

**ENSAYOS DE ENRAIZAMIENTO DE MINISTACAS DE *Eucalyptus spp* EN EL
VIVERO DE LA COMPAÑÍA MONTERREY FORESTAL SAS EN EL MUNICIPIO
DE ZAMBRANO, BOLÍVAR CON EL FIN DE DEFINIR EL PROTOCOLO DE
PROPAGACIÓN DE MINISTACAS EN MINIJARDÍN CLONAL HIDROPÓNICO.**

KAREN ANDREA SANDOVAL NOVA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCION REGIONAL Y EDUCACION A DISTANCIA IPRED
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
MALAGA
2015**

**ENSAYOS DE ENRAIZAMIENTO DE MINISTACAS DE *Eucalyptus spp* EN EL
VIVERO DE LA COMPAÑÍA MONTERREY FORESTAL SAS EN EL MUNICIPIO
DE ZAMBRANO, BOLÍVAR CON EL FIN DE DEFINIR EL PROTOCOLO DE
PROPAGACIÓN DE MINISTACAS EN MINIJARDÍN CLONAL HIDROPÓNICO.**

KAREN ANDREA SANDOVAL NOVA

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniera Forestal**

Director

HERWIN RAMIRO ROA CAICEDO

Ingeniero Forestal

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCION REGIONAL Y EDUCACION A DISTANCIA IPRED
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
MALAGA
2015**

DEDICATORIA

A Dios como ser supremo y creador nuestro y de todo lo que nos rodea y por haberme dado la inteligencia, paciencia y ser mi guía en la vida. A mis padres, hermanas y sobrino quien siempre ha estado ahí para mí, brindándome su apoyo incondicional y los cuales creyeron que todo se podía lograr con esmero y voluntad. A un angelito que cuidó de nuestro camino en la carrera quien hizo que me enamorara cada día de mi profesión el ingeniero Luis Bernardo.

AGRADECIMIENTOS

A cada una de las personas que me colaboraron en toda la etapa de mi carrera.

A los docentes de la Universidad Industrial de Santander quienes me aportaron sus conocimientos e hicieron de ellos una profesional integral.

A la empresa REFOSCOSTA quien me dio la oportunidad de trabajar y allí adquirí experiencia para mi futura vida profesional.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCION	17
1. PROBLEMA	18
2. JUSTIFICACION	18
3. OBJETIVOS	19
3.1 GENERALES	19
3.2 ESPECIFICOS	20
4. MARCO REFERENCIAL	21
4.1 ANTECEDENTES	21
4.1.1 Desarrollo de la silvicultura clonal a nivel global	22
4.1.2 La silvicultura clonal en centro y sur america.....	22
4.1.3 La silvicultura clonal en Colombia.....	25
4.2 MARCO TEORICO.....	27
4.2.1 Genero Eucalyptus.	27
4.2.2 Fisiología de enraizamiento de especies leñosas.....	28
4.2.3 Factores que afectan el enraizamiento de estacas:	29
4.2.4 Técnica de propagación por miniestacas.....	30
4.2.6 Sustratos utilizados para el enraizamiento de miniestacasa.....	34
4.2.7 Ambientes y estructuras para la propagación.....	34
5. DISEÑO METODOLOGICO	36
5.1 LOCALIZACIÓN.....	36

5.2 MATERIAL VEGETAL UTILIZADO: Se realizaron diversos ensayos los cuales se mencionan a continuación:.....	36
5.2.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50% de sus elementos en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de <i>Eucalyptusurophylla</i> Blade clon 240	36
5.2.2 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies <i>Eucalyptusgrandis</i> x <i>camaldulensis</i> , <i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i> y <i>Eucalyptusurophyll</i> :.....	37
5.2.3 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de 24 clones de Eucalyptus de las especies <i>Eucalyptusurophylla</i> , <i>Eucalyptusgrandis</i> x <i>camaldulensis</i> , <i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i> , <i>Eucalyptusurograndis</i> , <i>Eucalyptuscamaldulensis</i> x <i>tereticornis</i>	37
5.2.4 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de estacas apicales y basales de <i>Eucalyptusurophylla</i> clon 240, <i>Eucalyptusurograndis</i> clones 152 y 161:.....	39
5.2.5 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas de <i>Eucalyptusurophylla</i> clon 240 en diferentes tipos de sustratos:.....	39
5.3 SUSTRATO	39
5.4 PREPARACION DEL MATERIAL VEGETAL.....	41
5.4.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50%.....	41
5.4.2 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies <i>Eucalyptusgrandis</i> x <i>camaldulensis</i> , <i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i> y <i>Eucalyptusurophylla</i>	42
5.4.3 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de 24 clones de Eucalyptus de las especies <i>Eucalyptusurophylla</i> , <i>Eucalyptusgrandis</i> x <i>camaldulensis</i> ,	

Eucalyptusbrassiana x tereticornis, Eucalyptusurograndis, Eucalyptuscamaldulensis x tereticornis.	44
5.4.4 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de estacas apicales y basales	44
5.4.5 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas de Eucalyptusurophylla clon 240 en diferentes tipos de sustratos.....	44
5.5.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50%.....	45
5.5.2 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies Eucalyptusgrandis x camaldulensis, Eucalyptusbrassiana x tereticornis y Eucalyptusurophylla.....	46
5.6 MANEJO DE LA CASA DE ENRAIZAMIENTO.....	46
5.7 MEDICION DE VARIABLES	47
5.7.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50%.....	47
5.7.2 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies Eucalyptusgrandis x camaldulensis, Eucalyptusbrassiana x tereticornis y Eucalyptusurophylla.	48
5.7.3 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de 24 clones de Eucalyptus de las especies Eucalyptusurophylla, Eucalyptusgrandis x camaldulensis, Eucalyptusbrassiana x tereticornis, Eucalyptusurograndis, Eucalyptuscamaldulensis x tereticornis.	48
5.7.4 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de estacas apicales y basalesEucalyptus urophylla clon 240, Eucalyptus urograndis clones 152 y 161..	48
5.7.5 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas de Eucalyptusurophylla clon 240 en diferentes tipos de sustratos.....	49
5.8.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50%.....	49

5.8.2 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies <i>Eucalyptusgrandis</i> x <i>camaldulensis</i> , <i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i> y <i>Eucalyptusurophylla</i>	49
5.8.3 Para los ensayos de enraizamiento de miniestacas de diferentes clones, diferentes posiciones y diferentes sustratos se utilizaron diseños de bloques completamente al azar.....	50
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
6.1 Ensayo efecto de tres soluciones	50
6.1.3 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de estacas apicales y basales <i>Eucalyptusurophylla</i> clon 240, <i>Eucalyptusurograndis</i> clones 152 y 161.....	66
6.1.4 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas de <i>Eucalyptusurophylla</i> clon 240 en diferentes tipos de sustratos.....	69
7. CONCLUSIONES	70
8. RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFIA	74
ANEXOS.....	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Composición de soluciones nutritivas utilizadas en varios trabajos en condición de minijardín clonal de Eucalyptus.....	32
Figura 2 Promedio de humedad relativa y temperatura dentro de enraizamiento con riego aplicado mediante nebulización constante.....	35
Figura 3 Distribución de las plantas en la maceta.....	37
Figura 4 Clones utilizados para el establecimiento del ensayo de velocidad y porcentaje de enraizamiento.....	38
Figura 5 Tipos de estacas utilizados en el ensayo.....	39
Figura 6 Sustratos evaluados, características y manejo dado para su preparación.....	40
Figura 7 Arquitectura buscada para plantas madre.....	42
Figura 8 Disposición de las mini cepas bajo los distintos niveles de sombra.....	43
Figura 9 Proceso de partir las plantas para la formación de minicepas.....	43
Figura 10 Fuentes y cantidades de macronutrientes utilizados en la preparación de soluciones nutritivas según su concentración.....	45
Figura 11 Fuentes y cantidad de micronutrientes utilizados en la preparación de soluciones nutritivas.....	45
Figura 12 Solución nutritiva utilizada para el fertirriego del minijardínclonal hidropónico-.....	46
Figura 13 Dimensiones de la casa de vegetación en donde permanecieron las miniestacas en fase de enraizamiento.....	47

Figura 14 Contenido de elementos en las soluciones nutritivas aplicadas a las plantas madre del ensayo.....	51
Figura 15 Valores de pH y conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas ..	51
Figura 16 Promedio de miniestacas producidas por planta madre en un periodo de seis semanas. Las barras muestran la desviación estándar de las mediciones...	52
Figura 17 Estacas colectadas para un periodo de 36 días.....	53
Figura 18 Análisis de varianza para la producción de miniestacas en los diferentes tratamientos.....	53
Figura 19 Fuentes de nitrógeno utilizadas en las soluciones nutritivas vs producción miniestacas.....	54
Figura 20 Porcentaje de enraizamiento en un periodo de 40 días.....	56
Figura 21 Análisis de varianza de enraizamiento.....	56
Figura 22 Porcentaje de enraizamiento de las miniestacas de los diferentes tratamientos.....	57
Figura 23 Promedio de producción de miniestacas por planta madre por semana (cosechas realizadas cada quince días).....	58
Figura 24 Análisis de varianza para la producción de miniestacas, realizado en tres semanas y seis cosechas.....	60
Figura 25 Promedio de producción de miniestacas por planta madre por semana (cosechas realizadas cada quince días).....	60
Figura 26 Análisis de varianza para enraizamiento de miniestacas cosechadas en tres semanas, en seis cosechas.....	61
Figura 27 Promedio de velocidad y porcentaje de enraizamiento de diferentes clones de Eucalipto.....	63
Figura 28 Días de permanencia de la miniestacas dentro de la casa de enraizamiento.....	66
Figura 29 Velocidad y porcentaje de enraizamiento tipos de estacas de eucalipto, clon 152.....	67
Figura 30 Velocidad y porcentaje de enraizamiento tipos de estacas de eucalipto, clon 161.....	68

Figura 31 Velocidad y porcentaje de enraizamiento tipos de estacas de Eucalipto, clon 240.....	68
Figura 32 Porcentaje enraizamiento de estacas apicales de tres diferentes clones de eucalipto, medicion realizada durante 30 días.....	68
Figura 33 Porcentaje enraizamiento de estacas basales de tres diferentes clones de eucalipto, medición realizada durante 30 días.....	69
Figura 34 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas sembradas en diferentes tipos de sustratos.....	69

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A Disposición de los clones dentro de las réplicas y bandejas.....	78
Anexo B Disposición de las bandejas de los ensayos de porcentaje y velocidad de enraizamiento de <i>Eucalyptus urophylla</i> en seis sustratos diferentes y tipos de miniestacas dentro de la casa de enraizamiento.....	79
Anexo C Disposición de las plantas madre bajo las diferentes cantidades de sombra.....	80
Anexo D Disposición de las plantas madre en el ensayo de nutrición.....	81

RESUMEN

TITULO: ENSAYOS DE ENRAIZAMIENTO DE MINISTACAS DE *Eucalyptus* spp EN EL VIVERO DE LA COMPAÑÍA MONTERREY FORESTAL SAS EN EL MUNICIPIO DE ZAMBRANO, BOLÍVAR CON EL FIN DE DEFINIR EL PROTOCOLO DE PROPAGACIÓN DE MINISTACAS EN MINIJARDÍN CLONAL HIDROPÓNICO.

AUTOR: KAREN ANDREA SANDOVAL NOVA**

PALABRAS CLAVES: MINI ESTACAS, MINICEPAS, CLON, GENETICA

DESCRIPCION:

Se desarrollaron cinco ensayos en los que se evaluó el enraizamiento de ministacas de clones de *Eucalyptus* de las siguientes especies: *Eucalyptus brassiana* x *tereticornis*, *Eucalyptus camaldulensis* x *tereticornis*, *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptusurophylla*. Los ensayos se desarrollaron en la siguiente manera: enraizamiento de ministacas de *Eucalyptus urophylla* y *Eucalyptus urograndis* obtenidas de diferentes posiciones dentro de la planta madre (apicales y nodales); enraizamiento de ministacas de *Eucalyptus urophylla* clon 240 sembrados en diferentes sustratos; Enraizamiento de ministacas de 26 clones de eucalipto de las especies *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptus brassiana* x *tereticornis*, *Eucalyptus urograndis* y *Eucalyptus camaldulensis* x *tereticornis*; Desarrollo de plantas madre, producción y enraizamiento de ministacas de *Eucalyptusurophylla* clon 240 bajo diferentes soluciones nutritivas y concentraciones. Desarrollo de plantas madre, producción y enraizamiento de ministacas de *Eucalyptus brassiana* x *tereticornis*, *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* y *Eucalyptus urophylla* bajo tres niveles de sombra. La metodología utilizada para la preparación y siembra del material fue la propuesta por alfenas et al 2004 y Xavier 2007. Se buscaba obtener información sobre el manejo adecuado que debe darse a las ministacas de eucalipto para producción de plantas de mejor calidad en menor tiempo y más bajo costo. Los ensayos de enraizamiento de ministacas se establecieron bajo diseño experimental de bloques al azar y los ensayos de nutrición y cantidad de sombra fueron establecidos con diseño experimental factorial.

*Trabajo de grado

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia "IPRED". Programa de Ingeniería Forestal, Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo, Ingeniero Forestal.

SUMMARY

TITLE: ENSAYOS DE ENRAIZAMIENTO DE MINIESTACAS DE *Eucalyptus* spp EN EL VIVERO DE LA COMPAÑÍA MONTERREY FORESTAL SAS EN EL MUNICIPIO DE ZAMBRANO, BOLÍVAR CON EL FIN DE DEFINIR EL PROTOCOLO DE PROPAGACIÓN DE MINIESTACAS EN MINIJARDÍN CLONAL HIDROPÓNICO.

AUTHOR: KAREN ANDREA SANDOVAL NOVA **

KEYWORDS: MINI STAKES, MINI STRAINS, CLONE, GENETICS. HYBRID.

DESCRIPTION:

Eucalyptus brassiana x *tereticornis*, *Eucalyptus camaldulensis* x *tereticornis*, *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus urophylla*: five trials in which the rooting of *Eucalyptus* clones mini stakes of the following species evaluated were developed. Tests are developed in the following way: rooting and *Eucalyptus urograndis* obtained *Eucalyptus urophylla* mini stakes of different positions within the parent plant (apical and nodal) *Eucalyptus urophylla* mini stakes de rooting clone 240 planted on different substrates; 26 mini stakes rooting clones of *eucalyptus* species *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptus brassiana* x *tereticornis*, *Eucalyptus urograndis* y *Eucalyptus camaldulensis* x *tereticornis*; Mother plant development, production and rooting *Eucalyptus urophylla* mini stakes of 240 clone under different nutrient concentrations and solutions. Mother plant development, production and rooting miniestacas of *Eucalyptus brassiana* x *tereticornis*, *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* and *Eucalyptus urophylla* three levels of shade. The methodology used for the preparation and planting material was proposed by Alfnas et al 2004 and 2007. Xavier sought information on the proper handling to be given to the miniestacas *eucalyptus* plants for production of better quality in less time and more low cost. Rooting trials mini stakes were established under experimental randomized block design and testing of nutrition and amount of shade were determined using factorial experimental design.

* Bachelor Thesis

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia "IPRED". Programa de Ingeniería Forestal, Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo, Ingeniero Forestal.

INTRODUCCION

La realización de ensayos para la generación de protocolos de producción de Eucalyptus es la base para el conocimiento del manejo adecuado de las diferentes técnicas e insumos necesarios para el desarrollo de la actividad. Son varios los factores que pueden influenciar la propagación vegetativa, entre ellos, están aquellos relacionados con las condiciones ambientales de enraizamiento de las estacas, como humedad, temperatura, luz, sustrato, genotipo, estado nutricional de la planta madre entre otras.

