

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

IMPACTO DEL LABOREO CON SUBSOLADO Y EXCÉNTRICA EN LAS
CARACTERÍSTICAS DE SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO *DE E. grandis Hill*
ex Maiden EN SUELOS DEL GRUPO CONEAT 9.1

por

Andrés BREGANTI MÁRQUEZ
Fernando TORTOSA RUBI

TESIS presentada como uno
de los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2014

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Rafael Escudero

Ing. Agr. Carmelo Centurión

Ing. Agr. Luis Gallo

Fecha: 10 de octubre de 2014

Autor: -----
Andrés Breganti Márquez

Fernando Tortosa Rubi

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, que nos formó como profesionales, a nuestros directores y tutores Ing. Agr. Rafael Escudero y Ing. Agr. Luis Gallo, por la dirección de esta tesis, al Ing. Agr. Carmelo Centurión por el tiempo brindado y los conocimientos transmitidos durante la elaboración de este trabajo. A la empresa UPM - FO, que facilitó el sitio experimental y brindó facilidades para llevar adelante la investigación.

También se agradece por su colaboración al Ing. Agr. Mauricio Quiroga, por su aporte en el análisis estadístico de los datos.

A la familia principalmente y todas aquellas personas que de alguna manera u otra, han hecho posible llegar al final de esta etapa.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. CARACTERIZACIÓN DEL GÉNERO <i>EUCALYPTUS</i>	3
2.1.1. <u>Distribución natural</u>	3
2.1.2. <u>Distribución en nuestro país</u>	3
2.1.3. <u>Requerimientos</u>	3
2.1.4. <u>Características morfológicas del <i>E. grandis</i></u>	3
2.2. MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL.....	4
2.3. PRODUCCIÓN DE <i>EUCALYPTUS</i> EN EL PAÍS.....	4
2.3.1. <u>Producción por semilla</u>	4
2.3.2. <u>Propagación vegetativa</u>	4
2.4. CALIDAD DE LOS PLANTINES	5
2.4.1. <u>Conceptos de buena calidad</u>	5
2.4.1.1. Parámetros morfológicos.....	6
2.4.1.2. Parámetros fisiológicos	6
2.4.1.3. Estado sanitario	7

2.5. PREPARACIÓN DEL SITIO	7
2.5.1. <u>Preparación de suelos para plantar <i>Eucalyptus</i></u>	8
2.5.2. <u>Control de maleza</u>	9
2.5.3. <u>Control de hormiga</u>	10
2.5.4. <u>Fertilización</u>	11
2.5.4.1. Fertilización mecanizada.....	11
2.5.4.2. Fertilización manual.....	12
2.6. LABOREOS.....	12
2.6.1. <u>Subsolado</u>	14
2.6.2. <u>Excéntrica</u>	15
2.6.3. <u>Impacto del laboreo en el suelo</u>	15
2.6.3.1. Transformación del horizonte.....	16
2.6.3.2. Erosión.....	16
2.6.3.3. Impacto en la filtración del agua.....	17
2.7. PLANTACIÓN.....	17
2.7.1. <u>Plantación manual</u>	18
2.7.2. <u>Plantación mecánica</u>	18
2.8. CRECIMIENTO.....	19
2.8.1. <u>Crecimiento estándar en el territorio</u>	19
2.8.2. <u>Crecimientos vegetativo según laboreos</u>	20
2.8.3. <u>Crecimiento radicular según laboreo</u>	21
2.9. CONCEPTOS DASOMÉTRICOS.....	23

2.9.1. <u>Factor forma</u>	24
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	25
3.1. LOCALIZACIÓN.....	25
3.2. RECURSOS NATURALES	25
3.2.1. <u>Geología</u>	25
3.2.2. <u>Suelos</u>	27
3.2.2.1. Regiones de suelos.....	27
3.2.2.2. Suelos 9.1.....	27
3.2.2.3. Suelos litosoles.....	28
3.2.3. <u>Caracterización climática</u>	29
3.2.3.1. Temperatura	29
3.2.3.2. Precipitaciones.....	31
3.2.3.3. Heladas.....	32
3.3. <u>INSTALACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL</u>	33
3.3.1. <u>Instalación</u>	33
3.3.2. <u>Factores a evaluar</u>	34
3.3.3. <u>Diseño experimental</u>	34
3.3.3.1. Diseño de bloques completos al azar.....	35
3.4. <u>METODOLOGÍA</u>	36
3.4.1. <u>Tarea de campo</u>	36
3.4.2. <u>Procesamiento de datos</u>	36
3.4.2.1. Cálculo de variables.....	36

3.4.2.2. Análisis de variables cuantitativas.....	37
3.4.2.3. Análisis de varianza.....	37
3.4.2.4. Procedimiento de Tukey.....	37
3.4.2.5. Análisis de variables cualitativas.....	38
3.4.2.6. Modelo Binomial.....	38
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	39
4.1. VOLUMEN/ HA SEGÚN LABOREO A LOS SIETE MESES.....	39
4.1.1. <u>Distribución de valores volumen / ha a los siete meses</u>	39
4.2. SOBREVIVENCIA A LOS SIETE MESES.....	41
4.3. VOLUMEN /HA A LOS DIECINUEVE MESES.....	42
4.3.1. <u>Distribución de valores volumen / ha a los diecinueve meses</u>	42
4.4. SOBREVIVENCIA A LOS DIECINUEVE MESES.....	44
4.5. RELACIÓN ENTRE MEDICIONES REALIZADAS.....	45
5. <u>CONCLUSIONES</u>	47
6. <u>RESUMEN</u>	48
7. <u>SUMMARY</u>	49
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	50
9. <u>ANEXOS</u>	57

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Medias anuales de precipitación.....	32
2. Descripción de los tratamientos.....	34
3. Distribución de valores (m ³ / ha) obtenidos según laboreo.....	39
4. Resultado ANAVA.....	39
5. Supervivencia (%) según laboreos.....	41
6. Resultados regresión logística para supervivencia	41
7. Distribución de valores (m ³ / ha) obtenidos según laboreos.....	42
8. Resultados ANAVA	42
9. Supervivencia (%) a los diecinueve meses según laboreo.....	44
10. Análisis de ANAVA para volumen/hectárea.....	45
Figura No.	
1. Ubicación del ensayo.....	25
2. Caracterización del régimen térmico de la zona.....	29
3. Promedios anuales de temperatura de la zona.....	30
4. Temperaturas medias mensuales 2011-2012.....	30
5. Precipitaciones medias mensuales.....	31
6. Ocurrencia de heladas (1980-2009)	32

7. Localización.....	33
8. Croquis del ensayo.....	34
9. Volumen promedio e intervalo de confianza (95%)(m ³ /h).....	40
10. Volumen promedio e intervalo de confianza (95%) (m ³ /h).....	43
11. Volumen/hectárea según laboreo y año.....	45

1. INTRODUCCIÓN

En el Uruguay el sector forestal ha presentado un gran desarrollo en los últimos treinta años, la mayor expansión ha sido impulsada a partir de la creación de la segunda Ley forestal No 15939 del 28 de diciembre de 1987. Los objetivos de esta ley fueron ordenar y dar marco legal al crecimiento de la forestación; desde sus inicios a la actualidad ha hecho al rubro uno de los principales en el país, promoviendo el aumento del área plantada así como la instalación de plantas industriales (URUGUAY. MGAP. DGF, 2012).

En la actualidad la superficie forestada en el Uruguay es de 1.545.053 ha, la cual está constituida por monte nativo, alcanzando una superficie de 849.960 ha, y por montes implantados artificialmente comprendiendo 695.093 ha. El género *Eucalyptus* ocupa 523.864 ha, de las cuales la especie *E. grandis* cubre una superficie de 247.499 ha fundamentalmente en los departamentos de Río Negro, Rivera y Paysandú con un área de 139.892 ha (URUGUAY. MGAP. DGF, 2012).

Debido al creciente aumento de la superficie forestada y al mayor aprovechamiento de la tierra se ha ido mecanizando gran parte de las actividades de silvicultura que tradicionalmente los operarios realizaban de forma manual o semi-mecanizada, como por ejemplo preparación de suelos, plantación, etc. Tradicionalmente se laboreaba toda la superficie donde se iba a implantar el *Eucalyptus* pero en los últimos años, ante la necesidad de reducir costos y disminuir la erosión, es cada vez más utilizada la preparación del terreno en la banda de plantación (Larocca et al., 2004).

Según García et al. (2000), el mejor tratamiento sería la combinación del subsolado y el surcado formando un camellón en curvas de nivel, lo cual favorece la remoción del suelo; además aumenta la eficiencia en la captación y conservación de la humedad del suelo y la disminución de vegetación competidora.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el impacto del laboreo con subsolado y excéntrica en las características de crecimiento y sobrevivencia de *E. grandis* en suelos del grupo CONEAT 9.1.

El laboreo se realizó con subsolado a una profundidad de 50 cm y a 70 cm y con excéntrica a una profundidad de 10 a 15 cm y de 25 a 30 cm.

Para evaluar el crecimiento se calculó el volumen por hectárea en dos momentos, en primer instancia a los siete meses de edad (18/06/2012), y en segunda instancia a los diecinueve meses de edad (17/06/2013), en donde se registraron la altura y el diámetro de cada individuo.

Para la sobrevivencia se cuantificó el número de árboles vivos y muertos en ambas instancias de medición.

Luego se relacionó los datos de las mediciones (2012 y 2013), para poder observar las tendencias en el tiempo de las características sobrevivencia y crecimiento de los diferentes tratamientos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERIZACIÓN DEL GÉNERO *EUCALYPTUS*

El género *Eucalyptus* cuenta con unos 600 taxones específicos y subespecíficos originarios de Australia e islas vecinas. En este continente australiano la distribución de las especies está directamente relacionada con las diferentes situaciones ecológicas, determinadas fundamentalmente por las condiciones climáticas y tipos de suelos (Brussa, 1994).

2.1.1. Distribución natural

La especie *E. grandis* naturalmente se localiza en el este del continente australiano, en áreas disyuntas de la región norte y centro, costero (Sur) y continental (Norte). Presenta altitudes desde el nivel del mar hasta los 1100 m, clima templado (Sur) hasta tropical (Norte) con un promedio de temperaturas máximas de 24-30 ° C (Sur) y 29-32 ° C (Norte), mínimas 3-8 ° C (Sur) a 10-17° C (Norte) con heladas escasas, húmedo con precipitaciones estivales con una media anual de 1000 a 3500 mm (Hall y Marryat, citados por Brussa, 1994).

2.1.2. Distribución en nuestro país

Esta especie ha mostrado una buena adaptación a las zonas del norte y litoral este del país, las cuales presentan condiciones climáticas similares al área de distribución natural (1100 mm de precipitación anuales y temperatura media de 22° C). Sin embargo su crecimiento en el Sur no es bueno porque no toleran excesivas heladas, que afectan principalmente a las plántulas jóvenes (Nelly et al., citados por Brussa, 1994).

2.1.3. Requerimientos

Prefiere suelos con buena capacidad de retención de agua, profundos, de texturas limosas, bien drenados (Chippendale y Johnston, citados por Brussa, 1994).

2.1.4. Características morfológicas del *E. grandis*

Es un árbol de tronco recto, el cual presenta muy buen desrame natural, su follaje es de textura media a gruesa. Presenta corteza caduca en largas fajas, donde la porción basal es escamosa y persistente (1 a 3 m altura). Las hojas juveniles son alternas, pecioladas (1-2 cm) y ovals (6-12 x 5 cm) con base redonda. Sus hojas adultas son alternas, pecioladas (2-2.8 cm), lanceoladas (10-18 x 2-3.5 cm), base cuneada y nervaduras secundarias transversales. Ambas son discoloras y presentan ápice agudo y acuminado. Sus flores (7-11) se encuentran agrupadas en inflorescencias simples,

axilares, sobre pedúnculos achatados (0,8-1,5 cm), los frutos son piriformes (5-1.1 x 0.4-0.9 cm), éstos se encuentran contraídos en el orificio y parcialmente en la zona central, pedicelos cortos, disco plano, incluso, presenta valvas (4-5-6) levemente exsertas y ápices convergentes (Brussa, 1994).

2.2. MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL

El Mejoramiento Genético Forestal (MGF) consiste en el desarrollo de poblaciones (poblaciones mejoradas) o individuos (individuos mejorados) genéticamente superiores, a partir de poblaciones amplias y diversas (poblaciones base) de especies forestales y su uso operacional como semillas, a partir de poblaciones de producción o clones mediante multiplicación agámica (Marcó, 2005).

2.3. PRODUCCIÓN DE *EUCALYPTUS* EN NUESTRO PAÍS

2.3.1. Producción por semilla

Las semillas de *Eucalyptus* están clasificadas entre las semillas arbóreas pequeñas a muy pequeñas. Tienen pocas reservas nutritivas de las que depender durante las fases críticas iniciales posteriores a la germinación. Por este motivo, raramente se siembran al voleo en la repoblación intensiva, si bien en los bosques nativos de *Eucalyptus* de Australia se pueden sembrar, lanzadas desde aviones o helicópteros, semillas encapsuladas para complementar la regeneración natural. Para las plantaciones de producción, las plántulas se crían mejor en viveros bien protegidos y organizados (FAO, 1981).

En los viveros, los *Eucalyptus* pueden sembrarse en bandejas y las plantitas apenas germinadas repicarse en recipientes, en los cuales se llevarán al terreno, pero pueden ser sembradas directamente en los recipientes (p.ej., tiestos de barro, tubos de polietileno, envases de turba, etc.), o, en fin, pueden sembrarse en hileras en almácigas cuidadosamente preparadas y luego sometidas a podas de raíces antes de plantarlas a raíz desnuda. Indudablemente, el método más común es el de criar las plantas en recipientes individuales, de formas diversas (FAO, 1981).

2.3.2. Propagación vegetativa

La propagación vegetativa es una forma de reproducción en la cual no ocurre fecundación. Es un método de reproducción asexual que consiste en la propagación a partir de partes vegetativas bien diferenciadas (FAO, 1980).

El árbol donador de la estaca o sea aquel del cual se han obtenido los propágulos vegetativos, se denomina orteto. Los propágulos individuales de un orteto, o de otros

propágulos del mismo, se conocen como rametos. La totalidad de los propágulos que se originan de un orteto se conoce en conjunto como un clon (Zobel y Talbert, 1994).

Un clon se define como un grupo de individuos genéticamente idénticos que derivan de un solo individuo mediante propagación asexual. Según la teoría de Totipotencia celular todas las especies vegetales podrían clonarse si les ofrecemos las condiciones adecuadas (INIA, 2003).

2.4. CALIDAD DE LOS PLANTINES

El establecimiento exitoso de la plantación es el principal objetivo de un proyecto de inversión forestal y depende de muchos factores, entre ellos la calidad de los plantines (López y Gelid, citados por García, 2007).

Por consiguiente, debido a que la calidad de los plantines está relacionada directamente con la calidad de la plantación en el momento de la cosecha final, los proyectos forestales, inversiones de largo plazo, justifican gastos mayores en la producción o adquisición de plantines de buena calidad (Leite et al., citados por García, 2007).

2.4.1. Conceptos de buena calidad

Según Ortega et al. (2006), un plantín de calidad es aquel que presenta la capacidad para sobrevivir al estrés ambiental prolongado y producir un crecimiento vigoroso tras su trasplante.

Por otra parte, un plantín de mala calidad, determinaría una disminución en el porcentaje de supervivencia y el crecimiento inicial de las plantas. Por consiguiente, el costo de plantación aumentaría, producto de la ineficiencia en la utilización de los recursos, es decir, mano de obra, traslado, reposición de plantas, entre otros (García, 2007).

En la determinación de la calidad de los plantines listos para plantación, se utilizan parámetros que se basan en aspectos fenotípicos, denominados morfológicos, y en aspectos internos de los plantines, denominados fisiológicos (Gomes et al., citados por García, 2007). Tanto la calidad morfológica como la fisiológica dependen de la carga genética y procedencia de las semillas, de las condiciones ambientales y de los métodos y técnicas de producción y, por último, de las estructuras y equipamientos utilizados en su producción (Parviainen, citado por García, 2007).

2.4.1.1. Parámetros morfológicos

Los parámetros morfológicos son determinados visualmente o de manera física, éstos son los más utilizados por los viveros y pueden ser un factor de predicción para el futuro comportamiento en plantación (Coppola et al., 2000).

La altura del plantín es el criterio más usado de todos los parámetros, según encuestas realizadas en viveros forestales (García, 2007).

El diámetro de cuello es el mejor predictor individual del crecimiento y supervivencia en plantación, según ensayos a campo realizados por Thompson, citado por García (2007), donde se evaluó la correlación entre parámetros y comportamiento a campo de plantines.

