

#### 4.7. MORTALIDAD A LA PRIMERA PODA

A continuación se presenta el cuadro 16 con el análisis de varianza para la variable mortalidad a la primera poda de *Gypsophila paniculata* L. variedad OVER TIME, bajo el efecto del factor manejo de suelo (factor m) y bandeja de propagación (factor b).

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable mortalidad a la primera poda.

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	
Blo	0,00048	2	0,00024	0,19	0,8268	
Manejo de suelo (m)	0,09	4	0,02	19,9	0,0003	*
Error m	0,01	8	0,0012	0,93	0,5123	
Tipo de bandeja (b)	0,39	2	0,19	154,73	<0,0001	*
m*b	0,01	8	0,0012	0,93	0,5123	ns
Error b	0,02	20	0,0012			
Total	0,52	44				
Coefficiente de variación	9,62					

Al establecer el análisis de varianza para la variable mortalidad a la primera poda de *Gypsophila paniculata* L. variedad OVER TIME, se encontró diferencias estadísticas para los dos factores en estudio, el factor manejo de suelo (factor m) con un valor de  $p=0,0003$ ; de igual manera para el bandeja de propagación (factor b) con un valor de  $p<0,0001$ ; lo que no sucedió para la interacción entre los factores suelo y bandeja con un valor de  $p=0,5123$  (Cuadro 24). El coeficiente de variación para esta variable es de 9,6%, lo cual es un coeficiente bueno al tratarse de un experimento que se lo ejecuto en campo abierto.

Para observar las diferencias del factor a (manejo de suelo), a continuación se presenta la figura de comparación de medias de Tukey realizada a un nivel de  $\alpha=0,05$ .

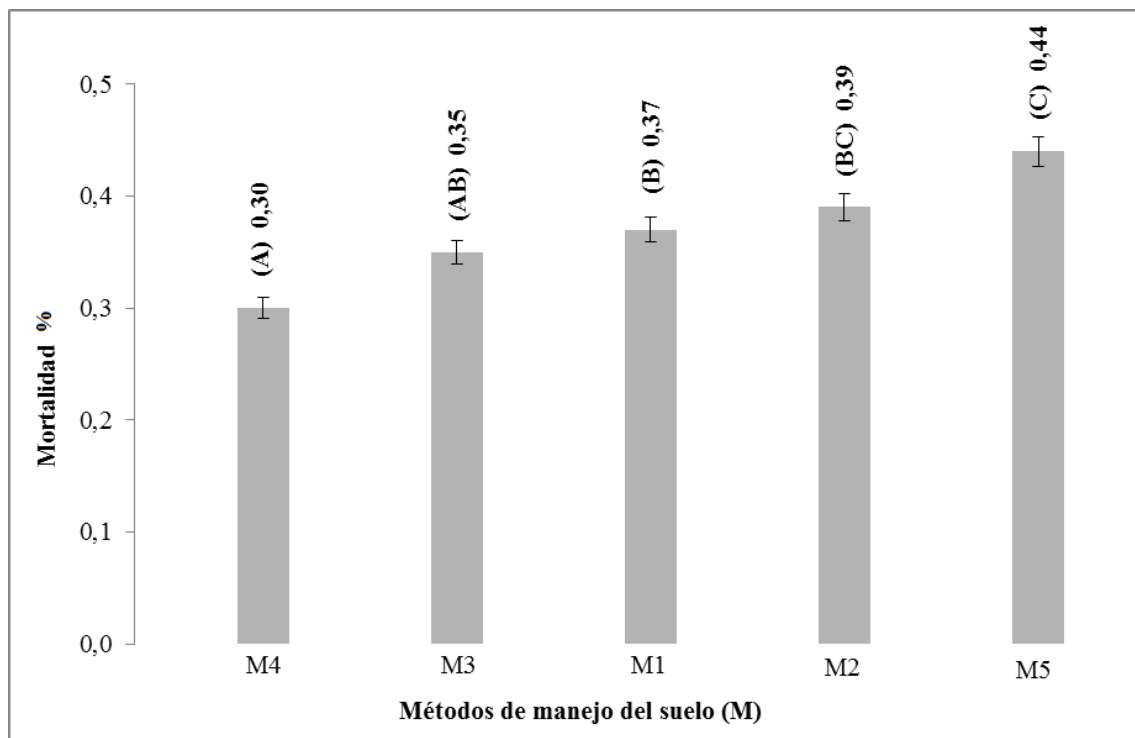


Figura 12. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor M dentro de la variable mortalidad a la primera poda.

