

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

IMPACTO COMBINADO DE DISTINTOS ENVASES Y SUSTRATOS USADOS
EN VIVERO, EN EL ESTABLECIMIENTO Y CRECIMIENTO INICIAL DE UN
CLON DE *Eucalyptus grandis*

por

Gonzalo Sebastián BARRIOS SCARPELLI
Mauricio Nicolás QUIROGA LARRACHADO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2014

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. (M.Sc) Luis Gallo

Ing. Agr. Rafael Escudero

Ing. Agr. (M.Sc) Carmelo Centurión

Ing. Agr. Joaquín Dutour

Fecha: 25 de abril 2014

Autores: -----

Gonzalo Sebastián Barrios Scarpelli

Mauricio Nicolás Quiroga Larrachado

AGRADECIMIENTOS

A todo el cuerpo docente del Departamento de Producción Forestal y Tecnología de la madera, en especial, nuestro agradecimiento al Ing. Agr. (MSc.) Luis Gallo por brindarnos sus conocimientos, guiarnos como tutor y su gran disponibilidad.

A la empresa UPM - Forestal Oriental, principalmente al Ing. Agr. (MSc.) Carmelo Centurión por permitirnos realizar este trabajo y brindarnos toda la información necesaria y al Ing. Agr. Joaquín Dutour por su apoyo en los trabajos estadísticos.

Gonzalo: En primer lugar, agradecer a mis padres Judith y Romel y a mis hermanos Martín y Juan José por todo el esfuerzo realizado para ser posible mis estudios, por la educación que me brindaron y los valores que me transmitieron, por el incondicional apoyo en toda esta etapa, por guiarme en todo momento y por hacer posible mi evolución personal y profesional. Agradezco a Alexandra, mi compañera del día a día y todo momento, quien junto a ella la vivencia en Montevideo y los estudios se hicieron agradables. A mi compañero Mauricio, por la gran persona que es y por hacer posible este trabajo final en conjunto. A mis compañeros de estudio, con quienes hemos compartido mucho tiempo y esfuerzo.

Mauricio: este agradecimiento va dirigido en especial a mis padres Inés y Juan ("Beto"), a mi hermana Mariana, mi abuela Elida y tía Nina, los cuales siempre me han brindado su apoyo e hicieron posible la realización de mis estudios, me han ofrecido sus enseñanzas e inculcados sus valores, los cuales me han formado como persona. A toda las personas que han aportado su granito de arena en mi formación profesional y personal. A los compañeros con los cuales he convivido en estos años de estudio con los cuales compartimos momentos de tantas alegrías y horas de estudio. Agradezco a Sofía por acompañarme en el día a día y por hacer de este mundo un mejor lugar para compartir. A mi compañero Gonzalo con el cual he aprendido mucho y se ha convertido en una persona de gran confianza, con el cual fue posible la realización de este trabajo.

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>	4
2.1. MEJORAMIENTO GENÉTICO	4
2.1.1. <u>Introducción</u>	4
2.1.2. <u>Objetivos</u>	5
2.2. VARIABILIDAD	5
2.3. FENOTIPO.....	6
2.4. SELECCIÓN	6
2.5. PROPAGACIÓN	7
2.5.1. <u>Propagación sexual</u>	8
2.5.2. <u>Propagación asexual</u>	9
2.5.2.1. Usos.....	10
2.5.2.2. Ventajas	12
2.5.2.3. Desventajas	13
2.5.2.4. Obtención y tipos	14
2.6. ENVASES.....	18
2.6.1. <u>Funciones del envase</u>	19
2.6.2. <u>Características del envase</u>	20
2.6.2.1. Tamaño.....	20
2.6.2.2. Forma.....	21
2.6.2.3. Espaciamiento.....	21
2.6.2.4. Sistema antiespiralamiento	21
2.6.2.5. Autorepicado	22
2.6.3. <u>Tipos de envases</u>	22
2.6.3.1. Celdas individuales en bandejas.....	23
2.6.3.2. Tipo libro	24
2.6.3.3. Bolsa plástica	24
2.6.3.4. Bandejas de estereofón	24
2.6.3.5. Paper pot (potes de papel).....	25
2.6.3.6. Platos Jiffy (Turba prensada).....	25

2.6.3.7. Ellepot	26
2.7. SUSTRATOS	27
2.7.1. <u>Funciones del sustrato</u>	27
2.7.2. <u>Características de sustratos</u>	29
2.7.2.1. Densidad	29
2.7.2.2. Granulometría	29
2.7.2.3. Porosidad	30
2.7.2.4. Estabilidad de la materia orgánica	30
2.7.2.5. pH	30
2.7.2.6. Temperatura	31
2.7.2.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	31
2.7.2.8. Fertilidad	32
2.7.2.9. Conductividad eléctrica	32
2.7.2.10. Sanidad	32
2.7.3. <u>Componentes de sustratos</u>	33
2.7.3.1. Componentes orgánicos	33
2.7.3.2. Componentes inorgánicos	35
2.8. CONCEPTOS DASOMÉTRICOS	37
2.8.1. <u>Diámetro</u>	37
2.8.2. <u>Altura</u>	37
2.8.3. <u>Volumen</u>	37
2.9. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS	38
2.9.1. <u>Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)</u> ..	39
2.9.2. <u>Arreglo factorial</u>	40
2.9.3. <u>Hipótesis y análisis de varianza (ANAVA)</u>	41
2.9.4. <u>Pruebas de comparación múltiple</u>	42
2.9.4.1. Tukey	42
2.9.5. <u>Modelo binomial (regresión logística)</u>	42
2.10. GÉNERO <i>EUCALYPTUS</i>	43
2.10.1. <u>Distribución natural en Australia y características ambientales</u>	43
2.10.2. <u>Distribución en el mundo</u>	44
2.11. <i>EUCALYPTUS</i> EN EL URUGUAY	45
2.12. <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	46
2.12.1. <u><i>Eucalyptus grandis</i> en Uruguay</u>	47

3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	49
3.1. LOCALIZACIÓN.....	49
3.2. RECURSOS NATURALES	50
3.2.1. <u>Geología</u>	50
3.2.2. <u>Suelos</u>	50
3.2.2.1. Unidad de suelo	50
3.2.2.2. Grupos CO.N.E.A.T.	50
3.2.3. <u>Clima</u>	52
3.2.3.1. Temperatura.....	52
3.2.3.2. Precipitaciones.....	53
3.2.3.3. Heladas	54
3.3. INSTALACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL	55
3.3.1. <u>Instalación</u>	55
3.3.2. <u>Factores a evaluar</u>	56
3.3.3. <u>Diseño experimental</u>	58
3.4. METODOLOGÍA	59
3.4.1. <u>Trabajo de campo</u>	59
3.4.2. <u>Procesamiento de datos</u>	63
3.4.2.1. Calculo de las variables	63
3.4.2.2. Análisis variable cuantitativa	64
3.4.2.3. Análisis variables cualitativas	65
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	67
4.1. MEDICIÓN DEL AÑO 2011	67
4.1.1. <u>Volumen / ha</u>	67
4.1.2. <u>Sobrevivencia</u>	71
4.2. MEDICIÓN DEL AÑO 2013	72
4.2.1. <u>Volumen / ha</u>	72
4.2.2. <u>Sobrevivencia</u>	75
4.2.3. <u>Forma de fuste</u>	76
4.3. RELACIÓN ENTRE AMBAS MEDICIONES	78
4.3.1. <u>Volumen / ha</u>	78
4.3.2. <u>Sobrevivencia</u>	79
5. <u>CONCLUSIONES</u>	80
6. <u>RESUMEN</u>	82

7. <u>SUMMARY</u>	83
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	84
9. <u>ANEXOS</u>	91

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Promedio anual de temperaturas de Paysandú, período 1980-2009.....	53
2. Combinaciones de tubetes y sustratos.....	57
Clasificación de forma de fuste	60
3. Supervivencia (%) según tubete evaluado para medición 2011	71
4. Supervivencia (%) según tubete evaluado para medición 2013.....	76
5. Clasificación de forma de fuste según clase y tipo de tubete para el año 2013 en <i>E.grandis</i>	77
6. Proporción de individuos según tipo de tubete y clases graves, no graves, muertos y sin clase	77
Figura No.	
1. Límites de padrón y ubicación del ensayo	49
2. Croquis del ensayo.....	58
3. Árbol bifurcado	61
4. Árbol muerto.....	61
5. Árbol quebrado	61
6. Árbol con rebrotes múltiples	61
7. Árbol con torcedura bien marcada en fuste	62

8. Árbol con más de una torcedura	62
9. Árbol con torcedura en la base	62
10. Árbol levemente torcido	62

Gráfico No.

1. Caracterización régimen térmico de Paysandú, periodo 1980-2009	52
2. Precipitaciones media mensual de Guichón, periodo 1980 – 2009	54
3. Ocurrencia de heladas (días y decima de ocurrencia) en Paysandú, en periodo 1980-2009	55
4. Volumen promedio e intervalo de confianza (m^3/ha) para las distintas combinaciones de sustrato y tubete para <i>E.grandis</i> en medición 2011	68
5. Distribución de valores (m^3/ha) según tipo de tubete y sustrato en medición 2011	69
6. Volumen e intervalo de confianza (m^3/ha) según sustrato para tubete Ellepot en medición 2011	70
7. Volumen promedio e intervalo de confianza (m^3/ha) para las distintas combinaciones de sustrato y tubete para <i>E.grandis</i> en medición 2013	73
8. Distribución de valores (m^3/ha) según tipo de tubete y sustrato en medición 2013	74
9. Volumen e intervalo de confianza (m^3/ha) según sustrato para tubete Ellepot en medición 2013	75

10. Volumen (m^3/ha) según tubete y año de medición 79

1. INTRODUCCIÓN

La historia de la forestación en Uruguay se divide en dos etapas, la primera abarca desde los orígenes hasta el año 1987 y la segunda etapa a partir de ese momento con la puesta en práctica de la nueva Ley de Desarrollo Forestal 15.939, en diciembre de 1987 (Torres y Fossati, 2004).

Hasta el año 1988, la actividad forestal en Uruguay se limitaba a unas 31 mil hectáreas plantadas (17 mil hectáreas con eucaliptos, 11 mil con pinos y 3 mil con otras especies) (Torres y Fossati, 2004). En los últimos 25 años esta actividad ha crecido en forma sostenida, multiplicándose por 30 la superficie plantada, alcanzando aproximadamente 1,5 millones de hectáreas afectadas (incluye caminería y zonas buffer) (MGAP. DGF 2012a, Uruguay XXI 2013).

El área de suelos declarada de prioridad forestal alcanza los 4 millones de hectáreas, significando 23% del total del área agropecuaria del país, lo que indica que aún queda disponible para la forestación el 65% del área declarada de propiedad forestal (Uruguay XXI, 2013).

Las actividades forestales se sustentan en plantaciones comerciales de especies de rápido crecimiento de *Eucalyptus* y *Pinus*, con predominancia del primer género a razón del 70% de la superficie (Bennadji, 2007), siendo las especies más utilizadas *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus maidenii*, *Eucalyptus dunnii*, *Pinus elliotti* y *P. taeda*. Las mayores concentraciones de plantaciones forestales se encuentran en los departamentos de Rivera, Tacuarembó, Paysandú, Río Negro y Lavalleja (SPF, 2011a).

El sector forestal está compuesto por distintas actividades que van desde la obtención de semillas y plantines hasta el traslado final de los productos elaborados. El sector incluye al menos cuatro cadenas industriales de base forestal, la cadena celulósica-papelera, productos de madera elaborada, la industria química y la energética (Uruguay XXI, 2013).

La industria uruguaya de productos forestales está caracterizada por una fuerte integración vertical de sus empresas, que abarca la actividad agraria, la actividad propiamente industrial y todos los procesos intermedios hasta la comercialización final de los productos (Uruguay XXI, 2013).

El modelo forestal existente en Uruguay apunta a la producción de pulpa, papel y madera aserrada y está básicamente orientado a la exportación (Bennadji, 2007). A partir del comienzo del siglo XXI, en la medida que las

plantaciones comenzaron a madurar, las exportaciones crecieron en forma sostenida, diversificándose en rubros exportados. A los tradicionales rubros de exportación (madera aserrada y papel), se incorporan los rolos, chips, tableros y finalmente la pulpa de celulosa (SPF, 2011b).

El presente trabajo se enmarca dentro del Programa de Investigación y Desarrollo de la empresa Forestal Oriental – UPM, presentando como objetivo principal la evaluación del efecto de distintos tipos de envases utilizados en vivero en conjunto con distintos sustratos, sobre el crecimiento de los árboles (de origen clonal) a campo para la especie *Eucalyptus grandis*.

Dentro de los distintos tubetes se hace énfasis en el tipo Ellepot, ya que el nuevo vivero está totalmente equipado y diseñado para la utilización de este tipo de envase. Por tal motivo, es de gran interés conocer e identificar las posibles diferencias ocasionadas por la utilización de distintos tipos de tubete.

Para la evaluación del efecto de estos factores, el análisis se enfoca en características de crecimiento como ser el volumen por unidad de superficie (m^3 / ha), la sobrevivencia (en %) y la forma que presentan los fustes (clases establecidas por la empresa).

Las mediciones se llevaron a cabo en dos momentos, la primera al año de edad (primavera del 2011) y luego a los 2,5 años de edad (otoño 2013).

En la medición del año 2011, se registró el diámetro al cuello (sobre la superficie del terreno), la altura total de los árboles y la sobrevivencia (vivos y muertos).

A los 2,5 años de edad (2013), la toma de datos a campo consistió en registrar el diámetro a la altura del pecho (1,3 m de altura), la altura total de los árboles, la sobrevivencia (vivo o muerto) y la forma de los árboles, utilizando para esto último una tabla de clasificación elaborada por la empresa para la evaluación de ensayos.