La raíz y su morfología son características significativas que se deben tener en cuenta, ya que posibles anomalías en este órgano afectarán el desarrollo posterior de la planta en el campo y por consiguiente causarán posibles enfermedades, las cuales podrían impedir la normal absorción de agua y nutrientes, provocando un desequilibrio raíz/parte aérea. Esto vuelve a las plantas más vulnerables a los efectos de la competencia, los cambios de temperatura y disponibilidad de agua, presentando por lo tanto un menor crecimiento e incluso muerte por estrangulamiento de las raíces o volteo por acción del viento (Alfenas et al., citados por García, 2007).

El peso de los plantines es otro parámetro importante, por lo que se debe tener en cuenta los pesos de la parte aérea, radicular y total, así como el porcentaje de raíces. De esta manera, el mayor peso de la parte aérea en relación al peso radicular puede significar un mayor desempeño en plantación (Coppola et al., 2000).

2.4.1.2. Parámetros fisiológicos

Son parámetros cuyas mediciones son puntuales y corresponde al estado de la planta en un momento determinado. Para evaluar la aptitud de un lote de plantas deben medirse varios parámetros fisiológicos, ya que no se cuenta con experiencia suficiente para decir que uno solo de ellos sea decisivo, debido a la gran variabilidad existente. El estado hídrico, nivel nutricional, carbohidratos de reservas, resistencia al frío entre otros, son algunos de los principales parámetros utilizados (García, 2007).

El estado hídrico, es un parámetro muy importante dado que el agua es un factor ambiental que afecta la fisiología, la germinación, tamaño de la planta y relación parte aérea/raíz durante su cultivo (Coppola et al., 2000).

El estado nutricional y un adecuado balance de nutrientes es fundamental para la producción y mantenimiento de plantas de calidad. Una inadecuada fertilización puede ocasionar estrés nutricional, reducir el crecimiento y si es prolongada puede afectar la morfología de la planta (INIFAP, citado por Coppola et al., 2000).

Los carbohidratos son productos derivados de la fotosíntesis, donde la sacarosa y el almidón son los más importantes para evaluar la calidad del plantín, cuando éstos son llevados al sitio de la plantación no pueden realizar la fotosíntesis durante varias semanas o más tiempo, debido a que se encuentran en un medio diferente al del vivero (Coppola et al., 2000). Durante este tiempo las plantas dependen de sus reservas de carbohidratos, los cuales proporcionan el mantenimiento de la respiración de la planta. Las reservas de las plantas solo pueden formarse en condiciones favorables de alta tasa fotosintética provocada por niveles elevados de luz, así como por necesidades de crecimiento bajas en el vivero (INIFAP, citado por Coppola et al., 2000).

La capacidad de los plantines de resistir heladas a campo depende principalmente del fotoperíodo y temperatura durante su cultivo en vivero, de la humedad y los nutrientes en cuanto a la cantidad, proporción relativa entre ellos y momento de disponibilidad (Glerum, citado por García, 2007). La rusticidad es otro parámetro fisiológico importante, existen estudios que analizan el contenido de antocianinas en tallo, ya que estos pigmentos están relacionados a mecanismos fotoprotectores que aumentan la tolerancia a descensos en la fotosíntesis que se dan inmediatamente en la etapa de plantación. Además contribuyen en la regulación osmótica en condiciones de estrés hídrico (Hoch et al., citados por García, 2007).

2.4.1.3. Estado sanitario

El estado sanitario es utilizado por la mayoría de los viveros como un criterio de clasificación, ya que las plantas que son llevadas a plantación deben de ser excelentes desde el punto de vista sanitario. Los agentes patogénicos (hongos, insectos o bacterias) y malezas son controlados a través de prácticas culturales, biológicas o químicas, básicamente en forma preventiva, a los efectos de disminuir y reducir el inóculo del patógeno, o las condiciones predisponentes para el desarrollo de enfermedades (Coppola et al., 2000).

2.5. PREPARACIÓN DEL SITIO

El objetivo de la preparación del sitio es suministrar a las plantas las mejores condiciones para lograr un buen desarrollo del sistema radicular que optimice el acceso al agua y a los nutrientes, además de brindar un buen anclaje (Larocca et al., 2004).

Una porción importante de la productividad de *E. grandis* se define en la etapa de establecimiento de la plantación. Las técnicas de mayor impacto son la preparación del terreno, el control de malezas y la fertilización. La aplicación adecuada de cada una de ellas incrementa la productividad, mejora la homogeneidad y beneficia la sustentabilidad (Larocca et al., 2004).

2.5.1. Preparación de suelos para plantar *Eucaliptus*

Las técnicas de preparación de suelos empleadas para las plantaciones forestales van desde laboreo de la totalidad del terreno (en las primeras plantaciones realizadas) hasta plantación sin laboreo (Delgado et al., 2006).

Tradicionalmente se laboreaba toda la superficie donde se iba a implantar el *Eucalyptus* pero en los últimos años, ante la necesidad de reducir costos y disminuir la erosión, es cada vez más utilizada la preparación del terreno en la banda de plantación (Larocca et al., 2004).

Se realiza una remoción del suelo con la ayuda de maquinaria pesada, la que presenta, sin embargo, ciertas limitantes como la pendiente, la vegetación presente indeseable y los obstáculos naturales del terreno. Es preferible que esta actividad se realice en períodos secos y cuando exista un bajo contenido de humedad en el suelo, lo que permite prevenir procesos como compactación y remoción excesiva (García et al., 2000).

Según García et al. (2000) el mejor tratamiento sería la combinación del subsolado y el surcado formando un camellón en curvas de nivel, lo cual favorece la remoción del suelo, además aumenta la eficiencia en la captación y conservación de la humedad del suelo y la disminución de vegetación competidora.

En el código nacional de buenas prácticas forestales (URUGUAY. MGAP. DGF, 2004) se recomienda efectuar el laboreo de acuerdo a las condiciones topográficas y las características del suelo, evitando generar alteraciones en la superficie del terreno que determinen concentraciones del escurrimiento, encharcamiento o conducción de aguas superficiales no controladas. Las recomendaciones incluyen:

- favorecer la utilización de implementos de labranza vertical.
- limitar el laboreo para la preparación del sitio a la franja de plantación.
- evitar técnicas de laboreo de suelo que involucren grandes movimientos de tierras y/o mezcla de horizontes.
- minimizar o sustituir por métodos alternativos, el laboreo de las entre filas para el control de malezas.

2.5.2. Control de maleza

Las raíces del *Eucalyptus* recién implantado y de las “malezas” se concentran en el suelo superficial donde es más alta la disponibilidad de nutrientes (en particular N y P). Los *Eucalyptus* compiten débilmente en los primeros meses, por lo que otras plantas más agresivas logran una ocupación rápida del sitio consumiendo agua y nutrientes, interceptando luz y ocupando espacio; de este modo se ve afectado el crecimiento y la homogeneidad (Larocca et al., 2004).

El control de malezas es una de las actividades de mantención más importante para una plantación, desde el establecimiento hasta el cierre de las copas; la presencia de malezas puede causar desde un retraso importante en su crecimiento hasta la pérdida total de las plantas. La cubierta de malezas presente, en términos de densidad y tipo, depende de las características propias del área, pero además de las actividades realizadas durante el establecimiento de la plantación (Sotomayor et al., 2002).

García et al. (2000) hace referencia al control de maleza como la práctica donde se elimina todo aquel tipo de vegetación herbácea o arbustiva que pueda ser competitiva con la especie que se está plantando. Siendo este tratamiento el más simple e importante en el establecimiento de especies de rápido crecimiento afectando la sobrevivencia y crecimiento en altura y diámetro de la planta.

El control de maleza se realizaba en forma manual o mecánica y solo se cortaba la parte aérea de las malezas, dejando el sistema radicular intacto, el cual reaccionaba rápidamente reanudándose la competencia en un período de tiempo relativamente corto.

Debido a estas limitantes el empleo de los herbicidas para controlar malezas en el sector forestal ha tenido un gran auge (INFOR, 2003).

El alto costo que significa el uso de maquinaria, el continuo rebrote de numerosas malezas perennes y la dificultad de estas labores en terrenos con pendiente, ha producido un desplazamiento de estos sistemas por el control químico, el cual tiene como principal ventaja, además de la rapidez, la mejor relación costo-efectividad. El uso de herbicidas ha desplazado rápidamente al resto de los sistemas, ya que su versatilidad le permite adecuarse a diferentes situaciones y a diferentes problemas de malezas y casi siempre a un menor costo efectivo (INFOR, 2006).

Entre los herbicidas, se distinguen el pre emergente, que se aplica antes de la plantación y emergencia de las malezas y los de post emergencia que se aplican después de la emergencia de las malezas (INFOR, 2006).

Los herbicidas postemergentes como el glifosato son absorbidos por el follaje, son sistémicos, sin residualidad y es un producto no selectivo en donde se requiere proteger a la planta (García et al., 2000).

Los preemergentes son productos que actúan sobre gramíneas anuales y hoja ancha anual, son absorbidos por la raíz, es sistémico, con una acción de residualidad que varía entre 30 y 90 días. En general son selectivos y no requiere proteger la planta (García et al., 2000).

En Uruguay, actualmente el control de malezas se realiza con herbicidas preemergentes en el surco de plantación en preplantación o en el período inmediato a la plantación de los árboles. Los herbicidas preemergentes, son ampliamente utilizados, y se busca un amplio período de residualidad en el control, alta selectividad en la especie cultivada y un amplio espectro de control para las malezas más frecuentes (Villalba et al., 2010).

Luego de instalada la plantación, el herbicida más usado es glifosato, en aplicaciones dirigidas, su uso implica el uso de pantalla protectora, boquillas antideriva y la realización de la aplicación en condiciones de ausencia de viento (Dalla Tea y Larocca, citados por Villalba, 2013).

2.5.3. Control de hormigas

Dentro de los organismos comúnmente asociados a las plantaciones de *Eucalyptus* en Uruguay, se encuentran las Hormigas cortadoras existiendo 11 especies de *Acromyrmex* y 2 especies de *Atta* (Bollazzi, 2012).

Es considerada una de las peores plagas del *Eucalyptus* en los primeros años de la plantación y está catalogada en América como la quinta plaga en orden de importancia económica. La acción del insecto se basa en el corte de fragmentos de hojas y brotes de los árboles, lo cual provoca el retraso del crecimiento y produce malformaciones de la planta al cortar el meristemo apical. Cuando su ataque es permanente causa defoliaciones sucesivas y el árbol muere (Hernández et al., 2006).

Según Pérez (2009) los controles que se pueden realizar son:

- control mecánico, es una manera de eliminar a los hormigueros, consiste en la remoción mecánica del material de los nidos, seguido de la eliminación de la reina.
- control químico, basado en la utilización de productos químicos para la eliminación de las colonias de hormigas, siendo los cebos granulados la mejor opción para el control, dado que pueden ser transportados

fácilmente a todas las zonas del hormiguero, por lo que se requiere de un equipamiento mínimo y de normas sencillas de aplicación. El cebo a base de sulfuramida y fipronil son de los más utilizados y eficientes.

- control biológico, este método consiste en la utilización de los enemigos naturales de las hormigas, que pueden afectarlas a ellas directamente o al hongo que cultivan en su hormiguero.

Según Bollazzi (2012) la estrategia para el control en la zona Litoral y Norte del Uruguay, es realizar un control sistemático con cebo en bordes antes del corte para alcanzar el 80 % de hormigueros, posteriormente se realiza localizado durante la plantación en toda el área para alcanzar el 20 % restante debido a que la mayoría de los nidos se encuentran en un borde de 10 metros. La estrategia para zona Centro y Sierras del Uruguay, es realizar control sistemático con cebo en implantación dado que la densidades de plantación son bajas, por lo tanto el sombreado es menor y la temperatura del suelo más alta, siendo así que los nidos se distribuyen uniformemente entre el centro y el borde de la plantación.

2.5.4. Fertilización

Según Aguerre et al. (1995) el uso de fertilizantes en la plantación de *E. grandis* se recomienda para acelerar el desarrollo inicial de las plantas, dado que el *Eucalyptus* ha demostrado respuestas positivas en crecimiento inicial al agregado de nitrógeno y fósforo, diferencias que incluso pueden mantenerse hasta el momento de corta.

La aplicación de fertilizantes en el momento de plantación se ha difundido en *E. grandis* con el objetivo primario en donde se busca acelerar el crecimiento inicial para lograr un rápida cobertura de suelo; asimismo, la fertilización apunta a mejorar la productividad del sitio incrementando la producción al final de la rotación. A partir de ensayos de fertilizantes, se utilizan en las plantaciones dosis de 80-100 gramos/planta de fosfato diamónico en la plantación de *E. grandis* (Dalla Tea y Larocca, 1998).

Para lograr un rápido aprovechamiento del N y P, se recomienda una fertilización en primavera-verano del primer año o directamente en el momento de plantación (Dalla Tea y Larocca, 1998).

2.5.4.1. Fertilización mecanizada

Las aplicaciones pueden realizarse con máquinas plantadoras provistas de tolvas donde estas tienen un mecanismo que permite aplicar el producto en 2 bandas de 50 cm paralelos a la línea de plantación y a una distancia de 25 cm de la planta (Dalla Tea y Larocca, 1998).

También se puede realizar con un sistema de chorro continuo aplicando altas dosis de fertilizante con una distribución del producto a lo largo de la hilera y en profundidad (Aguerre et al., 1995).

2.5.4.2. Fertilización manual

Se realiza en hoyos o bandas cercanas a las raíces de las plantas. En el caso de efectuarse en hoyos se realiza en uno o varios puntos de aplicación a una distancia de la planta que fluctúa entre 12 a 15 cm. En la aplicación en bandas se realizan dos paralelas entre 12 y 15 cm de la planta o bien en círculo alrededor de la planta a 15 o 20 cm. La profundidad de la aplicación varía entre 5 y 10 cm (García et al., 2000).

El fertilizante puede ser aplicado manualmente en un círculo alrededor de cada planta o en 2-4 orificios equidistantes de la planta 25 cm (Dalla Tea y Larocca, 1998).

En un ensayo realizado por Methol (1996) se observó que la forma de aplicación del fertilizante demasiado cercana a las plantas, provocó que las plantas fertilizadas mostraran menor sobrevivencia a los 10 meses de plantación que las no fertilizadas. Esto se debe a que al estar en contacto directo nutrientes como el nitrógeno con las raíces, se producen daños en las mismas comúnmente llamados “quemado de raíces”.

Según los resultados obtenidos por Methol (1996) en un ensayo realizado sobre laboreo y fertilización en *E. grandis* en la zona norte, la aplicación del fertilizante no debe ser muy cercana a las plantas, sobre todo cuando este contiene Nitrógeno debido a que puede provocar daños en las plantas. El autor propone una manera práctica de realizarlo en donde se realizan dos orificios de 10 cm de profundidad, a ambos lados de la planta, distanciados de esta unos 15 a 20 cm. Siempre es necesario ajustar la dosis y combinaciones de nutrientes que maximicen la respuesta a la fertilización. También recomienda, hacer la aplicación de fertilizante unos 7 a 10 días después de la plantación, una vez que las plantas superaron el estrés que esta provoca.

2.6. LABOREOS

El laboreo primario posee como objetivo ejercer una acción física-mecánica aplicada sobre el suelo para roturarlo y removerlo. Los implementos o equipos que se utilizan para esta tarea pueden ser arado de vertedera, arado de discos, arado de cincel, arado rotativo y arado subsolador. Cada uno cumple funciones diferentes (Manqui et al., 2012)

El laboreo secundario comprende todas las operaciones superficiales aplicadas al suelo y que se ubican con una profundidad de trabajo inferior a 10 cm, se realizan después de la aradura, antes de la siembra y posterior a la siembra. Sus objetivos son

disgregar los terrones y nivelar el suelo que dejó la aradura para formar una cama de semillas uniforme y mullida, adecuar surcos de riego y controlar malezas (Manqui et al., 2012).

Según Dalla Tea y Larocca (1998) el objetivo inmediato de una buena preparación de suelo es mejorar la supervivencia de los plantines y acelerar el crecimiento inicial. Sin embargo, al momento de planificar la preparación de suelo debemos también tener en cuenta la necesidad de preservar la productividad del sitio en forma sostenida.

Según Serrada (2000), los objetivos de la preparación física del suelo, que pueden ser variados dependiendo de las condiciones edáficas son:

- aumentar la profundidad útil del perfil, disgregando capas profundas mediante acción mecánica, para conseguir una mayor profundización de los sistemas radicales.
- aumentar la capacidad de retención de agua del perfil, a través del aumento de profundidad explicado en el punto anterior.
- aumentar la velocidad de infiltración de agua en el perfil mediante un mullido que posibilite anular la escorrentía y por tanto la erosión hídrica.