Varios autores han descrito la importancia de la arquitectura radicular en el éxito de las plantaciones, por ello se busca el manejo eficiente de plantas madre mantenidas bajo sistemas hidropónicos para la producción de miniestacas de eucalipto. Cantidades de sombra, nutrición balanceada con nutrientes esenciales y cantidades eficaces de riego por unidad de área; el conocimiento del comportamiento de los diferentes clones a los estímulos externos para el proceso de formación de raíces adventicias hace posible la adecuada producción de material vegetal para ser establecido en plantaciones comerciales (Alfenas, Valverde, Goncalves M, & De Assis, 2009). La posibilidad de obtener material vegetal con altas tasas de enraizamiento mediante técnicas de miniestacas se debe a extensos estudios en campo en donde se prueba la superioridad genética de los individuos y a procesos de rejuvenecimiento. El objetivo de este trabajo fue la realización de ensayos para probar el enraizamiento de miniestacas de Eucalipto en el vivero de la empresa Monterrey Forestal SAS, se desarrollaron ensayos con diferentes clones, sustratos, tipos de estacas, soluciones nutritivas y cantidades de sombra. Con base en la información obtenida se desarrollaron protocolos de propagación para esta especie.

1. PROBLEMA

Una nueva alternativa de MONTERREY FORESTAL SAS es desarrollar plantaciones comerciales con género *Eucalyptus* en el caribe colombiano. Sin embargo, es poca la experiencia que existe en estos momentos en esta zona, por lo que es urgente desarrollar una estrategia de mejoramiento forestal que ayude a implementar un programa a gran escala con este género.

MONTERREY FORESTAL SAS ha venido trabajando con semillas de diferentes procedencias de *Eucalyptus* algunas de ellas de híbridos, en la búsqueda de seleccionar clones específicos para los suelos y el clima de la región caribe colombiana. Aunque a la fecha se ha avanzado en la propagación vegetativa de estas especies, aún existen dificultades para producir material vegetal suficiente para emprender programas de reforestación. Por lo anterior, se hace necesario avanzar en el desarrollo de investigaciones que generen el conocimiento y la infraestructura para definir los protocolos de la propagación clonal por miniestacas en la zona de Zambrano.

2. JUSTIFICACION

La costa norte colombiana es una de las regiones con mayor potencial para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales por la infraestructura de carreteras, suelos, clima y cercanía a los puertos marítimos. El trabajo en el mejoramiento genético forestal, es uno de los dos aspectos más importantes a tener en cuenta al establecer plantaciones forestales comerciales productivas, es por esto que trabajos de investigación que tiendan a desarrollar nuevos genotipos

adaptados y con mayor productividad para la zona son de gran importancia para conseguir las metas propuestas.

La realización de este trabajo se encuentra dentro del marco del proyecto “implementación de un esquema de valoración, producción, intercambio y cruzamiento de material vegetal de Eucalipto, para el Magdalena bajo seco que responda a las necesidades de rendimiento, adaptación y calidad que el mercado exige” que desarrollan MONTERREY FORESTAL SAS, y la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal – CONIF. En los últimos 4 años, MONTERREY FORESTAL SAS, ha venido estableciendo estudios de adaptación con el género *Eucalyptus*, una etapa siguiente es el desarrollo de los protocolos del manejo de los minijardínesclonales y la propagación vegetativa de miniestacas, para la obtención de material vegetal de óptima calidad, cantidad suficiente en el menor tiempo. Para el desarrollo de los protocolos de manejo de minijardínes y propagación vegetativa, es necesario estudiar factores que inciden tanto en el crecimiento de las miniestacas como en su enraizamiento. Es importantes conocer la incidencia de la cantidad de luz, nutrición y regímenes de cosecha de las plantas madre para asegurar el mejor estado de las miniestacas para su enraizamiento.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar ensayos de enraizamiento de mini estacas de *Eucalyptusspp* en el vivero de la compañía MONTERREY FORESTAL SAS en el municipio de Zambrano,

Bolívar con el fin de definir el protocolo de propagación de miniestacas en minijardín clonal hidropónico.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Estimar el efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50% de sus elementos en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de *Eucalyptusurophylla* Blade clon 240 de la empresa monterrey forestal además evaluar el efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies *Eucalyptusgrandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptusbrassiana* x *tereticornis* y *Eucalyptusurophylla*.

Calcular el porcentaje y velocidad de enraizamiento de 24 clones de *Eucalyptus* de las especies *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptus brassiana* x *tereticornis*, *Eucalyptus urograndis* y *Eucalyptuscamaldulensis* x *tereticornis*. Calcular el porcentaje y velocidad de enraizamiento de mini estacas de *Eucalyptusurophylla* clon 240, *Eucalyptusurograndis* clones 152 y 161 tomadas de partes apicales y basales de plantas madre establecidas en canaleta en el vivero de la empresa Monterrey forestal SAS.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

El género *Eucalyptus* cuyo origen es Australia, a través del tiempo se ha adaptado a diversas zonas del país. En la región del Magdalena Bajo Seco estas especies son destinadas a la industria de la trituración para la fabricación de tableros de partículas y de fibra. Con trabajos realizados por la empresa RESS (Reforestadora de San Sebastián), al sur del departamento de Magdalena, se han obtenido híbridos de *E. tereticornis* X *E. camaldulensis* X *E. grandis* que responden muy bien al déficit hídrico (CONIF, 2010)

La empresa MADEFLEX en asocio con pequeños, medianos y grandes propietarios tiene plantadas cerca de 4.000 has destinadas a la producción de fibra con clones de *E. tereticornis* y *E. camaldulensis*. Actualmente se adelanta un proyecto de reforestación de 3.000 has, en la subregión de los Montes de María, en el departamento de Bolívar; utilizando para ello material vegetal obtenido por semilla y clones de *E. tereticornis* y *E. camaldulensis*.

La empresa Monterrey Forestal SAS cuenta con pocas hectáreas sembradas de *E. tereticornis*, *E. camaldulensis* y *E. urophylla*, todas ellas corresponden a ensayos de procedencias, familias y clones.

Se busca implementar estrategias o esquemas de acción hacia la definición de un protocolo de propagación en silvicultura clonal. Las nuevas tendencias de la silvicultura apuntan hacia la producción clonal, lo que implica una combinación de tecnologías de propagación vegetativa, con el mejoramiento genético y el manejo silvicultural de este nuevo tipo de plantaciones (Murillo et al., 2003). Una nueva concepción de las plantaciones forestales es el cultivo de la madera, implica que cada árbol que se planta debe producir madera con especificaciones

determinadas, lo que exige ser altamente eficientes en la producción de material vegetal, el establecimiento y mantenimiento de las plantaciones forestales. Los mecanismos de propagación clonal implican el enraizamiento de miniestacas provenientes de árboles en pie y desarrollo de bancos o jardines clonales.

4.1.1 Desarrollo de la silvicultura clonal a nivel global: al consultar sobre los avances de la silvicultura clonal en el mundo, se pone de manifiesto las grandes diferencias que hay, en especial con los países desarrollados; en Japón se utilizan técnicas para enraizar estacas de Sugi (*Cryptomeria japonica*) desde hace 500 años y en China lo hacen con Cuningamia (*Cunninghamialanceolata*) desde hace 100. Las únicas especies forestales que vienen siendo propagadas asexualmente desde hace más de cuarenta años son *Salix*sp y *Populus*sp (Rodríguez. & Nieto, 2002). En coníferas se ha logrado el enraizamiento de estacas de *Pinus banksiana*; incluso se logró el enraizamiento de clones de *Sequoiasempervirens*

Por clonación se han trabajado especies vegetales maderables del trópico como *Pachiraquinata*, *Gmelina arborea* y *triplochtonscleroxylon* y en otras especies forestales como *Populusnigra*, *Populus deltoides* y *Populus euroamericana* (Ritchie 1994, Haussman et al., 1995); con respecto a la Teca (*Tectonagrandis*) es sin duda la experiencia clonal más extensa, que se ha desarrollado en los países Asiáticos; los reportes vienen desde finales de los 80.¹

4.1.2 La silvicultura clonal en centro y sur américa²: las diferencias en desarrollos alcanzado demuestran un origen tardío dentro de las cadenas

¹ RODRIGUEZ, J. y NIETO, V. Aplicación de los métodos de estacas e injertos para la propagación vegetativa de Cordial alliodora y tabebuia rosea. Bogotá: CONIF, 2002. p.15-25.

² ASSIS, T. F., FETT-NETO, A. G., & ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on Eucalyptus. En: Research Signpost. Junio, 2001. Vol. 1, no. 13, p. 18-93.

forestales Colombianas, debido a que en países tropicales a partir de los 70 ya se reportaban plantaciones clonales de *Eucalyptus* spp, a escala comercial en proyectos desarrollados en Brasil (Zobel, 1993). Otros resultados fueron logrados por la empresa Brasileña Aracruz Florestal, quienes lograron aumentar de un promedio de 33 m³/ha/año a más de 50 m³/ha/año; esta información influyó radicalmente en la concepción de una silvicultura comercial, que ha impulsado el desarrollo de numerosas técnicas de propagación vegetativa masiva con especies forestales (Zobel et al., 1987). Desde 1978 en Brasil se inició el programa más ambicioso de propagación clonal de *Eucalyptus* spp, (Hackett, 1994), le siguieron especies como: *E. alba*, *E. urophylla*, *E. tereticornis*, *E. grandis*. Entonces en Brasil se desarrolló una nueva técnica denominada minijardinesclonales hidropónicos, donde se mantienen y fertilizan miniestacas hasta ser minicepas, procedentes de clones rigurosamente seleccionados de *Eucalyptus* spp. Esta metodología viene siendo utilizada por las empresas más reconocidas del sector forestal como Aracruz, CAF, Cenibra S.A. Plantar S.A. y RR Agroflorestal. Este sistema ha sido un éxito, ya que funciona a nivel técnico y científico desarrollado por el cultivo de tejidos con los sistemas de riego y fertilización automatizados (Alfenas et al., 2003).

En Argentina, se tienen antecedentes de producción clonal, como parte del convenio INTA-CIEF en la Pampa, en Octubre de 1990, se instaló un ensayo comparativo entre: *E. camaldulensis* X *E. grandis* y *E. tereticornis* x *E. grandis*, se propagaron vegetativamente vía enraizamiento de estacas; entre el 5º y 6º año se destaca clara superioridad en diámetro (DAP), altura total (At) de los híbridos de *E. camaldulensis* x *E. grandis* por sobre las especies puras (Pathauer, P., 2005).

Los programas más antiguos de mejoramiento genético forestal (MGF) en Centroamérica datan de 1977, iniciados por el CATIE en Costa Rica y por ESNACIFOR en Honduras ambos con el apoyo de la entonces ODA

(OverseasDevelopmentAdministration of theUnitedKingdom). En Nicaragua se inició un programa con el apoyo del gobierno Danés en 1994, que concluyó en el 2000. En los demás países los esfuerzos han sido aislados y en la mayoría de los casos se han limitado a ensayos de procedencias y establecimiento de rodales semilleros con algunas especies de importancia comercial.

En años recientes se han desarrollado trabajos de propagación vegetativa mediante enraizamiento de macroestacas en Costa Rica algunas empresas privadas han establecido grandes plantaciones clonales tanto en especies nativas como introducidas. Desde entonces se ha venido desarrollando un proceso de selección de especies y procedencias, selección de árboles plus, establecimiento de ensayos de progenies y huertos semilleros sexuales y clonales, con aproximadamente 20 especies. Así mismo se han desarrollado protocolos de enraizamiento de estacas juveniles para las especies prioritarias. Recientemente universidades y empresas privadas se han involucrado en programas de mejoramiento genético forestal; en el Instituto tecnológico de Costa Rica se han establecido varios ensayos de progenies nativas y actualmente asesora a empresas dedicadas a la reforestación clonal. Entre las empresas privadas, Ston Forestal es la pionera en este campo con programa de Mejoramiento de *Gmelina arborea*, iniciado a mediados de los 90: La Empresa MACORI desarrolla un programa clonal con *Tectona grandis*. (Murillo et al., 2003a) En el campo de la propagación in vitro los esfuerzos son incipientes y básicamente a nivel experimental.

En México, los trabajos de mejoramiento genético forestal aumentaron de manera significativa en los últimos 20 años a partir de la creación del centro de Genética Forestal A. C: de la Universidad Autónoma de Chapingo y la Universidad Veracruzana, todos ellos enfocados a especies de *Pinus* spp. Después de algunos años de operación, la mayoría de estos proyectos fueron suspendidos por falta de financiamiento y separación del personal técnico; una debilidad es que ningún proyecto estuvo asociado a un programa de plantaciones comerciales que

generara alta demanda de germoplasma de mayor calidad genética. Recientemente se han iniciado ensayos para la propagación clonal masiva de especies introducidas de rápido crecimiento (*Eucalyptusspp*, *Gmelina arbórea* y *Tectonagrandis*), pero los resultados aún son incipientes.

En Panamá se han establecido rodales semilleros, mediante un programa de cooperación entre la ANAM y el proyecto de semillas forestales CATIE - DANIDA. El proyecto CEMARE (Panamá.-JICA) mantienen ensayos de procedencias de *Acacia mangium*, *Eucalyptuscamaldulensis* y *tectonagrandis*, así como un ensayo de progenies y un huerto clonal de *Pachiraquinata* en la estación experimental en Rio Hato.

4.1.3 La silvicultura clonal en Colombia³: considerando los estudios realizados por entidades y empresas dedicadas a la investigación forestal en Colombia, tales como CONIF, PIZANO S.A. se han logrado avances importantes en el mejoramiento genético de especies forestales entre las cuales vale la pena destacar *Pachiraquinata* (Jacq) W.S. Alverson; que es la única especie nativa Colombiana que actualmente cuenta con un programa avanzado de mejora genética gracias al intenso trabajo que ha desarrollado Monterrey Forestal de PIZANO desde 1983. La región Caribe es la región con mayor auge en la reforestación con especies tropicales de rápido crecimiento (CORMAGDALENA - CONIF 2005), como: *Gmelina arbórea* y *Pachiraquinata*, gracia su madera, pero especialmente por los bajos costos de establecimiento y manejo silvicultural relativamente sencillo.

³ CARON, B. O., SCHMIDT, D., MANFRON, P. A., BEHLING, A., ELOY, E., & BUSANELLO, C. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *ilexparaguariensis* a. st.hil. cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. En: Ciência Florestal. Julio, 2014. Vol. 4 no. 13, p. 54-36.

En el país la silvicultura clonal se ha desarrollado de manera atomizada y no ha sido aprovechada por la cadena forestal: Sin embargo esto no quiere decir que el país haya sido ajeno a los avances en producción clonal de material vegetal; Smurfit Cartón de Colombia logró incorporar grandes beneficios de la reforestación clonal a escala comercial en sus nuevas plantaciones (Murillo et al., 2008) del mismo modo PIZANO con su filial Monterrey Forestal inició su programa de enraizamiento adventicio desde 1994 en *Gmelina arborea* y posteriormente el Vivero 3F del grupo KANGUROID iniciaron sus proyectos de enraizamiento de especies forestales bajo el marco del proyecto de Biofábricas (Convenio MADR para apoyo a la producción de material vegetal) (CONIF 2003a). La empresa REFOCOSTA ha realizado investigaciones en propagación de *Eucalyptus pellita* por miniestacas en minijardín clonal, además realizó el proceso de selección de árboles plus y cuenta con huertos semilleros clonales establecidos con el apoyo del MADR y CONIF; además estas empresas, han seleccionado árboles plus de *Tectona grandis* en función de sus características productivas (volumen y Forma) (CONIF, 2003); este mismo proyecto formalizó las bases y estructuras fundamentales para un programa formal de mejoramiento genético de dicha especie, basado en el aprovechamiento de semillas genéticamente mejoradas. Sin embargo, estos logros no permiten traspasar a plantaciones operacionales toda la ganancia genética alcanzada, no obstante es perfectamente posible combinarlo con esquemas de propagación vegetativa, ya que esta forma de propagación permite transferir toda la varianza genética a los descendientes, duplicando la ganancia asociada a los esquemas sexuales de propagación, ya que aprovecha toda la variación genética existente; por lo tanto con métodos adecuados de establecimiento es posible obtener plantaciones operacionales, que traduzcan dichas ganancias genéticas a un aumento efectivo de la productividad de los sitios forestales.