El objetivo de este trabajo es evaluar, si la utilización de distintos tipos de tubetes y distintas composición de sustratos utilizadas en la etapa de vivero, presentan un efecto sobre el crecimiento en volumen por superficie a campo, si afecta la sobrevivencia de los árboles y si presenta alguna incidencia en la forma de fuste de los mismos.

Otro objetivo, es determinar si existe un efecto de la interacción entre los factores para la variable volumen (m^3 / ha) y sobrevivencia.

Por último, se establece una relación entre las dos mediciones (2011 y 2013) para evaluar la evolución de los resultados brindados por cada factor.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. MEJORAMIENTO GENÉTICO

2.1.1. Introducción

Históricamente, los forestales por lo general no consideraban a los árboles como plantas típicas que poseen sistemas hereditarios similares a los que tienen los demás organismos vivos. La variabilidad genética fue ignorada y, de una manera u otra, se tenía idea de que el desarrollo de un árbol dependía solo del ambiente en el cual crecía. Hasta hace algún tiempo, se reconoció que en general el origen paterno de los árboles es importante y que los cambios y mejoras del crecimiento y calidad de estos se logran por medio de cruces y control parental (Zobel y Talbert, 1994).

Como lo define Marcó (2005), 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 bases) de especies forestales y su uso operacional como semillas, a partir de poblaciones de producción o clones mediante multiplicación agámica.

La genética se ocupa de las variaciones hereditarias entre organismos afines, estudiando parecidos y diferencias entre los individuos relacionados por descendencia. La genética forestal es la subdisciplina de la genética que trata de especies de árboles forestales. El estudio de la genética forestal es importante precisamente por la naturaleza biológica única de árboles forestales y también debido a la importancia social y económica de los bosques en el mundo (White et al., 2007).

En términos generales, el mejoramiento genético es una herramienta adicional de la silvicultura, consiste en la aplicación de los principios de la genética forestal, biología del árbol, economía y estudia el tipo y constitución genética de los árboles utilizados en las plantaciones. Dentro de sus objetivos fundamentales se encuentran el aumento de la productividad y la adaptabilidad de dichas especies, así como la conservación a largo plazo de la diversidad genética existente (Sotolongo et al. s.f., Zobel y Talbert 1994, White et al. 2007).

2.1.2. Objetivos

El mejoramiento genético forestal tiene como objetivo desarrollar variedades que aumentan la cantidad y calidad de productos a cosechar, así como garantizar la seguridad de cosecha a través de la selección de genes deseables y su perpetuación mediante la utilización de semillas o clones mejorados (Marcó 2005, White et al. 2007).

Los objetivos particulares de un programa de mejoramiento genético pueden ser diversos. Las actividades del programa se pueden orientar a aumentar el rendimiento y calidad del arbolado, a desarrollar líneas de árboles resistentes a plagas y enfermedades o con características especiales para un producto determinado, o inclusive a mejorar la capacidad de adaptación de los árboles a terrenos marginales que representan condiciones adversas para la producción forestal (Sotolongo et al., s.f.), obtener ganancias genéticas rápidamente y al menor costo posible, manteniendo una amplia base genética para asegurar ganancias en futuras generaciones (de Mello et al., 2002a).

2.2. VARIABILIDAD

El inicio de cualquier programa de mejoramiento genético requiere el conocimiento previo de la magnitud y distribución de la variación genética disponible en las características de interés, manifestándose a través de diferencias entre los individuos de una población. Lo primero que debe hacerse es determinar la cantidad, causa y naturaleza de la variación presente en la especie de interés y aprender cómo utilizarla. Para la mayoría de las especies forestales existe una gran variabilidad aun no totalmente explotada (Sotolongo et al. s.f., Zobel y Talbert 1994, Marcó 2005).

Según Sotolongo et al. (s.f.), desde el punto de vista teórico, el mejoramiento genético sólo es posible cuando existe variación fenotípica en la población para las características de interés, y esta variación tiene una fuerte componente genética, determinada por el grado de heredabilidad. En este sentido, la variación genética constituye la materia prima del mejoramiento genético. La variación más empleada en los programas es la que existe entre poblaciones de diferentes procedencias y entre individuos dentro de una población.

Zobel y Talbert (1994), mencionan que si no hubiera una suficiente variabilidad genética del tipo correcto en las características de interés económico, cualquier intento por utilizar la genética en los árboles forestales sería infructuoso o fracasaría.

2.3. FENOTIPO

La apariencia externa del individuo, o sea su fenotipo, es la primera guía del mejorador. Si bien el fenotipo está basado en los componentes genéticos y ambientales, y cualquiera de los dos puede ser de igual o mayor importancia en la apariencia resultante, el mejorador se basa inicialmente en el factor probabilístico de que un buen fenotipo tenga una suficiente base genética para dar una reacción favorable, aun en mediano grado, ante distintos ambientes (Quijada, 1980a).

El fenotipo es cualquier característica del árbol que puede ser medida u observada, es el árbol que se ve y está influenciado tanto por su genética potencial como por el entorno en el que crece (White et al., 2007).

Mediante la ecuación $P = G + E$ (fenotipo = genotipo + ambiente), se indica que el genotipo del árbol y el medio ambiente son las causas subyacentes que juntos producen el fenotipo final (White et al., 2007).

Los efectos ambientales sobre el fenotipo incluyen todos los factores no genéticos tales como el clima, el suelo, las enfermedades, las plagas y la competencia dentro y entre las especies; mientras que los genes que residen en el genoma de cada célula viva en el árbol determinan el genotipo (White et al., 2007).

No hay dos árboles que presenten exactamente el mismo fenotipo, normalmente existe una gran variación fenotípica entre los árboles en un bosque, ya que difieren en características como el tamaño, la morfología, fenología y procesos fisiológico (White et al., 2007).

2. 4. SELECCIÓN

Las actividades fundamentales dentro de un programa convencional de mejoramiento genético incluyen la selección, la propagación masiva del material mejorado y la conservación de los recursos genéticos. La selección y mejoramiento es la actividad central, la selección es el primer paso e incluye la

elección de genotipos deseables. La mejora incluye la formulación de un diseño de cruzamiento y la evaluación de la progenie resultante para la próxima generación. La selección para el mejoramiento se realiza en base a las características fenotípicas de los individuos (Sotolongo et al., s.f.).

Según Sotolongo et al. (s.f.), la selección es la principal fuerza en el proceso de domesticación de las especies forestales, dentro de un programa de mejoramiento genético. La selección se basa en el principio que el valor genético promedio de los individuos selectos será superior al valor promedio de la población (de Mello et al., 2002b).

Wright, citado por de Mello et al. (2002b), dice que la ganancia genética a ser obtenida para una característica dada, es función de la heredabilidad de la característica y de la variación en la misma que exista en la población donde se realiza la selección.

Además, se debe considerar que la ganancia genética depende del número de características por las cuales se selecciona; esto es así, ya que la intensidad de selección para cada característica disminuye a medida que aumenta el número de características a seleccionar; y se debe considerar que algunas características pueden estar inversamente correlacionadas (al seleccionar por una, se afecta negativamente a la otra) (Quijada, citado por de Mello et al., 2002b).

Como lo expresan Sotolongo et al. (s.f.), de manera generalizada, los principales criterios de selección para las plantaciones son la salud, la velocidad de crecimiento, la rectitud del fuste y la densidad de la madera, en ese orden de prioridad.

2.5. PROPAGACIÓN

El material de propagación es la parte de la planta madre que se usa para hacer nuevas plantas. Hay dos tipos: de origen sexual (semillas) y de origen vegetativo (estacas, injertos, acodos, etc.). Los árboles producidos por semilla son generalmente más altos, de raíz profunda y no son exactamente iguales, lo que es favorable ante enfermedades o plagas. Los árboles producidos en forma vegetativa (asexual o agámica, según si existe o no polinización) repiten exactamente las características de la planta madre (Naval s.f., Plata 1990).

En el caso de la reproducción sexual se forman células reproductoras especializadas llamadas gametos (gametogénesis); la fusión de gametos masculinos y femeninos origina el desarrollo de un embrión y finalmente la semilla. En la reproducción asexual, las nuevas plantas se originan de órganos vegetativos especializados, como tubérculos, rizomas, estolones, bulbos, o por varios métodos de propagación artificiales, como enraizamiento de estacas, injertos, acodo o cultivo de tejidos (Poehlman y Allen, 2005).

La multiplicación de eucaliptos se puede dividir a grandes rasgos en: vía sexual (cruzamientos libres y cruzamientos controlados) y vía asexual, separando ésta en macropropagación (acodos, injertos, estacas) y micropropagación (cultivo de tejidos) (Sánchez, 1988).

2.5.1. Propagación sexual

Sánchez (1988) define que la vía sexual consiste en la unión de las gametas masculinas y femeninas, las que darán origen a las semillas. En este caso la descendencia podrá tener caracteres combinados de los padres o bien los que sean dominantes en alguno de ellos.

Las semillas deben recolectarse cuando los frutos están maduros. Algunas pueden juntarse directamente del suelo, pero no se tiene la seguridad de que pertenezcan al árbol elegido. Para otros, es necesario juntar los frutos del árbol, antes de que se abran y se dispersen todas las semillas (Naval, s.f.).

Después de cosechar los frutos, deben separarse las semillas y ponerse a secar a la sombra antes de almacenarlas. Si no se siembra inmediatamente, las semillas deben guardarse al cuidado del calor, la humedad, la luz y las plagas. Algunas semillas no pueden guardarse mucho tiempo porque después no germinan (pierden la viabilidad) (Naval, s.f.).

Naval (s.f.), hace mención a dos modos de siembra: la siembra en almácigos y la siembra directa.

La siembra en almácigos se usa cuando la semilla es muy chica, o de mala calidad (mal conservada, vieja), porque no se sabe cuántas van a germinar. Después de que las plantitas tienen cierta altura, hay que transplantarlas a los envases.

En la siembra directa las semillas se colocan directamente en el envase, ahorrando el trabajo de trasplante. Se usa cuando la germinación es buena y cuando las especies son delicadas para trasplantar. Si no se está seguro de la calidad de la semilla, se pueden colocar tres o más por envase; pero si germina más de una deben cortarse y dejar una sola planta.

Para los dos tipos de siembra, el sustrato (del almácigo o el envase) debe estar humedecido. Las semillas se colocan y se tapan con el mismo sustrato, quedando como máximo a una profundidad del doble del tamaño de la semilla. Las semillas poco tapadas pueden quedar al aire con el riego y secarse; las semillas muy tapadas gastarían toda su energía tratando de salir y no podrán lograrlo (Naval, s.f.).

2.5.2. Propagación asexual

Según Quijada (1980b), Raven et al. (1992) la reproducción asexual, implica que la descendencia sea idéntica a su único progenitor, presentando dos modalidades, apomixis y propagación vegetativa. En ambos casos, las nuevas plantas son el producto de la mitosis y por lo tanto son genéticamente idénticas a su progenitor.

La reproducción asexual tiene la ventaja de que no necesita del apareamiento (sexual), bastando con que un solo individuo llegue a la madurez para dar lugar a un grupo de series de prole (un clon). La reproducción asexual incluye varias posibilidades, según la especie (De Abate, 1999).

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 se ofrecen las condiciones adecuadas; esto se debe a que cada célula que compone el individuo tiene la información genética necesaria para originar una nueva planta completa (Trujillo, 2003).

Un clon es el conjunto de ramets del mismo ortet, siendo este último, el árbol original del cual se extraen las partes a propagar, y ramet es cada parte ya propagada (Quijada, 1980b).

Por su parte, Carpineti (1996) menciona que el producto de la multiplicación vegetativa son los clones, entendiendo por clones al conjunto de individuos genéticamente iguales derivados del árbol inicial.

2.5.2.1. Usos

Las plantas reproducidas a través de material vegetativo conservan genotipos exactamente iguales al material original. Así, propágulos obtenidos de árboles seleccionados por características deseadas (tales como rápido crecimiento, buena forma, calidad de madera, etc.) heredan los componentes genéticos destacados sin modificaciones. Por tal motivo, el uso de la propagación vegetativa está aumentando rápidamente y es de vital importancia para el mejoramiento genético forestal así como para uso a escala comercial (Zobel y Talbert 1994, Bennadji et al. 2002).

Las características biológicas del género *Eucalyptus* hacen que sea posible la clonación de genotipos superiores, tanto por macro como por micropropagación, generando así clones de élite. Dichos clones son el producto final de la toma de decisiones de los mejoradores y son multiplicados por miles en viveros para ser posteriormente cultivados en plantaciones comerciales, logrando así una productividad diferencial (Torres et al., 2012).

El control de calidad de producciones clonales a gran escala es crucial desde el punto de vista operativo, adquiriendo mayor importancia en viveros donde se producen clones seleccionados por diferentes objetivos, por ejemplo, adaptados a ambientes específicos o para fines productivos distintos, como puede ser madera sólida o pulpa. Desde la planificación de la plantación forestal pasando por la multiplicación clonal, instalación a campo, hasta alcanzar el destino final en etapa industrial, transcurren varios años (Torres et al., 2012).

La propagación vegetativa permite seleccionar clones para características particulares de un sitio en especial; estos clones crecen muy rápidamente en sitios a los que están específicamente adaptados como suelos marginales, degradados, zonas secas, etc.(Eldridge, citado por Bennadji et al., 2002).

La propagación vegetativa, por el proceso convencional de estacas o por la técnica de micropropagación facilita la multiplicación de genotipos deseados. El proceso de propagación vegetativa no incluye meiosis, por lo tanto los ramets (brotes originarios de la planta madre) son genéticamente idénticos a los ortets (planta madre) (Higashi et al., 2000).