Esta reducción de la escorrentía se puede reforzar con cambios en la forma de la superficie del suelo, creando estructuras que contengan el agua:

- facilitar la penetración mecánica de las raíces de las plantas introducidas mejorando transitoriamente la permeabilidad mediante las labores, de modo que un sistema radical más extenso pueda compensar la baja fertilidad y las posibles sequías. El mullido también facilita la aireación de las capas profundas del perfil mejorando el ambiente edáfico.
- reducir las posibilidades de invasión del matorral después de la plantación o siembra que había sido conseguida con los desbroces.
- facilitar las labores de plantación o siembra y mejorar la supervivencia de las plantas introducidas.

Para definir claramente estos objetivos, cuestión previa e ineludible en cada rodal, es necesario en cada caso estudiar el perfil del suelo y diagnosticar sobre sus carencias, estado de degradación, posibilidades de evolución, riesgos que pueden inducir labores no adecuadas y finalmente decidir el procedimiento de preparación que corresponda. En forma individual o combinada estos factores pueden tener una gran influencia sobre la productividad (Dalla Tea y Larocca, 1998).

2.6.1. Subsolado

El subsolado puede ser descrito como la acción de una herramienta estrecha que rompe capas endurecidas o suelo compactado, con el objetivo de reducir su resistencia a la penetración de las raíces, aumentar la aireación y drenaje interno del suelo, con el fin de reducir el escurrimiento y tiempo de remojo (Taylor y Beltrame, citados por Massakazu et al., 2005).

Según Dalla Tea y Larocca (1998) el uso de subsolador tiene como objetivo trabajar la línea de plantación en profundidades que van de 40 a 100 cm; éste tiene una púa en su extremo y 1-2 pares de aletas a distinta profundidad que permiten una cierta roturación. Tiene por objeto reducir la compactación o altas densidades de algunos tipos de suelo para facilitar el desarrollo radicular, asimismo, permite acumular agua ampliando el período de plantación en épocas secas. La época ideal de trabajo de subsolador es cuando el suelo esté lo más seco posible para que el efecto sea de más rompimiento que de corte. De acuerdo al tipo de suelo que se trabaja y la profundidad que se pretende subsolar puede utilizarse tractores agrícolas de 120 a 170 HP o bulldozer tipo D7 o D8.

La distinción entre el subsolado y cincelado se ha relacionado sobre todo con la profundidad de trabajo. Según Silveira, citado por Massakazu et al. (2005), considera que la transacción debe alcanzar por encima de la profundidad de 0,30 a 0,35 m para ser considerado subsolado.

Para la ASAE, citado por Massakazu et al. (2005), esta profundidad debe ser mayor que 0,40 m.

Según Beltrame y Taylor, Ripoli et al., Guadaña jr., citados por Massakazu et al. (2005), sostienen que el subsolado puede alcanzar profundidades de hasta 0,80 m

En las zonas forestales, con suelos cohesivos, esta profundidad puede alcanzar hasta 1,10 m (Stape et al., Souza, citados por Massakazu et al., 2005).

A pesar de este diseño, el subsolado en el sector forestal se ha dirigido principalmente a la interrupción de las capas compactadas y así promover el enraizamiento de las plantas y aumentar el contenido de agua en el suelo debido a la una mayor tasa de infiltración (Goncalves et al., Sasaki., citados por Massakazu et al., 2005).

En la actualidad, el subsolado se ha convertido en una operación común que se utiliza en la mayoría de las plantaciones forestales (Goncalves et al., Sasaki., citados por Massakazu et al., 2005).

2.6.2. Excéntrica

Según ESPAÑA. MAGRAMA (2008), la excéntrica o grada de discos se describe como laboreo superficial conseguido mediante discos verticales que se clavan en el suelo con una profundidad que depende de su diámetro, de la carga que gravita sobre ellos y del ángulo que forman con la dirección de avance. Producen rotura de los terrones por efecto de los bordes de los discos y del desplazamiento lateral que provocan en el suelo, lo que hace que éste quede nivelado y asentado. El propio desplazamiento lateral del suelo tiene un efecto destructor de la vegetación adventicia y también permite el enterrado superficial del rastrojo.

La excéntrica está constituida por discos verticales, montados con separadores en bloques que giran sobre un eje común. Estos bloques se orientan de manera angulada respecto a la dirección de avance, con lo que tienden a rodar a la vez que mezclan las capas de suelo. Los ejes van unidos al bastidor mediante rodamientos con dos apoyos por tramo, aunque el bloque puede incluir varios tramos. Los bloques de discos se pueden situar formando una "V" (gradas de tiro excéntrico) o en "X" los discos extremos son de menor tamaño (niveladores). Los discos del bloque trasero se montan para que desplacen la tierra en sentido contrario de los delanteros lo que provoca un efecto nivelador. Se recomienda trabajar con el suelo seco (friable), y son muy adecuadas para romper los terrones generados en el laboreo primario con una velocidad de trabajo de 6 a 10 km/h ESPAÑA. MAGRAMA (2008).

2.6.3. Impacto del laboreo en el suelo

Según Massakazu et al.(2005), en un ensayo realizado en San Miguel Arcángel, el cual consistió en realizar subsolado en suelos con diferentes niveles de agua, se observó que el volumen movilizado de suelo y el contenido de agua presentaron una relación inversa en los tres suelos Oxisoles.

Para los contenidos de agua estudiados, se encontró que cuanto menor es el contenido de agua, mayor será el volumen movilizado de suelo. Esto se puede atribuir a la mayor fuerza de cohesión entre las partículas del suelo; por otra parte a baja cohesión los contenidos de agua son mayores (Baver et al., Silva., citados por Massakazu et al., 2005).

Según Nichols et al., citados por Massakazu et al. (2005), sostienen que cuanto más cohesivo se encuentra el suelo, los efectos del subsolado son más eficientes.

Otro factor que debe ser considerado es el efecto lubricante del agua, que se reduce cuando el suelo es más seco, proporcionando una mayor movilización (Rosa jr,

Silva et al., Sasaki et al., citados por Massakazu et al., 2005), encontraron el mismo efecto en un medio de textura Oxisol a dos contenidos de agua diferentes.

Según Raghavan et al., citados por Massakazu et al. (2005), los suelos de textura más gruesa con una distribución desigual de las partículas de diferentes tamaños, son menos sensibles a las variaciones de humedad. Los suelos de texturas más finas y la presencia de arcillas expandibles son más sensibles a la variación de la humedad, proporcionando alta capacidad de carga cuando se seca y baja capacidad cuando está mojado.

Según Cabeda, citado por Goncalves et al. (1995), el subsolado es una técnica que sólo se utiliza para romper las capas densificadas, por tanto, no interfiere con la mejora de la estructura del suelo. Esta mejora se realizará por medios biológicos ya que la intensa movilización de la capa arable del suelo promueve cambios físicos, las cuales pueden promover la degradación de las estructuras reduciendo la porosidad.

2.6.3.1. Transformación del horizonte

En perfiles evolucionados o maduros, la inversión de horizontes supondrá un rejuvenecimiento y una cierta pérdida de calidad edáfica. También en perfiles calizos poco evolucionados la inversión de horizontes es inconveniente pues pueden aflorar en superficie tierras con mucha caliza activa y pH extremadamente básico que, entre otros inconvenientes, tiene el de dificultar la nutrición de las plantas a instalar. En el caso de perfiles silíceos poco o nada evolucionados, la inversión de horizontes resulta indiferente. Los casos en los que, en principio, puede resultar necesaria la inversión de horizontes se refieren a la podsolización y a la planosolización (Serrada, 2000).

Según García et al. (2001), luego de tres años de instalado el ensayo se detectó una disminución en el pH del suelo tanto en la fila de plantación como en la entre fila respecto al campo natural, de acuerdo a estos resultados se concluye que la acidificación del suelo es causada principalmente por la vegetación de *Eucalyptus*

Según García et al. (2001), la disminución de carbono orgánico en los primeros centímetros del suelo mineral y su efecto sobre las propiedades físicas, sería principalmente causada por la intensidad del laboreo usada en la preparación del sitio.

2.6.3.2. Erosión

La erosión del suelo consiste en la degradación, pérdida y transporte de materiales que conforman un suelo por medio de diferentes agentes como son el agua, viento, hielo, temperatura y el hombre (Manqui et al., 2012).

Según Denis y García Préchac, citados por García et al. (2001), aplicando el submodelo referente al uso y manejo de la versión revisada de la ecuación Universal de la Pérdida de Suelos (RUSLE) a *Eucalyptus* estimaron que la preparación del terreno con laboreo convencional generaría 5,4 veces más erosión que laboreando solo la faja de plantación y dejando cubierta por vegetación la entre fila. También, estiman que el riesgo de erosión en plantaciones realizadas en suelo que ha sufrido importante uso agrícola previo y han aumentado su erodabilidad, es significativamente mayor que en plantaciones sobre pasturas naturales.

Esto, sumado a que desde la plantación hasta el cierre del dosel es el período de mayor riesgo de erosión (excluyendo el momento de la corta de los árboles), resalta la importancia de establecer prácticas de manejo de suelos que alcancen niveles de producción adecuados, minimizando el riesgo de erosión (Martino, citado por Delgado et al., 2006).

En los últimos años, ante la necesidad de reducir costos y disminuir la erosión, es cada vez más utilizada la preparación del terreno con rastra de discos sólo en la banda de plantación (Aparicio et al., 2005).

Según García et al. (2001), la mayor estabilidad estructural es bajo la pastura original en comparación con plantaciones de *Eucalyptus* y si comparamos diferentes intensidades de laboreos, la mayor resistencia a la erosión la presenta el laboreo mínimo y la menor la presenta el laboreo más intenso (Laboreo Cruzado). Es decir la estructura de la superficie del suelo se debilita al sufrir más laboreo.

2.6.3.3. Impacto en la filtración del agua

En un ensayo instalado en el campo experimental del proyecto SURESA (Shell Uruguay Renewable Energy S.A), en la localidad de Piedras Coloradas, Paysandú, el cual consistía en evaluar el contenido de agua en el suelo según laboreo y profundidad. Los resultados obtenidos en cuanto al contenido de agua del suelo fueron mayores en los 10-20 cm que en los 0-10 cm y el contenido de agua del suelo bajo plantaciones del ensayo (diferentes laboreos) fue menor al contenido de agua bajo la pastura (García et al., 2001).

2.7. PLANTACIÓN

Las plantaciones forestales se definen como aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación. Éstas pueden ser especies introducidas o indígenas que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0.5 ha; una cubierta de copa de al menos el 10 por ciento de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m (FAO, 1995).

La plantación consiste en colocar en el monte a repoblar plantas producidas en el vivero forestal para que se desarrollen y den lugar a una nueva masa (Serrada, 2000).

2.7.1. Plantación manual

Las condiciones de aplicación básicamente no tienen limitaciones por razón de la pendiente, por el tipo de suelo, ni por el procedimiento de preparación del mismo. Se aplica con cualquier tipo de especies donde el envase más utilizado en la actualidad son paper-pot entre los no recuperables y los de plástico rígido o semirrígido (Super Leach, Forest-pot, Arnabat, etc.) entre los recuperables (Serrada, 2000).

Las técnicas más importantes son la plantación a golpe y la plantación en hoyos. La plantación a golpe se utiliza únicamente con plantas a raíz desnuda. Las plantas en envase o con recipientes sólo pueden plantarse en hoyos, que generalmente son de dimensiones mucho mayores que el recipiente, los hoyos se suelen cavar con distintos tipos de pala o con un zapapico de hoja ancha, manteniendo la capa superior del suelo separada del subsuelo para poder utilizarla al comenzar a rellenar el hoyo en el momento de plantar (FAO, 1978).

2.7.2. Plantación mecanizada

Las condiciones para llevar a cabo el procedimiento tienen ciertas limitaciones como puede ser la pendiente pues la plantadora debe circular sensiblemente horizontal, por tanto sólo se puede utilizar en terrenos llanos donde la pendiente del terreno limitante para esta práctica se puede fijar en un 15%. Otro factor que puede ser limitante es la alta pedregosidad del perfil o su alta impermeabilidad (Serrada, 2000).

Según García et al. (2000), se realiza en aquellos terrenos planos o de pendientes moderadas, que anteriormente se utilizaban en la actividad agrícola o ganadera. En estos suelos se efectúan un subsolado previo o simultáneamente con la plantación, dependiendo del tipo de maquinaria utilizada.

Esta práctica se puede extender a todas las especies, donde el procedimiento general comienza por extraer previamente de los envases recuperables el plantín y disponerlos en las bandejas de la plantadora (Serrada, 2000). Las máquinas de plantar van montadas en un tractor o remolcadas por éste. Las plantadoras remolcadas son las de utilización más extendida, pero las que van montadas, que son de mayor peso, tienden a ser más eficaces para sitios difíciles y terrenos en pendiente. Las principales operaciones de la máquina son ejecución de un corte vertical en el terreno, apertura del corte para recibir el plantín y cierre del corte afirmado del suelo alrededor de la planta (FAO, 1978).

El plantador puede disponer de otro operario auxiliar que le va suministrando las plantas escogidas. Otra persona va andando detrás de la plantadora para subsanar manualmente los defectos que se pueden producir (Serrada, 2000).

2.8. CRECIMIENTO

2.8.1. Crecimiento estándar en el territorio

En las provincias de Corrientes y Entre Ríos en sitios de buena aptitud y con una silvicultura apropiada el *E. grandis* es la especie de mayor tasa de crecimiento; puede alcanzar un IMA de 60 m³/ha., de madera. En cambio, si el sitio no es el adecuado y la silvicultura no es la apropiada el crecimiento no supera un IMA de 15 m³/ha (Aparicio et al., 2005).

Los mejores suelos para *E. grandis* en la región del Noreste de Entre Ríos son los arenosos pardos profundos (localmente llamados "mestizos"; orden Inceptisol y Molisol) con un IMA que pueden superar los 50 m³/ha., y sobre arenas rojizas profundas (orden Entisol) y suelos arcillosos (Vertisol), el incremento medio se reduce a valores de IMA de 33 y 26 m³/ha (Aguerre et al., 1995).

En un trabajo sobre fertilización de *E. grandis*, realizado por Gaitán en la costa del Río Uruguay en el NE de Entre Ríos y SE de Corrientes en suelo correspondiente a los Argiudoles vérticos (localmente denominados "Mestizos"), se obtuvo un IMA en el tratamiento testigo sin fertilización de 45,13 m³/ha (Gaitán et al., 2004).

En el ensayo en Tres Bocas (Río Negro) de crecimiento y proporción de corteza al décimo año de distintos orígenes de *E. grandis*, los orígenes de mayor valor de IMA son el 16 "Huerto Semillero C.H." y 6 "Near C. Harbour" con valores de 45,4 y 44,15 m³/ha/año. El resto de los materiales también alcanzan valores de crecimiento relativamente altos variando de 32,23 a 37,16 m³/ha/año (Resquin et al., 2005).

En los sitios de mejor calidad, dada por la fertilidad y la disponibilidad de agua, las raíces constituyeron en promedio el 13,7 % de la biomasa en edades mayores de 4,3 años, mientras que en un sitio, considerado peor en calidad, las raíces constituían el 31,7% de la biomasa total en las edades más de 3,6 años, en *E. grandis*. La mayor asignación de asimilados a la producción de biomasa de raíces ocurrió en detrimento de la producción de madera, que es el principal producto a ser comercializado. En un buen sitio, la madera constituye el 60% de la biomasa total, mientras que en sitios medio esta cifra es de sólo el 45 % (Goncalves Dos Reis et al., 1995).

2.8.2. Crecimientos vegetativos según laboreo

Algunos autores concluyen que una preparación intensiva del sitio mejoran las tasas de crecimiento y supervivencia (Schonau et al., Norris, García., Martino, citados por Delgado et al., 2006). En tanto otros, concluyen que el laboreo reducido es lo más adecuado (Norris y Stuart, Medeira et al., García., Martino, citados por Delgado et al., 2006).

En el ensayo de mayor duración existente en Uruguay, instalado en 1992 por Pérez et al., citados por Delgado et al. (2006), se encontraron diferencias en sobrevivencia y crecimiento de *E. grandis* al año de la plantación, pero a los 9 años el volumen total por individuo fue el mismo con independencia de la intensidad de laboreo a la instalación. En este caso, el control químico de malezas en el tratamiento con mínimo laboreo no fue eficiente, atribuyéndosele los efectos negativos iniciales correspondientes a crecimiento.