La empresa Smurfit Cartón de Colombia obtiene material vegetal producto de un proceso de mejora genética forestal, con enraizamiento de miniestacas en

minijardinesclonales hidropónicos, con 14.300 has lidera el establecimiento de especies *E. grandis*, *E. Urograndis* y *E. tereticornis* en la zona suroccidental del país, siendo su principal uso la fuente de materia prima para la industria papelera.

4.2 MARCO TEORICO

4.2.1 Genero Eucalyptus: el género Eucalyptus originalmente proviene de Tasmania, Australia y Malasia con dispersión natural en latitudes que se extienden desde los 7° Norte a 43° Sur (Martínez, 2007). Hay aproximadamente 700 especies de eucaliptos, todos con gran valor ambiental; 37 de estas especies son de interés para la industria forestal mientras que sólo 15 se utilizan para fines comerciales⁴. En la región del Magdalena Bajo Seco estas especies son destinadas a la industria de la trituración para la fabricación de tableros de partículas y de fibra (CONIF, 2010).

Los eucaliptos junto con los pinos y la Acacia han sido las especies más sembradas en plantaciones forestales tropicales debido a la capacidad de crecimiento y desarrollo en sitios cuyas condiciones climáticas y edáficas son consideradas difíciles⁵. El género Eucalyptus inicialmente fue plantado para la celulosa, energía y tableros, pero en los últimos años se ha utilizado para diversos usos, sustituyendo en algunos casos maderas nativas, es por esta razón que en países como Brasil, Chile, Argentina, Uruguay y Paraguay se han desarrollado

⁴ GRACIANO, C., GUIAME't, J. J., & GOYA, J. F. Impact of nitrogen and phosphorus fertilization on drought responses in Eucalyptus grandis seedlings. responses in Eucalyptus grandis seedlings. Nueva Zelanda: forest VFT, 2005. 220 p.

⁵ KRAS, S. M., COSTA, R. B., RESENDE, M. D., & Roa, R. A. Vigor juvenil emprogênies de erva-mate (ilexparaguariensis a. st.-hil.) nativas do estado de mato grosso do sul. En: Ciência Florestal, Agosto, 2007. Vol. 17, no. 1, p. 55-98.

múltiples estudios de mejoramiento genético y se han desarrollado técnicas silviculturales para la obtención de madera de mejor calidad y menos tiempo.

4.2.2 Fisiología de enraizamiento de especies leñosas: desde la formación cigoto, todo individuo atraviesa una serie de fases o estados ontogénicos que culminan en la senescencia y la muerte. Cada una de ellas tiene características bioquímicas, fisiológicas, histológicas particulares (Caso, 1992). En el caso de la propagación vegetativa importan dos fases: la juvenil y la adulta y la posibilidad de lograr el rejuvenecimiento o reversión mediante métodos y técnicas adecuados (Higashi, et al., 2000).

El periodo juvenil se reconoce desde la germinación de la semilla, en este periodo ocurre el desarrollo vegetativo activo y durante este periodo no ocurre la floración ni es posible inducirla. Este periodo puede durar desde unos días en algunas especies hasta años (Caso, 1992).

Como regla general se tiene que las partes más altas y periféricas y de un árbol son las primeras en manifestar características adultas. Otra característica de la existencia de gradiente de juvenilidad se tiene en la capacidad de formación de raíces adventicias en las partes basales del árbol (Wendling & Xavier, 2001).

El meristemo apical del tallo o de una rama es menos juvenil que aquellos ubicados a distancias menores de la raíz. En el tronco de muchos árboles se originan brotes con características juveniles, denominados Yemas epicórmicas (Kras, Costa, Resende, & Roa, 2007⁶)

⁶ KRAS, S. M., COSTA, R. B., RESENDE, M. D., & Roa, R. A. Vigor juvenil em progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* a. st.-hil.) nativas do estado de mato grosso do sul. En: *Ciência Florestal*, Agosto, 2007. Vol. 17, no. 1, p. 55-98.

En individuos que han alcanzado su madurez sexual es reconocida la coexistencia de tejidos con características juveniles. Las áreas con mayor juvenilidad están ubicadas en las zonas más cercanas al sistema radical.

Topófisis termino introducido por molish en 1915 al describir experimentos de Vochting con *Araucaria excelsa*. El crecimiento de las estacas dependía del lugar de la rama en el que era colectada (Higashi, et al., 2000).

Ciclófisis propiedad que poseen los meristemas apicales condicionados por su estado de desarrollo, en este caso se habla de cambios motivados por la edad del individuo y relacionados al envejecimiento ontogénico, mientras que topófisis se refiere a la distinta potencialidad que tienen los meristemas apicales (Caso, 1992).

4.2.3 Factores que afectan el enraizamiento de estacas: el proceso de rizogénesis es complejo y se ve alterado por condiciones nutricionales, efecto de la luz, tipo y composición de sustratos además de las cantidades y frecuencias de riegos.

Para obtener mayores índices de enraizamiento en miniestacas es necesario que las plantas madre de las cuales es obtenido el material sean mantenidas bajo una adecuada aplicación de nutrientes (Assis, Fett-Neto, & Alfenas, 2004), en el caso de los minijardinesclonales, éstos, son aplicados a cada planta por goteo buscando disminución en las perdidas y mayor absorción al mantener el control de las concentraciones.

La luz puede influenciar la productividad de las plantas madre y el enraizamiento de las miniestacas por reducir o incrementar sustancias fenólicas endógenas que pueden actuar como inhibidores o promotores dependiendo de la concentración en los tejidos y la especie que se trabaje (Assis, Fett-Neto, & Alfenas, 2004). Otros efectos de luz que deben tenerse en cuenta son los cambios en la absorción de cualquiera de los nutrientes o auxinas puesto que influencia en forma directa la

apertura de los estomas y por ende la transpiración y la inducción de la degradación fotoquímica o metabólica de auxinas (Caron, et al., 2014).

Los sustratos presentan en muchos casos características físicas y químicas poco favorables para el desarrollo de las plantas. Las características físicas pueden corregirse mediante la mezcla de diferentes materiales y las químicas por adición de enmiendas y fertilizantes (Higashi, et al., 2000). Para la formación de plantas madre en minijardinesclonales se usan sustratos inertes, sin capacidad de dañar la planta ni proporcionar nutrientes para que la utilización de soluciones nutritivas sea más efectiva.

4.2.4 Técnica de propagación por miniestacas: la miniestacas es considerada como la evolución de la estaca convencional y consiste básicamente en la utilización de rebrotes de planta propagadas por estaca o por semillas (Alfenas, et al., 2009).

Este es el método más utilizado en la actualidad en todas las empresas forestales en Brasil. En Colombia es utilizado para la producción de material vegetal en Smurfit Kappa Cartón de Colombia. Su ejecución consiste en la pérdida de la dominancia apical por medio de quiebre o poda de estacas enraizadas o plantas producidas por semilla; con este estímulo se genera que rebroten las yemas epicórmicas y con podas periódicas sobre estos puntos se emiten nuevos brotes, llamados miniestacas, utilizadas para enraizamiento y formación de nuevas plantas (Brondan, et al., 2012).

La propagación de material vegetal por medio de miniestacas puede dividirse en las siguientes fases: producción de rebrotes en minijardínclonal, inducción de enraizamiento adventicio en casa de enraizamiento bajo nebulización intermitente

y temperatura elevada, aclimatación bajo sombra, crecimiento y rustificación (Ferreira, et al., 2004)⁷.

La utilización de esta técnica da como resultado mayor productividad de los minijardinesclonales, mejores índices de enraizamiento, menor tiempo de enraizamiento, bajo costo de producción y reducción en el uso de reguladores de crecimiento (Wendling, Brondani, & Dutra, 2009).

4.2.5 Manejo del minijardín clonal fertiriego: no es otra cosa que la aplicación de elementos esenciales para las plantas mediante el riego, para ello es necesario la preparación de soluciones nutritivas. No se encuentra en la literatura una solución nutritiva ideal para todas las especies vegetales ni para las condiciones de cultivos y aunque los nutrientes necesarios para el desarrollo son los mismos, las cantidades utilizadas se diferencian entre y dentro de cada especie.

Según Texeira 1996 una solución nutritiva adecuada debe presentar las siguientes características

- ✓ Contener los elementos necesarios para el desarrollo de las plantas
- ✓ Ser equilibrada de acuerdo con el cultivo;
- ✓ Tener potencial osmótico entre 0,5 y 0,8 atm, pudiendo llegar a 1 atm.
- ✓ Tener pH entre 5,8 y 6,2;
- ✓ Tener una conductividad eléctrica entre 1,5 a 4 mS/cm, dependiendo del cultivo

⁷ FERREIRA, E. M., ALFENAS, A. C., MAFIA, R. G., LEITE, H. G., SARTORIO, R. C., & FILHO, R. M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de eucalyptusspp. r. árvore. En: Ciência Florestal. Febrero, 2004. Vol. 1, no. 11, p. 33-56.

Figura 1 Composición de soluciones nutritivas utilizadas en varios trabajos en condición de minijardínclonal de Eucalyptus

NUTRIENTE	HIGA ET AL.	HIGA SHI et. al (2000 d)	PAULA et. al. (2000)	SILVEIRA et. al (200)
N	250	*	224	162
P	40	44	27	22
K	200	323	**	161
Ca	100	228	200	117
Mg	48	61	50	30
S	64	80	67	39
B	0,5	0,5	0,5	0,5
Cu	0,03	0,03	0.03	0,03
Fe	10	5	4,7	5
Mn	0,7	0,78	0,46	0,76
Zn	0,07	0,06	0,09	0,06
Mo	0,015	-	0,016	-
Co	0,006	-	-	-
* Fueron utilizadas tres dosis de (40, 160 y 320 mg de N/L); **Los cinco meses iniciales de cultivo la dosis de K fue de 243 mg/L. Las dosis utilizadas en el experimento fueron de 0, 50, 100 y 200 mg de K/L.				

Fuente (HIGASHI, SILVEIRA, & GONCALVES, 2000)

Cada una de las características descritas anteriormente son controladas y monitoreadas durante la preparación y la aplicación de la solución nutritiva para ello en el caso de la empresa Monterrey Forestal se utiliza un potenciómetro electrónico, con el cual se mide el pH y la conductividad eléctrica de las soluciones preparadas.

El control de pH es importante pues valores bajos provocan competición iónica entre el ion H^+ y los diversos cationes esenciales para las plantas (NH_4^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cu^{++} , Fe^{++} , Mn^{++} , Zn^{++}) y valores altos de pH disminuyen la absorción de aniones (NO_3^- , $N_2PO_4^-$, SO_4^- , Cl^- , MoO_4^-). Asociado además a los inadecuados niveles de pH se encuentra la precipitación de Fe y Mn cuando el pH es elevado (Carrasco, Ramírez, & Vogel., 2007)⁸.

La conductividad eléctrica es un estimador de la concentración total de sales y debe ser mantenida a lo largo del cultivo (Carrasco, Ramírez, & Vogel., 2007).

Poda: Las plantas madre deben tener una altura no superior a los 15 cm con la finalidad de hacer más fácil su manejo por parte del personal encargado de las cosechas, se realizan tres clases de poda.

Poda de formación: son aquellas podas en las que se da arquitectura a la planta. En ellas se seleccionan los planos en los que estarán los puntos para realizar cosechas constantes de miniestacas.

Poda de mantenimiento: en esta poda se controla el crecimiento de las plantas, en ellas se eliminan los llamados brotes ladrones, que son aquellos rebrotes que se originan en la base de la planta y que por condiciones de poca luz y forma demandan mayor cantidad de elementos para su desarrollo.

Podas de producción: En ellas se cosecha el material que será llevado a casa de vegetación para su enraizamiento.

⁸ CARRASCO, G., RAMÍREZ, P., & VOGEL., H. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. México: IDESIA. 2005. 50 p

4.2.6 Sustratos utilizados para el enraizamiento de miniestacas: la principal función del sustrato es la de servir de soporte a las plantas que en él se siembran, en este medio se desarrollan pudiendo regular la disponibilidad de nutrientes y agua.

La turba proveniente de áreas inundadas de estados unidos fue el material más utilizado por los últimos cincuenta años para la composición de sustratos comerciales, pero por presiones ambientales a nivel mundial se busca la sustitución de este elemento por otros compuestos orgánicos

El uso de materiales tales como hojas, corteza de los árboles, fibra de coco, vermiculita, entre otros viene creciendo a nivel mundial en el mercado de los sustratos. Se buscan mezclas con materiales asequibles en la zona y que cumplan con las condiciones físicas y químicas óptimas para el crecimiento de la raíz.⁹

4.2.7 Ambientes y estructuras para la propagación: casas de enraizamiento: La construcción de este tipo de estructuras depende del tipo de producción que se desee lograr y de los recursos disponibles con los que cuenta la empresa para su adecuación. Por lo general son estructuras soportadas por acero galvanizado, recubiertas por plástico lechoso, poseen aperturas cenitales y cortinas laterales accionadas manualmente o mediante sistemas eléctricos. Dentro de la estructura se encuentran polisombra que se deben graduar diariamente controlando la incidencia de luz sobre las plantas. Por lo general este tipo de estructuras cuentan con sistema de riego por microaspersión programados a intervalos de tiempo¹⁰.

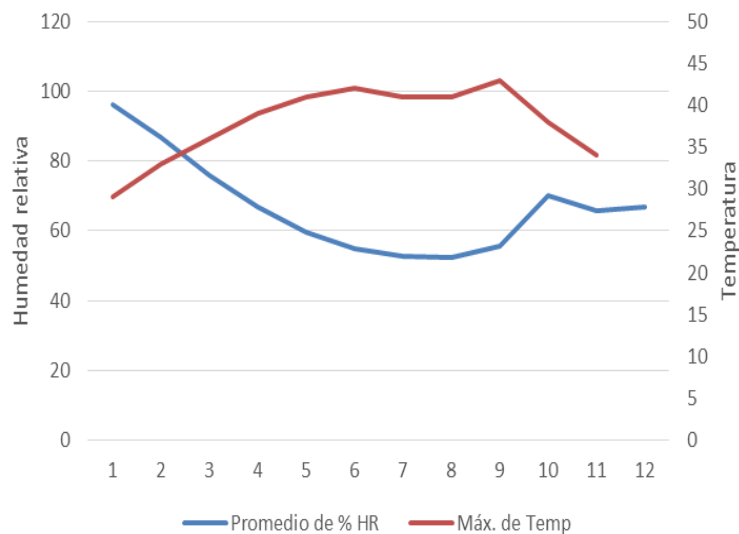
Sistemas de nebulización intermitente: Con la utilización de este tipo de riegos se busca mantener la temperatura igual o menor a 40°C, la figura 1 muestra el

⁹ HIGASHI, E. N., SILVEIRA, R. L., & GONCALVES, A. N. Propagacao vegetativa de Eucalyptus: princípios básicos e a sua evolucao no Brasil. Piracicaba. Circular Técnica Rio de Janeiro: IPEF, 2002. p. 55-58.