En la figura anterior se pueden observar cinco rangos en factor a dentro de la variable mortalidad a la primera poda, cabe recalcar que en esta variable lo que interesa es que la media o el valor sea más bajo ya que estamos hablando de mortalidad. El primer rango (A), concierne a la preparación de suelo m4; el segundo rango (AB), que comprende la preparación de suelo m3; como tercer rango (B), que comprende la preparación de suelo m1; como cuarto rango (BC) concierne a la preparación de suelo m2 y como quinto y último rango (C) que comprende la preparación de suelo m5. Lo interesante de esta figura es que la preparación de suelo m4 (mecánica + mulch plástico)

es la que presenta menor mortalidad 9,5 %, al contrario la preparación de suelo m5 (convencional) es la que tiene mortalidad más alta llegando a un 20 %.

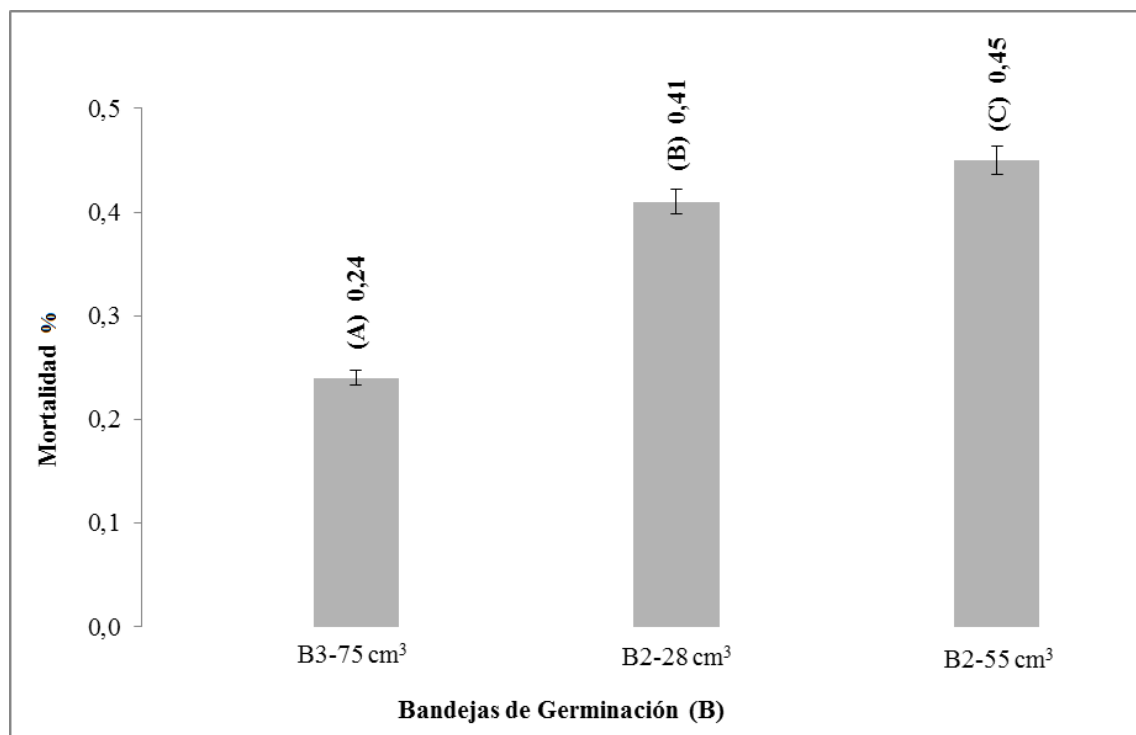


Figura 13. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor B dentro de la variable mortalidad a la primera poda.