En un trabajo sobre el impacto de las plantaciones de *Eucalyptus* sobre algunos suelos de Uruguay (Acrisoles, Luvisoles, Argisoles, Inceptisoles), generados en trabajos del Dpto. de Suelos y Aguas de la FA-UDELAR, los resultados obtenidos acerca de la estimación del volumen total de árbol por unidad de superficie (altura x DAP8 x población) a los 21 y 34 meses, mostraron diferencias significativas entre los dos usos previos del suelo, pero no entre los tratamientos de diferente intensidad de laboreo. Los resultados de intensidad de laboreo confirman que si se logra un buen control químico de la vegetación preexistente y las malezas, el laboreo de los suelos no hace la diferencia, independientemente del uso previo. Esto es muy relevante para el manejo y la conservación de los suelos declarados de aptitud forestal, que son más erodables que el promedio de los suelos de Uruguay (Delgado et al., 2006).

Según Aparicio et al. (2005), en un artículo sobre silvicultura de establecimiento de *E. grandis*, los estudios conducidos en la región y las experiencias de otras regiones del mundo donde se realizan plantaciones de *E. grandis* revelan que la productividad está fuertemente determinada por las labores que se realizan en la etapa de establecimiento de la plantación. La intensidad de la preparación del terreno depende de las características particulares de cada sitio, con un mínimo en suelos arenosos y un máximo en suelos arcillosos. La preparación sólo en la banda de plantación disminuye los costos y favorece la estabilidad del sistema. Los resultados más importantes en *E. grandis*, hasta los 28 meses de edad, en suelos arcillosos con labranzas profundas subsolando hasta 40-80 cm profundidad señalan que las alternativas de subsolado no provocaron un aumento en el crecimiento respecto a la preparación del terreno con rastra de discos, siendo el control de plantas competidoras esencial debido a la sensibilidad de *E. grandis* a la competencia por los recursos.

En cuatro técnicas de preparación de suelos distintas en dos estaciones representativas de los suelos forestales de la provincia de Huelva, arenas de llanuras costeros y los suelos pizarrosos del Andévalo, pocos profundos y evolucionados, apareciendo la roca madre a una profundidad media de 45 cm. Se observó en el suelo arenoso de “Mingallete”, la superioridad de los tratamientos que implican subsolado profundo del terreno (T1 y T4), que suponen un incremento en volumen/ha al 3er año del 127% sobre las técnicas sin preparación profunda. Este resultado destaca, dada la naturaleza del terreno, y coincide con las observaciones realizadas por Boulliet y Ognouabi, Nzlia y Hamel, en Congo sobre suelos arenosos (Ruiz et al., 2001).

En un ensayo realizado en Australia para observar si existen diferencias en los costos de laboreos a diferentes profundidades (distintos tratamientos en profundidades desde 0,4-0,8 metros), así como también evaluar diferencias en crecimiento y sobrevivencia de *E. pilularis*, se observó que existen grandes diferencias en crecimiento y sobrevivencia entre los tratamientos con diferentes laboreos con respecto al testigo sin laborear, mientras que entre los diferentes laboreos a diferentes profundidades no existieron diferencias significativas. En este caso el laboreo profundo es justificado únicamente cuando existan impedimentos para el desarrollo radicular, como en suelos compactados y de baja aireación, mientras que en suelos profundos y friables, ricos en nutrientes es poco probable que mejore la calidad. Los resultados de diferente profundidad de laboreos en este ensayo sugieren que con la profundidad de 0,4 metros es suficiente para asegurar el crecimiento y supervivencia y se estima que se podrían observar diferencias a la edad de 5 años en cuanto a la resistencia a una sequía o tolerancia al viento, teniendo en cuenta la resistencia dada por el desarrollo del sistema radicular (Lacey et al., 2001).

En el trabajo sobre la supervivencia y el crecimiento en diámetro a la altura del pecho y la altura de *E. grandis* en Podzol Gris Bruno, en donde se evalúan los tratamientos de laboreo con subsolado a 60 cm y plantado a pozo a 50 cm en suelos afectados por la ocurrencia de una capa pesada, los resultados sugieren una diferencia positiva en todas las variables medidas, a favor de las plántulas sembradas en la zona con subsolado aunque, estadísticamente, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos (Finger et al., 1996).

2.8.3. Crecimiento radicular según laboreo

El tamaño de poro es sin duda una característica del suelo que puede limitar el crecimiento de las plantas, no solamente debido a la menor aireación sino también por causa de limitaciones mecánicas, por lo tanto, los tratamientos del suelo con el fin de aumentar la porosidad mediante la mejora de su estructura favorecen el crecimiento del sistema de radicular y en consecuencia, la parte aérea de la planta (Goncalves Dos Reis et al., 1995).

En las áreas con presencia de compactación no se recomienda realizar siembra directa o laboreo mínimo, la capa de suelo compactado reduce la densidad de las raíces promoviendo deformaciones tales como la tortuosidad y secciones aplanadas, como resultado de los esfuerzos para superar las restricciones impuestas por las condiciones físicas del suelo, mientras que suelos libres de limitantes el crecimiento de la raíz se produce de acuerdo a la carga genética de la planta (Goncalves Dos Reis et al., 1995).

Un estudio realizado en plantaciones clonales de *E. globulus* en donde se realizó laboreos de eliminación de competencia en el suelo y un testigo de no laboreo del suelo, demostró que la biomasa aérea total es levemente superior en los tratamientos de no laboreo, esto se debe a que el 88,6 % de las raíces que han sido cortadas por el laboreo, total (56,8 %) o parcialmente (31,8 %) se encuentran en el estrato de 10 a 20 cm de profundidad, esto señala que la mayoría de las raíces finas, las que desarrollan la función de absorber agua y nutrientes, se localizan en los horizontes más superficiales del suelo, al analizar los primeros 70 cm del perfil del suelo, en bosques de *Eucalyptus* de más de 10 años de edad, determinaron que el 57,9 % de las raíces finas se encontraban en los primeros 20 cm. En un estudio posterior, determinaron que un 47,4 % de las raíces finas se hallan en los primeros 20 centímetros del perfil, en una plantación de *Eucalyptus* de seis años de edad (Donoso et al., 1999).

En el estudio sobre la distribución y cantidad de biomasa de raíces finas en plantaciones clonales de *E. globulus* en plantaciones ubicadas en la Provincia de Huelva, España, en donde el suelo se caracteriza por presentar dos estratos claramente identificables: un estrato superficial constituido principalmente por arena (90-95%) y un segundo estrato arcilloso que se presenta a una profundidad variable (10-150 cm), y actúa como una barrera física para las raíces. Los resultados obtenidos fueron que la biomasa de raíces finas se concentra principalmente en el estrato más superficial. En los suelos con arcilla en profundidad, la necesidad de acceder al agua, produce una acumulación de biomasa en el estrato más profundo en el primer año, proporción que disminuye con la edad de los árboles. De tal forma que, sólo en los rodales de un año de edad, los árboles que se desarrollan sobre arcilla en profundidad, presentan una mayor cantidad de biomasa de raíces finas que los que crecen en arcillas superficiales (Donoso et al., 2001).

En un estudio de evaluación de las modificaciones del sistema radical causadas por el laboreo, se cita que la longitud de raíces, en general es más alta en el estrato superficial (0-20 cm) respecto al estrato de 20-40 cm. En los suelos arcillosos los valores de longitud de raíces biológicamente activas son mayores que en los suelos arenosos, para los estratos de suelo (0-20 y 20-40). Este resultado es similar al obtenido en plantaciones de 4 años de edad. La mayoría de las raíces de diámetro inferior a un centímetro, aquellas que desarrollan la función de absorber agua y nutrientes, se localizan en los horizontes más superficiales del suelo (Donoso et al., 2002).

En región de la sabana en el estado de Minas Gerais, se estudió la arquitectura de las raíces del *Eucalyptus* en suelo clasificado como arena franca, en donde no se notó ningún impedimento físico en el desarrollo de las raíces. Sin embargo, en la región de Sao Francisco en Minas Gerais fue verificada una reducción drástica en el crecimiento de brotes, en un área con la presencia de compactación en la capa profunda a menos de 40 cm. Siendo la reducción en el crecimiento de los brotes producida en parte como respuesta a la influencia de la capa de suelo compactado en el crecimiento de las raíces en ese sitio (Goncalves Dos Reis et al., 1995).

Un ensayo instalado en el campo experimental del proyecto SURESA, en la localidad de Piedras Coloradas, Paysandú, en suelo Argisol (Hapludalf) de la unidad Algorta, en donde se realizaron cuatro tipos de laboreos. Se obtuvieron resultados en donde las diferencias significativas en los parámetros de crecimiento y producción de biomasa a favor de mayor intensidad de laboreo al final del primer año dejaron de serlo al final del segundo año. Esto sugiere que el efecto de la intensidad de laboreo podría no ser importante en la producción final. La mayor intensidad de laboreo para la preparación del sitio favoreció mayor crecimiento radicular medido al segundo año de instalado el monte. Esto podría invalidar la conclusión anterior si la plantación sufriera importante sequia o vientos (García et al., 2001).

También se observan en la región Jequetinhonha en la zona de Minas Gerais, con 100 % de mortalidad de *E. grandis* debido a la presencia de una capa compactada a menos de 20 cm de profundidad, mientras que en las zonas cercanas sin compactar el suelo, la misma especie mantienen relativamente alta tasa de supervivencia. En donde el *E. grandis* se ha mostrado como una especie con baja capacidad de producción de raíces en las áreas con suelos compactados, por lo tanto su manejo mediante técnicas labranza mínima en áreas con densas capa de suelo debe ser analizado cuidadosamente (Goncalves Dos Reis et al., 1995).

Las áreas con presencia de compactación en el suelo a profundidades que interfieren en los procesos fisiológicos comprometen la productividad de los bosques, se debe preparar el sitio tratando de obtener una restauración de la porosidad, por lo general se realizan tratamientos mecánicos en donde se remueve el suelo a profundidades mayores que la capa compactada (Goncalves Dos Reis et al., 1995).

2.9. CONCEPTOS DASOMÉTRICOS

La dasometría es la ciencia que se ocupa de la medición y estimación de las dimensiones de árboles y bosques, de su crecimiento y de sus productos; su principal objetivo es medir y estimar variables (Ugalde, 1981).

2.9.1. Factor de forma

Teniendo en cuenta el fenómeno de conicidad o ahusamiento descrito, para estimar el volumen de los árboles se recurre al uso de una serie de factores de corrección convencionales. De esta manera se calcula el volumen del fuste como el volumen de algunos de los cuerpos geométricos conocidos corregido por un cierto factor de forma, que describa de alguna manera la variación del diámetro con la altura (Sorrentino, 2000).

En un rodal el factor de forma depende de atributos generales como la especie, edad del rodal, calidad de sitio, zona de crecimiento y densidad del rodal; y de atributos medibles como el DAP, altura, punto de inicio de copa y cociente de forma o series de ahusamiento. Asimismo las especies tienen por su forma específica, factores de forma característicos. El factor de forma comercial varía entre los valores 0 y 0.55 (Prodan et al., 1997).

La mayoría de los estudios realizados muestran que el factor de forma se reduce con la edad y con el tamaño del árbol. En *E. grandis*, tomando en cuenta las tablas de Pande y Jain, citadas en FAO (1981), el factor de forma aumenta con el mayor tamaño del árbol hasta una altura de 20 m y un DAP de 20cm y luego decrece (FAO, 1981).

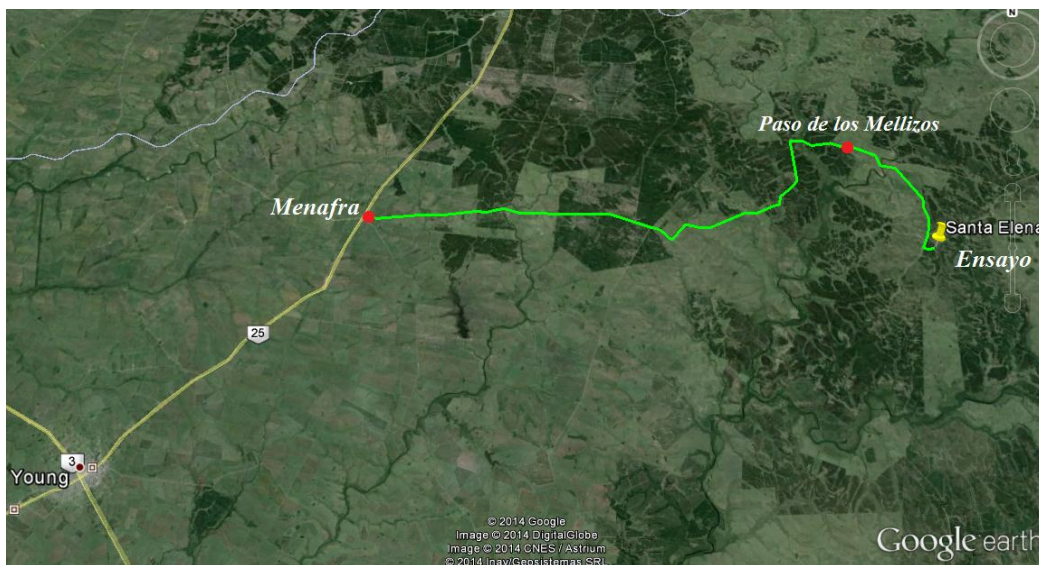
3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El establecimiento Santa Elena en el cual se encuentran los ensayos se ubica en el departamento de Río Negro; se accede desde Montevideo por Ruta 3 hasta el empalme con ruta 25 en la ciudad de Young, tomado ésta última hasta la localidad de Menafra, ingresando por dicha localidad en sentido Este hasta llegar a Paso de los Mellizos, donde en dirección Sureste por camino vecinal a unos 10 km se encuentra el establecimiento.

Las coordenadas en las cuales se ubica el ensayo son $57^{\circ}7'14,9''$ W y $32^{\circ}35'5,272''$ S.

Figura No. 1. Ubicación del ensayo



3.2. RECURSOS NATURALES

3.2.1. Geología

El ensayo se ubica en el grupo Paysandú, en el que, Bossi (2007), reúne rocas sedimentarias principalmente detríticas que se depositaron durante el Cretácico Superior, en la siguiente secuencia (ver anexo No. 1):

- en la cima, areniscas de la formación Asencio.
- en la parte media, areniscas conglomerádicas, areniscas, lutitas y calizas de la formación Mercedes.
- en la base, areniscas y conglomerados de la formación Guichón.

Según la carta geológica del Uruguay, escala 1:500.000 el poblado Los Mellizos (zona próxima al ensayo) se encuentra sobre la Formación (Fm.) Mercedes, la cual se asocia con la Fm. Guinchón (Bossi et al., 1998).

La Formación Mercedes donde la principal zona de afloramiento se encuentra en el Dpto. de Río Negro. Mucho menos extendida aparece en los Dptos. de Paysandú, Soriano, Durazno, Colonia, Tacuarembó y Canelones. La característica de la formación Mercedes posee siempre niveles de areniscas conglomerádicas, conglomerados o areniscas muy gruesas. Estas areniscas son siempre feldespáticas y los clastos, redondeados y siempre compuestos por rocas del basamento cristalino, pegmatitas, granitos, cuarcitas. Hacia la periferia, estas secuencias arenosas se transforman en calizas que, cuando están apoyadas directamente sobre basalto, están totalmente silicificadas. En cambio, cuando estas calizas se apoyan sobre areniscas, es por allí que se infiltran las aguas con sílice, se solidifican las areniscas, pero las calizas quedan casi intactas.

El espesor total de la formación Mercedes no es bien conocido, pero supera los 80 metros por lo visto en la perforación de la localidad tipo. Los pasajes hacia la formación Guichón en la base y hacia la formación Asencio en la cima, son graduales (concordantes) (Bossi, 2007).

La Formación Guichón está integrada por dos términos litológicos principales los cuales son areniscas finas a medias de cemento arcilloso que predominan en toda el área de afloramiento y areniscas conglomerádicas a conglomerados generalmente de cemento silíceo, que ocupan las partes elevadas de las cuchillas de Haedo y San José (Dpto. de Paysandú).

Las areniscas son de color rojizo, grano fino algo irregular pero sin guijarrones. Los granos de cuarzo son redondeados y deslustrados. El contenido en cemento arcilloso es siempre elevado y la roca ofrece una resistencia jabonosa al golpe del martillo.

Es frecuente la presencia de estratificaciones diagonales y cruzadas. También contienen delgados y esporádicos lentes de carbonatos de calcio.