¹⁰ ASSIS, T. F., FETT-NETO, A. G., & ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on Eucalyptus. En: Research Signpost. Junio, 2001. Vol. 1, no. 13, p. 53.67.

comportamiento de la temperatura y humedad dentro de la casa de la enraizamiento.

Figura 2 Promedio de humedad relativa y temperatura dentro de casa enraizamiento con riego aplicado mediante nebulización constante.



Casa sombra de aclimatación: Zona generalmente ubicada detrás de la casa de enraizamiento a donde son conducidas las plantas después de su enraizamiento, allí permanecen alrededor de siete días. La casa sombra es rodeada con polisombra de 60% y permite que pueda moverse para graduar la incidencia de luz sobre las plantas, allí también son regadas las plantas por aspersión, pero aquí la gota de agua no es tan fina y no se aplica el riego con la misma frecuencia.

Eras de rusificación. Son camas de alambre a donde es llevado el material para completar su proceso de desarrollo, allí no se aplica ningún tipo de sombra y el material es regado dos veces al día por 30 minutos.

5 DISEÑO METODOLOGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

Los diferentes ensayos se llevaron a cabo en el vivero de la empresa Monterrey Forestal SAS en el municipio de Zambrano. Zambrano es un municipio de 302 km² de extensión, ubicado en el centro del departamento de Bolívar, en la subregión de los Montes de María, limita al norte con San Juan Nepomuceno, al sur con el municipio de Córdoba, al este con Plato (Departamento del Magdalena) y al oeste con el municipio del Carmen de Bolívar y San Jacinto.

Geográficamente Zambrano se localiza en el margen izquierdo del Río Magdalena a 60 km de distancia de la entrada al canal del Dique, entre los paralelos N 9° 45' y 10° 8' y W 74° 45' 75". Su acceso se puede hacer por vía fluvial y terrestre.

El estudio se desarrolló en los periodos de febrero a diciembre de 2014.

5.2 MATERIAL VEGETAL UTILIZADO: Se realizaron diversos ensayos los cuales se mencionan a continuación:

5.2.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50%: en sus elementos de la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* Blade clon 240 el ensayo se estableció el 14 de Febrero de 2014 con 108 plantas de *Eucalyptus urophylla* clon 240. Las plantas tenían un promedio de diámetro de 0,3 a 0,4 cm y de altura entre 35 y 45 cm. Estas plantas provenían de plantas madre ya establecidas en canaleta. El material fue sembrado en macetas de 19 L utilizando arena como sustrato. Se ubicaron tres plantas por maceta

Figura 3 Distribución de las plantas en la maceta



5.2.2 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas: Se seleccionaron plantas y junto con la especie de *Eucalyptus urophylla* híbrido clon 280, *Eucalyptus brassiana* X *tereticornis* clon 226, *Eucalyptus grandis* X *camaldulensis* clon 221. Con diámetro de 0,3 a 0,4 cm y altura entre 35 y 45 cm provenientes de plantas madre establecidas previamente en canaleta. El material fue sembrado en macetas cuyo volumen era de 19 L utilizando arena gruesa como sustrato. Se ubicaron tres plantas por maceta.

5.2.3 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de 24 clones: se seleccionaron plantas madre establecida en el mini jardín clonal de la empresa Monterrey forestal, los clones pertenecientes a las diferentes especies se muestran en la figura 4.

Figura 4 Clones utilizados para el establecimiento del ensayo de velocidad y porcentaje de enraizamiento.

GRUPO 1	
ESPECIE	CLON
<i>Eucalyptusurograndis</i>	152
<i>Eucalyptusurograndis</i>	161
<i>Eucalyptusgrandis x camaldulensis</i>	234
<i>Eucalyptusurophylla</i>	240
<i>Eucalyptusurophylla hibrido</i>	280
<i>Eucalyptusgrandis x camaldulensis</i>	300
<i>Eucalyptusurograndis</i>	201-B
<i>Eucalyptuscamaldulensis x tereticornis</i>	M14-5
GRUPO 2	
Especie	CLON
<i>Eucalyptusurograndis</i>	171
<i>Eucalyptusgrandis x camaldulensis</i>	216
<i>Eucalyptusbrassiana x tereticornis</i>	220
<i>Eucalyptusgrandis x camaldulensis</i>	221
<i>Eucalyptusbrassiana x tereticornis</i>	224
<i>Eucalyptusbrassiana x tereticornis</i>	226
<i>Eucalyptusbrassiana x tereticornis</i>	227
<i>Eucalyptusurograndis</i>	269
Grupo 3	
Especie	CLON
<i>Eucalyptusbrassiana x tereticornis</i>	222
<i>Eucalyptusbrassiana x tereticornis</i>	229
<i>Eucalyptusbrassiana x tereticornis</i>	230
<i>Eucalyptusurograndis</i>	261
<i>Eucalyptusurograndis</i>	273
<i>Eucalyptusurophylla hibrido</i>	285
<i>Eucalyptusurophylla hibrido</i>	303
<i>Eucalyptusurophylla</i>	UGRESS

5.2.4 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de estacas apicales y basales de *Eucalyptus*: se utilizaron miniestacas cosechadas de minicepas de *Eucalyptus urophylla* clon 240 y *Eucalyptus urograndis* clones 152 y 161. Las minicepas eran podadas semanalmente para mantener el tamaño adecuado de las miniestacas. Para el establecimiento de este ensayo se prolongó el tiempo de podas de las minicepas para permitir el crecimiento de algunos rebrotes y obtener así estacas nodales. De las minicepas se obtuvieron estacas apicales y nodales (Figura 5).

Figura 5 Tipos de estacas utilizados en el ensayo



5.2.5 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* clon 240 en diferentes tipos de sustratos: el ensayo se estableció el día 12 de noviembre de 2014 con miniestacas de longitudes entre 6 y 8 cm.

5.3 SUSTRATO

Para la siembra de las miniestacas de los ensayos: efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50% de sus elementos en la

formación, producción y enraizamiento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* Blade clon 240; efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies *Eucalyptus grandis x camaldulensis*, *Eucalyptus brassiana x tereticornis* y *Eucalyptus urophylla*; porcentaje y velocidad de enraizamiento de 24 clones de Eucalyptus de las especies *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis x camaldulensis*, *Eucalyptus brassiana x tereticornis*, *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus camaldulensis x tereticornis* y Porcentaje y velocidad de enraizamiento de estacas apicales y basales se utilizó una mezcla de turba canadiense, vermiculita y corteza de pino compostada en una proporción 1:1:2.

Los sustratos utilizados en el ensayo de porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* clon 240 en diferentes tipos de sustratos se detallan en la figura 6.

Figura 6 Sustratos evaluados, características y manejo dado para su preparación

SUSTRATO	CARACTERISITICA	MANEJO
Ellepot	Contenedor hecho de papel degradable, llenado con Turba.	Contenedores listos para usar.
Cisco	Sustrato orgánico proveniente de hojarasca de bosques.	El material debe ser cernido, solarizado y fertilizado.
	Vermiculita, corteza de pino compostada y turba canadiense en proporción de volumen 1:2:1	Los elementos deben ser mezclados homogéneamente junto con el fertilizante.
Coco sin lavar	Sustrato a base de fibra de coco fina.	El sustrato debe ser fertilizado
Coco lavado	Sustrato a base de fibra de coco fina, lavado y esterilizado a vapor, libre de patógenos y malezas.	El sustrato debe ser fertilizado
Plugs	Es un producto fabricado a base de fibra de coco y una glomera natural que mantiene su forma.	Sustrato listo para usar.

Los sustratos fueron preparados un día antes del establecimiento del ensayo. Se llenaron tubetes de 90cc que fueron previamente lavados en una solución de hipoclorito de calcio, estos fueron depositados en bandejas de polipropileno de 40 alveolos. Por la composición y forma de los ellepots estos se ubicaron en bandejas de poliuretano de 24 alveolos (5cm de diámetro) y bandejas plásticas de 126 cavidades en las cuales fueron ubicados 30 ellepots.

5.4 PREPARACION DEL MATERIAL VEGETAL

5.4.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50%: de sus elementos en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* Blade clon 240 Formación de plantas madre, Ocho días después de la siembra (dds) se quebraron los tallos de las minicepas a 20 cm de altura con el fin de estimular las yemas epicórmicas y de esta manera la inducción de rebrotes para ser podados periódicamente y dar la mejor arquitectura a las minicepas.

El día 28 dds se realizó la primera poda de formación, en ella se buscaba obtener puntos de brotación de ramas con ángulos rectos de inserción al tallo, de la misma manera que las hojas se encontraran paralelas al suelo, la distancia entre los puntos y el eje principal debía ser tal que no se diera sombra a rebrotes que se encontraran en la parte inferior, la idea de la arquitectura de la planta era buscar que la mayoría de puntos de brotación quedaran sobre el mismo plano horizontal de tal forma que no se dieran sombreamiento (Ilustración 5), además que fueran opuestos para aprovechar el espacio sin que hubiese interferencia entre ellos en el crecimiento de las miniestacas. Después de la primera poda de formación se realizaban podas semanales.

Figura 7. Arquitectura buscada para plantas madre.



Productividad de las plantas madre: Desde el día 77 hasta el día 113 dds (de abril hasta junio de 2014) se realizaron podas periódicas y se cuantificó el número de rebrotes, los cuales se tuvieron en cuenta como miniestacas potenciales a ser cosechadas por minicepa.

Colecta de estacas y enraizamiento: Desde el día 118 (10 de junio) se dio inicio a la cosecha de miniestacas hasta el día 156 (18 de julio). Se realizaron 12 cosechas en total durante este periodo.

Las miniestacas eran cosechadas en horas de la madrugada para evitar pérdida de turgencia del material vegetal, en la base de cada miniestaca se impregnaba ácido indolbutírico (AIB) mezclado con talco industrial a una concentración de 5000 ppm. El material se sembró en tubetes de 90cc.

5.4.1 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto: manejo de plantas madre las macetas de cada material fueron ubicadas de modo aleatorio dentro de cada uno de los sitios acondicionados para el ensayo. El primer tratamiento fue casa sombra con polisombra negra de 80% de sombra, el segundo fue malla alumitex gris de 65% y el tercero plantas expuestas al sol.

Figura 8 Disposicion de las minicepas bajo los distintos niveles de sombra



a) Sombra 80%



b) Sombra 65%



c) Sombra 0%

Ocho días después de la siembra se hizo un quiebre a 20 cm desde el cuello de la raíz a todas las plantas con el fin de estimular las yemas epicórmicas y generar rebrotes en esta zona, de este modo también se garantiza que las plantas no mueran al quedar parte de su tejido conductor activo. Quince días después del quiebre se realizó la primera poda de formación, después de esta se llevaron a cabo podas periódicas o según lo necesitaran las plantas con la finalidad de desarrollar los puntos de brotación.

Figura 9 Proceso de partir las plantas para la formación de minicepas.



El día 145 después de la siembra fueron cosechadas miniestacas de los tratamientos para evaluar su enraizamiento.

5.4.2 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de 24 clones de Eucalyptus de las especies Eucalyptusurophylla, Eucalyptus grandis x camaldulensis, Eucalyptus brassiana x tereticornis, Eucalyptus urograndis, Eucalyptuscamaldulensis x tereticornis: las plantas madre utilizadas para la consecución de miniestacas fueron podadas semanalmente, buscando uniformidad en el material cosechado.

5.4.3 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de estacas apicales y basales: el ensayo se estableció el día 06 de noviembre de 2014 con estacas apicales y estacas basales de longitudes entre 6 y 8 cm. La cosecha se realizó en horas de la madrugada para evitar la pérdida de turgencia del material vegetal. La base de cada estaca fue impregnada con hormona de enraizamiento ácido Indol-butírico (AIB) mezclada con talco industrial a una concentración de 5000 ppm. Cada estaca apical poseía dos pares de hojas, que fueron reducidas a la mitad. Las estacas basales contaban con solo un par de hojas que fue igualmente reducido a la mitad.

5.4.4 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas de Eucalyptus urophylla clon 240 en diferentes tipos de sustratos.

5.5 NUTRICION

5.5.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50% de sus elementos en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de Eucalyptusurophylla Blade clon 240: todas las plantas fueron regadas desde el día de la siembra con soluciones nutritivas (tablas 2 y 3). La dotación de riego fue de 3 L diarios distribuidos en seis riegos de 0,5 L que eran aplicados cada 1,5 horas.

Figura 10 Fuentes y cantidades de macronutrientes utilizados en la preparación de soluciones nutritivas según su concentración.

COMPUESTO	MARCA	DOSIS SOLUCION (g/1000 L)		
		1	2	3
Cloruro de calcio (CaCl_2)	Alcali F.C.C. grado 94%	311.3	359.1	588.6
Sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	Monómeros	286.9	0	121.1
Sulfato de Magnesio (MgSO_4)	PQP (productos químicos panamericanos)	308.1	244.4	324.1
Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$)	Precisagro, NutriFert (46-0-0)	61.6	197.6	516.4
Cloruro de potasio (KCl)	Estándar (0-0-60). FOX	140.3	153	430.3
Fosfato monoamónico($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)	Ferti-MAP (12-62-0)	74.4	63.6	46.7

Figura 11 Fuentes y cantidad de micronutrientes utilizados en la preparación de soluciones nutritivas.

Fertilizante	Dosis
Sulfato de Manganeso	0.74
Ácido Bórico	1.36
Sulfato de Zinc	0.21
Sulfato de Cobre	0.19
Molibdato de sodio	0.04
Quelato de hierro	19.8

5.5.2 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies *Eucalyptusgrandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptusbrassiana* x *tereticornis* y *Eucalyptusurophylla*: Las plantas madre utilizadas para la obtención de las miniestacas fueron fertilizadas diariamente con la solución nutritiva manejada por la empresa Monterrey Forestal SAS, cuya composición se detalla en la tabla 6. La dotación diaria de riego fue de 3L aplicados en seis riegos cada hora y media.

Figura 12 Solución nutritiva utilizada para el fertirriego del minijardínclonal hidropónico

Compuesto	Marca	g/L
Cloruro de calcio (CaCl_2)	Alcali F.C.C. grado 94%	0.3
Sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	Monómeros	0.08
Sulfato de Magnesio (MgSO_4)	PQP	0.32
Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$)	Precisagro, NutriFert (46-0-0)	0.09
Cloruro de potasio (KCl)	Estándar (0-0-60). FOX	0.28
Fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)	KristaMap- Yara	0.04

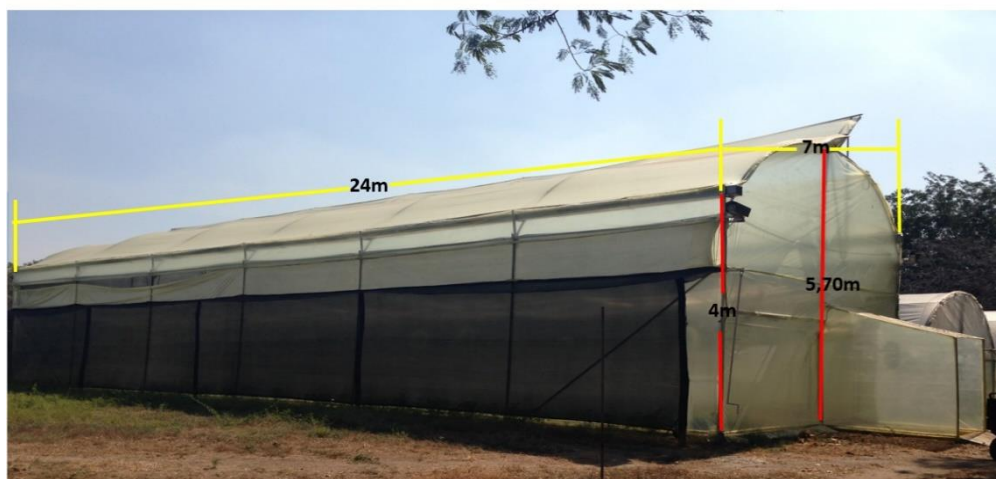
5.6 MANEJO DE LA CASA DE ENRAIZAMIENTO

Las miniestacas fueron enraizadas en un invernadero tipo casa de vegetación que abarcaba un área de 168 m². Constaba de una sola nave que tenía una altura en laterales de 4 metros y 7 metros en la quilla central. Los parales y arcos de este invernadero fueron elaborados con tubo galvanizado. El suelo en el interior fue revestido de concreto.