En la figura anterior se pueden observar tres rangos en el factor b dentro de la variable mortalidad a la primera poda, cabe recalcar que en esta variable lo que interesa es que la media o el valor sea más bajo ya que estamos hablando de mortalidad. El primer rango (A), concierne a la bandeja de propagación b3 (75 cm<sup>3</sup>); el segundo rango (B), que comprende la bandeja de propagación b1 (28 cm<sup>3</sup>); como tercer rango (C), que comprende la bandeja de propagación b2 (55 cm<sup>3</sup>). Lo interesante de esta figura es que la bandeja de propagación b3, es la que presenta menor mortalidad 5,8 %, al contrario la bandeja de propagación b2 es la que tiene mortalidad más alta llegando a un 20,6 %.

#### 4.8. EVALUACION GLOBAL POR TIPOS DE MANEJO Y VOLUMEN DE CONTENEDOR DE PLANTAS PROPAGADAS

A continuación se presenta el cuadro 17 con el resumen de los resultados por tratamiento y variable enfocados al factor M, tipos de manejo de suelo.

Cuadro 14. Resultado de las variables del factor M.

Factor M	Factor B	Tratamiento	Variables				
			Tallos exportables/planta	Desecho ramos ha <sup>-1</sup>	Producción ramos ha <sup>-1</sup>	Biomasa radicular gr	Mortalidad %
m1	b1	T1	4	3 549	44 192	4,65	16,4%
m1	b2	T2	4	4 146	42 703	4,87	20,8%
m1	b3	T3	6	3 032	61 273	5,93	6,5%
promedios M1			4	3 576	49 389	5,15	14,6%
m2	b1	T4	5	2 780	53 111	5,70	19,0%
m2	b2	T5	4	3 049	44 936	6,55	21,9%
m2	b3	T6	6	1 396	64 995	9,78	6,6%
promedios M2			5	2 408	54 347	7,35	15,8%
m3	b1	T7	5	2 750	55 331	5,91	14,7%
m3	b2	T8	5	2 157	52 733	5,51	19,8%
m3	b3	T9	6	1 493	67 959	7,60	4,5%
promedios M3			5	2 133	58 674	6,34	13,0%
m4	b1	T10	5	1 968	52 367	7,67	11,5%
m4	b2	T11	5	1 909	51 622	5,77	13,1%
m4	b3	T12	7	955	72 425	12,78	3,8%
promedios M4			5	1 611	58 805	8,74	9,5%
m5	b1	T13	3	4 861	38 250	4,73	25,6%
m5	b2	T14	3	2 881	32 687	4,97	27,2%
m5	b3	T15	5	2 271	56 454	5,67	7,7%
promedios M5			4	3 337	42 464	5,13	20,2%

En el cuadro 14 se puede observar que el mejor manejo de suelo fue M4 (mecánico + mulch plástico), concentrando los resultados más altos en cuanto a las

variables Tallos exportables/planta, producción y biomasa radicular mientras que presentó los resultados más bajos para las desecho y mortalidad. Frente al manejo de suelo que obtuvo menores rendimientos fue el M5 (convencional).

A continuación se presenta el cuadro 18 con el resumen de los resultados por tratamiento y variable enfocados al factor B, plantas de vivero propagadas en tres tipos de bandejas.

Cuadro 15. Resultado de las variables del factor B.