La propagación vegetativa de árboles seleccionados genéticamente es una herramienta muy valiosa para los programas de mejoramiento genético, permitiendo avanzar muy rápidamente en la mejora de características que tienen un importante control genético, permite multiplicar exactamente todas las características de interés por las que son seleccionados. Si las técnicas de propagación son las adecuadas para permitir la producción de plantas a escala comercial, se logran plantaciones genéticamente superiores, con un grado de uniformidad que facilita y mejora todas las actividades de manejo y explotación (Trujillo 2003, 2005).

La propagación vegetativa tiene muchos usos en silvicultura, los que pueden resumirse en: (1) preservación de genotipos mediante el uso de bancos clonales; (2) multiplicación de genotipos convenientes para usos especiales, tales como huertos semilleros o huertos de investigación; (3) evaluación de los genotipos y su interacción con el ambiente a través de pruebas clonales; y (4) obtención de máximas ganancias genéticas al utilizarla para regeneración en programas operativos de plantación (Zobel y Talbert, 1994).

Además, Zobel y Talbert (1994) indican que algunos autores prefieren separar los usos de la propagación vegetativa en dos fases; para investigación y operativa (para producción).

Entre los usos de la propagación vegetativa a nivel de investigación se citan:

Análisis y valoración genética del material vegetal, incluyendo evaluación de la interacción genotipo-ambiente a través de test clonales y determinación de correlaciones ambientales y genéticas, como las manifestaciones juveniles y maduras de una misma especie (Zobel y Talbert 1994, Bennadji et al. 2002).

Para la preservación de genotipos y complejos genéticos en bancos clonales *in situ* e *in vitro* y arboreto para fines científicos y posible uso posterior en programas operativos (Zobel y Talbert 1994, Bennadji et al. 2002).

Traslado de plantas valiosas al laboratorio o invernaderos para realizar estudios y mejorarlas genéticamente básicamente orientadas a selección temprana (Bennadji et al., 2002).

Acortamiento del ciclo reproductivo para acelerar los cruzamientos y pruebas (Zobel y Talbert, 1994).

En el caso de estudios no genéticos, para la disminución de la variabilidad genética (u obtención de la información para manejarla estadísticamente) en experimentos que reducirán la “variación de error” (Zobel y Talbert, 1994).

Entre los usos a nivel operativo se mencionan:

Multiplicación de genotipos adecuados para el posterior desarrollo huertos semilleros clonales y la producción operativa de semillas (Quijada 1980b, Zobel y Talbert 1994, Bennadji et al. 2002).

Uso directo de los propágulos vegetativos en programas operativos de plantación obteniendo máxima ganancia genética. Por ejemplo, la propagación vegetativa puede usarse en especies de *Eucalyptus* para la obtención de madera de calidad (grano recto y sin tensiones internas), resistencia a enfermedades, resistencia a factores climáticos, entre otros (Zobel y Talbert 1994, Bennadji et al. 2002).

2.5.2.2. Ventajas

Con los propágulos vegetativos de un mismo clon se puede obtener una excelente uniformidad en crecimiento a una edad y en un sitio determinado. Las plántulas desarrolladas directamente de semilla cosechada en su área de distribución natural son con frecuencia altamente heterogéneas en crecimiento y forma. La semilla de huerto semillero y áreas de producción de semilla usualmente tienen heterogeneidad debido a la recombinación genética y a cierto grado de autofecundación. Esta heterogeneidad es eliminada totalmente al utilizar clones. La uniformidad de la materia prima trae como beneficios para al sector industrial la mejoría del aprovechamiento de la materia prima, del rendimiento en el proceso y del desempeño industrial a escala de la cadena de la madera (Zobel y Talbert 1994, Eldridge, citado por Bennadji et al. 2002).

Permite capturar y transferir al nuevo árbol todo el potencial genético del árbol donador (Zobel y Talbert, 1994).

Al capturar el total de la varianza genética permite maximizar los beneficios en productividad y propiedades de la madera, además de obtener un

material uniforme, lo cual desde el punto de vista de los procesos industriales y de calidad del producto es altamente beneficioso (Zobel et al., citados por Bennadji et al., 2002). Siendo de importancia para lograr ganancias genéticas en características con un alto componente de varianza genética no aditiva, como por ejemplo, el crecimiento, peso seco, contenido de celulosa, producción de pulpa, etc. (Gutiérrez et al., citados por Bennadji et al., 2002).

Zobel y Talbert (1994) indican como otra ventaja de la propagación vegetativa, la rapidez con la cual pueden utilizarse las cualidades genéticas deseadas de los árboles seleccionados, no siendo necesario esperar la producción de semilla para reproducir los propágulos destinados a la plantación operativa. Tan pronto como las pruebas de un árbol hayan demostrado que este posee un buen genotipo, puede utilizarse directamente en la reforestación operativa a través de la propagación vegetativa.

La propagación vegetativa permite rescatar la ganancia genética aditiva y no aditiva, obtenida luego de un proceso de selección. Al seleccionar los mejores individuos para su propagación vegetativa, se obtienen rápidas ganancias genéticas, a expensas de una reducción importante de la variabilidad genética en la población clonal (Carpinetti, 1996).

Bennadji et al. (2002) mencionan entre las ventajas de la propagación vegetativa el aprovechamiento comercial de la heterosis. En el caso de las poblaciones híbridas, la clonación se convierte en una forma muy útil de propagación sin riesgos de segregación en la descendencia (Carpinetti, 1996).

Considerando que los híbridos de *Eucalyptus* son altamente heterogéneos, una efectiva y rápida integración de la ganancia obtenida con híbridos dentro de un proceso industrial depende básicamente de la existencia de un sistema funcional de propagación a gran escala (Assis, citado por Bennadji et al., 2002).

2.5.2.3. Desventajas

Como desventaja de este tipo de propagación, se considera la reducción de la base genética. El mayor grado de homogeneidad genética de las plantaciones clonales, hace que sean mucho más vulnerables a factores sanitarios y climáticos que las forestaciones producidas a partir de semillas, dada la reducción drástica en su base genética (Bennadji et al., 2002).

En algunos casos, se presenta el fenómeno de topófisis, el cual se manifiesta en un desarrollo en la parte propagada influenciado por la parte del árbol de donde viene, por ejemplo ramas laterales a veces en su crecimiento siguen la tendencia hacia el sentido horizontal (Quijada, 1980b).

Como dice Bonga, citado por Higashi et al. (2000), entre los problemas de este tipo de propagación, se debe tener en cuenta que los ramets propagados de diferentes partes de un mismo árbol pueden crecer y desarrollarse de forma diferente para cada ortet. Generalmente propágulos de regiones inferiores o centrales de un mismo árbol poseen características más juveniles que aquellos originados de regiones superiores y periféricas.

Propágulos de árboles más viejos, generalmente crecen diferente de aquellos derivados de árboles jóvenes, por lo tanto los ortets originados de árboles más jóvenes tienen menor variación en el crecimiento y desarrollo que aquellos de árboles más viejos (Franset, citado por Higashi et al., 2000).

Para la producción de propágulos de *Eucalyptus*, es preciso tener instalaciones más sofisticadas, tales como invernaderos climatizados con control de temperatura y riego para la macropropagación o cámaras de flujo laminar para la micropropagación. También es común usar hormonas para lograr buenos niveles de enraizamiento, además de la necesidad de implantar y manejar intensivamente los estaqueros o bancos clonales. Todo esto hace que los costos de producción de plantines propagados vegetativamente sean más altos que los producidos por semilla (Assis, citado por Bennadji et al., 2002). Sin embargo, Carpinetti, citado por Bennadji et al. (2002) aprecia que esta desventaja de los costos desaparece a la hora de evaluar las ganancias obtenidas, las cuales compensan altamente a estos, transformándose en una inversión productiva.

2.5.2.4. Obtención y tipos

Según Campinhos, citado por Higashi et al. (2000), los árboles son propagados y plantados en áreas denominadas áreas de test clonal, para determinar su adaptabilidad y superioridad deseable en distintos sitios, y para conocer la mejor interacción entre los genotipos y ambiente. Los mejores clones, son seleccionados para el uso en los programas de mejoramiento (Higashi et al., 2000).

Luego del test clonal, los clones superiores seleccionados pueden ser establecidos en áreas de multiplicación clonal, con espaciamento reducido, denominadas jardín clonal (Couto et al., 2004).

Mediante la repetición de un ensayo clonal en distintos sitios, se puede detectar cuales son los clones que se destacan para ciertas condiciones de sitio (Carpineti, citado por Bennadji et al., 2002). Por otro lado, la identificación de clones con poca interacción con el ambiente permite una producción forestal más estable (Assis, citado por Bennadji et al., 2002).

La forestación clonal es la situación donde se produce una mayor interacción del genotipo (clon) con el ambiente. Este hecho conlleva a mayores cuidados a la hora de evaluar y posteriormente distribuir los clones en los ambientes más adecuados. Podrían ocurrir pérdidas de productividad en el caso de la instalación de plantaciones clonales poco plásticas en sitios inadecuados. Por ello, la identificación de clones que presente poca interacción con el ambiente resulta en una producción forestal más estable (Assis, citado por Bennadji et al., 2002).

Las plantas madres seleccionadas son propagadas vegetativamente y son plantadas en áreas de multiplicación clonal (Higashi et al., 2000).

Las áreas de multiplicación clonal deben estar próximas al vivero, buscando la reducción de los costos de transporte del personal así como del material a ser propagado. Se recomienda un espacio cerrado para la optimización del área, con posibilidad de riego, y cuidados especiales para alcanzar una buena productividad, como la fertilización y control de malezas, entre otras (Campinhos e Ikemori, citados por Higashi et al., 2000).

Según Quijada (1980b) existen tres métodos de propagación vegetativa: estacas o esquejes, acodos e injertos. Desde el punto de vista práctico aplicado a la mejora, los métodos más usados son las estacas y los injertos.

El método por estacas, consiste, según Quijada (1980b), Rojas (2004), en cortar secciones del árbol (brotes, ramas o raíces), las cuales se colocan en una cama enraizadora, con el fin de lograr la emisión de raíces y la brotación de la parte aérea, hasta obtener una nueva planta.

La propagación vegetativa requiere material fisiológicamente juvenil (yemas epicórmicas basales) o con rejuvenecimiento de la habilidad de formar

raíces en material adulto (Hartney, citado por Higashi et al., 2000). Los árboles adultos necesitan de técnicas especiales para revertir la juvenilidad para rescatar condiciones favorables para el enraizamiento y posterior crecimiento (Higashi et al., 2000).

El proceso de revertir la fase adulta a fase juvenil se denomina rejuvenecimiento. El rejuvenecimiento a estado juvenil, naturalmente ocurre durante la reproducción sexual y en la apomixis. Durante la reproducción vegetativa este proceso también puede ocurrir y es alcanzado por medio de varias técnicas: poda drástica, aplicaciones de citoquininas o herbicidas, propagación vía injertos, vía estacas o micropropagación (Higashi et al., 2000).

Bennadji et al. (2002), hace mención a tres tipos de propagación por estacas: macroestacas, microestacas y miniestacas.

Uno de los obstáculos en la optimización de las estacas tradicionales (macroestacas) es el bajo índice de enraizamiento y/o la baja calidad del sistema radicular de algunos clones, más allá de las dificultades inherentes a la uniformización de los tratamientos culturales, riego, fertilización y control de enfermedades. Luego, con el advenimiento de técnicas de micro y miniestacas por de Assis y su ampliación a gran escala por Xavier y Comério a partir de la década del 90, ha sido posible clonar genotipos de difícil enraizamiento (Couto et al., 2004).

Las microestacas, son obtenidas de brotes apicales originadas de plantas micropropagadas (mediante el rejuvenecimiento a partir de la micropropagación *in vitro*). Las miniestacas provienen de los brotes axilares de plantas clonadas a partir de estacas de rebrotes, es decir, son cosechadas de los ápices caulinares de la propia estaca enraizada por el método convencional de estaquillado o el estaquillado de brotes previamente enraizados (Bennadji et al. 2002, Couto et al. 2004).

El proceso de micropropagación usado para el rejuvenecimiento consiste básicamente en las siguientes fases: selección, desinfección y cultivo de explantes en medios nutritivos sobre condiciones asépticas; multiplicación de propágulos a partir de sucesivos subcultivos en medio adecuado de multiplicación; y el cultivo de propágulos vegetativos en medio de enraizamiento y subsecuentemente el trasplante de microestacas enraizada a un sustrato apropiado. La principal limitante de este método es la necesidad de un

laboratorio de cultivo de tejidos para el rejuvenecimiento del material in vitro (Couto et al., 2004).

En la propagación mediante miniestacas, en general se usan propágulos vegetativos con aproximadamente 4 – 8 cm de largo, conteniendo un par (miniestacas de base) o dos pares (miniestacas de punta o del ápice caulinar) de hojas por miniestacas, dependiendo de la posición de cosecha (Couto et al., 2004).

Las miniestacas apicales conteniendo dos pares de hojas tienden a enraizar mejor, a pesar de que sean más sensibles a cualquier estrés biótico o abiótico. Por tratarse de hojas juveniles con actividad estomática relativamente baja, Couto et al. (2004) recomiendan cortar apenas cerca de un tercio de la lamina foliar, para evitar apenas el efecto paraguas, el cual impide que el sustrato se moje.

A fines prácticos, el proceso de miniestacas consiste en 5 pasos: producción de brotes (tratamientos a la minicepa como riego, fertilización, control de enfermedades y plagas, control de luminosidad y temperatura), enraizamiento, aclimatación a la sombra, crecimiento y rustificación a cielo abierto. En las fases de producción de brotes y enraizamientos son las más críticas, donde potencialmente se obtienen mayores ganancias en productividad a través de su optimización (Couto et al., 2004).

En lo que respecta a *E. grandis*, se llevó a cabo un trabajo en Belo Horizonte (MG, Brasil) con el objetivo de evaluar la dinámica de enraizamiento de micro y miniestacas, mediante el acompañamiento de emisión y desarrollo de raíces de 4 clones de esta especie. Los resultados obtenidos indicaron una mayor habilidad de enraizamiento de microestacas en relación a las miniestacas, evidenciada a través del número de raíces por estaca, largo total de raíces y peso de materia seca de raíces (Titon et al., 2002).