La formación Guichón aflora extensamente en la mitad occidental del Dpto. de Paysandú y posee espesor de hasta 100 m. en la localidad tipo. Determina paisajes

quebrados con comisas angulosas generadas por los niveles de silicificación (Bossi, 2007).

3.2.2. Suelos

3.2.2.1. Regiones de suelos

El ensayo se localiza sobre la Región Natural Homogénea número siete (Esc. 1:1.000.000) (ver anexo No.2). Se caracteriza por presentar Areniscas cretácicas; brunosoles subéutricos y argisoles, energía de relieve moderada con escarpas silicificadas o ferrificadas; densidad de drenaje $> 0,5 \text{ km/km}^2$; anomalías gravimétricas poco significativas (Bossi, 2007).

3.2.2.2 Suelos 9.1

El ensayo se encuentra establecido sobre grupo CO.N.E.A.T 9.1, el cual se localiza en mayor extensión en los Dptos. de Paysandú y Río Negro, ocurriendo como paisajes escarpados a niveles altimétricos superiores del basalto (límite Este) o en paisajes de disección, asociados a las principales vías de drenaje de la región sedimentaria del litoral oeste (URUGUAY. MGAP. RENARE, s.f., ver anexo No. 3)

El material geológico está formado por areniscas litificadas, correspondientes mayormente a la formación Mercedes, aunque también este grupo está desarrollado sobre calizas silicificadas de Queguay y areniscas ferrificadas de Asencio y Guichón (escarpas). Corresponden a paisajes de forma mesetiformes, con escarpas débilmente marcadas y otras muy marcadas, tomando en el primer caso la forma general de un paisaje ondulado y en el segundo el de verdaderas mesetas, siendo las formas intermedias las de mayor frecuencia, las que podrían definirse como colinas tabulares. Las pendientes son heterogéneas, existiendo un rango de 6 a 12% en las formas onduladas, más de 12% en los frentes de escarpas y nula o menor de 0,5% en la parte superior de las mismas. Existen normalmente laderas cóncavas con pendientes de 3 a 6% de sedimentos coluvionales cuya conjunción conforma valles estrechos (URUGUAY. MGAP. RENARE, s.f.).

Cuando en las partes altas de este grupo se encuentran grupos 10 u 11 existen Brunosoles Éutricos y Subéutricos, Típicos o Lúvicos moderadamente profundos y pseudolíticos, de color pardo oscuro a negro, textura franco arcillo limosa, fertilidad alta a media moderadamente bien drenados (Praderas Pardas y Negras superficiales y litosoles). Asociados, existen litosoles Éutricos y Subéutricos Melánicos. Cuando en posición suprayacente se asocian grupos 9 (mayormente el 9.3) el suelo es un Argisol Subéutricos o Dístrico Ócrico, a veces Melánico Típico (Praderas Arenosas), moderadamente profundo y pseudolítico, pardo grisáceo oscuro, de textura franco

arenosa a franco arcillo arenosa, fertilidad media a algo baja, imperfectamente drenado (hidromórfico) y como suelos asociados existen litosoles Subéutricos a Dístricos Melánicos u Ócricos. Estos suelos ocurren también en los frentes de escarpas, siempre con pedregosidad y rocosidad variable entre 5 y 25% del área. En las laderas convexas, existentes debajo de las escarpas, los suelos son similares a los anteriores con una menor frecuencia de litosoles. En los valles estrechos que conforman las laderas cóncavas, según su posición topográfica, existen Argisoles Subéutricos Melánicos Típicos y Abrúpticos (Praderas Arenosas hidromórficas), a veces pseudolíticos y Planosoles Subéutricos Melánicos (URUGUAY. MGAP. RENARE, s.f.).

El uso es pastoril y la vegetación es en general de pradera estival con baja densidad de malezas. En presencia de texturas finas se nota mayor abundancia de pasturas invernales. Este grupo es uno de los integrantes principales de las unidades Bacacué y Paso Palmar de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F.). Índice de Productividad 61 (URUGUAY. MGAP. RENARE, s.f.).

3.2.2.3 Suelos litosoles

Los suelos dominantes en la zona del ensayo son litosoles, donde el concepto central de este Gran Grupo es el de suelos superficiales, cuyo espesor está limitado por un contacto lítico a 30 cm o menos de profundidad. En estos suelos, el arraigamiento está limitado por la profundidad del solum y únicamente la presencia de grietas o diaclasas en la roca permite la penetración de las raíces a mayor profundidad (Altamirano et al., 1976).

Se caracterizan por un perfil de tipo A-R, pudiendo ser el horizonte A de naturaleza variable siendo ócrico, melánico ó imbrico. El solum presenta frecuentemente cantidades apreciables de gravas o fragmentos mayores y es común la existencia de afloramientos rocosos y piedras sueltas en la superficie del suelo. Los litosoles aparecen sobre rocas que han resistido la meteorización, proceso favorecido comúnmente por una topografía quebrada que facilita la erosión de los productos resultantes (Altamirano et al., 1976).

Desde el punto de vista genético, no puede decirse que los litosoles son suelos jóvenes, debido a que la mayoría de ellos muestran evidencias claras de una acción prolongada de los procesos de formación del suelo, tales como acumulación de materia orgánica, formación de arcilla, desarrollo de estructura y liberación de óxidos (Altamirano et al., 1976).

3.2.3. Caracterización climática

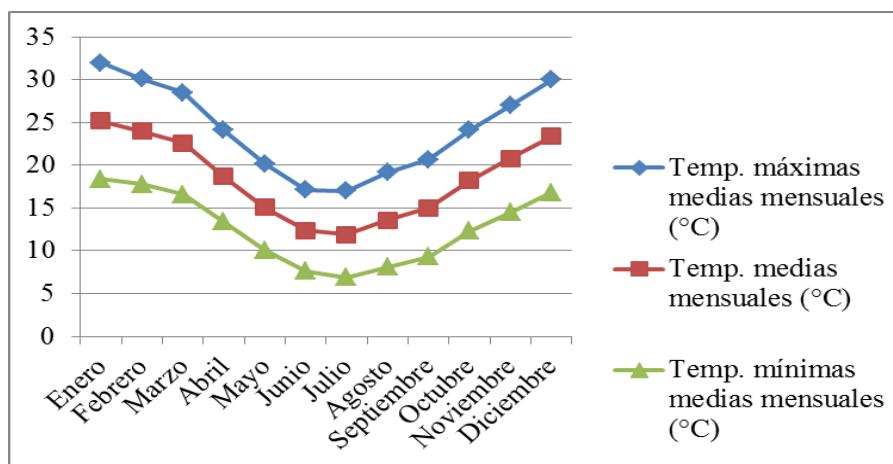
La información climática utilizada para caracterizar la zona fue recabada del INIA GRAS. Se consideró como principales parámetros la temperatura, la precipitación y la frecuencia y períodos de heladas para la región correspondiente en el período 1980-2009.

También se obtuvieron estos datos de temperatura y precipitación para el período de instalación del ensayo hasta la fecha de evaluación (2011-2012), de forma de obtener mayor exactitud a la hora de realizar las conclusiones finales.

3.2.3.1. Temperatura

Los datos de temperatura fueron tomados de la estación meteorológica más próxima al ensayo en la ciudad de Paysandú. Los datos obtenidos corresponden al período 1980-2009 y refieren a las temperaturas mínimas y máximas medias mensuales y temperaturas medias mensuales.

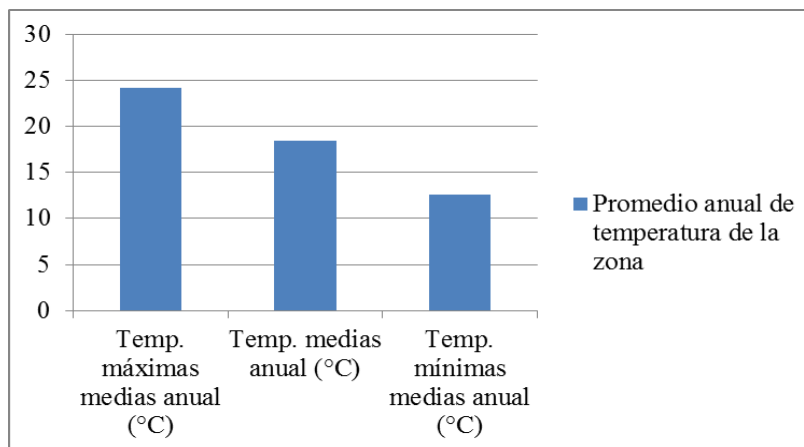
Figura No. 2. Caracterización del régimen térmico de la zona



Fuente: INIA. GRAS (s.f.)

En la figura No.2 podemos observar los meses de mayor temperatura como enero y diciembre, siendo los meses de menor temperatura junio y julio.

Figura No. 3. Promedios anuales de temperatura de la zona

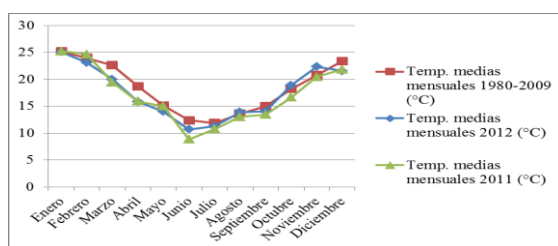


Fuente: INIA. GRAS (s.f.)

En la figura No 3 se presentan los promedios anuales de temperatura en el período 1980-2009, observándose una diferencia entre máximo y mínimo de 11,6 ° C.

Si bien los datos obtenidos en el período 1980-2009 sirven para caracterizar el régimen térmico de la zona más cercana al ensayo, a la hora de analizar el ensayo y obtener conclusiones es de mayor importancia tener en cuenta las temperaturas en los años de instalado el ensayo en adelante.

Figura No. 4. Temperaturas medias mensuales 2011-2012



Fuente: Montes del Plata. Estación Meteorológica Las Casuarinas¹

¹ Montes del Plata. Estación Meteorológica Las Casuarinas. 2011. Datos meteorológicos de la zona. Algorta. 4 p. (sin publicar)

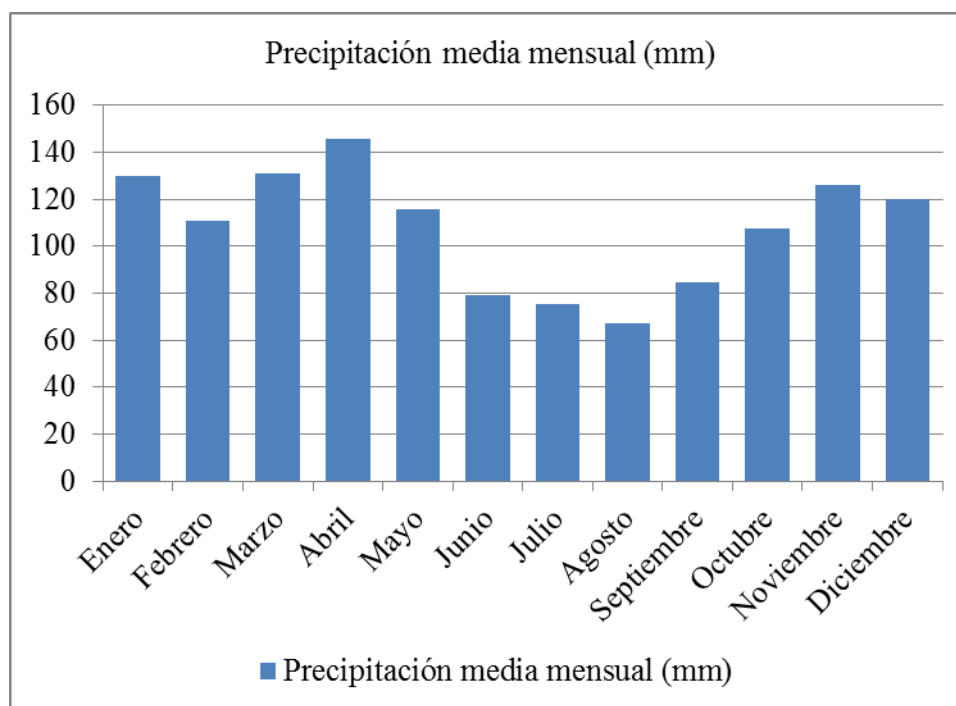
En esta figura se observa que las medias mensuales de temperatura correspondientes a los años 2011 y 2012 no presentan grandes diferencias con respecto al período utilizado para la caracterización climática de la zona.

3.2.3.2. Precipitaciones

Como se observa en la figura (ver anexo No.4) la precipitación media anual de la zona se encuentra entre los rangos de 1200-1300 mm datos otorgados por la Dirección Nacional de Meteorología.

Los registros de precipitación para caracterizar la zona se obtuvieron de la localidad de Guinchón en el período 1980-2009.

Figura No. 5. Precipitaciones medias mensuales



Fuente: INIA. GRAS (s.f.)

Como se puede apreciar en esta figura en el período correspondiente a los meses de mayor precipitación comprende abril y marzo y los de menor precipitación agosto y julio. El promedio anual para el período es de 1292,8 mm el cual está dentro del rango para esa zona según el mapa de precipitación acumulada media en el período de 1961-1990.

En el período del ensayo (2011-2012) la precipitación fue superior a la media anual de la caracterización de la zona. Siendo las precipitaciones mensuales en casi todos los meses del año 2011 levemente mayores, mientras que para el año 2012 se observa en la mayoría de los meses una menor precipitación, excepto en febrero y octubre en donde la precipitación está claramente por encima de la media anual (ver anexo No. 5)

Cuadro No. 1. Medias anuales de precipitación

Período	Precipitación (mm)
1980-2009	1292,8
2011	1448,6
2012	1451,1

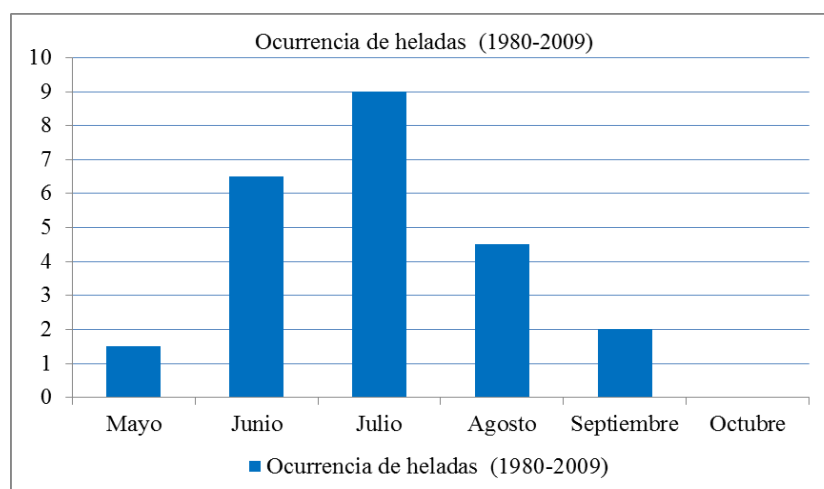
Fuente: Montes del Plata. Estación Meteorológica Las Casuarinas¹

En el cuadro se observa que en los años de análisis del ensayo las medias de precipitación fueron aproximadamente de 150 mm superior a la media del período (1980-2009).

3.2.3.3. Heladas

Para caracterizar la zona en cuanto a ocurrencia de heladas se tomó como referencia el período 1980-2009.

Figura No. 6. Ocurrencia de heladas (1980-2009)



Fuente: INIA. GRAS (s.f.)

Como se observa en la figura el período de heladas comienza en mayo hasta el mes de septiembre donde la mayor incidencia de heladas se da en el mes de julio en donde se observa un pico de 9 días con heladas, siendo el total de heladas en el año de 23,5 días.

3.3. INSTALACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Figura No. 7. Localización



3.3.1. Instalación

El rodal donde se instaló el ensayo corresponde a campo natural, el cual estaba destinado al pastoreo.

En lo que corresponde a la preparación del sitio, el primer laboreo se realizó el 30/09/2011 y fue una sola pasada de cada implemento según tratamiento.

El segundo laboreo se realizó el 19/10/2011 y fue acamellonada en todos los tratamientos. Los implementos utilizados para el subsolado fueron bulldozer D8 y en el caso de la excéntrica pesada los discos eran de 32 pulgadas o similar y para la excéntrica liviana eran de 24 pulgadas o similar.

El control de malezas se llevó a cabo en base a premergentes (Oxifluorfen + Acetoclor) y en lo que respecta el control de hormigas a base a Fipronil.

La plantación se realizó durante la primavera (12/11/2011), en forma manual, utilizando como herramienta pala plantadora. La fertilización se realizó de forma manual a una dosis de 113 gr por planta de la fórmula 14-24-00, distribuidos en 2 hoyos en

ambos lados de la planta a unos 10-15 cm de la planta y a 10-15 cm de profundidad. El marco de plantación fue de 3,5 m x 2,35 m.