Factor M	Factor B	Tratamiento	Variables				
			Tallos exportables/planta	Desecho ramos ha <sup>-1</sup>	Producción ramos ha <sup>-1</sup>	Biomasa radicular gr	Mortalidad %
m1	b1	T1	4	3 549	44 192	4,65	16,4%
m2	b1	T4	5	2 780	53 111	5,70	19,0%
m3	b1	T7	5	2 750	55 331	5,91	14,7%
m4	b1	T10	5	1 968	52 367	7,67	11,5%
m5	b1	T13	4	4 861	38 250	4,73	25,6%
promedios B1			4	3 182	48 650	5,73	17,4%
m1	b2	T2	4	4 146	42 703	4,87	20,8%
m2	b2	T5	4	3 049	44 936	6,55	21,9%
m3	b2	T8	5	2 157	52 733	5,51	19,8%
m4	b2	T11	5	1 909	51 622	5,77	13,1%
m5	b2	T14	3	2 881	32 687	4,97	27,2%
promedios B2			4	2 828	44 936	5,54	20,6%
m1	b3	T3	6	3 032	61 273	5,93	6,5%
m2	b3	T6	6	1 396	64 995	9,78	6,6%
m3	b3	T9	6	1 493	67 959	7,60	4,5%
m4	b3	T12	7	955	72 425	12,78	3,8%
m5	b3	T15	5	2 271	56 454	5,67	7,7%
promedios B3			6	1 829	64 621	8,35	5,8%

En el cuadro 15 referente a los resultados por planta propagada en diferente envase contenedor, la planta que se comportó de mejor manera fue B3 (planta propagada en bandejas con envases contenedores de 75 cm<sup>3</sup>), concentrando los resultados más altos en cuanto a las variables Tallos exportables/planta, producción y biomasa radicular mientras que presentó los resultados más bajos para las desecho y mortalidad. Al contrario la planta que presentó resultados negativos fue B2 (planta propagada en bandejas con envases contenedores de 55 cm<sup>3</sup>).

#### **4.9. ANÁLISIS ECONÓMICO**

Para realizar el análisis económico se siguió la metodología de presupuestos parciales enunciada por Perrin *et al* (2001). Para esto fueron necesarios los rendimientos medios (cuadro 16), que consistió en la suma y promedio de la producción de las tres unidades experimentales de cada tratamiento en estudio, con el resultado de los rendimientos medios se calculó el beneficio neto (cuadro 17), que consistió en la diferencia del ingreso bruto de campo menos el total de costos variables.

A continuación se realizó el análisis de dominancia (cuadro 18), que resulto el ordenamiento de los tratamientos de manera creciente referente a los costos variables y de acuerdo a la comparación de su beneficio neto se seleccionó a los tratamientos no dominados, es decir; "un tratamiento es dominado si presenta un ingreso neto menor a un costo mayor, que un tratamiento anterior. Una vez identificados los tratamientos no dominados se procedió a calcular la tasa de retorno marginal.

A continuación se presenta el cuadro 16 con los rendimientos medios obtenidos en la investigación

Cuadro 16. Rendimientos medios de los tratamientos del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de *Gypsophila*, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.

Tratamientos	r1	r2	r3	Total tallos	Ramos\ha <sup>-1</sup>
T1	414 689	382 192	422 814	1 219 695	44 192
T2	357 471	412 484	408 654	1 178 609	42 703
T3	603 174	569 400	518 565	1 691 139	61 273
T4	415 386	517 985	532 492	1 465 863	53 111
T5	462 971	405 172	372 095	1 240 238	44 936
T6	603 987	687 667	502 200	1 793 854	64 995
T7	463 203	483 630	580 310	1 527 144	55 331
T8	402 619	480 264	572 534	1 455 417	52 733
T9	644 028	550 250	681 400	1 875 678	67 959
T10	467 266	462 507	515 547	1 445 320	52 367
T11	527 154	484 443	413 181	1 424 777	51 622
T12	672 927	706 237	619 771	1 998 935	72 425
T13	337 856	380 103	337 740	1 055 700	38 250
T14	282 727	327 759	291 664	902 150	32 687
T15	457 052	628 476	472 604	1 558 132	56 454

Los rendimientos medios fueron el resultado del promedio de las repeticiones de cada tratamiento y transformados a ramos.

A continuación se presenta el cuadro 17 con los beneficios netos obtenidos de los diferentes tratamientos de la investigación.



Cuadro 17. Resumen de los beneficios netos del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de *Gypsophila*, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.