En lo que refiere a macroestacas, su preparación comienza con la cosecha de ramas del árbol donante y generalmente se cortan de un largo de 10 a 15 cm y un diámetro de 3 a 5 mm. Las estacas se ajustan generalmente a un largo de 7 a 10 cm, dejando dos o tres hojas, las cuales se cortan a la mitad o dejando un tercio de su superficie foliar para reducir la pérdida de humedad por transpiración. Luego, en la parte inferior de la estaca se hace un corte que puede ser de tipo recto, bisel, bisel doble o invertido, etc.; del tipo de corte

dependerá el prendimiento y el rendimiento en la operación (Bennadji et al., 2002).

Los principales métodos utilizados en la propagación por estacas son: en tubetes de plástico, en moldes de poliestireno, en bolsa, en cajas o a campo abierto; siendo los más utilizados los dos primeros (Bennadji et al., 2002).

Luego del estaqueado, se debe aplicar abundante riego, en condiciones uniformes para garantizar un porcentaje de prendimiento aceptable (Bennadji et al., 2002).

Para el enraizamiento de las estacas de *Eucalyptus*, algunos factores son importantes, tales como un ambiente limpio, un estado de nebulización para prevenir el estrés hídrico (Poggiani y Suiter Filho, citados por Higashi et al., 2000), un sustrato que proporcione un buen drenaje y aireación, temperaturas elevadas (25 – 30° C) y auxinas, usualmente utilizadas en la base de las estacas (Hartney, citado por Higashi et al., 2000).

Es común la aparición de malezas, varios días después del estaqueado, lo que hace necesario realizar el deshierbe (Bennadji et al., 2002).

Cuando las plantas logran el tamaño apropiado se llevan al lugar definitivo de plantación o, si es una producción para terceros, se seleccionan según objetivos y se despachan al lugar de destino (Bennadji et al., 2002).

2.6. ENVASES

Se entiende por contenedor o envase, cualquier recipiente que tenga una altura limitada y que su base se halle a presión atmosférica (Burés, s.f.).

En los inicios del cultivo en vivero de plantas forestales en envase, se emplearon las clásicas macetas de barro y posteriormente, las bolsas de polietileno (Montoya, 1996).

Uno de los primeros usos de tubetes a gran escala para la producción de especies forestales, se dio durante el Proyecto Forestal de las Grandes Llanuras, en la década de los años treinta. En ese entonces fue desarrollado un sistema de macetas de papel alquitranado, a efecto de producir contenedores consistentes para las plantas, dadas las severas condiciones ambientales que

se encuentran en plantaciones que forman cortinas de protección (Strachan, citado por Landis, 1990).

La primera producción a gran escala de plantas para reforestación en los modernos contenedores de plástico, en Canadá con la "Bala Walter" (Walters Bullet), en Columbia Británica (Walters, citado por Landis, 1990) y con el "Tubo Ontario" (Ontario Tube) en Ontario (Reese, citado por Landis, 1990). En base en tales prototipos, otros tubetes fueron desarrollados y probados en Canadá y los Estados Unidos durante la década de los años sesenta y a inicios de la década de los años setenta. Algunos de los cuales, aún son populares , entre los citados, los bloques de polietileno expandido (Styrofoam® blocks) (Sjoberg, citado por Landis, 1990), guidores de raíz (Spencer-Lemaire .S/L. Rootainers®) (Spencer, citado por Landis, 1990), y el sistema de celda simple con rayos lixiviadores (Ray Leach Single Cell® System) (Allison, citado por Landis, 1990), incorporándose luego, el sistema "japonés de macetas de papel" (Japanese paperpot) adoptado en los países Escandinavos (Rasanen, citado por Landis, 1990) e importado subsecuentemente a los Estados Unidos y Canadá.

2.6.1. Funciones del envase

La función de cualquier contenedor es la de contener una pequeña cantidad de sustrato, que a su vez abastece a las raíces con agua, aire, nutrientes minerales, y además provee soporte físico mientras la planta está aún en el vivero (Landis, 1990).

Los contenedores para especies forestales deben cumplir con otras funciones que reflejan los requerimientos especiales para plantaciones forestales de conservación o comerciales. Algunas de tales características dan forma al crecimiento de la planta en el vivero, como es el caso del diseño de propiedades para evitar un crecimiento radical en espiral. Otras características operativas de los contenedores están relacionadas con consideraciones económicas y de manejo, tanto en el vivero como en el lugar de plantación (Landis, 1990).

La sobrevivencia y desarrollo posterior de las plantas de especies forestales están directamente relacionados con la capacidad del sistema radical para regenerar con rapidez nuevas raíces (esto se conoce como potencial de crecimiento radical, o PCR), y para crecer en el suelo que rodea al cepellón

(Ritchie, citado por Landis, 1990). Por esta razón, muchas características de los contenedores han sido diseñadas para promover el desarrollo de un buen sistema radical en el vivero, y para proteger estas raíces hasta la plantación.

La salud y vigor del sistema radical son reflejados en la morfología y crecimiento de la parte aérea de la planta. Por esa razón muchas de las características de los contenedores fueron diseñadas para promover la relación raíz/parte aérea (Landis, 1990).

2.6.2. Características del envase

Las características de los tubetes, influyen en la obtención de plantas de buena calidad (Montoya, 1996). Destacan entre ellas, Landis (1990), Montoya (1996), el tamaño del tubete, sistema de direccionamiento de las raíces, sistema de autorepicado, forma y espaciamiento entre estos.

2.6.2.1. Tamaño

En lo que respecta al tamaño del contenedor, el tamaño de la planta resulta mayor y su crecimiento es más rápido cuanto mayor sea el volumen del envase. Este mayor crecimiento facilita el aumento del nivel de reservas de las plantas y el aumento de su capacidad fotosintética, características ambas relacionadas directamente con la supervivencia y, sobre todo, con el crecimiento de las plantas durante su periodo de establecimiento en el monte. La profundidad del contenedor también es destacable, cuanto mayor, más pivotante es el sistema radicular Landis (1990).

Según Montoya (1996), lo ideal es que en el tiempo que permanece el cultivo en el tubete, las raíces invadan completamente el mismo para que la planta pueda extraerse con facilidad y sin pérdida de cepellón.

El mejor contenedor para las plantas de un cultivo particular considerado por Landis (1990), depende tanto de factores biológicos como de factores económicos. Las consideraciones de orden biológico incluyen el tamaño de la semilla o estaca, el tamaño deseado para la planta, así como las condiciones ambientales del sitio de plantación. Desde el punto de vista económico, las consideraciones primarias son el costo inicial, la disponibilidad del contenedor, y la cantidad de espacio disponible para el cultivo.

2.6.2.2. Forma

Los contenedores para la producción de especies forestales, son producidos en una variedad de formas: circulares, rectangulares, hexagonales, o cuadrados, por cuanto toca a su sección transversal, y muchos están ahusados desde su parte superior hacia la inferior (Landis, 1990)

Sin embargo, según Tinus, citado por Landis (1990) aunque es útil para la extracción de la planta, el ahusamiento puede ser perjudicial desde el punto de vista biológico, ya que normalmente la mayor parte de las raíces son producidas en el fondo del contenedor.

2.6.2.3. Espaciamiento

Landis (1990), Montoya (1996), señalan que la necesidad de espaciamiento entre las plantas varía en función de la especie y edad; se debe tener en cuenta que la disminución de la densidad de cultivo tiende a aumentar la calidad de las plantas, expresándose en una mayor biomasa y mejorando sus relaciones altura / diámetro y parte aérea / parte radical, además de mejorar su estado sanitario y resistencia a la sequía.

2.6.2.4. Sistema antiespiralamiento

Según Landis (1990), el sistema de direccionamiento de las raíces es uno de los problemas más serios en el cultivo de plantas forestales en contenedores, y es la tendencia de las raíces a crecer en espiral sobre la superficie interna del contenedor. Las raíces de las plantas crecen geotrópicamente, pero si ellas no encuentran obstáculo físico alguno, tienden a crecer lateralmente sobre la superficie del tubete. El crecimiento en espiral dificulta el adecuado establecimiento de la raíz en el suelo, lo cual puede derivarse en pérdida de la verticalidad o incluso estrangulamiento (Burdett, citado por Landis, 1990).

El fenómeno del espiralamiento de las raíces en el fondo y las paredes de los envases (tubetes) ocurre con mayor frecuencia cuanto más redondo y más lisas son las paredes de los mismos. Para impedir este comportamiento, los principales sistemas usados, son envases con costillas, acanaladuras, ángulos agudos en las esquinas, entre otros (Montoya, 1996). Según Kinghor, citado por Landis (1990), se recomienda que las costillas sean de aproximadamente 2mm de altura sobre la cara interna del contenedor,

haciendo que estas intercepten a las raíces que están creciendo en espiral y las obligan a desarrollarse hacia abajo, hacia la perforación de drenaje, donde detienen su crecimiento a causa de la baja humedad y donde al contacto con el aire se podan (Landis, 1990).

2.6.2.5. Autorepicado

Montoya (1996), hace referencia que los tubetes deben contemplar el autorepicado, lo que tiene especial importancia para las frondosas, las cuales en la fase de cultivo en vivero desarrollan una o varias raíces pivotantes muy fuertes con poco sistema secundario.

Una vez que las raíces de las plantas alcanzan el fondo del contenedor, deben ser forzadas a la poda por contacto con el aire, o de lo contrario éstas continuarán creciendo a lo largo de la mesa de soporte. La poda aérea de raíces en la perforación de drenaje, es promovida por una corriente de aire bajo el contenedor (Landis, 1990). Un espacio con aire de 1.25 cm (0.5 pulgada) bajo los contenedores resulta muy eficiente (Armson y Sadreika, citados por Landis, 1990).

2.6.3. Tipos de envases

Aunque se han usado variados y diferentes sistemas de categorización de contenedores, según Tinus y McDonald, citados por Landis (1990) el sistema más práctico los divide en dos categorías funcionales: aquellos que son plantados junto con la planta y aquellos que son removidos antes de que la planta sea establecida en campo.

Dentro de los que son plantados junto con la planta, se distinguen dos tipos: aquellos hechos con material biodegradable que se degradan después de la plantación, como es turba de musgo moldeada o la fibra de madera, por ejemplo, las barras de turba (peat sticks) o las macetas de fibra (fiber pots); y el segundo tipo hace referencia a contenedores biodegradables, consiste de un casquillo de plástico duro, malla- plástica, o papel especialmente tratado, el cual es llenado con sustrato para realizar posteriormente la siembra, a efecto de producir una planta bajo condiciones normales en vivero (Landis, 1990).

Los contenedores para la producción de plantas que son extraídas antes de la plantación, deben formar un cepellón (raíces deben retener el sustrato entre ellas). Dentro de esta clasificación, se encuentran: celdas individuales en

bandejas, contenedor tipo libro, tipo funda y contenedores en bloque (Landis, 1990). En esta categoría se incluye a las bolsas plásticas.

Montoya (1996), clasifica a los envases en: no recuperables, es decir, aquellos que se destruyen en el proceso de cultivo o de plantación (envases de turba prensada, paper pot, ecopot, bloques de propagación y sistema Vappo). La otra clase corresponde a envases recuperables y envases rígidos, los cuales no se destruyen en las fases de cultivo o plantación y, previa desinfección, pueden en ocasiones reutilizarse en vivero durante varios ciclos productivos.

2.6.3.1. Celdas individuales en bandejas

Dentro de los que son extraídos previo a la plantación, los contenedores de celdas individuales en bandejas, son aquellos en que un contenedor individual es parte de un grupo mayor de contenedores y se denomina celda o tubo. Estas celdas o tubos están sostenidos por una bandeja o portacontenedor, que determina el espacio entre celdas y, por tanto, la densidad de cultivo de las plantas (Allison, citado por Landis, 1990).

Como expresa Rojas (2001), las ventajas de este tipo de contenedores son que se presenta un gran aprovechamiento del área, permite la mecanización de actividades, es retornable, permite la autopoda de raíces, bajos costos de producción y transporte, alto control de calidad y fácil manipulación.

Otra ventaja de este tipo de contenedores, es que pueden ser manejados tanto individual como colectivamente. La densidad del cultivo puede reducirse mediante la colocación terciada de las celdas en la bandeja, promoviéndose así el desarrollo de plantas más grandes, y disminuyendo las enfermedades del follaje, ya que es favorecida la circulación de aire alrededor de las plantas (Landis, 1990).

Rojas (2001) menciona como desventajas del sistema individual de celdas, que los tubos son caros y requieren de bandejas que lo soporten. Por otra parte Tinus y McDonald, citados por Landis (1990) destacan que tienen que ser reemplazadas en las bandejas en caso de que las celdas sean llevadas al campo y deben limpiarse entre cada ciclo de utilización.

2.6.3.2. Tipo libro

Estos se caracterizan según Rojas (2001), por ser de resinas termoplásticas, grupos de cuatro celdas, con costillas direccionales, con apertura basal para drenaje y poda de raíces y preferiblemente son de color negro.

Como ventajas de este tipo, son retornables, de fácil y rápido llenado, ocupan poca mano de obra y sustrato, se controla el desarrollo del sistema radical, fomenta el desarrollo de un sistema radical vigoroso, permite la poda radical, las plantines son de fácil transporte y se requiere poca área para su producción (Rojas, 2001).

El costo inicial de la adquisición del material es alto, requieren un manejo cuidadoso, necesitan un sistema de bandejas e invernadero para su producción efectiva y requieren un sustrato especial; todos estos factores son definidos como desventajas de este tipo de contenedor, según Rojas (2001).