El material genético utilizado en el ensayo corresponde a un clon de *E. grandis*.

3.3.2. Factores a evaluar

Los factores corresponden a distintos tipos de laboreo como se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 2. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Descripción
1	Subsolado profundo 1 (aprox. 70 cm)
2	Subsolado profundo 2 (aprox. 50 cm)
3	Excéntrica pesada (aprox. 25-30 cm)
4	Excéntrica liviana (aprox. 10-15 cm)

3.3.3. Diseño experimental

El diseño experimental del ensayo fue de 3 bloques completamente al azar, en donde los tratamientos se repiten en cada uno ellos. En cada parcela se distribuyeron 30 plantas en 3 filas de 10 plantas.

Figura No. 8. Croquis del ensayo

B1 B2 B3

T3	T3	T4
T2	T4	T1
T4	T1	T3
T1	T2	T2

El modelo para este diseño, corresponde a un diseño en bloques completamente al azar, el cual se representa de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $i = 1, 2, 3, 4$, (tratamientos)
- $j = 1, 2, 3$, (repeticiones)
- Y_{ij} = Es la respuesta del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo. Siendo el crecimiento (m³) por hectáreas.
- μ = media poblacional
- α_i = efecto del i -ésimo tratamiento. Siendo el efecto de cada tratamiento (laboreos).
- β_k = efecto del j -ésimo bloque. Siendo el efecto de cada bloque.
- ε_{ij} = Error experimental (residual).

3.3.3.1. Diseño de bloques completos al azar

Este diseño puede ser utilizado cuando las unidades experimentales se pueden agrupar, estos grupos se les llaman bloques o repetición. El objetivo del agrupamiento es lograr que las unidades en un bloque sean tan uniformes como sea posible, de modo que las diferencias observadas se deban en gran parte a los tratamientos. La variabilidad entre unidades experimentales se controla de tal forma que se maximice la variación entre bloques, mientras la variación entre ellos se minimice. La variación entre bloques no afecta claramente a las diferencias entre medias de tratamientos, ya que cada tratamiento aparece el mismo número de veces en cada bloque (Steel y Torrie, 1985).

Cada bloque consiste en un grupo compacto de parcelas aproximadamente cuadradas, en donde deberán tratarse tan uniformemente como sea posible en todo aspecto diferente del tratamiento. Cada tratamiento aparece un número igual de veces, generalmente una vez, en cada bloque y cada bloque contiene todos los tratamientos (Steel y Torrie, 1985).

Cuando se han asignado las unidades experimentales a los bloques, se numeran en cierto orden conveniente. Los tratamientos también se enumeran y luego se asignan aleatoriamente a las unidades dentro de un bloque. Una nueva aleatorización se efectúa en cada bloque (Steel y Torrie, 1985).

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Tarea de campo

Las mediciones a campo, fueron llevadas a cabo por personal de la empresa (UPM-FO).

Las mediciones del ensayo se llevaron a cabo en dos momentos, en primer instancia a los siete meses de edad (18/06/2012) y en segunda instancia a los diecinueve meses de edad 17/06/2013, se registró la altura, diámetro y sobrevivencia (vivo o muerto).

3.4.2. Procesamiento de datos

3.4.2.1. Cálculos de variables

En este trabajo se calculó el volumen individual y volumen por tratamiento, para luego obtener el volumen por hectárea de cada uno de los tratamientos.

Para estos cálculos de volumen no se tuvo en cuenta el factor de forma lo cual convierte al valor de volumen de cada árbol en un índice con el cual poder realizar comparaciones.

Para el cálculo de volumen individual se utilizó la función general de volumen.

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = \pi/4 * \text{DAP}^2 * \text{H}$$

Siendo:

- Vol (m3) volumen de cada árbol
- DAP (m) diámetro al cuello
- H (m) altura total

Para obtener el volumen por parcela se realizó la sumatoria de volumen de todos los árboles de cada parcela.

$$\text{Volumen por parcela (m3)} = \sum \text{Volúmenes individuales}$$

Luego se llevó el dato de volumen por parcela a volumen por hectárea de forma representativa.

$$\text{Vol (m}^3\text{/ha)} = (10.000 \text{ (m}^2\text{)} * \text{volumen por parcela}) / \text{Superficie de 1 parcela (m}^2\text{)}$$

Para el caso de evaluar la sobrevivencia se realizó la identificación de aquellos individuos muertos y vivos en donde a la hora de analizar los datos en un modelo binomial se identificaron los muertos con un 0 y a los vivos con un 1.

3.4.2.2. Análisis variable cuantitativo

La variable cuantitativa a analizar es el volumen por hectárea; se trabajó con el software R-Project, en donde se introducen los datos de volumen para luego realizar un análisis descriptivo de los resultados. Luego se prosigue con un análisis de varianza (ANAVA), en donde se indica la existencia o no de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos con un 95% de confianza.

3.4.2.3. Análisis de varianza

Este análisis se utiliza para probar ciertas hipótesis planteadas y se fundamenta en el estudio de la variabilidad de las observaciones. Al realizar las pruebas de hipótesis se deben considerar los supuestos básicos en el análisis de varianza como que los tratamientos y los efectos ambientales son aditivos y que los errores experimentales son aleatorios y se distribuyen normal e independientemente entorno a una media cero y con una varianza común (Gil y Zárate de Lara, 2008).

Si en este análisis de varianza se obtienen diferencias significativas entre los factores evaluados se procede a realizar el test de Tukey, el cual indica las diferencias entre los distintos niveles y en cuál de ellos se obtuvo el mejor comportamiento.

3.4.2.4. Procedimiento de Tukey

El procedimiento de Tukey hace uso de la amplitud studentizada y es aplicable a pares de medias, necesita de un solo valor para juzgar la significancia de todas las diferencias, y por lo tanto es rápido y fácil de usar. Es un tipo de prueba de comparación múltiple (Steel y Torrie, 1985).

El procedimiento consiste en el cálculo de un valor crítico mediante la ecuación ($w = q \alpha (p, fe) s\bar{y}$) y su aplicación a diferencias entre todos los pares de medias (Steel y Torrie, 1985).

Siendo:

- $q \alpha$, valor de tabla.
- $p=t$, es el número de tratamientos.
- fe , grados de libertad del error.

3.4.2.5. Análisis de variables cualitativas

Esta variable corresponde a la sobrevivencia como respuesta de los diferentes laboreos utilizados en el ensayo.

Para este análisis se utilizó el modelo de regresión logística el cual es un modelo lineal generalizado en donde las variables de respuesta refieren a vivo o muerto. Para el análisis también se utilizó el software R-Project.

Modelo binomial

$$\text{Ln} (Y_{ij} / 1 - Y_{ij}) = \beta_0 + L_i + Z_j$$

Siendo:

- I 1, 2, 3, 4 (laboreo)
- j 1, 2, 3 (bloques)
- Y_{ij} - Sobrevivencia del i – laboreo en el j- esimo bloque
- β_0 - Intercepto
- L_i – efecto del i – laboreo
- Z_j – efecto del j – esimo bloque

3.4.2.6. Modelo Binomial

Con este modelo se puede analizar variables con respuesta vivo o muerto, hombre o mujer, infectado o saludable, ocupado o vacío. En estos casos se puede investigar qué variables están relacionadas con la asignación de un individuo a una clase u otra mediante modelos lineales generalizados con una distribución de errores de tipo binaria, siempre y cuando exista al menos una variable explicativa que sea continua. La variable respuesta debe de contener solo 0s o 1s, en donde un 0 representaría por ejemplo a un individuo muerto y un 1 a un individuo vivo. La manera en la que R trata datos binarios es asumiendo que los 0s y los 1s provienen de una distribución binomial de tamaño 1. Si la probabilidad de que un individuo este muerto es p, entonces la probabilidad de obtener y (donde y es vivo o muerto, 0 o 1) vendría dado por la forma abreviada de la distribución binomial con $n = 1$, conocida como la distribución de Bernoulli (Cayuela, 2010).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VOLUMEN / HA SEGÚN LABOREOS A LOS SIETE MESES

4.1.1. Distribución de valores volumen / ha a los siete meses

Los resultados brindados para la variable volumen / ha en cuanto a su promedio fueron 1,436 m³/ha, siendo el tratamiento con excéntrica 25- 30 cm el que presentó mayor media y el tratamiento con excéntrica 10-15 cm con menor media. El desvío con respecto a la media es de 0,377. Con respecto al valor mínimo, la excéntrica 10-15 cm presentó un valor de 0,589 m³/ha y para el valor máximo presentó un valor de 2,160 m³/ha,

Cuadro No. 3. Distribución de valores (m³ / ha) obtenidos según laboreos

Laboreos	Promedio	Desvío	Mínimo	Máximo
Subsolado 70 cm	1,336	0,20	1,101	1,461
Subsolado 50 cm	1,456	0,27	1,245	1,756
Excéntrica 25-30 cm	1,626	0,25	1,336	1,805
Excéntrica 10-15 cm	1,328	0,79	0,589	2,16

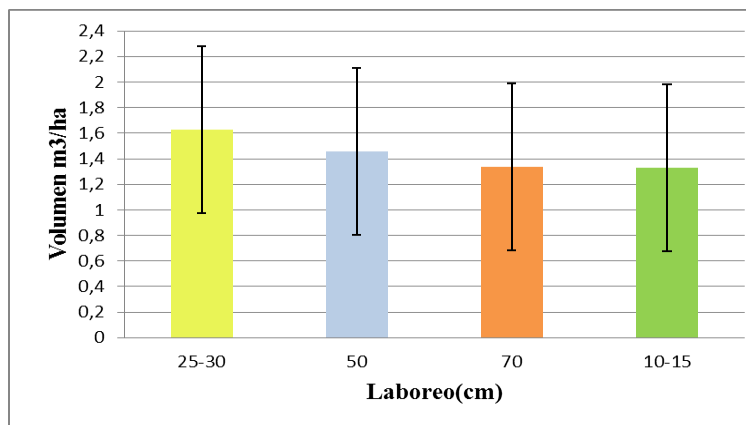
Como se observa en el cuadro No.3 el tratamiento con excéntrica 10-15 cm es el que presenta mayor desvío con un valor de 0,79 m³/ha siendo este valor casi el triple que los desvíos del resto de los tratamientos haciendo a su media poco representativa como indicador estadístico.

Cuadro No. 4. Resultados ANAVA

Fuente de var.	Df	Sum Sq	Mean Sq	Valor F	p-valor
Bloque	2	0,313	0,156	0,731	0,52
Laboreos	3	0,174	0,058	0,271	0,844
Residual	6	0,128	0,214		

Como se observa en el cuadro No. 4 estadísticamente no existen diferencias significativas entre los distintos laboreos, ni interacción entre ellos. En ambos casos se obtuvo un p-valor alto teniendo en cuenta un p-valor < 0.05 para que exista interacción o diferencia entre los diferentes laboreos.

Figura No. 9. Volumen promedio e intervalo de confianza (95%) (m^3/ha)



En el gráfico No.9 se observa claramente que los intervalos de confianza se solapan entre todos los tratamientos, permitiendo observar de cierta forma la ausencia de diferencias significativa entre ellos.

Estos resultados podrían ser explicados debido a que, en un estudio realizado por Donoso et al. (1999), al analizar los primeros 70 cm del perfil del suelo en bosques de *Eucalyptus* de hasta diez años de edad, los resultados señalan que la mayoría de las raíces finas, las que desarrollan la función de absorber agua y nutrientes, se localizan en los horizontes más superficiales del suelo, determinando que el 57,9 % de las raíces finas se encontraban en los primeros 20 cm de profundidad. Por tanto las raíces finas no llegarían a explorar el efecto de los tratamientos a mayor profundidad.

Por otra parte en el periodo de instalación del ensayo las precipitaciones fueron 150 mm superior al promedio anual de la zona, por lo tanto no se esperarían restricciones de agua para las plantas en ninguno de los tratamientos realizados; pero sí en el periodo se hubiese registrado una importante sequía, podrían ser otros los resultados, dado que los tratamientos de mayor intensidad de laboreo, como el caso de los subsolados podrían presentar ciertas ventajas en la capacidad de infiltración y retención de agua en el perfil, haciendo en este periodo menor el déficit hídrico para las plantas con estos tratamientos favoreciendo el crecimiento y desarrollo.

4.2. SOBREVIVENCIA A LOS SIETE MESES

Cuadro No. 5. Supervivencia (%) según labores

Laboreo	Media	Error estándar	Intervalo de confianza	
			LI	LS
10-15 cm	0,888	0.282	0,829	0,948
25-30 cm	0,953	0.282	0,913	0.993
50 cm	0,866	0.282	0,801	0,932
70 cm	0,898	0.282	0,841	0,955

En el cuadro se observa que el laboreo con excéntrica 25-30 cm fue el que obtuvo un mayor porcentaje de supervivencia presentando un 95 %, mientras que el laboreo con subsolado a 50 cm presentó un 86 % de supervivencia.

Cuadro No. 6. Resultados regresión logística para supervivencia

	Estimate	Std Error	z value	p-valor
Intercep	1,951	0,377	5,174	2,30 E-07
Bloque 2	0,583	0,420	1,389	0,165
Bloque 3	0,172	0,378	0,456	0,684
Subsolado 50 cm	-0,312	0,429	-0,726	0,468
Excéntrica 25-30 cm	0,856	0,558	1,534	0,125
Excéntrica 10-15 cm	0,101	0,442	-0,229	0,819

En cuanto a los diferentes tratamientos no se evidencian diferencias significativas en la supervivencia, ni interacción entre ellos. Por lo tanto los diferentes tipos de laboreo no tienen efectos significativos en la supervivencia a los siete meses de edad.

Dado el tipo de suelo y sus limitantes físicas como la pedregosidad y su horizonte A de aproximadamente 30 cm de profundidad, se podría esperar alguna diferencia en la supervivencia según diferentes labores si en el período correspondiente se hubiese registrando alguna restricción hídrica; sin embargo en el período del ensayo se obtuvieron precipitaciones por encima de la media para la zona.

4.3. VOLUMEN / HA A LOS DIECINUEVE MESES

4.3.1. Distribución de valores volumen / ha a los diecinueve meses

Los resultados brindados para la variable volumen / ha en cuanto al promedio fueron 41,24 m³/ha, siendo el tratamiento con subsolado 50 cm el que presentó mayor media y el tratamiento con excéntrica 10-15 cm con menor media, el desvío con respecto a la media fue de 7,68.

Cuadro No. 7. Distribución de valores (m³ / ha) obtenidos según laboreos

Laboreos	Promedio	Desvío	Mínimo	Máximo
Subsolado 70 cm	40,08	6,65	34,79	47,54
Subsolado 50 cm	45,94	6,70	38,34	51,02
Excéntrica 25-30 cm	40,43	10,10	32,87	51,89
Excéntrica 10-15 cm	38,54	7,27	30,19	43,52

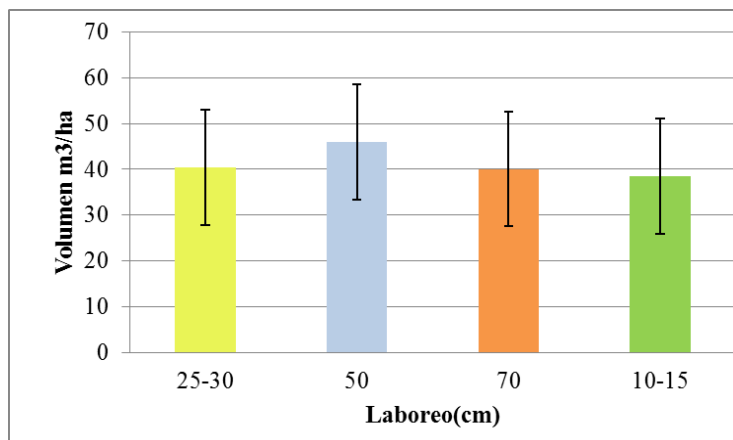
El subsolado a 50 cm es el que presentó mayor media, con mayores valores mínimos y menor desvío, si bien los valores máximos son similares a excéntrica 25-30 cm, ésta presenta un mayor desvío con una media de 5 m³/ha menor al subsolado a 50 cm.

Cuadro No. 8. Resultados ANAVA

Fuente de var	Df	Sum Sq	Mean Sq	Valor F	p-valor
Bloque	2	13,7	6,83	0,086	0,918
Laboreos	3	94,3	31,43	0,398	0,760
Residual	6	474,1	79,02		

Como se observa en el siguiente cuadro al igual que en la medición a los siete meses, estadísticamente no existen diferencias significativas entre los distintos laboreos, ni interacción entre ellos. En ambas mediciones se obtuvo un p-valor alto teniendo en cuenta un p-valor < 0.05 para que exista interacción o diferencia entre los diferentes laboreos.