Trat	Rendimiento neto Tallos	Rendimiento ajustado 5%	Ramos \ha <sup>-1</sup>	Beneficio bruto \$	Total de costos variables	Total costos\trat	Beneficio neto
T1	406565	386237	41982	83964,53	9759,27	30003,56	53960,98
T2	392870	373226	40568	81136,15	10217,33	30461,62	50674,53
T3	563713	535527	58209	116418,99	12869,69	33113,98	83305,01
T4	488621	464190	50455	100910,84	10905,50	31149,79	69761,05
T5	413413	392742	42689	85378,72	10622,47	30866,76	54511,97
T6	597951	568054	61745	123489,94	13426,28	33670,57	89819,38
T7	509048	483595	52565	105129,44	12522,68	32766,97	72362,48
T8	485139	460882	50096	100191,76	12858,86	33103,15	67088,62
T9	625226	593965	64561	129122,73	15125,78	35370,07	93752,67
T10	481773	457685	49748	99496,65	12321,79	32566,08	66930,57
T11	474926	451179	49041	98082,46	12872,75	33117,04	64965,42
T12	666312	632996	68804	137607,87	15770,45	36014,74	101593,14
T13	351900	334305	36337	72674,98	9109,63	29353,92	43321,06
T14	300717	285681	31052	62104,51	9083,34	29327,63	32776,88
T15	519377	493408	53631	107262,71	12341,28	32585,56	74677,15

El presupuesto parcial es el beneficio neto que fue calculado restando el total de los costos que varían del beneficio neto este procedimiento se realizó para cada tratamiento.

A continuación se presenta el cuadro 18 con el análisis de dominancia de los quince tratamientos de la investigación.

Cuadro 18. Análisis de dominancia del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de *Gypsophila*, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.

Tratamientos	Total de costos variables	Beneficio neto	Análisis de dominancia
T14	9083,34	32776,88	No dominado
T13	9109,63	43321,06	No dominado
T1	9759,27	53960,98	No dominado
T2	10217,33	50674,53	Dominado
T5	10622,47	54511,97	No dominado
T4	10905,50	69761,05	No dominado
T10	12321,79	66930,57	Dominado
T15	12341,28	74677,15	No dominado
T7	12522,68	72362,48	Dominado
T8	12858,86	67088,62	Dominado
T3	12869,69	83305,01	No dominado
T11	12872,75	64965,42	Dominado
T6	13426,28	89819,38	No dominado
T9	15125,78	93752,67	No dominado
T12	15770,45	101593,14	No dominado

El análisis de dominancia se efectuó, ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de costos que varían, entonces se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos

A continuación se presenta el cuadro 19 con la tasa de retorno marginal.

Cuadro 19. Tasa de Retorno Marginal del efecto de la rehabilitación y manejo de suelos endurecidos con el uso de plantas germinadas, en la productividad y sobrevivencia de *Gypsophila*, (*Gypsophila paniculata* L.) variedad over time.

Tratamientos	Total de costos variables	Costo marginal	BENEFICIO NETO	Beneficio marginal	TRM
T14	9083,34		32776,88		
T13	9109,63	26,29	43321,06	10544,18	40112,08
T1	9759,27	649,64	53960,98	10639,91	1637,83
T5	10622,47	863,20	54511,97	550,99	63,83
T4	10905,50	283,03	69761,05	15249,09	5387,75
T15	12341,28	1435,78	74677,15	4916,09	342,40
T3	12869,69	528,42	83305,01	8627,86	1632,78
T6	13426,28	556,59	89819,38	6514,36	1170,42
T9	15125,78	1699,50	93752,67	3933,29	231,44
T12	15770,45	644,67	101593,14	7840,47	1216,20

Con los tratamientos no dominados se calculó la tasa de retorno marginal que fue producto de la división del beneficio marginal (es decir, el incremento en beneficios netos), para el costo marginal (aumento en los costos que varían), expresado en porcentaje.

## V. CONCLUSIONES

El tipo de preparación del suelo que dio los mejores resultados fue el T4 (retroexcavadora + mulch plástico), que presentó un incremento de 38% para la variable tallos planta; incrementó un 19% la producción de ramos  $\text{ha}^{-1}$ ; incrementó la biomasa radicular en 70% y redujo la mortalidad en un 47%, con relación al tratamiento que presentó los resultados más bajos del factor M.