2.6.3.3. Bolsa plástica

Estos envases son de color negro, para disminuir el problema de germinación de malezas y para la mayor resistencia a los rayos solares. Sus dimensiones varían de 12-25 cm de altura, 10-15 cm de ancho (Rojas, 2001).

Dentro de las ventajas de este tipo, son de fácil trabajabilidad, alta resistencia y duración, fácil control de plagas y enfermedades, riego y malezas, funciona para gran cantidad de especies y permite el agregado de enmiendas para controlar la calidad del sustrato (Rojas, 2001).

Como desventajas, son de alto costo por ser derivados del petróleo, se venden en grandes cantidades, alto costo de transporte, exige altos volúmenes de tierra de calidad, causan deformaciones radiculares, su calidad y resistencia depende del tipo de material empleado en la confección (Rojas, 2001).

2.6.3.4. Bandejas de estereofón

Las posibles dimensiones de estas bandejas según Rojas (2001), son 67 cm de largo, 34 cm de ancho, 12 cm de alto, conteniendo 128 celdas.

Las ventajas de este tipo de envase son que presenta baja mortalidad, posibilita el manejo mecanizado, es un medio retornable, es de fácil manejo,

múltiples producciones anuales, ahorro de espacio, presenta estrías direccionales que favorecen el desarrollo radical y permite la autopoda de raíces (Rojas, 2001).

Las desventajas mencionadas en este caso, que se presenta el riesgo de deterioro de las bandejas, las plántulas deben ser sembradas con prontitud, altos costos de inversión inicial e incluye infraestructura adicional (porta-bandejas) (Rojas, 2001).

2.6.3.5. Paper pot (potes de papel)

Rojas (2001), establece que sus posibles dimensiones son: 3,6 cm de ancho, 3,6 cm de largo, 10 cm de altura, y su material es cartón.

Las ventajas definidas por Rojas (2001) son que permiten grandes cantidades por unidad de área, permite mecanizar las actividades, permite la autopoda de raíces, alta sobrevivencia, bajos costos de producción y transporte, fácil manipulación y es recomendando para altos niveles de producción (millones de plantines).

Como desventajas de este envase, que el papel puede ocasionar deformaciones de raíces y que requieren una bandeja (Rojas, 2001).

2.6.3.6. Platillos Jiffy (Turba prensada)

Son fabricados a base de turba *Sphagnum*, se expanden en contacto con humedad y sus dimensiones varían de 28 a 42 mm de diámetro (Rojas, 2001).

Dentro de las ventajas de este tipo, se encuentran variadas dimensiones, sirven para muchas especies, no requieren sustrato (viene incorporado), material biodegradable, material higroscópico, presenta autopoda, es dinámico, requiere baja mano de obra, no genera deformaciones radiculares, fácil almacenamiento, fácil manipulación, pueden almacenarse hasta por dos años y puede absorber agua hasta 7 veces su peso (Rojas, 2001).

En un trabajo realizado en la empresa Aracruz Celulose S.A., en el municipio de Aracruz, región litoral del estado de Espirito Santo (Brasil), se evaluó el crecimiento a campo de dos clones de *Eucalyptus grandis* y *E. saligna*, originados de miniestacas producidas en tubetes de 50 cm³ y en bloques prensados con diferentes sustratos. Los resultados obtenidos en este

experimento, indicaron que 180 días post plantación, para ambos clones fue observada mayor producción de biomasa de raíz y aérea en las plantas producidas en sistemas de bloques prensados; para *E. grandis*, las diferencias en diámetro y altura, en función del sistema de producción se redujeron con el correr del tiempo, en cuanto para *E. saligna*, esas diferencias fueron acentuadas durante la evaluación (de Freitas et al., 2008).

Las desventajas de este tipo de envases son que se presenta el riesgo de deterioro de la malla, requiere de un sistema de bandejas adicionales y requiere riego por microaspersión (Rojas, 2001).

2.6.3.7. Ellepot

El Ellepot está hecho con papel ecológico degradable y se llena con el sustrato elegido según el tipo de cultivo. Consiste en un sistema único de propagación en bandejas que proporciona el espacio y la aireación para un correcto enraizamiento, además se caracteriza por permitir extraer las plantas enraizadas fácilmente de las bandejas (Ellegaard, s.f.).

Luego de varios test y mediciones en la empresa TecnoPlanta, se concluye que este envase es competitivo en costos de producción de plantines en relación a los envases tradicionales. Las ventajas productivas de este envase son: no necesita retirar los envases de plantines para el envío a campo, no existen pérdidas de plantas al retirar del envase, eliminación de recolección y retorno de envases del campo para el vivero, eliminación de actividades de lavado y esterilización de envases y sus efluentes, menor espacio para almacenamiento de envases y no hay pérdidas de envases plásticos en el campo (TecnoPlanta, s.f.).

Los resultados obtenidos en la empresa TecnoPlanta (Brasil) en conjunto con Ellegaard, presentaron varias ventajas del Ellepot en relación al envase plástico, entre las cuales se mencionan:

Una disminución del 33% de deformación radicular, tal como raíces con geotropismo negativo.

Aumento de 20% del diámetro al cuello en plantines y una ganancia de 35% en altura de plantines.

Una ganancia del 3 – 5% en sobrevivencia de plantas.

Aumento del 350% en volumen de raíces secundarias (Tecnoplanta, s.f.).

2.7. SUSTRATOS

Un sustrato es cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en contenedores (Burés, s.f.).

Los primeros medios de crecimientos utilizados en el cultivo en envases eran suelos de campo, lo cual provocaba ciertos problemas al cultivo, como ser: baja reserva de agua y nutrientes y falta de estructura del suelo, siendo necesario obtener una mezcla que brinde las cantidades y características necesarias de porosidad para un buen crecimiento y la presencia de numerosos microorganismos, algunos benéficos y otros fitopatógenos, los cuales en las condiciones ambientales de los viveros se favorecen en su crecimiento y desarrollo (Landis, 1990).

A causa de los problemas generados por la utilización del suelo, los productores comenzaron a complementar al suelo con otros materiales para desarrollar una mezcla que pudiera ser adecuada para el cultivo en contenedor (Landis, 1990).

La primera búsqueda sistemática para encontrar un medio de crecimiento uniforme y estandarizado, comenzó en Inglaterra en los años treinta, cuando el Instituto Hortícola John Innes desarrolló una composta basada en tierra de cultivo, complementada con turba de musgo, arena y fertilizantes (Bunt, citado por Landis, 1990). Al comienzo de los años cincuenta, fueron creados los primeros medios de crecimiento verdaderamente artificiales, en la Universidad de California; éstos constaban de varias proporciones de arena fina y turba de musgo, así como fertilizantes suplementarios (Matkin y Chandler, citados por Landis, 1990). Las Mezclas Turba-Lite Cornell, predecesoras de los modernos medios de crecimiento, fueron desarrolladas en los años sesenta, en la Universidad de Cornell, usando varias combinaciones de turba de musgo, vermiculita y perlita (Mastalerz, citado por Landis, 1990).

2.7.1. Funciones del sustrato

Las plantas que crecen en contenedores, tienen ciertos requerimientos funcionales que deben ser provistos por el medio de crecimiento (Mastalerz, citado por Landis, 1990).

El medio de crecimiento debe brindar soporte al plantín en crecimiento, la rigidez del medio está en función de la compresionabilidad y de la compactación de las partículas del medio de crecimiento, así como del tamaño del contenedor (Landis, 1990).

Las plantas requieren un continuo y gran aprovisionamiento de agua para el crecimiento y otros procesos fisiológicos, como es el enfriamiento a través de la transpiración. A medida que se desarrolla la planta, la evapotranspiración aumenta, por ello es necesario que el sustrato proporcione un suministro continuo de agua y de elementos nutritivos, a la vez que proporcione la aireación suficiente (Burés s.f., Landis 1990).

La capacidad de retención de agua que presenta un sustrato, es definida por el tamaño de las partículas, su forma y porosidad; el agua es retenida en la superficie de estas partículas y en espacios porosos (Alvarado y Solano, 2002).

Un componente común en la producción en contenedores, es el volumen limitado del sustrato, obligando a intensificar el riego y el abonado. Esta agua debe estar retenida a energías bajas, por lo tanto los sustratos tendrán como principal característica (a diferencia de los suelos naturales) que son capaces de retener agua a bajas tensiones, sin detrimento de su capacidad de aireación; esta capacidad de almacenar agua, debe permitir proveerla a las plantas entre un riego y el siguiente (Burés s.f., Landis 1990).

Las raíces de las plantas consisten en tejidos vivientes y gastan energía para el crecimiento y otros procesos fisiológicos. La energía para estos procesos fisiológicos es generada por la respiración aeróbica que requiere una cantidad establecida de oxígeno. El subproducto de esta respiración es el bióxido de carbono, que puede ser acumulado hasta niveles tóxicos si no es dispersado en la atmósfera. Por ello, el sustrato debe ser lo suficientemente poroso para facilitar un eficiente intercambio de oxígeno y bióxido de carbono.

Estos poros están directamente relacionados con el tamaño de las partículas, su arreglo, y la compactación del medio de crecimiento (Landis, 1990).

Con excepción del carbono, hidrógeno y oxígeno, las plantas deben obtener todos los demás minerales esenciales de la solución del medio de crecimiento. Muchos nutrientes minerales, incluyendo la forma amoniacal del

nitrógeno (NH_4^+), el potasio (K^+), el magnesio (Mg^{2+}) y el calcio (Ca^{2+}), existen en la solución del medio de crecimiento como cationes eléctricamente cargados. Estos nutrientes iones se mantienen en la solución del medio hasta que las raíces de las plantas los toman y utilizan para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos (Landis, 1990).

2.7.2. Características de sustratos

Como menciona Burés (s.f.), en la caracterización de sustratos se suelen distinguir las propiedades físicas, químicas y biológicas. La importancia del conocimiento de estas propiedades radica en que de ellas dependerá el manejo adecuado de la fertilización y del riego, y por lo tanto, el éxito del cultivo.

Según Landis (1990), las características culturales de un medio de crecimiento, son las propiedades que afectan su capacidad para producir consistentemente cultivos de plantas saludables, bajo las prácticas de cultivo en un vivero forestal que produce en contenedores; estas son: pH ligeramente ácido, elevada capacidad de intercambio catiónico, baja fertilidad inherente, porosidad adecuada y una condición libre de plagas y enfermedades.

2.7.2.1. Densidad

En lo que respecta a densidad, debe ser suficientemente grande para que las plantas de cierta altura se sostengan, pero no mucho para que el peso del material no sea excesivo y dificulte su manejo y transporte, según Alvarado y Solano (2002) el óptimo es de 100 a 800 g/l.

2.7.2.2. Granulometría

Las partículas que forman un sustrato pueden tener distintos tamaños, lo cual determina el tamaño de los poros entre las mismas, razón por la que muchas veces se ha intentado correlacionar la granulometría con la porosidad y las características derivadas de esta última (Burés, s.f.).

Según Alvarado y Solano (2002) la granulometría debe ser mediana a gruesa, con tamaños de 0,25 a 2,6 mm, que produzcan poros de 30 a 300 micras, lo que permite una suficiente retención de agua y buena aireación, además se debe asegurar la estabilidad del tamaño de las partículas en el tiempo.

2.7.2.3. Porosidad

La porosidad, se define como el volumen porcentual del sustrato no ocupado por partículas. Una parte de este volumen corresponde a poros que dan aireación a las raíces y son los de tamaño mayor a 30 micras; el resto de la porosidad es más pequeña que 30 micras y ofrece una fuerte retención de agua, quedando en forma de película alrededor de las partículas luego del riego. Como valor optimo, se estima un 70% a 90% del volumen del sustrato (Alvarado y Solano, 2002).

Burés (s.f.) define a la porosidad como la cuantificación del espacio ocupado por poros en un sustrato, a lo que se denomina también espacio de poros, espacio poroso o vacío; normalmente se expresa como porcentaje respecto al volumen aparente del sustrato.

2.7.2.4. Estabilidad de la materia orgánica

En cuanto la estabilidad de la materia orgánica, es importante que la descomposición de la misma sea mínima, ya que esto lleva a una textura más fina y una pobre aireación (Alvarado y Solano, 2002).

2.7.2.5. pH

Según Landis (1990), se debe obtener un pH ligeramente ácido en el medio del crecimiento. Los materiales utilizados para formular medios de crecimiento difieren considerablemente en pH. El pH final de un sustrato dependerá de la proporción de los ingredientes, su pH original, así como de las prácticas de cultivo posteriores, especialmente fertilización y riego. El principal efecto del pH en los suelos minerales, radica en su influencia en la disponibilidad de nutrientes minerales, especialmente micronutrientes. El control del pH es menos crítico en los viveros que utilizan contenedores, donde todos los nutrientes esenciales pueden ser proporcionados a través de la fertilización. Muchas plantas pueden crecer dentro de un intervalo de valores de pH relativamente amplio si los micronutrientes son provistos en la forma y proporción adecuadas (Bunt, citado por Landis, 1990). El pH también puede afectar el número y tipo de microorganismos del medio de crecimiento, incluyendo a los hongos fitopatógenos (Landis, 1990).

2.7.2.6. Temperatura

La temperatura del sustrato afecta a múltiples procesos que influyen en el manejo de los sustratos y en el cultivo, como son las tasas de reacciones químicas y biológicas, la difusión de gases y el movimiento del agua, en la nutrición y crecimiento vegetal (Burés, s.f.).

2.7.2.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de un material para adsorber iones cargados positivamente, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), es uno de los factores más importantes que afectan la fertilidad del medio de crecimiento. La CIC se define como la suma de los cationes intercambiables (meq), que un material puede adsorber por unidad de peso o volumen (tanto mayor el número, mayor la capacidad para retener nutrientes). Los cationes primarios involucrados en la nutrición de la planta son: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^{+}) y amonio (NH_4^{+}), además iones de micronutrientes son también adsorbidos, incluyendo el hierro (Fe^{2+} y Fe^{3+}), manganeso (Mn^{2+}), Zinc (Zn^{2+}) y cobre (Cu^{2+}). Estos nutrientes están almacenados en los sitios de CIC, en las partículas del medio de crecimiento, hasta que son tomados por el sistema radical (Landis, 1990).