Figura No. 10. Volumen promedio e intervalo de confianza (95%) (m^3/ha)



En este gráfico se observa que los intervalos de confianza se solapan entre todos los tratamientos, representando la ausencia de diferencias significativa entre ellos.

Estos resultados eran esperados dado que las mediciones se realizaron a los siete meses y a los diecinueve meses, y en la bibliografía consultada respecto a ensayos similares, las diferencias volumétricas según laboreos estarían dadas a partir de los veintiocho meses en adelante como en el caso del ensayo, silvicultura de establecimiento de *E. grandis* Aparicio et al.(2005), que hasta los veintiocho meses de edad las alternativas de subsolado no provocaron un aumento en el crecimiento respecto a la preparación del terreno, siendo el control de plantas competidoras esencial a esa edad para obtener una diferencia volumétrica debido a la sensibilidad de *E. grandis* a la competencia por los recursos, dado que las raíces, según una evaluación de las modificaciones del sistema radical de *Eucalyptus* causadas por el laboreo, Donoso et al. (2002), se encuentran en los horizontes más superficiales del suelo, a una profundidad de 10 a 20 cm donde la mayoría de estas raíces finas, son las que desarrollan la función de absorber agua y nutrientes.

Teniendo en cuenta que la precipitación en el período del ensayo fue superior a la media de la zona y al no encontrar diferencias significativas en rendimiento asumiendo un correcto control de maleza realizado en el ensayo; podemos decir que los diferentes tipos de laboreo no generan diferencias en la competencia por nutrientes para la plantas. Esto puede deberse a que la mayoría de los nutrientes, en el tipo de suelo donde se realizó el ensayo, se encuentran en los primeros centímetros del perfil por lo tanto no existirían mayores limitantes físicas para las raíces al momento de acceder y obtener los nutrientes, dado que las raíces finas, las cuales cumplen con la función de absorber agua y nutrientes, se ubican en los primeros centímetros del perfil.

Las diferencias en rendimientos que se podrían esperar entre los tratamientos con subsolado y excéntrica estarían relacionadas principalmente a un mejor anclaje, una mejor infiltración y una mayor capacidad de retención de agua en el perfil, brindado por el laboreo profundo con subsolado. Estas mejoras disminuirían la susceptibilidad de las plantas frente a las variaciones climáticas, respecto a las altas temperaturas y a las bajas precipitaciones, disminuyendo el efecto de un posible déficit hídrico para la plantación.

Según Altamirano et al. (1976), en los suelos litosoles, el arraigamiento está limitado por la profundidad del solum y únicamente la presencia de grietas o diaclasas en la roca permite la penetración de las raíces a mayor profundidad. En este caso sí sería justificable el laboreo con subsolado profundo ya que según Lacey et al. (2001) el laboreo profundo se justifica únicamente cuando existen impedimentos para el desarrollo radicular o limitaciones mecánicas, en donde estima que se podrían observar diferencias a la edad de cinco años en cuanto a la resistencia a una sequía o tolerancia al viento, teniendo en cuenta la resistencia dada por el buen anclaje y desarrollo del sistema radicular.

Por lo tanto dado que en este tipo de suelo limitado en donde la mayoría de los nutrientes se encuentran en los primeros 20 cm del suelo y el sistema radicular independiente del laboreo ocupa volúmenes similares en el perfil a futuro no sería una mayor limitante el obtener los nutrientes, siendo la principal limitante para el rendimiento la competencia por el agua y la tolerancia al viento.

4.4. SOBREVIVENCIA A LOS DIECINUEVE MESES

Cuadro No. 9. Supervivencia (%) a los diecinueve meses según laboreos

Laboreo	Media	Error estándar	Intervalo de confianza	
			LI	LS
10-15 cm	0,878	0.282	0,816	0,940
25-30 cm	0,953	0.282	0,913	0.993
50 cm	0,866	0.282	0,801	0,932
70 cm	0,898	0.282	0,841	0,955

En el cuadro No. 9 se observa que a los diecinueve meses se obtienen resultados similares a los obtenidos a los siete meses, siendo el laboreo con excéntrica 25-30 cm el de mayor porcentaje de supervivencia con un 95 %, y el laboreo con subsolado a 50 cm presentó un 86 % de supervivencia.

Al evaluar los distintos tipos de laboreo no se encontraron efectos significativos sobre la sobrevivencia, (ver anexo No. 6), a los siete meses se encontraron 42 árboles muertos y a los diecinueve meses 43.

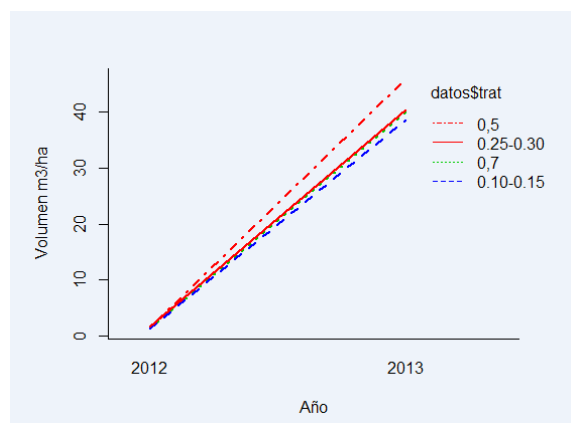
4.5. RELACIÓN ENTRE MEDICIONES REALIZADAS

Cuadro No. 10. Análisis de ANAVA para volumen/hectárea

Fuente de var.	Df	Sum Sq	Mean Sq	Valor F	p-valor
Año	1	9509	9509	275	1,30E-10
Bloque	2	7	3	0,098	0.907
Tratamiento	3	48	16	0,467	0,71
Año: Tratamiento	3	46	15	0,447	0,724
Residuales	14	483	34		

En el cuadro se observa un p-valor alto para la relación año-tratamiento lo cual demuestra que no existe efecto significativo entre las medias de los tratamientos de ambas mediciones (ver anexo No. 7)

Figura No. 11. Volumen/hectárea según laboreo y año



Si bien se obtuvo un p-valor alto para la interacción año volumen/hectárea, en el gráfico se observa una tendencia del tratamiento a 50 cm a tener una mayor pendiente con respecto a los demás tratamientos, teniendo en cuenta que esta diferencia no es significativa al evaluar puntualmente el tratamiento de subsolado a 50 cm con el laboreo excéntrica de 10-15 cm se encontró una diferencia absoluta de 7,4 m³/ha (ver anexo No. 8)

Al evaluar las medias de cada tratamiento en las dos mediciones, si bien no se podría hablar de un cambio de rankín dado que no existen diferencias significativas, se observó un cambio en términos absolutos entre las medias de los diferentes tratamientos en ambas mediciones. A los siete meses el tratamiento con excéntrica de 25-30 cm obtuvo mayor media y el tratamiento de menor media fue el laboreo con excéntrica de 10-15 cm, con una diferencia de 0,29 m³/ha. A los diecinueve meses el tratamiento con mayor media fue el laboreo con subsolado a 50 cm, y el de menor media el tratamiento con excéntrica de 10-15 cm, con una diferencia de 7,4 m³/ha (ver anexo No. 9)

En cuanto a las tablas de Anava de ambas mediciones se obtuvo un p-valor para los bloques a los siete meses de 0,52 y a los diecinueve meses de 0,918. Para los tratamientos a los siete meses se obtuvo un p-valor de 0,844 y a los diecinueve meses 0,760. Si bien estos p-valores son altos demostrando firmemente una ausencia de diferencias significativas, se podría percibir una tendencia de los bloques a ser más similares entre sí y a diferenciarse los tratamientos entre ellos a medida que aumenta la edad. Esta tendencia se alinea con los estudios mencionados anteriormente por Aparicio et al. (2005), donde las diferencias significativas entre laboreos con subsolado y excéntrica se podrían observar a partir de los veintiocho meses en adelante dada por la competencia de agua y nutrientes.

En cuanto a la competencia por nutrientes, en este tipo de suelo limitado en donde la mayoría de los nutrientes se encuentra en los primeros 20 centímetros del suelo y el sistema radicular independiente del laboreo ocupa volúmenes similares en el perfil; algunos autores como Serrada (2000), afirman que la inversión de horizontes para suelos maduros puede provocar pérdidas de calidad edáficas, por lo contrario en suelos muy jóvenes puede resultar necesaria la inversión de los horizontes para aumentar la calidad edáfica. En el presente ensayo al no tener un análisis de suelo ni conocerlo desde el punto de vista genético, no se podría afirmar si es o no beneficiosa la inversión de horizontes causada por laboreo profundo con subsolado.

Si bien los suelos Litosoles según Altamarino et al. (1976) no pueden ser considerados como suelos jóvenes, sería conveniente monitorear el impacto ocasionado por los distintos laboreos en nuestro ensayo, teniendo en cuenta la pérdida o ganancia de calidad edáfica a corto, mediano y largo plazo.

Por lo tanto, mientras que el laboreo profundo no genere una pérdida de calidad edáfica, las diferencias futuras esperadas dado que la competencia por los nutrientes no sería una mayor limitante, estarían relacionadas principalmente a la ventaja de un buen anclaje y una mejor infiltración del agua en el perfil del suelo, mejorando la capacidad de las plantas frente a la competencia por el agua y resistencia al viento.

5. CONCLUSIONES

Con respecto al volumen / ha, en la medición a los siete meses no se obtuvo un efecto significativo entre los diferentes laboreos, ni interacciones entre ellos.

En la segunda medición realizada a los diecinueve meses, el volumen / ha no presentó diferencias significativas entre los distintos laboreos ni interacción entre ellos.

Si bien no existen diferencias significativas, las diferencias volumétricas en términos absolutos a los diecinueve meses son de 7,4 m³/ha.

Al relacionar ambas mediciones no se encontraron diferencias significativas entre el factor año y el volumen/ ha.

Para la variable sobrevivencia (%), en ambas mediciones no se constataron diferencias significativas.

Dados estos resultados, sería interesante analizar el impacto ambiental ocasionado según la intensidad del laboreo en estos tipos de suelos, respecto a la capacidad de infiltración del agua, la calidad edáfica y la posible generación de riesgo de erosión; a su vez analizar desde el punto de vista económico los costos de cada tarea, en función de los rendimientos en términos absolutos.

6. RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el predio “Santa Elena”, propiedad de la empresa Forestal Oriental S.A. en el departamento Río Negro. Como objetivo general se presenta la evaluación del impacto del laboreo con subsolado y excéntrica en las características de crecimiento y sobrevivencia de *E.grandis* en suelos del grupo CONEAT 9.1. Los tratamientos son laboreo con subsolado a profundidad de 50 cm y a 70 cm y laboreo con excéntrica a profundidad de 10 a 15 cm y de 25 a 30 cm. Para cumplir con el objetivo se calculó el volumen por hectárea y se cuantificó sobrevivencia (árboles vivos y muertos) para los distintos tipos de tratamientos. La evaluación se realizó en dos etapas, en primer instancia a los siete meses de edad, y en segunda instancia a los diecinueve meses de edad; luego con ambas mediciones se evaluó si existe interacción entre ellas y sus tendencias en cuanto a volumen por hectárea. Como resultado para las mediciones a los siete meses y a los diecinueve meses, el volumen por hectárea no presentó diferencias significativas entre los distintos laboreos al igual que la variable sobrevivencia. En cuanto a la interacción entre ambas mediciones no se encontraron diferencias significativas entre el factor año y los distintos laboreos.

Palabras clave: *E. grandis*; Laboreo; Excéntrica; Subsolado; Volumen; Sobrevivencia.

7. SUMMARY

The present work was developed on “Santa Elena” facilities which belongs to Forestal Oriental S.A. located at the department of Rio Negro. As the main objective we propose the evaluation of the impact of tillage with ripping and eccentric on the characteristics of growth and survival of the *E. grandis* in soils of CONEAT 9.1. group. The treatments consist of a ripping depth of 50 and 70 cm and another of tillage with eccentric of 10 to 15 cm and 25 to 30 cm. To reach the objective we have calculated the volume per hectare and survival was quantified (living and dead trees) for the different type of treatments. The evaluation was done in two stages, first at seven months and second at nineteen months, then with both measurements assessed, if there was any interaction between them and their tendencies in terms of volume per hectare. After this we can conclude that according results at seven and nineteen months, the volume and the survival per hectare did not show significant differences between one treatment and the other.

Keywords: *E. grandis*; Tillage; Eccentric; Ripping; Volume; Survival.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AGUERRE, M.; CARPINETI, L.; DALL TEA, F.; DENEGRÍ, G.; FRANGÍ, J.; GARRÁN, S.; GIMÉNEZ, E.; GLADE, J.; LAROCCA, L.; MARCO, M.; MENDOZA, L.; PUJATO, J.; REMBADO, G.; SÁNCHEZ, M.; VACCARO, N. 1995. Manual para productores de Eucalyptus de la Mesopotamia argentina. Concordia, Artesanía Gráfica. 162 p.
2. ALTAMIRANO, A.; DA SILVA, H.; DURÁN, A.; ECHEVARRÍA, A.; PANARIO, D.; PUENTES, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Montevideo, MGAP. DSF. t.1, 96 p.
3. APARICIO, J.; LAROCCA, F.; DALLA TEA, F. 2005. Silvicultura de establecimiento de *E. grexéntricaandis*. (en línea). Revista IDIA XXI. 5 (8): 64-67. Consultado 21 dic. 2013. Disponible en https://www.google.com.uy/search?q=Silvicultura+de+Establecimiento+d+e+Eucaliptus+grandis&oq=Silvicultura+de+Establecimiento+de+Eucaliptus+grandis&aqs=chrome..69i57.546j0j7&sourceid=chrome&es_sm=93&ie=UTF-
4. BENNAFJI, Z. 2003. Avances en investigación y transferencia de tecnologías en zona de prioridad forestal 8. Tacuarembó, INIA. 36 p. (Actividades de Difusión no. 321).
5. BOLLAZZI, M. 2012. Entomología forestal. Insectos defoliadores. Montevideo, Facultad de Agronomía. 57 p.
6. BOSSI, J.; FERRANDO, L.; MONTAÑA, J.; CAMPAL, N; MORALES, H.; GANCIO, F.; SCHIPILOV, A.; PIÑEYRO, D.; SPRECHMANN, P. 1998. Carta geológica del Uruguay. Montevideo, Geoeditores. Escala 1:500.000. 1 disco compacto.
7. _____. 2007. Regiones geológicas para aplicación agronómica. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 87 p. Consultado may. 2014. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Curso%202014/Material/REGEOLOGUY.pdf>
8. BRUSSA, C. A. 1994. Eucalyptus; especies de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Hemisferio Sur. 328 p.
9. CAYUELA, L. 2010. Modelos lineales generalizados. (en línea). Granada, Universidad de Granada. 87 p. Consultado jun. 2014. Disponible en

<http://158.49.96.73:8080/documenta/bitstream/00000001/24/1/3Modelos%20lineales%20generalizados.pdf>

10. COPPOLA, F.; MENDOZA, G.; REGULES, H. 2000. Caracterización de plantines de Eucalyptus y Pinus desde el punto de vista de la calidad en el Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 105 p.

11. DALLA TEA, F.; LAROCCA, F. 1998. Establecimiento de plantaciones forestales en la costa del Río Uruguay. (en línea). In: Jornadas Forestales de Entre Ríos (13as.), Encuentro Forestal CEDEFOR del Mercosur (1º., 1998, Concordia). Resúmenes. Concordia, s.e. p. irr. Consultado jun. 2014. Disponible en <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/ archivos/ biblioteca/79%20LaroccaDallaTeaIV.pdf>

12. DELGADO, S.; ALLIAUME, F.; GARCÍA PRÉCHAC, F.; HERNÁNDEZ, J. 2006. Efecto de las plantaciones de Eucalyptus sp. sobre el recurso suelo en Uruguay. Agrociencia (Montevideo). 10(2): 95-107.