Los tratamientos que utilizaron planta de contenedor más grande ( $75 \text{ cm}^3$ ), lograron incrementos de 44% para la variable tallos planta, redujo un 57% el desecho, incrementó un 33% la producción en ramos  $\text{ha}^{-1}$ , incrementó la biomasa radicular en 51% y redujo la mortalidad en un 28%, con relación al tratamiento más bajo del factor B.

No se puede concluir que los tratamientos de manejo de suelo hayan influido en la modificación de las características físicas de suelo como la velocidad de infiltración y la densidad aparente. Los resultados obtenidos no muestran cambios sustanciales, por el contrario existe disparidad de datos difícilmente atribuibles a los tratamientos de preparación del suelo, es decir podría recomendarse cualquiera de los tipos de preparación de suelo estudiados.

Existió diferencias estadísticas entre los tratamientos, el mejor fue el tratamiento doce que consistió en; preparación con retroexcavadora más mulch plástico más planta propagada en bandejas con envases contenedores de  $75 \text{ cm}^3$ , el mismo que presentó un incremento del 44% en tallos exportables planta respecto al presupuesto de producción, un incremento del 11% en producción en ramos  $\text{ha}^{-1}$  respecto al presupuesto de producción vigente, un incremento del 275% en biomasa radicular respecto al tratamiento convencional, y un 3,8% en mortalidad siendo la más baja reportada entre los tratamientos en estudio.

El uso de cobertura plástica en los tratamientos influyó positivamente en los rendimientos y en el incremento de biomasa radicular.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Roturar la cangahua con retroexcavadora antes de la instalación de sistemas de riego y otros mecanismos de distribución de agua y aplicar abundante materia orgánica correctamente descompuesta.

Las preparaciones sucesivas pueden realizarse en forma manual o mecánicamente (arado + rastra).

Se recomienda el uso indispensable de plástico como mulch artificial.

En cultivos de trasplante, en particular gypsophila, se recomienda utilizar plantas propagadas en bandejas con envases contenedores de 75 cm<sup>3</sup>.

Se recomienda realizar investigaciones de recuperación de cangahuales utilizando métodos mecánicos con la incorporación de materia orgánica.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- BOSA, N, OLIVEIRA, E., SUZIN, M. Y BORDIGNON M. 2003. Avaliação do crescimento de *Gypsophila paniculata* durante o enraizamiento in vitro. Growth evaluation of *Gypsophila paniculata* during in vitro rooting. Hortic. Bras. Vol 21 no. 3. Brasília.
- CENSO NACIONAL AGROPECUÁRIO III. 2000. Fecha de consulta; 29 / XI / 2010, 10 h 00. INEC – MAGAP. (2010). Disponible en línea: <http://www.sica.gov.ec/>
- CENSO NACIONAL AGROPECUÁRIO IV. 2010. Fecha de consulta; 20 / XII / 2010, 14 h 30. INEC – MAGAP. (2010). Disponible en línea: <http://www.sica.gov.ec/>
- DE NONI, G.; TRUJILLO, G.; VIENNOT, M., 1992: Análisis histórico, social y económico de la cangahua en Ecuador, en Tetra, Vol. 10 (número especial: Suelos volcánicos endurecidos, Primer Simposio Internacional, México, 20-26 de octubre de 1991), ORSTOM Colegio de Postgraduados de Montecillo, México, pp. 503-514.
- FRANCO, J. A., Martínez-Sánchez, J.J., Fernández, J.A., Bañón, S. 2005. Producción de planta ornamental para xerojardinería y paisajismo en clima semiárido. (I) Elección de especies. Agrícola Vergel. pp. 283, 341-348.
- GONZÁLEZ, P. y FERNÁNDEZ, J. A. 1991. Cultivo de *Gypsophila*. Programa de Horticultura. Cultivo de la *Gypsophila paniculata* en la Región de Murcia. Serie Divulgación Técnica, nº 13. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia.