Los valores elevados de CIC son deseables para los medios de crecimiento, mantienen una reserva de fertilidad que abastece al crecimiento de la planta entre aplicaciones de fertilizantes. La CIC también puede retener cationes en el sustrato, previniendo su lixiviación, la cual puede ser muy significativa, dadas las intensas tasas de riego (Landis, 1990).

Burés (s.f.), define a la capacidad de intercambio catiónico (CIC o CEC) como la capacidad de un sustrato de adsorber e intercambiar cationes, es la suma de todos los cationes intercambiables o complejo de campo; esta capacidad depende del pH.

Otra característica importante de los sustratos, es la capacidad tampón que presentan estos, es decir, el poder amortiguador sobre cambios rápidos de pH provocados por la adición de fertilizantes de carácter ácido o básico; ésta capacidad aumenta con la CIC (Burés, s.f.).

2.7.2.8. Fertilidad

Como característica de interés, se menciona la baja fertilidad natural inherente; puede parecer incongruente a primera vista, pero un nivel inicialmente bajo de fertilidad, es considerado un atributo deseable para los medios de crecimiento empleados en viveros que producen en contenedor (Mastalerz, James, citados por Landis, 1990). El principal beneficio de una baja fertilidad inherente, es que el viverista puede controlar completamente las concentraciones de nutrientes minerales en la solución del medio de crecimiento, a través de la fertilización (Landis, 1990).

2.7.2.9. Conductividad eléctrica

Se debe considerar la conductividad eléctrica de un sustrato, la cual expresa de una manera aproximada la concentración de sales en la solución del sustrato; esta concentración afecta al potencial osmótico el cual está relacionado con la concentración de iones en la fase líquida del sustrato (Burés, s.f.).

La salinidad (conductividad eléctrica) y presión osmótica, según Alvarado y Solano (2002) provienen de los fertilizantes, de impurezas en el agua de riego, de la materia orgánica y otros componentes del medio. Todos los nutrientes disponibles para absorción se denominan sales solubles y el contenido inicial de estas debe ser bajo para evitar daños en las plantas jóvenes que son sensibles a ellas.

La presión osmótica es muy importante para la asimilación del agua por las plantas, según Alvarado y Solano (2002), según la época del año y tipo de planta se debe mantener entre 0,5 y 2 atm, al 50 % de humedad.

La asimilación del agua por la planta depende fundamentalmente de la conductividad eléctrica (CE) del sustrato, cuanto mayor necesidad de agua para la planta, tanto menor debe ser la CE en el medio de nutrición (Alvarado y Solano, 2002).

2.7.2.10. Sanidad

Otra característica deseable del medio de crecimiento, es que sea libre de plagas y enfermedades, siendo esto uno de los problemas más serios con los medios de crecimiento basados en suelo natural, dado que éste puede

contener toda una variedad de plagas y enfermedades. Con la aparición de los sustratos artificiales, el uso de la pasteurización de los suelos se ha reducido sustancialmente, ya que muchos de los componentes comúnmente usados están considerados libres de plagas y enfermedades (Landis, 1990).

2.7.3. Componentes de sustratos

Los sustratos utilizados en viveros comerciales, se caracterizan por estar constituidos por más de un material, buscando así alcanzar ciertas propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los plantines. Entre los componentes, se los puede dividir en: orgánicos e inorgánicos (Burés s.f., Landis 1990).

2.7.3.1. Componentes orgánicos

Los materiales orgánicos son componentes deseables de los sustratos, generan una gran proporción de microporos, produciendo así una elevada capacidad de retención de humedad, además son lo suficientemente resilientes para resistir la compactación. La materia orgánica también tiene una elevada CIC, y por lo tanto, retiene iones nutrientes previniendo su lixiviación y proporcionando un amortiguamiento contra los cambios rápidos en salinidad. (Landis, 1990).

El término turba (peat) se refiere a varios materiales que son similares en origen pero muy distintos en su composición botánica y en sus propiedades físicas y químicas, este material se forma por la acumulación de materiales específicos de plantas en lugares mal drenados (Alvarado y Solano, 2002).

Las turbas son formadas cuando plantas parcialmente descompuestas se acumulan bajo el agua en áreas con bajas temperaturas, bajos niveles de oxígeno y nutrientes (Peck, citado por Landis, 1990).

Alvarado y Solano (2002), determinan que este material puede clasificarse en cuatro tipos distintos: turba de musgo *Sphagnum*, turba de musgo *Hypnum*, turba de cañuela y junco y turba de humus o estiércol.

La composición de los diferentes depósitos de turba es muy variable, dependiendo de la vegetación original, estado de descomposición, contenido mineral y grado de acidificación. El tipo de material vegetal y su grado de

descomposición determina en gran medida el valor de la turba para el uso en medios de cultivos (Alvarado y Solano, 2002).

La turba de musgo *Sphagnum* es la forma de materia orgánica más popular para la preparación de sustratos. Este material presenta buena disponibilidad, es baja en sales solubles, fácil de mezclar con otros componentes cuando húmeda, uniforme en calidad y de larga duración en un sustrato. Permite mejorar el drenaje y la aireación, no agrega cantidades apreciables de nutrientes, ni su uso resulta en una disminución en los nutrientes disponibles, el pH se ajusta fácilmente con encalado. El aspecto más importante es que no ocurren cambios biológicos o químicos, en el medio de cultivo preparado luego de la pasteurización. Presenta la mayor capacidad de retención de humedad dentro de los tipos de materia orgánica y mantiene esa propiedad cuando se remoja después de secada (Alvarado y Solano, 2002).

Las hojas del musgo *Sphagnum* contienen un gran número de poros que forman un sistema capilar interno, capaz de almacenar grandes cantidades de agua disponible; Peck, citado por Landis (1990). estimó que el 93% del agua almacenada en estos espacios porosos internos, está disponible para las plantas.

Landis (1990), hace mención que además de sus características físicas, los tipos de turba de musgo pueden ser identificados a partir de su origen geográfico. El musgo *Sphagnum* solamente crece en climas fríos del norte. Hellum, citado por Landis (1990), establece que los pantanos con *Sphagnum* útil se encuentran solamente en el bosque boreal.

Peck, citado por Landis (1990), clasifica en dos los distintos tipos de turba de musgo *Sphagnum*: turbas claras (o turbas ligeras) y turbas oscuras. Las turbas ligeras de *Sphagnum*, son llamadas así por su color claro y por su ligereza en peso, éstas poseen un elevado volumen de poros internos, del cual una gran proporción (15 a 40%) es clasificada como porosidad de aireación. Las turbas oscuras de *Sphagnum*, son el doble de pesadas que las turbas ligeras, y contienen un total de espacio poroso menor, con su correspondiente menor porosidad de aireación. La CIC de las turbas oscuras es aproximadamente el doble de la de las turbas ligeras de *Sphagnum*.

Otro componente orgánico utilizado es la corteza de pino; se caracteriza por ser ácida por naturaleza, tiene una baja fertilidad inicial, y también posee

muchas otras propiedades benéficas. Comúnmente, la corteza es agregada al sustrato para incrementar la porosidad de aireación (Landis, 1990).

La corteza compostada tiene una CIC mucho mayor que la corteza sin compostar, y también se ha demostrado que suprime la actividad de hongos fitopatógenos (Hoitink, citado por Landis, 1990).

Una de las mayores desventajas de la corteza es su variabilidad, se han reportado problemas en los viveros para obtener un abastecimiento regular de corteza con calidad consistente (Lippitt, citado por Landis, 1990). Otros dos problemas potenciales relativos al uso de la corteza, son la deficiencia de nitrógeno y la presencia de toxinas orgánicas o inorgánicas (Bunt, citado por Landis, 1990).

2.7.3.2. Componentes inorgánicos

Los materiales inorgánicos son agregados a los sustratos para producir y mantener un sistema estructural de macroporos, que promueva la aireación y el drenaje, y que disminuya la capacidad de retención de humedad (Mastalerz, citado por Landis, 1990). Muchos componentes inorgánicos poseen una CIC muy baja y proveen una base químicamente inerte para el medio de crecimiento (Landis 1990, Alvarado y Solano 2002).

La vermiculita es un mineral, silicato de aluminio-hierro-magnesio, que se obtiene en minas de los Estados Unidos y África, el cual consiste de una serie de placas delgadas y paralelas. Luego de su extracción, es sometida a un intenso calor (superior a los 1000°C o a los 1832 F), lo cual provoca la expansión de las partículas unas 15 o 20 veces, en comparación a su volumen original, y les provee de una estructura tipo acordeón (Bunt, citado por Landis, 1990).

Es ligera en peso y su estructura en placas genera una elevada proporción superficie/volumen, logrando una gran capacidad de retención de humedad. Las placas contienen numerosos sitios para retener cationes, tanto externa como internamente, lo que produce una elevada CIC (Landis, 1990).

La vermiculita contiene algo de potasio y de magnesio, los cuales son lentamente liberados para ser aprovechados por la planta. Debido a las elevadas temperaturas involucradas en su procesamiento, la vermiculita es

estéril por completo. El pH de la vermiculita es variable dentro de un intervalo neutral (Landis, 1990).

Las partículas de vermiculita son inestables estructuralmente en un medio húmedo, y pueden comprimirse a través del tiempo (Ward et al., citados por Landis, 1990). Por esta razón, la vermiculita no debe ser usada sola, ni con arena, y debe ser mezclada con perlita o turba, que dan resistencia contra la compactación (Landis, 1990).

La perlita (compuesto inorgánico) es un mineral, silicato de aluminio de origen volcánico, el cual es obtenido en minas de varios países, incluyendo los Estados Unidos y Nueva Zelanda. Después de ser extraído, es aplastado y expuesto a temperaturas de 1000°C, produciéndose partículas blancas y ligeras en peso (Landis, 1990).

Una de sus propiedades es la estructura de celdas bien cerradas, haciendo que el agua se adhiera sólo en la superficie de las partículas de perlita, y por tanto el sustrato que contenga perlita tendrá buen drenaje, además de ser ligero en peso. La perlita es también rígida y no se comprime con facilidad, lo cual promueve una buena porosidad (Landis, 1990).

Debido a las elevadas temperaturas a que es sometida durante su procesamiento, la perlita es completamente estéril. La perlita esencialmente es infértil, casi no contiene nutrientes para las plantas, y tiene una CIC mínima (Bunt, Moore, citados por Landis, 1990). El pH de la perlita está en un intervalo alrededor de la neutralidad.

La perlita tiene un par de desventajas operativas, en algunos casos pueden contener cantidades considerables (4% del peso) de partículas muy finas (Maronek et al., citados por Landis, 1990), lo cual causa irritación ocular e irritaciones pulmonares durante el mezclado, a menos que haya sido humedecida previamente. Debido a su estructura con celdas cerradas, la perlita tiene la tendencia a flotar en la parte superior del medio de crecimiento durante el riego (Mastalerz, citado por Landis, 1990); esto normalmente no representa un problema por las pequeñas porciones empleadas. Gates, citado por Landis (1990) reporta que las partículas de perlita tienden a aglutinarse sobre las paredes de los contenedores en bloque de poliestireno expandido, lo cual puede causar daño a los cepellones cuando las plantas son extraídas.

2.8. CONCEPTOS DASOMÉTRICOS

Por mensura forestal se conoce aquella ciencia que se ocupa de la medición del bosque y sus productos, es la aplicación de principios básicos de matemática, geometría y física a la medición y estimación tanto de la madera en pie como tumbada, sustentada especialmente en la metodología estadística (Prodan et al., 1997).

Toda medición implica la comparación de un elemento u objeto con un patrón estándar. Cualquier determinación de características tipo de un individuo o de un conjunto de individuos es considerada una medición cuando existe un contacto (físico, óptico o de algún otro tipo) entre el instrumento y el objeto (Prodan et al., 1997).

2.8.1. Diámetro

La medición de diámetros es la operación más corriente en las mediciones forestales. En árboles en pie, la altura normal del diámetro representativo del árbol es 1.3m desde el nivel del suelo. Otros puntos de medición de diámetro de tipo comercial en árboles en pie son la altura en la base, mitad del fuste, cualquier punto sobre el fuste, diámetro a la altura de comienzo de copa, diámetros límites comerciales, entre otros. Para la medición directa o indirecta de árboles o trozas, existen varios instrumentos basados en diferentes principios (Prodan et al., 1997).

2.8.2. Altura

En la mediciones de altura, se presenta la dificultad de emplear instrumentos de contacto o de medición directa como reglas o varas cuando las alturas sobrepasan los 8 – 10m, se usan generalmente instrumentos de tipo óptico basados en principios geométricos y trigonométricos (Müller, Tischendorf, citados por Prodan et al., 1997).

2.8.3. Volumen

Cuando la forma de un árbol se asemeja a un sólido geométrico regular, puede calcularse rápidamente su volumen con las medidas de sus dimensiones. A menudo la sección transversal de un árbol no es exactamente circular; es necesario hacer caso omiso de las excentricidades, excepto cuando

influyen en los métodos usados para medir el diámetro, y suponer que la forma circular es general (Bruce y Schumacher, 1965).

El volumen total es aquel que corresponde al fuste principal de un árbol, en los árboles de forma excurrente (especies cuyo tronco se prolonga para formar un fuste principal que no se divide) se considera hasta la punta de los mismos (Prodan et al., 1997).

2.9. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS

Infante y Zárate de Lara (1990), definen a la estadística como un conjunto de técnicas para la colección, manejo, descripción y análisis de información, de manera que las conclusiones obtenidas de ella tengan un grado de confiabilidad especificado.