El invernadero contaba con dos ventanas laterales entre los 4 y 5 metros de altura, y una apertura cenital, estas tres aberturas se abrían y cerraban con moto reductores. La estructura contaba con tela sombra alumitex corrediza que

permanecía cerrada de 10 am a 3pm. Se utilizaba riego tipo nebulización aplicado por 6 líneas de riego, cada una con 24 aspersores tipo superfoggers de Naandanjain azules de dos salidas con caudal de 13L/h. Los riegos se aplicaban en intervalos de 2 minutos con frecuencia de 6 a 10 segundos buscando mantener las condiciones de temperatura y humedad (38°C y 80% respectivamente) adecuadas para la permanencia de las miniestacas dentro de este lugar.

Figura 13 Dimensiones de la casa de vegetación en donde permanecieron las miniestacas en fase de enraizamiento.



5.7 MEDICION DE VARIABLES

5.7.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50% de sus elementos en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de Eucalyptus urophylla Blade clon 240: en la formación de plantas madre se realizó el conteo de mortalidad, número de

miniestacas potenciales para cosecha durante el desarrollo de las podas de formación y para todas las miniestacas cosechadas se midió el porcentaje de enraizamiento a 30 días después de la siembra.

5.7.2 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies *Eucalyptusgrandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptusbrassiana* x *tereticornis* y *Eucalyptusurophylla*: del mismo modo que en el estudio de soluciones nutritivas, para la formación de plantas madre se realizó el conteo de mortalidad, número de miniestacas potenciales para cosecha durante el desarrollo de las podas de formación y para todas las miniestacas cosechadas se midió el porcentaje de enraizamiento a 30 días después de la siembra.

Porcentaje y velocidad de enraizamiento de 24 clones de *Eucalyptus* de las especies *Eucalyptusurophylla*, *Eucalyptusgrandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptusbrassiana* x *tereticornis*, *Eucalyptusurograndis*, *Eucalyptuscamaldulensis* x *tereticornis*: Después del décimo día después de la siembra se realizó el conteo de raíces visibles bajo los tubetes, cada dos días hasta el día 30.

5.7.3 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de estacas apicales y basales *Eucalyptusurophylla* clon 240, *Eucalyptusurograndis* clones 152 y 161: se realizó el conteo de raíces visibles bajo los tubetes desde el décimo día después de la siembra, hasta el día 30 en intervalos de tres días para medir la velocidad y el porcentaje de enraizamiento.

5.7.4 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas de Eucalyptusurophylla clon 240 en diferentes tipos de sustratos: se realizó el conteo de raíces visibles bajo los tubetes desde el décimo día después de la siembra, hasta el día 30 cada dos días para medir la velocidad y el porcentaje de enraizamiento.

5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

5.8.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50% de sus elementos en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de Eucalyptus urophylla Blade clon 240: se empleó un diseño factorial de dos factores. El primero fue la solución nutritiva aplicada en las macetas (de que se evaluaron tres tipos) y en cada solución se usaran tres niveles de concentración (100%, 75% y 50%), de estas, resultaron 9 tratamientos. Cada uno tenía cuatro réplicas y un total de 12 minicepas por tratamiento. Además, se repitieron los ensayos en distintas fechas. Se colectaran cinco fechas para número de rebrotes, 8 para colecta de estacas, 11 para enraizamiento.

5.8.2 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies Eucalyptusgrandis x camaldulensis, Eucalyptus brassiana x tereticornis y Eucalyptus urophylla: se empleó un diseño factorial de dos factores. El primero fue la cantidad de sombra bajo la que se desarrollaron las plantas madre (se evaluaron tres tipos) y el segundo fueron las especies de Eucalyptus (3 especies) de que resultaron 9 tratamientos. Cada uno tenía cuatro réplicas y un total de 12 plantas madre por tratamiento. Además, se repitió los ensayos en distintas fechas. Se colectaran seis fechas para la evaluación de producción y enraizamiento.

5.8.3 Para los ensayos de enraizamiento de miniestacas de diferentes clones, diferentes posiciones y diferentes sustratos se utilizaron diseños de bloques completamente al azar.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Ensayo efecto de tres soluciones nutritivas en concentraciones de 100%, 75% y 50% de sus elementos en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* Blade clon 240

- Mortalidad de plantas madre

Durante la ejecución del estudio no se presentaron muertes de plantas madre, lo cual demuestra el adecuado manejo e implementación de técnicas culturales dados como periodicidad de poda, nutrición equilibrada, óptima dotación de riegos distribuidos de manera eficiente, control fitosanitario, manejo de conductividad eléctrica en las soluciones. Resultados similares fueron conseguidos por Xavier & Wendling (2003) quienes además expusieron que la nutrición y el estado hídrico son factores que afectan la propagación vegetativa, pues repercuten en las cantidades y cualidades de miniestacas.

- Soluciones nutritivas

En la tabla 4 se muestran las concentraciones de nutrientes contenidas en cada una de las soluciones. La solución 3 presentó la mayor concentración de Ca, N, K y Mg pero menor concentración de P, y la mayor conductividad eléctrica (tabla 5).

La solución 1 presentó mayores concentraciones de S, Mg y P (sin embargo menores de Ca) y mayor conductividad eléctrica (tabla 5) que la solución 2.

Figura 14 Contenido de elementos en las soluciones nutritivas aplicadas a las plantas madre del ensayo

ELEMENTO	TRATAMIENTO	SOLUCION 1			SOLUCION 2			SOLUCION 3		
		100%	75%	50%	100%	75%	50%	100%	75%	50%
		Cantidad de nutriente aplicado (ppm)								
Ca		105	78.8	52.5	121.0	90.8	60.5	198.3	148.7	99.2
N		97.1	72.8	48.5	99.2	74.4	49.6	270.4	202.8	135.2
S		107.5	80.6	53.8	31.2	23.4	15.6	70.4	52.8	35.2
Mg		31	23.3	15.5	23.6	17.7	11.8	31.5	23.6	15.8
K		74.7	56.0	37.4	74.7	56.0	37.4	214.1	160.6	107.1
P		21	15.8	10.5	16.1	12.1	8.1	13.4	10.1	6.7

Figura 15 Valores de pH y conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas.

SOLUCIÓN CONCENTRACIÓN	1	2	3	1	2	3
	pH			C.E. (mS/cm)		
100%	6,98	6,79	6,88	1,62	1,35	2,17
75%	6,98	7,02	6,98	1,37	1,08	1,75
50%	7,07	7,08	7,11	1,11	0,90	1,35

La solución 2 presento los valores más bajos de conductividad probablemente por contener menos sales disueltas en ella, contenía tres veces menos S que la solución 1 y la mitad del S contenido en la solución 3. También era menor su contenido de Mg y aunque contenía una cantidad similar de N que la solución 1 no se utilizó sulfato de amonio como su fuente sino Urea y MAP, mientras que las soluciones 1 y 3 contenían estas tres fuentes.

Todas las soluciones presentan un pH ligeramente ácido a neutro entre 6,89 y 7,11, lo cual permite que todos los elementos se encuentren disponibles para la planta, que no se presenten precipitados en la solución y no halla antagonismos entre ellos.

La conductividad eléctrica de la soluciones (tabla 12) estuvo entre 0,90 y 2,17mS/cm, según Alfenas et., al (2009) se recomienda en la mayoría de viveros que la CE se mantenga en un rango entre 0,8 y 2,0 mS/cm según la época del año.

- Puntos de brotación

La formación de puntos de brotación se llevó a cabo desde el día 28 dds hasta el día 58 dds, durante estos 30 días se realizaron podas semanales lo cual resultó en la necesidad de 5 podas para lograr la arquitectura de las plantas.

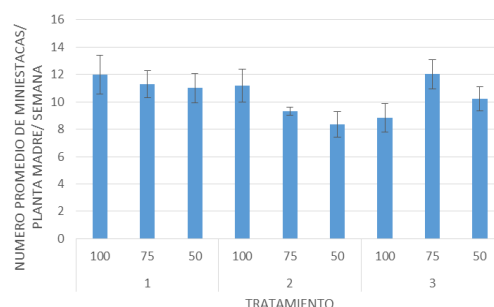
Se obtuvo una cantidad entre 5 y 7 puntos de brotación por minicepa. Los valores del número de puntos de brotación no evidencian el efecto de las soluciones nutritivas, lo cual mostraría que estos se deben principalmente a las podas de formación

- Productividad de minicepas

Miniestacas colectadas

Para lograr la adecuada producción de miniestacas y alta tasa de enraizamiento fue necesario estimular los puntos de brotación con podas sucesivas para reducir el tamaño y obtener una base rígida.

Figura 16 Promedio de miniestacas producidas por planta madre en un periodo de seis semanas. Las barras muestran la desviación estándar de las mediciones.



Con cosechas realizadas en un periodo de seis semanas se alcanzó un promedio de miniestacas por minicepa entre 8 y 12 de los tratamientos solución 2 concentración del 75% y solución 1 concentración 100%, solución 3 concentración 75% respectivamente.

El tratamiento solución 1 concentración 100% presentó el mayor valor de S 3,5 ($e \pm 1,42$) y el tratamiento 2 concentración 75% tuvo el menor valor S 0,71 ($e \pm 0,29$).

El promedio de miniestacas obtenidas por tratamiento para un periodo de 36 días se muestran en la Ilustración 9.

La productividad en estacas de las plantas madres (convertida a una tasa por día y por planta madre) dio como resultado entre los 0.6 y 2.3/día lo que significa un promedio de 48 estacas por mes por planta madre.

Figura 17 Estacas colectadas para un periodo de 36 días

Días desde inicio de los 36 días	Estacas efectivamente colectadas por planta madre	Estacas/planta madre/día
1	3,15	
3	2,97	1,484
7	5,30	1,325
10	6,78	2,261
21	6,89	0,627
26	10,71	2,142
32	8,52	1,421
37	9,97	1,994

Figura 18 Análisis de varianza para la producción de miniestacas en los diferentes tratamientos.

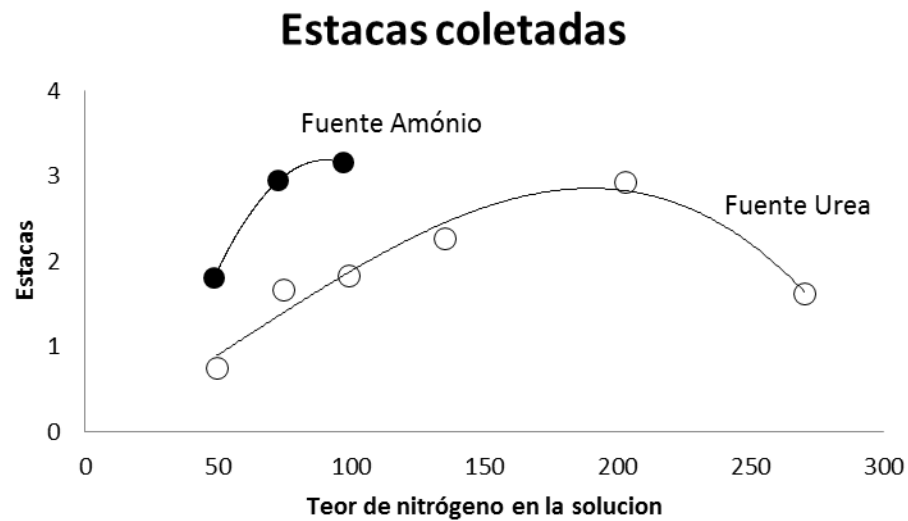
Analysis of Variance	DF	F-incr	F-adjStndErrDiff
7 mu	1	2313.3	26.22
1 Fecha	7	73.26	30.45
8 Sol.Conc	8	5.22	5.22
9 Dia.Rep	24	2.4	2.43

Como se observa en la figura 16 los efectos de los tratamientos (Solución Nutritiva y Concentración) son muy significativos (valores de F siempre superiores a 3).

En los tratamientos 1 y 2 aumenta la productividad de las minicepas al aumentar la concentración de nutrientes contenidos en las soluciones nutritivas. Sin embargo, estas dos soluciones tienen como diferencia clave la fuente de nitrógeno. En la solución 1 la mayoría del nitrógeno es aportado en la forma amoniacal (sulfato de amonio), mientras en la solución 2 se usa exclusivamente la urea. La Figura 28 muestra que las diferencias son muy significativas entre los dos tratamientos a pesar de que la cantidad total de nitrógeno es muy parecida. Para una misma cantidad de nitrógeno aplicado, el tratamiento 1 resultó en una productividad mucho más alta.

Esta diferencia deberá estar asociada a una mayor pérdida de nitrógeno en la urea, por volatilización, un resultado común en condiciones de alta humedad y temperatura.

Figura 19 Fuentes de nitrógeno utilizadas en las soluciones nutritivas vs producción minies tacas.



La solución 1 produjo el mayor número de estacas aptas para ser cosechadas, la solución 2 tuvo la menor producción y la solución 3 presentó la producción intermedia. Aunque la solución 1 tenía menor cantidad de N en su composición la mayoría de este elemento era aportado por sulfato de amonio. La solución 2 tenía un contenido de N similar pero contenía urea, y no contenía sulfato de amonio y la tres presentaba, en la concentración de 100%, tres veces más N pero su mayor fuente era la Urea. Dadas estas relaciones se podría suponer que la fuente de N como sulfato de amonio tiene relación con el aumento de productividad en plantas madre.

La solución 1 en sus diferentes concentraciones mostro mayor productividad que la solución 2, aunque estas soluciones contaban con cantidades similares de nutrientes en su composición.

- Enraizamiento

En primer lugar el enraizamiento fue bastante alto (promedio de unos 80%), que es un valor esperado para el *E. urophylla* y el cual ya habían demostrado autores como Alfenas,et.,al,2009 y Wendling 2009.

En segundo lugar se presentó una reducción del enraizamiento con el tiempo (Ilustración 11). Las causas para esta disminución pudieron haberse dado por problemas con la casa de vegetación, pues hacia finales del mes de junio se presentaron fuertes vientos que derribaron la estructura, hecho que obligo a movilizar el material a otro lugar de enraizamiento.

Figura 20 Porcentaje de enraizamiento en un periodo de 40 días.