- GUEVARA, N. 2010. Diseño de un sistema de control de puntos críticos en el proceso productivo de Pyngaflor S. A. Tesis Ing. Agroind. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. pp. 181.
- HOLZAPFEL, H y MATTA, R. 2000. Velocidad de infiltración de agua. Segunda Edición. Chillán. pp. 47-62.
- IBAÑEZ J. J. Horizontes Endurecidos del Suelo (Sobre “Cretas” “Petros” “Panes” y “Corazas”) Publicado por Juan José Ibáñez el 5 noviembre, 2008. 111
- INERHI, 1986. Plan Maestro Quinquenal del Proyecto de Riego El Pisque. Convenio de Cooperación Ecuatoriano-Belga. Quito, Ec. pp. 326.
- ISRAELSEN, W.; HANSEN, E. 2003. Principios y aplicaciones del riego. Editorial Reverte, S.A. Tercera Edición. Barcelona. España. pp. 164-200.
- LEROUX, Y. y JANEAU, J. L. 1996. Caracterización hidrodinámica de un suelo volcánico endurecido del Ecuador (Cangahua), influencia de los estados de superficie. En memorias III Simposio Internacional sobre Suelos Volcánicos Endurecidos. Quito, Ecuador. pp. 430-442.
- LOPEZ, J., GONZÁLEZ, A. 2006. The use of Photoperiodic Lighting in Floriculture in Mediterranean Conditions: *Gypsophila paniculata*. Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology: Advances and Topical Issues. (First Edition). Ed. Global Science Books. London. UK. Vol. 1. pp. 276-281.
- MAGAP. 2000. Compendio Estadístico Agropecuario. Secretaria de Política e Inversión Sectorial. Proyecto para la Reorientación del Sector Agropecuario. Convenio MAGAP – A.I.D. Quito – Ecuador.

- MEDRANO, N., MANLLA, A. Y PORTAS, A. M. (s. f.). Evaluación del primer año de cultivo de *Gypsophila paniculata* L. para flor de corte en la provincia de Tucumán. EEA INTA Famaillá -Tucumán - Facultad de Agronomía y Zootecnia Universidad Nacional de Tucumán.
- MOREANO, A. 2010 Las Flores de Verano en Ecuador, La Flor /Asociación Nacional de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador, N° 56. enero- marzo 2010. 38 – 42 pp.
- OSUNA-CEJA, E.; FIGUEROA-SANDOVAL, B.; OLESCHKO, K.; FLORES-DELGADILLO, M.; MARTINES MENES, M. y GONZÁLEZ COSSIO, F. 2004. Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz en dos sistemas de labranza. *Agrociencia* vol. 40 N° 001. Colegio de Postgrados, Texcoco, México. pp. 27-38.
- PERRIN, R.; WINKELMANN, D.; MOSCARDI, E.; ANDERSON, J. 2001. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. pp. 4.
- ROCHA, M. y ORQUERA, A. 2008. Respuesta del cultivo de *Gypsophila* (*Gypsophila paniculata* variedad new love) a la implementación de dos formulaciones de fertirriego y a la implementación de dos coberturas plásticas. Guayllabamba -Pichincha. Tesis Ing. Agrícola Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- ZEBRONSKI, C. y SANCHEZ, B. 1996. Los costos de rehabilitación de los suelos volcánicos endurecidos. En memorias III Simposio Internacional sobre Suelos Volcánicos Endurecidos. Quito, Ecuador. pp. 462-471.



ZEBROWSKI, C. 1996. Los suelos con cangahua en el Ecuador. En Memorias del III Simposio Internacional sobre Suelos volcánicos endurecidos. Quito, Ecuador. pp. 128-137.

ZEBROWSKI, C. y VICUÑA, A. 1996. El cultivo de la cangahua en el medio campesino tradicional en el Ecuador. En Memorias del III Simposio Internacional sobre Suelos volcánicos endurecidos. Quito, Ecuador. pp. 472-481.