Las observaciones son la materia prima con la cual trabajan los investigadores; para poder aplicar la estadística a las observaciones, estas deben estar en forma numérica (Steel y Torrie, 1985).

Steel y Torrie (1985) definen una unidad experimental, como la unidad de material a la cual se aplica un tratamiento; siendo un tratamiento el procedimiento cuyo efecto se mide y se compara con otros tratamientos.

Cuando un tratamiento aparece más de una vez en un experimento se dice que está repetido; las repeticiones tienen como función permitir una estimación del error experimental, mejorar la precisión de un experimento y aumentar el alcance de la inferencia del experimento. A medida que aumenta el número de repeticiones, las medidas observadas de los tratamientos se hacen más precisas. El número de repeticiones depende de varios factores, de los cuales el más importante es el grado de precisión deseada (Steel y Torrie, 1985).

Según Steel y Torrie (1985), la función de aleatorización consiste en asegurarse que se obtenga un estimativo válido o insesgado del error experimental, de las medias de los tratamientos y de las diferencias entre las mismas.

El objetivo de los experimentos es determinar si hay diferencias reales entre las medias de tratamientos y estimar la magnitud de tales diferencias si existen. Una inferencia estadística respecto a dichas diferencias supone la

asignación de una medida de la probabilidad a la inferencia (Steel y Torrie, 1985).

Las variables se dividen en dos tipos: cuantitativas y cualitativas, siendo las primeras aquellas para la cual las mediciones arrojan datos numéricos. Las variables cuantitativas se pueden clasificar en continuas y discretas; una variable continua, es aquella que puede tomar cualquier valor dentro de cierto intervalo de números reales mientras que las discretas son aquellas que obtienen sus valores de un proceso de conteo. Una variable cualitativa, es aquella para la cual no es posible hacer mediciones numéricas, las observaciones son categorías que se pueden solamente clasificar o rotular (Steel y Torrie, 1985).

2.9.1. Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)

El diseño en bloques completamente al azar, puede utilizarse cuando las unidades experimentales pueden agruparse; generalmente el número de unidades por grupo es igual al número de tratamientos, estos grupos se denominan bloques o repetición. El agrupamiento presenta el objetivo de 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 de diferentes bloques será mayor que la variabilidad entre unidades del mismo bloque. 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. En el terreno, un bloque consiste en un grupo compacto de parcelas, durante el transcurso del experimento, todas las unidades deben tratarse tan uniformemente como sea posible en todo aspecto diferente del tratamiento (Steel y Torrie, 1985).

Cuando se asignan las unidades experimentales a los bloques, se numeran en cierto orden conveniente. Los tratamientos también se numeran y luego se asignan aleatoriamente a las unidades dentro de un bloque; una nueva aleatorización se efectúa en cada bloque, es decir, de ninguna manera es válido hacer una aleatorización para un bloque y usarla en los demás (Steel y Torrie 1985, Infante y Zárate de Lara 1990).

Como ventajas de este diseño experimental, Steel y Torrie (1985) mencionan que es posible agrupar las unidades experimentales de modo que se logre mayor precisión que con el diseño completamente aleatorizado; no hay

restricciones en cuanto al número de tratamientos o de bloques; si se desea usar repeticiones adicionales para ciertos tratamientos, estos se pueden aplicar a dos o más unidades por bloque con aleatorización adecuada para dar un diseño de bloque completo al azar; son posibles diseños que incluyan tratamientos no repetidos; el análisis de los datos es simple, si faltan datos de unidades individuales, pueden estimarse fácilmente y si el error experimental es heterogéneo, pueden obtenerse componentes no sesgadas aplicables a la prueba de comparación específica.

Dentro de las desventajas del DBCA se considera que, cuando la variación entre unidades experimentales dentro de un bloque es grande, resulta un término de error considerable, esto ocurre cuando el número de tratamientos es grande; así puede no ser posible asegurar grupos de unidades suficientemente uniformes para los bloques (Steel y Torrie, 1985).

2.9.2. Arreglo factorial

Por diseño factorial se entiende que en cada ensayo o replica completa del experimento se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores (Montgomery, 2004).

Montgomery (2004), señala como ventajas, que son más eficientes que los experimentos de un factor a la vez, este diseño es necesario cuando puede haber interacciones presentes a fin de evitar llegar a conclusiones incorrectas y además permiten la estimación de los efectos de un factor con varios niveles de los factores restantes.

Montgomery (2004), determina que las observaciones de un experimento factorial pueden describirse con un modelo, el cual puede ser:

$$Y_{ikj} = \mu + A_i + B_k + (AB)_{ik} + \beta_j + \varepsilon_{ikj}$$

$$\begin{array}{l} i : 1,2\dots a \\ k : 1,2\dots b \\ j : 1,2\dots r \end{array}$$

Donde las componentes de la ecuación representan:

Y_{ikj} : respuesta en el j – esimo bloque con el i – ésimo nivel de A y el k – ésimo nivel de B

μ : media general, común a todas las unidades antes de aplicar los tratamientos

A_i : efecto del i – ésimo nivel del factor A

B_k : efecto del k – ésimo nivel del factor B

$(AB)_{ik}$: efecto de la interacción entre el i – esimo nivel de A y el k – esimo nivel de B

β_j : efecto del j – ésimo bloque

ε_{ikj} : error en la j – ésima repetición con el i – ésimo nivel de A y el k – ésimo nivel de B

2.9.3. Hipótesis y análisis de varianza (ANAVA)

Una hipótesis estadística es un enunciado o una aseveración acerca de los parámetros de una distribución de probabilidad o de los parámetros de un modelo. La hipótesis refleja alguna conjetura acerca de la situación del problema (Infante y Zárate de Lara 1990, Montgomery 2004).

La hipótesis nula es aquella que el investigador está dispuesto a sostener como plausible, a menos que la evidencia experimental en su contra sea sustancial. Su negación es llamada la hipótesis alternativa (Infante y Zárate de Lara, 1990).

El análisis de la varianza (ANAVA), es esencialmente un procedimiento aritmético que descompone una suma total de cuadrados en componentes asociados con fuentes de variación reconocida (Steel y Torrie 1985, Infante y Zárate de Lara 1990).

Los supuestos básicos en el análisis de varianza cuando se hacen pruebas de hipótesis son: los tratamientos y los efectos ambientales son aditivos, no existe interacción bloque - factores y que los errores experimentales son aleatorios, se distribuyen normal e independientemente en torno a una media cero y con una varianza común (Steel y Torrie, 1985).

El valor de F se define como la razón de dos estimaciones independientes de la misma σ^2 y se obtiene dividiendo el cuadrado medio de los tratamientos por el cuadrado medio del error. Estos cuadrados medios son comparables ya que cada uno estima la variación entre observaciones

individuales. El F calculado se compara con el F tabulado para decidir si aceptamos o no la hipótesis nula de que no hay diferencias entre las medias poblacionales o aceptar la hipótesis alterna de que hay diferencias. Una F significativa implica que las pruebas son suficientemente sólidas como para indicar que ningún tratamiento pertenece a poblaciones con una μ común; sin embargo, no indica cuales diferencias se pueden considerar estadísticamente significantes.

2.9.4. Pruebas de comparación múltiple

2.9.4.1. Tukey

Luego del análisis de varianza, en que se ha rechazado la hipótesis nula de la igualdad de las medias de los tratamientos, se pretende probar todas las comparaciones de las medias por pares; Tukey, propuso un procedimiento para probar hipótesis para las que el nivel de significancia global es exactamente α cuando los tamaños de las muestras son iguales y es a lo sumo α cuando los tamaños de las muestras no son iguales (Montgomery, 2004).

Steel y Torrie (1985), hacen referencia a que el procedimiento de Tukey es aplicado a pares de medias y necesita de un solo valor para juzgar la significancia de todas las diferencias. El procedimiento consiste en el cálculo de un valor crítico por medio de la siguiente ecuación y su aplicación a diferencias entre todos los pares de medias.

$$w = q_{\alpha}(p, f_e) S_{\bar{y}}$$

Donde: q_{α} : valor de tabla

$p = t$, es el numero de tratamientos

f_e : grados de libertad del error

2.9.5. Modelo binomial (regresión logística)

La regresión logística es un instrumento estadístico de análisis bivariado o multivariado, de uso tanto explicativo como predictivo. Su empleo es útil, cuando se tiene una variable dependiente dicotómica (un atributo cuya ausencia o presencia se ha codificado con los valores cero y uno, respectivamente) y un

conjunto de m variables predictoras o independientes, que pueden ser cuantitativas (que se denominan covariables o covariadas) o categóricas (SEQC, s.f.).

Muchas variables de respuestas son de tipo: vivo o muerto (estudio de sobrevivencia), sano o infectado, presencia o ausencia; en estos casos se investiga que variables están relacionados con la asignación de un individuo a una clase u otra mediante Modelos lineales generalizados. En ciertos casos, la variable de respuesta debe de contener solo 0s o 1s, en donde un 0 corresponde por ejemplo a un individuo muerto y un 1 representa un individuo vivo (Cayuela, 2010).

2.10. GÉNERO *EUCALYPTUS*

El género *Eucalyptus* cuenta con unos 600 taxones específicos y subespecíficos originarios de Australia e islas vecinas. El área de dispersión natural se localiza entre los 7° N y 43° S de latitud. La gran mayoría de las especies se encuentran confinadas en el territorio Australiano, centro de origen del género; unas pocas se reportan fuera de este territorio (Brussa, 1994).

2.10.1. Distribución natural en Australia y características ambientales

En el 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. Muchas especies presentan alto grado de sensibilidad al sitio forestal, regulado por las condiciones edáficas, mientras que otras poseen mayor grado de plasticidad respecto a este factor (Brussa, 1994).

Algunas especies muestran un gran área de ocurrencia formando parte de masas naturales, un claro ejemplo es *E. camaldulensis* que se reporta prácticamente para toda Australia. En otros casos las áreas, disyuntas y mucho menor en extensión, son muy ricas en variaciones ambientales como en el caso de *E. grandis* (Brussa, 1994).

La gran extensión del territorio, que abarca regiones tropicales hasta templados-frías, la situación insular y la presencia de una zona desértica central determina que las zonas de igual temperatura, precipitación, humedad y evaporación, presenten una distribución regularmente concéntrica; las diferentes regiones climáticas están determinadas por la distribución estacional

de las precipitaciones, abundancia y variación anual. Estas zonas definen la localización de las especies de *Eucalyptus* y los diferentes tipos de vegetación (Brussa, 1994).

2.10.2. Distribución en el mundo

Los *Eucalyptus* se extendieron rápidamente por todo el mundo después de su descubrimiento por los europeos a finales del siglo XVIII (Eldridge et al., citados por FAO, 2007).

Se introdujeron en países como Brasil, Chile, Francia, India, Portugal y Sudáfrica durante el 1800 (Doughty, citado por FAO, 2007), dada su buena adaptabilidad y rápido crecimiento en plantaciones forestales.

Durante el siglo XIX y XX, grandes cantidades de semillas se recogieron y distribuyeron directamente desde Australia a través de expediciones de recolección de semillas realizadas tanto por el gobierno, organizaciones y empresas forestales privadas de todo el mundo (FAO, 2007).

Las primeras plantaciones datan de 1954-1955, realizadas por forestadores franceses en Marruecos (Eldridge et al., citados por FAO, 2007).

El advenimiento industrial del *Eucalyptus* en la década de 1960, condujo a un mayor desarrollo y planificación de plantaciones, por ejemplo, plantaciones de *E. globulus* en Portugal en 1965-1966 (Potts et al., citados por FAO, 2007) y pruebas de procedencia de *E. camaldulensis* en muchos países (Eldridge et al., citados por FAO, 2007).

Sin embargo, el gran avance de las tecnologías en las plantaciones de *Eucalyptus* se produjo en la década de 1970 con el establecimiento de los primeros clones comerciales en la República Democrática del Congo (Martin y Quillet, citados por FAO, 2007) seguido por Aracruz en Brasil (Campinho e Ikemori, citados por FAO, 2007).

Las razones que justifican el gran desarrollo de las plantaciones de *Eucalyptus* son: su rápido crecimiento que permiten rotaciones más cortas, rectitud del fuste, amplia adaptabilidad a distintos suelos y climas, valiosas propiedades de la madera para la producción de combustible, carbón vegetal, fabricación de pulpa y papel, así como madera aserrada, postes aceites esenciales, miel y taninos, además de brindar sombra y vivienda (FAO, 2007).

El aumento mundial de la demanda de pulpa de fibra corta ha impulsado la masiva expansión de las plantaciones de *Eucalyptus* durante siglo XX (Turnbull, citado por FAO, 2007). Debido a su alto contenido de fibra en relación con otros componentes de la madera y uniformidad de las mismas, en relación con otras especies de angiospermas, ha llevado a la alta demanda de pulpa de *Eucalyptus*. El desarrollo de tecnologías de secado y aserrado de maderas, también ha aumentado el interés por plantaciones de *Eucalyptus*, para madera aserrada, chapa y tableros (Kellison, citado por FAO, 2007). Al año 2000, se encuentran plantaciones en más de 90 países (Doughty, citado por FAO, 2007).

2.11. EUCALYPTUS EN EL URUGUAY

Aproximadamente en el 1850 una fragata en viaje de Australia a Inglaterra, debió arribar al puerto de Montevideo por una avería. La mayor parte del cargamento era vigas de *Eucalyptus*, las que debieron desembarcarse y posteriormente fueron empleadas en la construcción de la aduana de la época. Las dimensiones y características de esas maderas llamaron la atención de Tomás Tomkinson, inglés radicado en Uruguay, quien encargó semillas de esos árboles al propio capitán de la fragata, oriundas de Australia, las cuales jamás llegaron a destino. En ese entonces surge la figura de Jorge Hodgskin, a quien le encomienda la obtención de un lote de semillas de *Eucalyptus*. Estas semillas traídas no provenían de Australia, sino del cabo de Buena Esperanza, de su siembra se obtuvieron las primeras plántulas en almácigos en 1853 (Brussa, 1994).