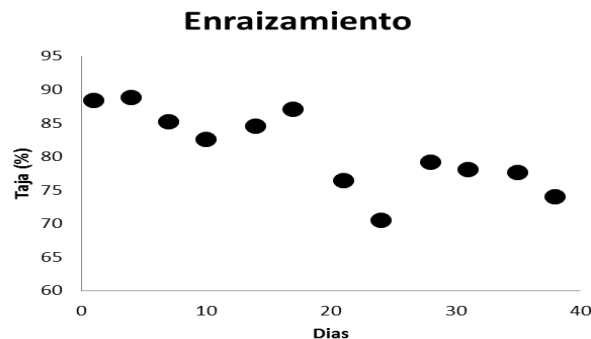
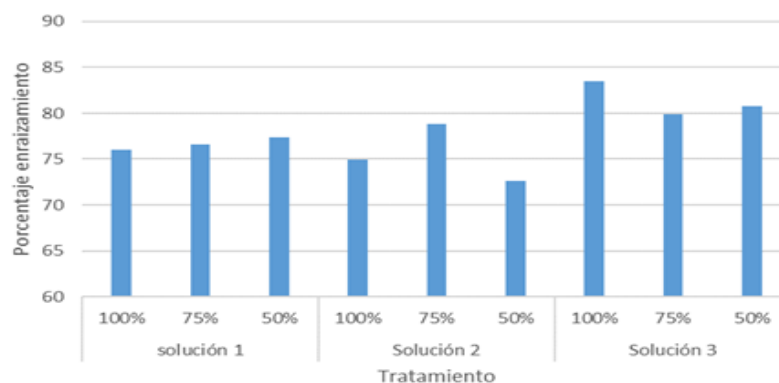


Figura 21 Análisis de varianza de enraizamiento.

Source	Model	terms	Gamma	Component	Compnt/StndErr	%C
Dia.Sol.Conc	108	108	0.214932	0.214932	4.08	0 P
Variance	108	881.00	3.28987	0.00	0	F
Analysis of Variance		DF	F-incr	F-adjStndErrDiff		
7 mu		1	759.62	46.65		
1 Dia		11	4.56	4.60	0.2828	
8 Sol.Conc		8	1.72	1.72		

En tercer lugar estadísticamente es poco significativo el efecto de la solución y respectivas concentraciones en el enraizamiento ($F=1.72$ lo que corresponde a 24% de probabilidad) (Figura 22).

Figura 22 Porcentaje de enraizamiento de las miniestacas de los diferentes tratamientos.



La solución 1 en sus diferentes concentraciones no mostró diferencia en cuanto al enraizamiento de las miniestacas (Ilustración 12). El mejor resultado fue visible para la solución 3 en su máxima concentración con 11% más de enraizamiento que el tratamiento de las solución 2 con concentración del 50%, la cual presentó la tasa más baja de enraizamiento del ensayo, sin embargo las diferencias son pequeñas.

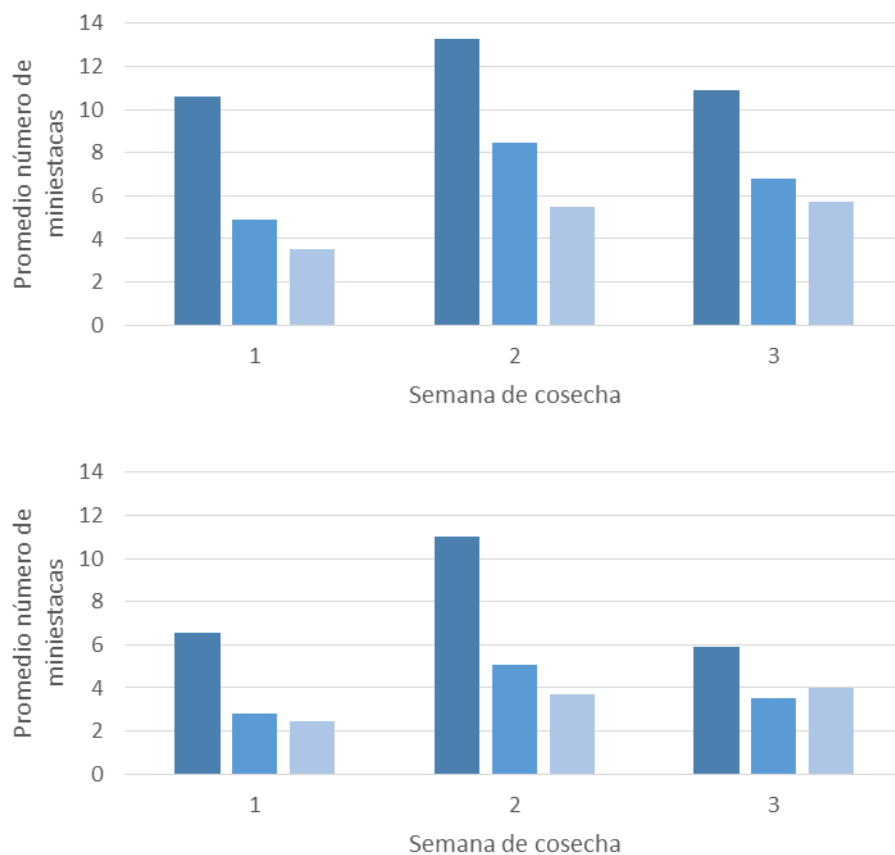
6.1.1 Ensayo efecto de la sombra en la formación, producción y enraizamiento de miniestacas de eucalipto de las especies *Eucalyptusgrandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptusbrassiana* x *tereticornis* y *Eucalyptusurophylla*.

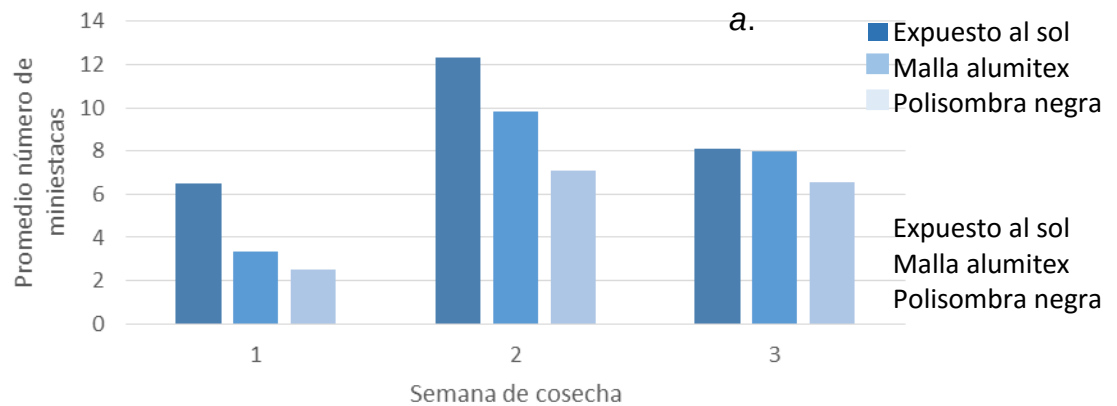
Mortalidad de plantas madre

La mortalidad de las plantas madre bajo las diferentes cantidades de sombra fue inferior al 10%, lo cual demuestra que las condiciones de desarrollo y el adecuado manejo de podas y nutrición es el ideal para el manejo de este tipo de jardines.

Productividad de las plantas madres

Figura 23 Promedio de producción de miniestacas por planta madre por semana (cosechas realizadas cada quince días).





- a) *Eucalyptus brassiana x tereticornis*
b) *Eucalyptus grandis x camaldulensis*
c) *Eucalyptus urophylla*

Expuesto al sol
Malla alumitex
Polisombra negra

Expuesto al sol
Malla alumitex
Polisombra negra

Como se observa en la Ilustración 13. La productividad de las especies expuestas al sol es mayor que las plantas con alguna cantidad de sombra. La productividad fue mayor en la cosecha de la semana dos. La especie con mayor productividad durante las tres cosechas fue *E. grandis x camaldulensis* expuesta a las tres cantidades de sombra.

El comportamiento de las especie *E. urophylla* y *E. brassiana x tereticornis* (Ilustración 13. a, c) en las cosecha de la semana tres cambio la dinámica de producción, en *E. brassiana x tereticornis* (Ilustración 13. a) hubo mayor número de miniestacas en las plantas madre bajo polisombra negra que las plantas bajo malla alumitex. En plantas de la especie *E. urophylla* (Ilustración 13. c.) la producción bajo exposición solar y bajo malla alumitex fue la misma, las plantas que se encontraban bajo polisombra negra se mantuvieron respecto a la cosecha número dos.

Como se observa en la tabla 7 en el F-incr (test F de Fisher), los efectos de fecha, Especie y Sombra son altamente significativos, en especial el efecto de la sombra, para la producción de miniestacas.

Figura 24 Análisis de varianza para la producción de miniestacas, realizado en tres semanas y seis cosechas.

Análisis de número de estacas colectadas por fecha (6 fechas)

Analysis of variance	DF	F-Incr	F- Adj	StndErrDiff
6 promedio	1	766.17	16.82	
1 Fecha	5	27.68	27.68	4.747
3 Esp	2	9.57	9.57	3.358
2 Sombra	2	32.25	32.25	3.358

Figura 25 Promedio de producción de miniestacas por planta madre por semana (cosechas realizadas cada quince días).

- a) Eucalyptus brassiana x tereticornis
- b) Eucalyptus grandis x camaldulensis
- c) Eucalyptus urophylla

Porcentaje de enraizamiento

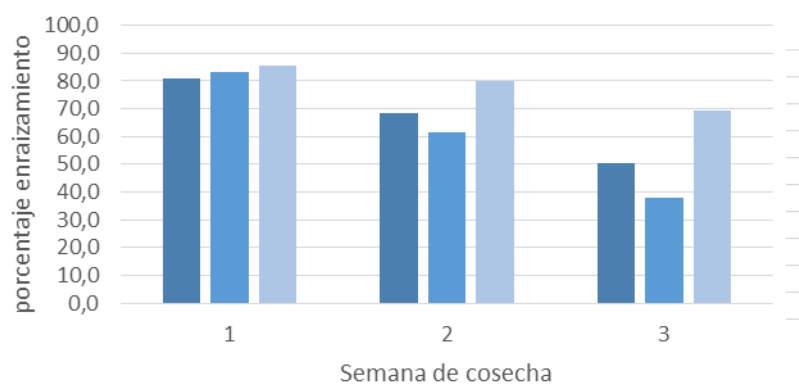
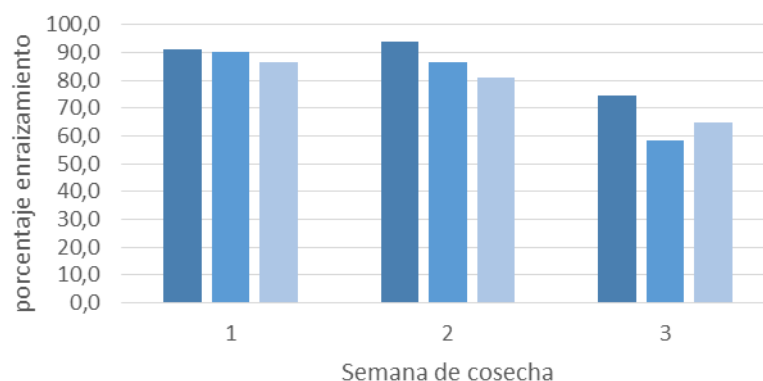


Figura 26 Análisis de varianza para enraizamiento de miniestacas cosechadas en tres semanas, en seis cosechas



Analisis de Enraizamiento por fecha (6 fechas)

Analysis of variance	DF	F-Incr	F- Adj	StndErrDiff
6 promedio	1	243.97	122.38	
1 Fecha	5	35.04	46.73	0.1996
3 Esp	2	42.70	44.69	0.1354
2 Sombra	2	7.34	7.34	0.1397

En el análisis de varianza de enraizamiento (figura 26) se observa que al igual que para la producción los tres factores son importantes, pero en este caso el valor de sombra es menor.

Los valores de enraizamiento fueron en general altos. La especie *E. urophylla* (Ilustración 14 c) presento porcentajes de enraizamiento más altos para las miniestacas colectadas de plantas madre expuestas al sol (0% sombra), mientras que para las especies *E. brassiana* x *tereticornis* (Ilustración 14 a) y *E. grandis* x *camaldulensis* (Ilustración 14 b) los porcentajes más altos se consiguieron en las miniestacas provenientes de plantas madre bajo polisombra negra (80% sombra).

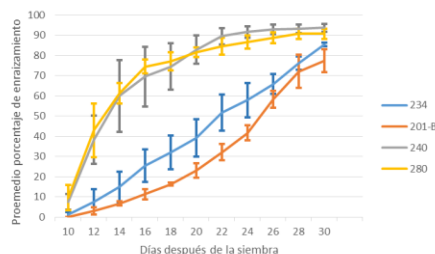
La sombra causo alteraciones importantes en la constitución del material vegetal: entrenudos mayores, área foliar de mayores tamaños y más delgados, coloraciones claras.

6.1.2 porcentaje y velocidad de enraizamiento de 24 clones de *Eucalyptus* de las especies *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis*, *Eucalyptus brassiana* x *tereticornis*, *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus camaldulensis* x *tereticornis*.

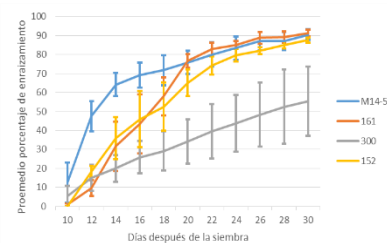
Figura 27 Promedio de velocidad y porcentaje de enraizamiento de diferentes clones de Eucalipto.

15a y 15b. Grupo de clones 1
15c y 15d. Grupo de clones 2
15e y 15f. Grupo de clones 3

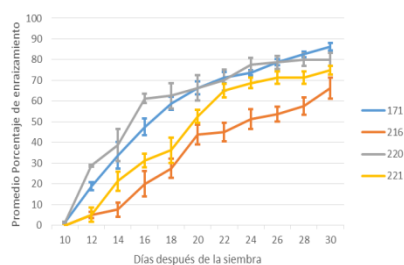
Las barras muestran la desviación estándar de las mediciones.



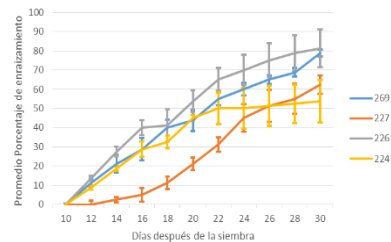
a



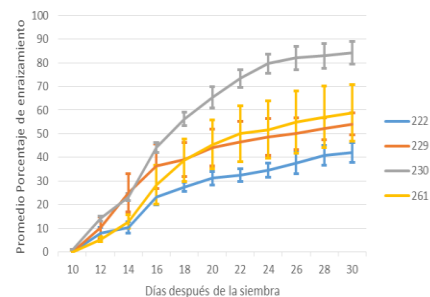
b



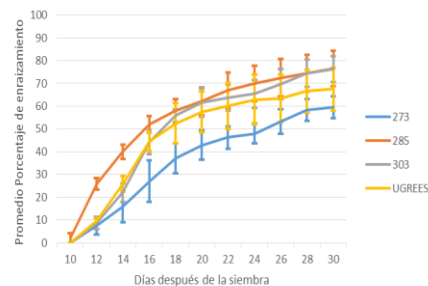
c



d



e



f

En la figura 27 se muestran los porcentajes y la velocidad de enraizamiento para los distintos grupos de clones.

Los clones del primer grupo presentaron un alto porcentaje de enraizamiento, seis de los ocho clones utilizados presentaron más del 80% de enraizamiento, el clon 201-B tuvo un porcentaje cercano al 70% y una variabilidad pequeña mientras que el clon 300 supero apenas el 50% de enraizamiento y su variabilidad presentaba incremento desde el día 10 hasta el 30.

Entre el día doce y catorce los clones 280, 240 y M14-5 contaban con el 50% de miniestacas enraizadas lo cual señalo que de éste grupo estos eran los clones con mayor velocidad de enraizamiento.