13. DONOSO, S.; OBISPO, A.; SÁNCHEZ, C.; HERRERA, M. 1999. Efecto del laboreo sobre la biomasa de Eucalyptus globulus en el suroeste de España. (en línea). s.n.t. pp. 377 – 386. Consultado 17 oct. 2013. Disponible en http://www.inia.es/gcontrec/pub/09.S.DONOSO_1047993300318.pdf

14. _____.; RUIZ, F.; HERRERA, M. 2001. Distribución y cantidad de biomasa de raíces finas en plantaciones clonales de Eucalyptus globulus. (en línea). s.n.t. 10 p. Consultado 21 oct. 2013. Disponible en http://revistacienciasforestales.uchile.cl/2001-2002_vol16-17/n1-2a1.pdf

15. _____.; SÁNCHEZ, C.; OBISOPO, A.; RUIZ, F.; HERRERA, M. 2002. Evaluación de las modificaciones del sistema radical de *Eucalyptus* causadas por el laboreo. (en línea). Quebracho, Revista de Ciencias Forestales. 9: 54-59. Consultado 21 oct. 2013. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/481/48100905.pdf>

16. ESPAÑA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. 2004. Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero. (en línea). Madrid. 2 p. Consultado 20 oct. 2013. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/app/mecanizacion/fichamaquinaria.aspx?n1=3&n2=2&n3=1&n4=0>

17. FAO. 1978. Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales. (en línea). Roma. 206 p. (Colección FAO. Montes no. 8). Consultado 20 dic. 2013. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/016/ap010s/ap010s00.pdf>
18. _____. 1980. Mejora genética de árboles forestales. Mérida. s.p. (Colección FAO. Montes no. 20).
19. _____. 1981. El Eucalyptus en la repoblación forestal. Roma. 723 p. (Colección FAO. Montes no. 11).
20. _____. 1995. Forest Resources Assessment 1990. Tropical forest plantation resources. Rome. s.p. (FAO Forestry Paper no. 128).
21. FINGER, C.; SCHUMACHER, M.;SCHNEIDER, P.;HOPPE, J.1996. Influência da camada de impedimento no solo sobre o crescimento de *E. grandis* (hill) ex maiden. *Ciência Florestal* (Santa Maria). 6 (1): 137-145.
22. GAITÁN, J.; LAROCCA, F.; DALLA TEA, F. 2004. Fertilización de *Eucalyptus grandis*; dinámica de la respuesta durante la rotación comercial. (en línea). In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (19°), Simposio Nacional sobre Suelos Vertisolicos (2°., 2004, Paraná). Trabajos presentados. s.n.t. s.p. Consultado 22 dic. 2013. Disponible en <http://minagri.siiia.gob.ar/new/00/forestacion/biblos/pdf/2004/posters04/238%20Fertiliz%20euca%20grandis%20-%20Gaitan%20.pdf>
23. GARCÍA, M. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. (en línea). In: Jornadas Forestales de Entre Ríos (22as., 2007, Concordia, Argentina). Trabajos presentados. s.n.t. pp. 1-10. Consultado feb. 2012. Disponible en <http://anterior.inta.gov.ar/f/?url=http://anterior.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.GARCÍA.pdf>
24. GARCÍA, P.; PÉREZ, B.;CHRISTIE, S.;SANATINI, P.2001. Efecto de la intensidad del laboreo en el crecimiento aéreo y radicular de *Eucalyptus dunnii* y sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo. *Agrociencia* (Montevideo). 5 (1): 1-9.
25. GARCÍA, R. E.; SOTOMAYOR, A.; SILVA, P. S.; VALDEBENITO, R. G. 2000.Establecimiento de plantaciones forestales; *Eucalyptus* sp. Santiago, Chile, INFOR. 34 p.

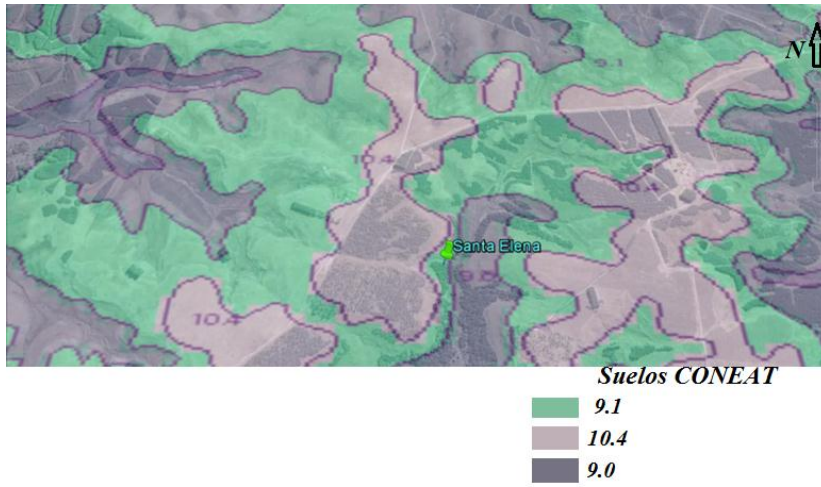
26. GONCALVES DOS REIS, G.; FERREIRA REIS, M. 1995. Reflexo do cultivo mínimo no ambiente e na fisiologia da árvore. (en línea). *In*: Seminario sobre Cultivo Mínimo do Solo em Florestas (1º.,1995, Curitiba). Anais. s.n.t. pp. 148-162. Consultado 19 oct. 2013. Disponible en. http://www.ipef.br/publicacoes/seminario_cultivo_minimo/cap18.pdf
27. HERNÁNDEZ, R.; RODAS, A.; OSPINA, C.; URREGO, J.; GODOY, J.; ARISTIZOBAL, F.; OSORIO, O.; RIAÑO, N. 2006. El Eucalyptus; guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana. (en línea). Manizales, s.e. 52 p. Consultado 19 oct. 2013. Disponible en. <http://www.cenicafe.org/es/publications/eucalipto.pdf>
28. LACEY, T.; BRENNAN, P.; PAREKH, J.2001. Deep may not be meaningful; cost and effectiveness of various ripping tine configuration in a plantation cultivation trial in eastern Australia. (en línea). s.n.t. pp. 231 – 248. Consultado 15 oct. 2013. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1012283106140#page-1>
29. LAROCCA, F.; DALLA TEA, F.; APARICIO, J, L.2004. Técnicas de implantación y manejo de *Eucalyptus grandis* para pequeños y medianos forestadores en Entre Ríos y Corrientes. (en línea). *In*: Jornadas Forestales de Entre Ríos (19as., 2004, Concordia). Actas. s.n.t. p. irr. Consultado 20 oct. 2013. Disponible en <http://64.76.123.202/new/00/forestacion/ archivos/ biblioteca/228%20Larocc.pdf>
30. MANQUI, F.; ALLENDE, M.; VILLABLANCA, A. 2012. Preparación de suelos. (en línea). Chillan, Chile, INIA/URURI. 4 p. Consultado 20 oct. 2013. Disponible en http://platina.inia.cl/ururi/informativos/Informativo_INIA_Ururi_62.pdf
31. MARCÓ, M. A. 2005. Conceptos generales del mejoramiento genético forestal y su aplicación a los bosques cultivados de la Argentina. Buenos Aires, INTA. pp. 9-17.
32. MASSAKAZU, C.; MORALES, J.2005. Desempeño operacional de un subsolador en funjo da estrutura, do teor de argila e de água em três latossolos. Scientia Forestales. no. 69: 115-124.

33. METHOL, R. 1996. Laboreo y fertilización en *Eucalyptus grandis* en la zona norte. (en línea). Montevideo, INIA. 4 p. Consultado 20 ago. 2013. Disponible en http://www.inia.org.uy/online/site/publicaciones.php?tipo=0&cond9=2&busqueda=&cond0=2&autor=methodol&cond1=2&palClave=&cond3=2&anioPublicacion=&cond4=2&estEmisora=0&cond6=2&areaTem=0&sub_categorias=&categorias=&orden=1&desc=0&inicio=0
34. ORTEGA, U.; KINDELMAN, A.; HEVIA, A.; ÁLVAREZ, E.; MASADA, J. 2006. Control de calidad de planta forestal. (en línea). Asturias, Serida. s.p. Consultado feb. 2010. Disponible en <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=1521&anyo>
35. PÉREZ, S. 2009. Riesgo potencial de la hormiga cortadora de hojas *Acromyrmex lobicornis* para las plantaciones forestales de la Patagonia. Manejo Integrado de Plagas Forestales. no 6: 10-12.
36. PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. 1997. Mensura forestal. San José, Costa Rica, IICA. 561 p. (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible no. 1).
37. RESQUIN, F.; DE MELO, J.; FARIÑA, I.; MIERES, J.; ASSANDRI, L. 2005. Caracterización de la celulosa de especies del género *Eucalyptus* plantadas en Uruguay. (en línea). Montevideo, INIA. 82 p. Consultado 15 oct. 2013. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429160709160425.pdf>
38. RUIZ, F.; SORIA, F.; TOVAL, G. 2001. Ensayos de preparación del terreno para el establecimiento de masas clonales de *Eucalyptus globulus* en distintos suelos de la provincia de Huelva. (en línea). Huelva, s.e. 6 p. Consultado 21 oct. 2013. Disponible en [https://www.google.com.uy/search?q=ENSAYOS+DE+PREPARACION+DEL+TERRENO+PARA+EL+ESTABLECIMIENTO+DE+MASAS+CLONALES+DE+Eucalyptusglobulus+\(Labill.\)+EN+DISTINTOS+SUELOS+DE+LA+PROVINCIA+DE+HUELVA.&oq=ENSAYOS+DE+PREPARACION+DEL+TERRENO+PARA+EL+ESTABLECIMIENTO+DE+MASAS+CLONALES+DE+Eucalyptusglobulus+\(Labill.\)+EN+DISTINTOS+SUELOS+DE+LA+PROVINCIA+DE+HUELVA.&aqs=chrome..69i57.487j0j4&sourceid=chrome&es_sm=93&ie=UTF-8](https://www.google.com.uy/search?q=ENSAYOS+DE+PREPARACION+DEL+TERRENO+PARA+EL+ESTABLECIMIENTO+DE+MASAS+CLONALES+DE+Eucalyptusglobulus+(Labill.)+EN+DISTINTOS+SUELOS+DE+LA+PROVINCIA+DE+HUELVA.&oq=ENSAYOS+DE+PREPARACION+DEL+TERRENO+PARA+EL+ESTABLECIMIENTO+DE+MASAS+CLONALES+DE+Eucalyptusglobulus+(Labill.)+EN+DISTINTOS+SUELOS+DE+LA+PROVINCIA+DE+HUELVA.&aqs=chrome..69i57.487j0j4&sourceid=chrome&es_sm=93&ie=UTF-8) y en <file:///C:/Users/fernando.tortosa/Downloads/5958-5955-1-PB.pdf>

51. _____. _____. _____. 2013. Carta grupo suelos CONEAT. (en línea). Montevideo. 62 p. Consultado mar.2014. Disponible en <http://www.cebra.com.uy/renare/media/Descripción-de-Grupos-de-Suelos-CONEAT-1.pdf>
52. VILLALBA, J.; MONTOUTO, C.; CAZABÁN, J.; CARABALLO, P.; BENTANCUR, O. 2010. Efecto del laboreo sobre la eficiencia del herbicida y el crecimiento de Eucalyptus sp. Agrociencia (Montevideo). 14: 45-54.
53. _____. 2013. Control de malezas en Eucalyptus sp. Montevideo, Facultad de Agronomía. 11 p.
54. ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1994. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México, UTEHA. 546 p.
55. _____. 2006. Alternativas de control de malezas a herbicidas cuestionados por los sellos de certificación, antecedentes de alternativas de control de malezas y herbicidas usados en el sector forestal. (en línea). Concepción, Chile, s.e. 13 p. Consultado 15 oct. 2013. Disponible en . <http://www.readbag.com/infor-cl-controlmaleza-archivos-control-de-malezas-y-herbicidas-usados-en-sector-forestal>

Anexo No. 3.

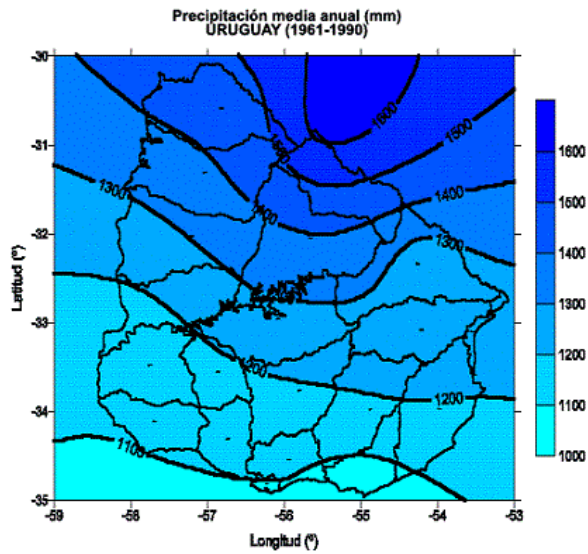
Figura No. 3. Localización de suelos CONEAT 9.1



Fuente: URUGUAY. MGAP. RENARE (s.f.)

Anexo No. 4.

Figura No. 4. Precipitación media anual

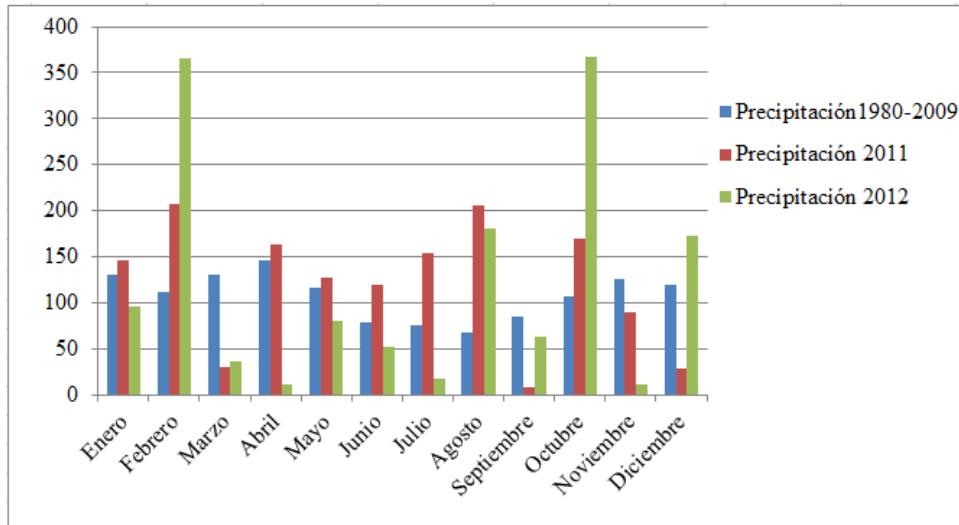


Fuente de datos: Dir. Nal. Meteorología

Fuente: URUGUAY. MDN. DNM (s.f.)

Anexo No. 5.

Figura No. 5. Precipitación media en el período del ensayo



Fuente: Montes del Plata. Estación Meteorológica Las Casuarinas¹

Anexo No. 6.

Cuadro No. 1. Resultados regresión logística para sobrevivencia

	Estimate	Std.Error	z value	p-valor
Intercep	1,989	0,378	5,253	1,50E-07
Bloque 2	0,687	0,432	1,597	0,112
Bloque 3	0,008	0,367	0,024	0,981
Subsolado 50 cm	-0,3	0,43	-0,698	0,485
Excéntrica 25-30	0,858	0,558	1,536	0,125
Excéntrica 10-15	-0,3207	0,436	-0,476	0,634

Anexo No. 7.

Modelo relación entre ambas mediciones

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + A_j + \beta_k + LA_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

- i : 1,2,3,4.(Tratamiento)
- j : 1,2.(Años)
- k : 1,2,3.(Bloques)

Donde:

- Y_{ijk} - Volumen (m^3) por hectárea del i – esimo tratamiento, j – esimo año , l – esimo año , en el k – esimo bloque
- μ - media poblacional
- L_i - efecto del i – esimo tratamiento.
- A_j - efecto del l – esimo año.
- B_k - efecto del k – esimo bloque.
- LA_{ij} - efecto de la interacción entre el i – esimo tratamiento y el l – esimo año.
- ε_{ijk} - error experimental asociado al i – esimo tratamiento, j – esimo años, en el k – esimo bloque.

Anexo No. 8.

Cuadro No. 2. Análisis ANAVA relación entre ambas mediciones

Año:Tratamiento	p-valor
2012 : 50 cm-70 cm	1,00
2012 : 50 cm-(10-15) cm	1,00
2012 : 50 cm-(25-30)cm	1,00
2012 : 70 cm-(10-15) cm	1,00
2012 : 70 cm-(25-30) cm	1,00
2012 : (10-15)cm-(25-30)cm	1,00
2013 : 50 cm-70 cm	0,91
2013 : 50 cm-(10-15) cm	0,77
2013 : 50 cm-(25-30)cm	0,93
2013 : 70 cm-(10-15) cm	0,99
2013 : 70 cm-(25-30) cm	1,00
2013 : (10-15)cm-(25-30)cm	0,99

Anexo No. 9.

Figura. No. 6. Relación año-tratamiento