Los mayores porcentajes de enraizamiento de clones del segundo grupo estuvieron entre el 75% y 85% para los clones 171, 220, 221, 269 y 226. De estos clones el que tuvo mayor variación fue el 226. El clon 224 presento menor porcentaje de enraizamiento 53% y este valor se mantuvo desde el día 22 dds. En lo referente a velocidad de enraizamiento los clones 220, 226 y 171 tuvieron mejor comportamiento.

Según personal de RR agroforestal, empresa brasilera que visito las instalaciones del vivero y brindo asesoría para la producción de eucalipto, la permanencia adecuada de las miniestacas dentro de la casa de enraizamiento debe ser hasta el día en el cual el material posea un porcentaje igual o superior al 70%. Según lo descrito anteriormente para los clones evaluados en los diferentes grupos el tiempo de permanencia adecuada del material dentro de la casa de enraizamiento sería el que se muestra en la tabla 14. El conocimiento de manejo de los diversos clones a ser propagados en vivero puede minimizar los costos, en virtud de la optimización de utilización de instalaciones y reducción de pérdidas por enfermedades, pues no será necesaria la presencia de material vegetal bajo condiciones favorables a incidencia de enfermedades por pasar más tiempo que el verdaderamente requerido para iniciar el proceso de formación de raíces (Ferreira, y otros, 2004).

En el grupo 3 los mayores porcentaje de enraizamiento fueron del 78 al 85% y los alcanzaron los clones 230, 303 y 285. Los clones 230 y 285 fueron los más veloces en cuanto a su enraizamiento el día 16 el 50% de las miniestacas ya estaban enraizadas.



Figura 28 Días de permanencia de la miniestacas dentro de la casa de enraizamiento.

Especie	Clon	Días dentro de la casa de enraizamiento
<i>Eucalyptusurophylla</i>	240	16
<i>Eucalyptusurophylla</i> híbrido	280	16
<i>Eucalyptuscamaldulensis</i> x <i>tereticornis</i>	M14-5	17
<i>Eucalyptusurograndis</i>	161	20
<i>Eucalyptusurograndis</i>	152	22
<i>Eucalyptusurograndis</i>	171	22
<i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i>	230	22
<i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i>	220	23
<i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i>	226	24
<i>Eucalyptusurophylla</i> híbrido	285	24
<i>Eucalyptusgrandis</i> x <i>camaldulensis</i>	221	26
<i>Eucalyptusurophylla</i> híbrido	303	26
<i>Eucalyptusgrandis</i> x <i>camaldulensis</i>	234	27
<i>Eucalyptusurograndis</i>	269	28
<i>Eucalyptusurograndis</i>	201-B	28
<i>Eucalyptusgrandis</i> x <i>camaldulensis</i>	216	30
<i>Eucalyptusurograndis</i>	261	30
<i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i>	222	30*
<i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i>	224	30*
<i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i>	227	30*
<i>Eucalyptusbrassiana</i> x <i>tereticornis</i>	229	30*
<i>Eucalyptusurograndis</i>	273	30*
<i>Eucalyptusgrandis</i> x <i>camaldulensis</i>	300	30*
<i>Eucalyptusurophylla</i>	UGRESS	30*
*No alcanzaron porcentajes $\geq 70\%$		

6.1.3 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de estacas apicales y basales *Eucalyptusurophylla* clon 240, *Eucalyptusurograndis* clones 152 y 161.

Figura 29 Velocidad y porcentaje de enraizamiento tipos de estacas de eucalipto, clon 152

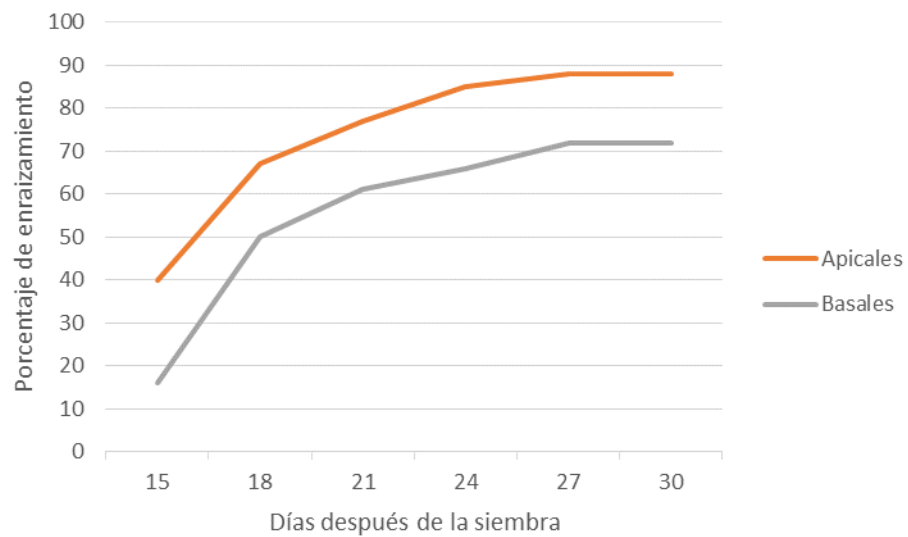


Figura 30 Velocidad y porcentaje de enraizamiento tipos de estacas de eucalipto, clon 161

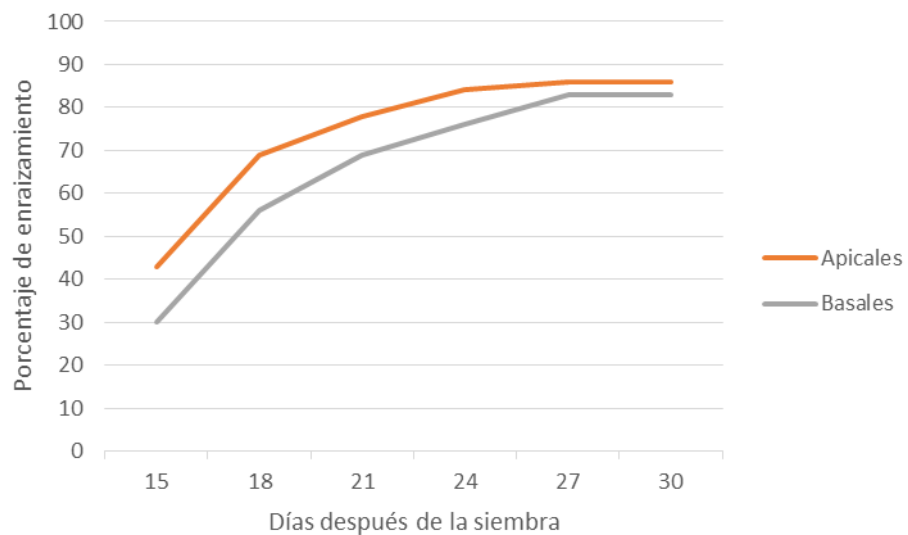


Figura 31 Velocidad y porcentaje de enraizamiento tipos de estacas de eucalipto, clon 240

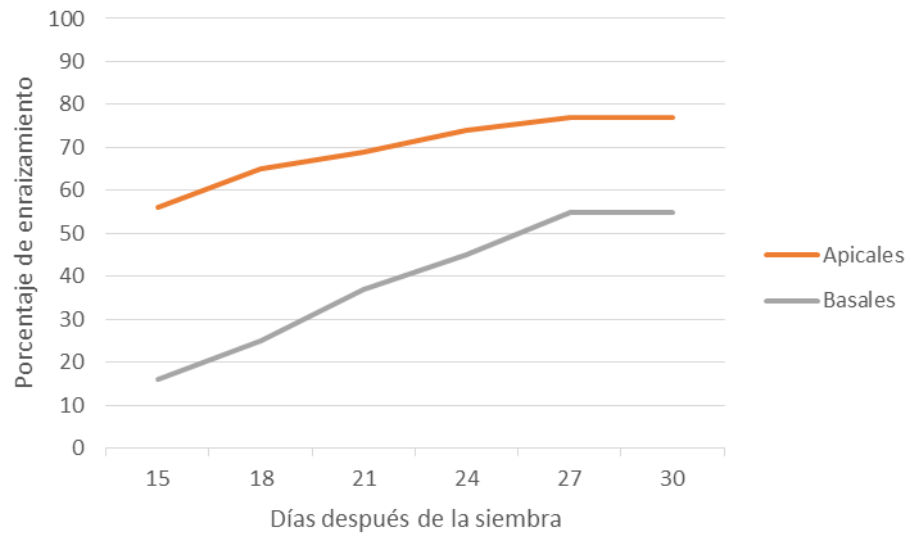


Figura 32 Porcentaje enraizamiento de estacas apicales de tres diferentes clones de eucalipto, medición realizada durante 30 días

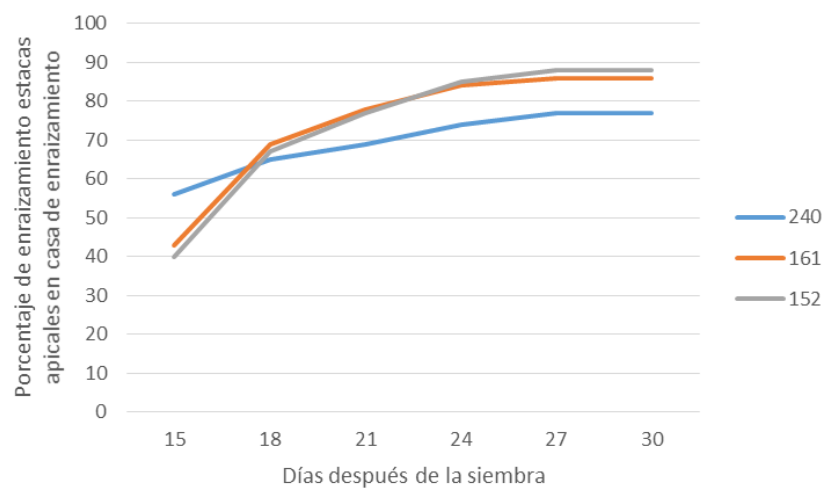
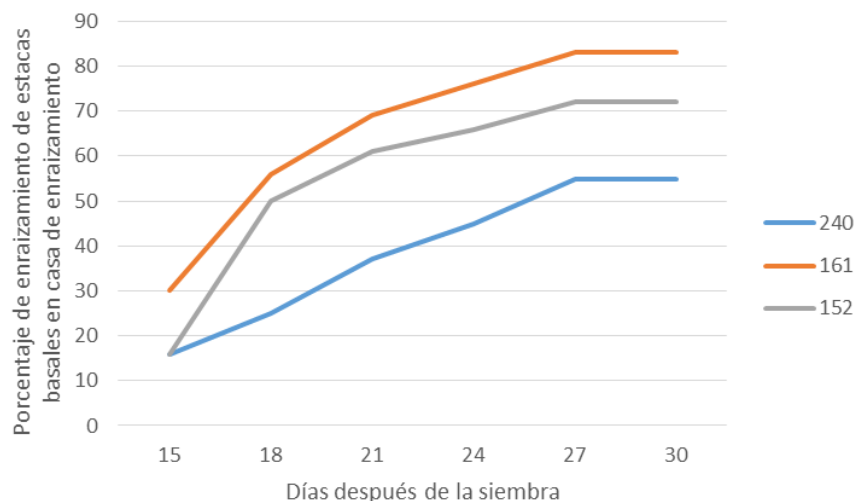


Figura 33 Porcentaje enraizamiento de estacas basales de tres diferentes clones de eucalipto, medición realizada durante 30 días



El clon 152 (figura 29) para el día 15 contaba con el 40% de enraizamiento de estacas apicales, mientras que las estacas basales tenían el 15%. El 50% del material enraizado lo alcanzó el día 16 el tipo de estaca apical y el día 18 el tipo de estaca basal. 30 días después de la siembra las estacas apicales tenían el 88% de enraizamiento y las estacas basales 72%, valor aceptable para la producción de plantas de eucalipto.

Para el clon 161 los porcentajes de enraizamiento alcanzados 15 dds fueron de 42% y 30% para las estacas apicales y basales respectivamente (figura 30). Para el día 30 el porcentaje de enraizamiento para los dos tipos de estaca fue similar, siendo mayor un 2% las estacas apicales.

El enraizamiento de las estacas apicales del clon 240 (figura 31) fue del 56% el día 15, mientras que las estacas basales alcanzaban el 17%.

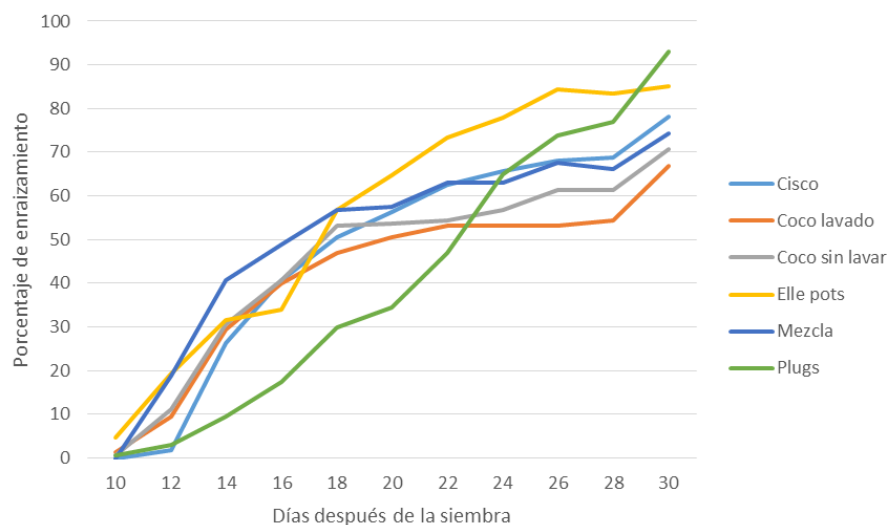
Aunque el clon 240 presento mayor velocidad de enraizamiento para las estacas apicales, el día 15 tenía más del 50% de enraizamiento, al día treinta presentaba

menor porcentaje de enraizamiento que los clones 161 y 152. Estos clones (161 y 152) tuvieron comportamiento similar durante el tiempo de medición (figura 32).

Las estacas basales presentaron porcentajes de enraizamiento entre 55 y 88%, el mayor porcentaje de enraizamiento fue de clon 161 y el menor el 240, el porcentaje del clon 152 estuvo por encima del 70% (figura 33).

6.1.4 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas de *Eucalyptusurophylla* clon 240 en diferentes tipos de sustratos.

Figura 34 Porcentaje y velocidad de enraizamiento de miniestacas sembradas en diferentes tipos de sustratos



En cuanto a la velocidad de enraizamiento (figura 34) el cisco y los ellepots el día 14 contaban con el 20% de miniestacas enraizadas. Si se toma en cuenta el porcentaje adecuado para salir de la casa de enraizamiento que se manejó en la actividad 1, en la que es óptimo un porcentaje igual o superior al 70% de las miniestacas enraizadas, los sustratos que alcanzaron estos porcentajes.

7. CONCLUSIONES

Se presentó alta productividad de las plantas madres con el sistema usado y con los tres tipos de soluciones y concentraciones. Además de buen enraizamiento final (de 80-90%).

Del punto de vista de nutrición de plantas madres una fertilización intensa resulta en mayor productividad de plantas madres y mejor enraizamiento, sin embargo las diferencias entre distintas soluciones y concentraciones fue pequeña.

La aplicación de nitrógeno en la forma de urea aparenta ser poco eficiente en las condiciones calientes de Zambrano y se deberá usar soluciones a base de sales de amonio, la producción de miniestacas es definitivamente más alta en plantas madre formadas a plena luz, porcentajes de sombra disminuyen la cantidad de miniestacas que se obtienen por cosecha.

Las plantas madres formadas bajo algún porcentaje de sombra presentan menos producción y puede que estos rebrotes presenten mayor concentración de nutrientes por no presentarse competencia entre ellos. La fertilización en las macetas era la misma pero la producción era menor, por lo tanto la concentración

de nutrientes en las hojas de sombra pudo haber sido mayor. Esto mostró tener un buen efecto en el enraizamiento. Sin embargo, las diferencias de enraizamiento no van a compensar la menor productividad del minijardín en situaciones de sombra.

El clon 300 presentó mayor variabilidad en su enraizamiento debido tal vez a que las características de las miniestacas cosechadas no eran las apropiadas para ser utilizadas, ya que las plantas madre manejadas para este grupo eran podadas una vez por semana y se necesita quizás periodos de tiempo más largos para la formación de las miniestacas.

Tener nociones sobre el tiempo adecuado de permanencia dentro de la casa de vegetación es vital para la planificación de la producción de miniestacas de eucalipto, al contar con esta información se pueden calcular las cantidades de material y se puede hacer un uso óptimo del espacio y del recurso hídrico. Para los tres clones las estacas con mejor comportamiento fueron las estacas apicales. Aunque las estacas nodales funcionan, lo más adecuado es la utilización de las estacas apicales, presentan mayores porcentajes de enraizamiento y con adecuado manejo nutricional y silvicultural, la calidad de material obtenido de las plantas madre brindara plantas con mejores características para ser llevadas a campo.

8. RECOMENDACIONES

Dejar mucho tiempo entre la realización de las podas puede llegar a provocar el daño en los puntos de brotación y por ende de la planta madre.

En general el enraizamiento de las miniestacas en los diferentes sustratos fue similar, aunque el desarrollo de las plantas es mejor en cisco, mezcla y coco. Las ventajas que presentan la mezcla y el coco respecto al cisco es que son materiales inertes, mientras que el cisco contiene gran cantidad de patógenos y es preciso desarrollar procesos más largos para su preparación por esta razón se recomienda utilizar la primer mezcla mencionada.

Aunque el porcentaje de enraizamiento utilizando ellepots fue alto, el desarrollo de las plantas fue lento, las plantas eran poco vigorosas debido tal vez a que un sustrato que mantiene gran cantidad de humedad. Es recomendable realizar un ensayo utilizando este sustrato con otro régimen de riego permitiría conocer el verdadero potencial de este elemento.

Para la siembra de las miniestacas en todos los casos se utilizó ácido indol butírico para acelerar el enraizamiento, pero esto ya no es necesario, pues por la

conformación de las plantas madre y su óptimo estado nutricional hace que los propágulos obtenidos de ellas presenten mayor potencial rizogénico.

Dejar todos los clones dentro de la casa de enraizamiento durante treinta días hace que el material se elongue, se tuerza, pierda calidad y este expuesto a hongos y enfermedades

BIBLIOGRAFIA

ALFENAS, A. C., VALVERDE, E. A., GONCALVES M, R. Clonagem e Doencas do Eucalipto. En: Viscosa UVF. Mayo, 2006. Vol. 2, no. 120, p. 84-96.

ASSIS, T. F., FETT-NETO, A. G., & ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on Eucalyptus. En: Research Signpost. Junio, 2001. Vol. 1, no. 13, p. 18-93.

BOUILLET, J.-P., LACLAU, J.-P., ARNAUD, M., M'Bou, A. T., SAINT-ANDRÉ, L. Changes with age in the spatial distribution of roots. Chicago: Forest Ecology and Management, 2002. 205 p.

BRONDAN, G. E., WENDLING, I., GROSSI, F., DUTRA, L. F., & ARAUJO, M. A. Sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. En: Ciência Florestal. Septiembre, 2012. Vol. 3, no. 15, p. 20-76.

CARON, B. O., SCHMIDT, D., MANFRON, P. A., BEHLING, A., ELOY, E., & BUSANELLO, C. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *ilexparaguariensis* a. st.hil. cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. En: Ciência Florestal. Julio, 2014. Vol. 4 no. 13, p. 54-36.

CARRASCO, G., RAMÍREZ, P., & VOGEL., H. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. México D.F.: IDESIA. 2005. 50 p.

CASO, O. H. Juventud, rejuvenecimiento y propagación vegetativa de las especies leñosas. En: Agriscientia. Agosto, 2008. vol 9, no. 20, 29-54 p.

FERREIRA, E. M., ALFENAS, A. C., MAFIA, R. G., LEITE, H. G., SARTORIO, R. C., & FILHO, R. M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de eucalyptusspp. r. árvore. En: Ciência Florestal. Febrero, 2004. Vol. 1, no. 11, p. 33-56.

GARCÍA, M. D. Control y mejora de la calidad del proceso. Medellín: Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2004. 189 p.

GRACIANO, C., GUIAME´t, J. J., & GOYA, J. F. Impact of nitrogen and phosphorus fertilization on drought responses in *Eucalyptus grandis* seedlings. responses in *Eucalyptus grandis* seedlings. Nueva Zelanda: Forest VFT, 2005. 220 p.

GRESPLAN, S. L., DIAS, L. E., & NOVAIS, R. F. Crescimento e parâmetros cinéticos de absorção de amônio e nitrato por mudas de eucaliptus spp submetidas a diferentes relações amônio/nitrato na presença e ausência de fósforo. r. bras. ci. En: Floresta Ltda. Abril, 1998. Vol. 7, no. 70, p. 39-120.

GRESPLAN, S. L., DIAS, L. E., & NOVAIS, R. F. crescimento e parâmetros cinéticos de absorção de amônio e nitrato por mudas de eucaliptus spp submetidas a diferentes relações amônio/nitrato na presença e ausência de fósforo. r. bras. ci. Solo. En: Floresta Ltda. Mayo, 2000. Vol. 8, no. 65, p. 56-110.

HIGASHI, E. N., SILVEIRA, R. L., & GONCALVES, A. N. Propagacao vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolucao no Brasil. Piracicaba. circular técnica. Rio de Janeiro: IPEF, 2002. 70 p.

KRAS, S. M., COSTA, R. B., RESENDE, M. D., & Roa, R. A. Vigor juvenil em progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) nativas do estado de Mato Grosso do Sul. En: Ciência Florestal, 2007, Vol 17(1), 55-98 p.

MORI, E. S. Variação. Genética e interação progênies x locais em *Eucalyptus urophylla*. Rio de Janeiro: IPEF, 1998. 70 p.

RODRIGUEZ, J. y NIETO, V. Aplicación de los métodos de estacas e injertos para la propagación vegetativa de *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea*. Bogotá: CONIF, 2002. 50 p.

RODRIGUES Borges, A. X. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. En: R. Árvore. Mayo, 1997. Vol. 35 no. 3, p. 120-230.

SMETHURSTA, P., HOLZ, G. Nitrogen management in *Eucalyptus nitens* plantations. Brasília: Forest Ecology and Management, 2004. 193 p.

SODRÉ, G. A. Substratos e estaquia na produção de mudas de cacaueiro jaboticabal. São paulo: Universidade Estadual Paulista, 2007. 80 p.

TITON, M., XAVIER, A., & OTONI, W. C. Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *eucalyptus grandis*. En: R. Árvore. Abril, 2004. Vol. 26 no. 6, p. 87-94.

WENDLING, I., & XAVIER, A. gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. En: Floresta e Ambiente. Junio, 2001, Vol. 8 no. 1, p. 23-45.

WENDLING, I., BRONDANI, G. E., & DUTRA, L. F. Mini-cuttings technique: a new ex vitro method for clonal propagation of sweetgum. Chicago: New Forests, 2007. 70 p.

ANEXOS

Anexo A. Disposición de los clones dentro de las réplicas y bandejas

280	M14-5	M14-5	161	152	240	M14-5	240
3		7		5		12	
201-B	300	201-B	152	234	280	300	M14-5
14		8		15		16	
161	300	161	201-B	240	234	234	201-B
4		9		2		1	
152	234	240	161	300	280	280	152
11		10		6		13	

273	261	UGRESS	261	229	285	229	261
3		7		5		12	
301	222	301	285	230	273	261	222
14		8		5		16	
UGRESS	222	UGRESS	301	230	229	230	301
4		9		2		1	
285	230	229	UGRESS	273	222	285	273
11		10		6		13	

227	220	224	216	221	171	269	226
3		7		5		12	
171	224	216	227	269	221	226	220
14		8		15		16	
269	171	220	221	226	216	227	224
4		9		2		1	
269	216	227	226	220	171	224	221
11		10		6		13	

- a. Grupo número 1 de clones (clones con mediciones de biomasa)
- b. Grupo número 2 de clones
- c. Grupo número 3 de clones

Anexo B. Disposición de las bandejas de los ensayos de porcentaje y velocidad de enraizamiento de *Eucalyptusurophylla* en seis sustratos diferentes y tipos de miniestacas dentro de la casa de enraizamiento.

ENTRADA TUNEL					
ELLEPOT	CISCO	COCO SIN LAVAR	MEZCLA	COCO LAVADO	PLUGS
MEZCLA	COCO SIN LAVAR	PLUGS	ELLEPOT	CISCO	COCO LAVADO
COCO LAVADO	PLUGS	CISCO	COCO SIN LAVAR	MEZCLA	ELLEPOT
CISCO	MEZCLA	ELLEPOT	COCO SIN LAVAR	PLUGS	COCO LAVADO

Entrada a la casa de vegetación					
N	A	N	A	N	A
152 R4		161 R5		240 R4	
A	N	A	N	A	N
161 R1		240 R5		152 R5	
N	A	N	A	N	A
240 R2		152 R2		161 R2	
A	N	A	N	A	N
152 R3		161 R3		240 R3	
N	A	N	A	N	A
161 R4		240 R1		152 R1	

Anexo C. Disposición de las plantas madre bajo las diferentes cantidades de sombra

65% de sombra	80% de sombra	expuesto al sol
111 121 131	231 211 221	331 321 311
122 132 112	212 232 222	312 322 332
133 123 113	213 223 233	333 313 323
114 134 124	224 214 234	334 324 314

El primer número corresponde a la cantidad de sombra

1. 65% sombra
2. 80% sombra
3. 0% sombra

El segundo nombre corresponde al clon

1. 226 *E. brassianaxtereticornis*
2. 280 *E. urophylla*
3. 221 *E grandis x camaldulensis*

El tercer número indica el número de la réplica.

Anexo D. Disposición de las plantas madre en el ensayo de nutrición



El primer número indica la solución

El segundo número indica la concentración de nutrientes:

1. 100%
2. 75%
3. 50%

El tercer número corresponde al número de la replica.

PROTOCOLO PARA COSECHA DE MINIESTACAS

Objeto

Aplicación de la técnica de miniestacas para el desarrollo de plantas.

Alcance

Este procedimiento aplica para las plantas madre establecidas en el minijardín clonal.

Recolección de material

- a) Verificar limpieza de los elementos utilizados para la cosecha
 - ✓ Tijeras para cosechar miniestacas libres de desechos orgánicos de cosechas anteriores y sin presencia de óxido.
 - ✓ Recipientes con alcohol, soluciones cloradas o fungicidas para la desinfección de las tijeras.
 - ✓ Recipientes plásticos con agua limpia para depósito de material en el momento de la corta.
- b) Por las condiciones meteorológicas de Zambrano, la cosecha se debe realizar en horas de la madrugada (3 am a 6 am) para evitar la deshidratación del material.
- c) Cosechar miniestacas de 5 a 7 cm de longitud, que posean como mínimo dos pares de hojas maduras.
- d) Una vez cortadas las miniestacas deben ser mantenidas en un recipiente con agua limpia y fresca.
- e) Cosechar por un máximo de diez minutos y llevar el material a la zona de siembra.
- f) Para la siembra se utilizarán tubetes de polipropileno de 90cc en bandejas de 40 alveolos, utilizando como sustrato una mezcla compuesta de corteza de pino compostada, turba canadiense y vermiculita (1:2:1), el sustrato debe estar debidamente hidratado.
- g) El área foliar de las miniestacas será reducida a la mitad, y serán puestas en espuma fenólica mientras se prepara todo el material. Mientras se desarrolla este proceso el material será atomizado constantemente con agua fresca.
- h) Antes de sembrar las miniestacas se debe realizar el ahoyado en el sustrato, con la ayuda de un alambre.
- i) Ubicar las miniestacas dentro del sustrato de modo tal que queden completamente verticales. La correcta posición de siembra será relevante para su desarrollo.

- j) Se recomienda la cosecha de miniestacas dos veces por semana o una vez por semana dependiendo el clon.

El enraizamiento se debe realizar en casa de enraizamiento, con temperatura no superior a 40°C y con

PROTOCOLO PARA MANEJO DE CASA DE ENRAIZAMIENTO

Objeto

Manejo de condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa y luminosidad) dentro de la casa de vegetación.

Alcance

Este procedimiento aplica para la casa de vegetación

Definiciones

- Casa de Vegetación: Invernadero
- Cortinas: Aberturas laterales a lo largo del túnel que descienden o ascienden por el uso de sistemas automatizados.
- Ventanas: Aberturas que se encuentran en las “tapas” del invernadero que descienden o ascienden por el uso de sistemas automatizados.
- Nebulización: Tipo de riego de gota fina que es utilizado para disminuir la temperatura y mantener alta la humedad relativa.
- Aspersor: Boquilla ubicada en el sistema de riego por la cual es vaciada el agua.
- Telasombra: Tela ubicada sobre el riego que puede ser corrida para generar sombra en las horas de alta irradiación.
- Termohigrómetro: Equipo utilizado para la medición de la temperatura y la humedad relativa.

Condiciones generales

- El riego debe iniciar su funcionamiento a las 6:30 am y debe apagarse a las 4:00 pm.

- En días nublados y poco calurosos, cuando no sea necesaria una alta frecuencia de riego esta debe modificarse manualmente para evitar excesos que puedan incrementar la aparición de enfermedades.
- Diariamente deben ser monitoreadas las condiciones climáticas.

Ventanas, cortinas y telasombra

- Al iniciar el día las cortinas y ventanas deben encontrarse cerradas y la telasombra abierta.
- Se inicia el registro de datos de clima (humedad y temperatura) a las 7:00 am.
- De acuerdo a las condiciones dominantes en el día, hacia las 9:00 am se debe iniciar la apertura de ventanas y cortinas. Este procedimiento se realiza en tres pasos cada 20 minutos, en cada paso se abre un tercio ($1/3$) del total de la apertura de las cortinas y ventanas. A las 10:00 am estas ya deben estar totalmente abiertas.
- Dependiendo de la hora en la cual se presenta incidencia de luz directa sobre las estacas, la tela sombra debe cerrarse. Este procedimiento se realiza alrededor de las 10:00 am.
- En la tarde, hacia las 2:30 a 3:00 pm, cuando la temperatura comienza a descender, se realiza el procedimiento inverso, las ventanas son cerradas y la tela sombra es abierta. Se debe realizar el procedimiento de manera paulatina igual que en la mañana.

Riego

- El riego debe estar previamente programado al iniciar el día. Para días calurosos la programación se realizará con intervalos cercanos y riegos cortos, eje: Intervalos de 2 minutos, duración de los riegos 10 segundos. En días nublados se amplía el intervalo, debido a que la evaporación es menor,

por lo cual el rocío sobre las hojas permanece mayor tiempo, eje: Intervalos de 2 minutos, duración de los riegos 6 segundos.

- Cada hora, cuando se realice el registro de condiciones climáticas, se debe realizar una breve inspección del material vegetal, en búsqueda de zonas secas que indiquen aspersores tapados. En caso de encontrarse una zona seca los aspersores sobre esta deben ser revisados, y en caso de taponamientos deben cambiarse.