La especie que inicialmente se destacó fue el *E. globulus ssp. globulus*, cultivándose como árbol de abrigo, sombra y ornamental. Al final del Siglo XIX, ya existían rodales en todo el país de esta especie, llegando recién a ser superado en intensidad de cultivo a partir de la segunda década del Siglo XX por los *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus tereticornis* principalmente (Brussa, 1994).

La popularidad del *E. globulus ssp. globulus* fue decreciendo en la medida que se consideró el árbol desde un punto de vista forestal maderero. En general la conformación de los ejemplares cultivados en el país no era demasiado buena; por otra parte, traían ya de su origen una muy elevada consanguinidad producto de los nueve árboles cultivados en el cabo de Buena Esperanza (origen de las primeras semillas traídas al país) (Brussa, 1994).

En la década de 1960 se difunde el *Eucalyptus grandis*, luego de que se introdujera en 1963 de huertos semilleros de Sudáfrica, no obstante, en los departamentos de San José (Tuset, citado por Brussa, 1994) y Rivera (Krall, citado por Brussa, 1994) ya existían algunas plantaciones escasas de esta especie. Actualmente se trata de unos de los cultivos más empleados en forestaciones comerciales por su conformación y su velocidad del crecimiento.

En los últimos años, como especie promisoría se establece el *Eucalyptus dunnii*, dada su característica de mayor resistencia al frío que el *E. grandis* y *E. saligna* (Golfari, citado por Brussa, 1994).

2.12. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

Gran árbol, de tronco recto y muy buen desrame natural; follaje de textura media a gruesa. Corteza caduca en largas fajas, ritidoma gris verdoso a gris blanquecino, la porción basal persistente (1 a 3 m de altura). Duramen rosado, moderadamente duro y durable, densidad (seco al aire) de 640 (Celulosa Argentina, citado por Brussa, 1994) a 690 kg/m³ (Poynton, citado por Brussa, 1994), empleado para producción de pulpa, postes aserrados, debobinados, carpintería y construcciones en general; también como combustible (Mendoza 1987, Brussa 1994).

Naturalmente se localiza en el este del continente australiano, en áreas disjuntas de la región norte y centro, costero (sur) y continental (norte), con diferentes registros altitudinales (0-600m entre 25° y 33° S, 500 m a los 21° S y alrededor de 1100 m entre 16° y 19° S); clima templado (sur) hasta tropical (norte), con un promedio de temperaturas máximas de 24-30°C (sur) y 29-32°C (norte), mínimas de 3-8°C(sur) a 10-17°C(norte), con heladas escasas en localizaciones alejadas de la costa; húmedo, con precipitaciones estivales con una media anual de 1000 a 3500mm(Hall, Johnston y Marryat, FAO, Boland et al., citados por Brussa, 1994).

Se planta casi exclusivamente en el hemisferio sur, siendo los países en que más se han plantado, Brasil, Sudáfrica, Argentina, Zimbabwe, Congo, Madagascar, etc. Siendo Sudáfrica el país que más se ha destacado en el desarrollo de *E.grandis* (Mendoza, 1987).

Por su sensibilidad a las bajas temperaturas, no es apropiado en regiones con frecuente ocurrencias de fuertes heladas (Marcó, 1991).Las

plántulas y plantas jóvenes no toleran excesivas heladas (Brussa, 1994). Prefiere suelos con buena capacidad de retención de agua, profundos, de texturas limosas, bien drenados (Kelly, Chippendale y Johnston, Boland et al., Golfari, citados por Brussa, 1994).

Actualmente se trata de uno de los cultivos más empleados en forestaciones comerciales por su conformación y velocidad de crecimiento, las que pueden verse sensiblemente disminuidos en los suelos pocos desarrollados y en aquellos con drenaje imperfecto (Brussa, 1994).

Mendoza (1987), opina que el *E. grandis* de los cientos de especies que integran el género, es el que más se destaca en la producción de madera para los diversos usos de la industria moderna. Siendo su superioridad sobre las otras especies basada por su rápido crecimiento, buena forma y desrame natural.

2.12.1. *Eucalyptus grandis* en Uruguay

El *Eucalyptus grandis* es una de las especies forestales más utilizadas en Uruguay, existiendo actualmente más de 135.000 hectáreas de plantaciones comerciales. Existe en el periodo desde 1975 a 2012 un total de 233.476 hectáreas de superficie afectada (incluye caminería y zonas buffer) con forestación bajo proyecto (Balmelli 2003, MGAP.DGF 2012a).

El tipo de suelo, el clima y la distancia a los puntos de salida de la producción tienen incidencia en las características de las plantaciones forestales. Esto divide al país en tres regiones de acuerdo a criterios establecidos por la Dirección General Forestal (DGF) (MGAP.DGF 2012b, Uruguay XXI 2013).

La región sur-este conformada por los departamentos de Colonia, Flores, San José, Florida, Canelones, Montevideo, Lavalleja, Maldonado y Rocha, con un total de 8.651 hectáreas forestadas (superficie afectada) con *Eucalyptus grandis*.

La región centro-norte la componen los departamentos de Artigas, Rivera, Tacuarembó, Durazno, Cerro Largo y Treinta y Tres, con un total de 136.976 hectáreas forestadas (superficie afectada) con *Eucalyptus grandis*

La región litoral-oeste la conforman los departamentos de Salto, Paysandú, Río Negro y Soriano; cuenta con un total de 87.849 hectáreas forestadas (superficie afectada) con *Eucalyptus grandis*

La región Centro-Norte es la mayor área forestada. Se caracteriza por la presencia de heladas en invierno y temperaturas más elevadas durante el verano. Con predominio de suelos arenosos, siendo propicio para el desarrollo de las especies *Eucalyptus grandis* y *Pinus*. El principal destino de la producción de madera, es la transformación mecánica. En lo que refiere a la segunda región en importancia respecto a superficie forestada con *Eucalyptus grandis* es la región litoral-oeste, la cual se caracteriza por la presencia de heladas y suelos francoarenosos a arenosos. Los *Eucalyptus* y *Pinus* tienen un rendimiento levemente menor en esta zona con respecto a la zona norte. El principal destino de la madera es la producción de pasta de celulosa y en segundo lugar la transformación mecánica de la madera. En la región sur-este, la principal finalidad de las plantaciones es la producción de pulpa (Uruguay XXI, 2013).

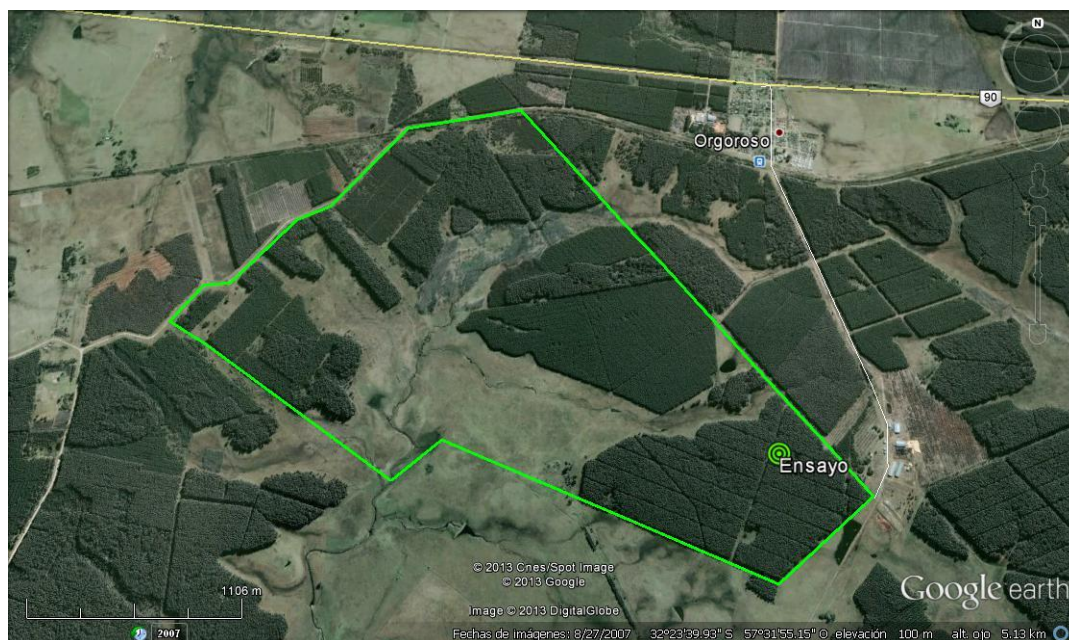
3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El predio donde se encuentra el ensayo se denomina “La Merced” ubicado en el departamento de Paysandú, al cual se accede desde Montevideo, por Ruta 3 hasta el empalme con la Ruta 90, tomando esta última en dirección Este hasta la localidad de Orgoroso (Km 55); ingresando por dicha localidad en sentido sur 500 m aproximadamente por camino vecinal llegando al casco de dicho establecimiento.

Las coordenadas del ensayo en estudio son: 57°30'57,703"W y 32°24'3,564"S y se encuentra en el padrón No. 6577.

Figura No. 1. Límites de padrón y ubicación del ensayo



3.2. RECURSOS NATURALES

3.2.1. Geología

Según la Carta Geológica del Uruguay, escala 1:500.000 (Bossi et al., 1998) la localidad de Orgoroso (zona próxima al ensayo) se encuentra sobre la Formación (Fm.) Asencio, la cual se asocia con la Fm. Mercedes (Anexo No. 1).

La Fm. Asencio, se desarrolla ampliamente en los departamentos de Soriano, Rio Negro, Paysandú, Durazno, Flores, Florida y Canelones. Está compuesta principalmente por areniscas de color rosa pálido a blanco, de grano fino, generalmente redondeado, con cemento arcilloso y lítico o calcáreo. Como menciona Bossi et al., citados por Bossi y Navarro (1988) el espesor máximo constatado es de 30 m en la cuenca del arroyo Vera en Soriano. El contacto inferior con la Fm. Mercedes es concordante (Bossi y Navarro, 1988).

A Ambas Fm. (Asencio y Mercedes) Bossi y Navarro (1988) las clasifica como Formaciones sedimentarias Cretácicas. Durán y García Préchac (2007) indican que los suelos sobre areniscas cretácicas son profundos o superficiales, de fertilidad media o baja, a veces asociados a escarpas rocosas.

3.2.2. Suelos

3.2.2.1. Unidad de suelo

El ensayo se encuentra sobre la unidad de Suelos Algorta (Esc. 1:1.000.000) (Anexo No. 2). Se caracteriza por presentar como materiales generadores, sedimentos arcillo-arenosos y areniscas cretácicas. El relieve es de lomadas suaves y fuertes con escarpas. Los suelos dominantes corresponden a Argisoles Dúcticos Ocrícos Abrupticos Ar h. y Planosoles Dúcticos Ocrícos Ar h.; y como suelos asociados Brunosoles Subéutricos Típico Ar. Presenta como grupo de suelos CO.N.E.A.T, al grupo 9.3 considerado de prioridad forestal (MGAP. RENARE. PRENADER, 2008).

3.2.2.2. Grupos CO.N.E.A.T.

En el padrón donde se encuentra instalado el ensayo en estudio, se presentan dos Grupos CO.N.E.A.T, 9.1 y 9.3, siendo el primero en menor proporción (cuya descripción se presenta en anexos) en relación al segundo (Anexo No. 3).

Los suelos correspondientes al Grupo CONEAT 9.3, se encuentran mayoritariamente en el Dpto. de Paysandú, siendo de destacar la gran región que se desarrolla al este de Porvenir, observable por ruta 90 y extendida hacia el sur (comprendiendo, en los alrededores de Piedras Coloradas, las plantaciones forestales de la Caja Notarial), Algorta y la región localizada en los alrededores de Quebracho (Colonia Ros de Oger) y Palmar del Quebracho. En el Dpto. de Río Negro se expresa significativamente en los alrededores de Greco y en el Dpto. de Soriano, en extensiones dispersas que comienzan al suroeste de la ruta 2, a la altura de Risso-Egaña hasta las proximidades de la ciudad de Mercedes. En el Dpto. de Durazno es reconocida en pequeñas áreas en los alrededores del poblado Álvarez (MGAP. RENARE, s.f.).

El material geológico corresponde a areniscas con cemento arcilloso, frecuentemente de tonos rosados, a veces rojizos o blancos grisáceos. El relieve en general es suavemente ondulado con predominio de 1 a 3% de pendientes. Es una combinación de laderas extendidas de 1-2% de pendiente, predominando sobre laderas de disección de mayor convexidad y pendiente (3 a 5%), que corresponden a las litologías más gruesas del sedimento (MGAP. RENARE, s.f.).

Los suelos predominantes corresponden a Planosoles Dístricos Ócricos, a veces Melánicos y Argisoles Dístricos Ócricos Abrúpticos, a veces Típicos (Planosoles arenosos, Praderas Planosólicas y Praderas Pardas máximas arenosas). El color de los horizontes superiores es pardo grisáceo oscuro, la textura es arenoso franca y son de fertilidad baja e imperfectamente drenados. En las laderas de mayor convexidad y pendiente, los Planosoles Dístricos Ócricos presentan mayor espesor de horizonte A, de color pardo grisáceo, textura arenosa y fertilidad muy baja. Como asociados, en laderas medias y bajas de pendiente máxima de 1%, existen Brunosoles Subéutricos, a veces Dístricos Típicos y Lúvicos (Praderas Pardas medias y máximas). Son de color pardo muy oscuro, textura franco arenosa, fertilidad media y drenaje moderadamente bueno a imperfecto (MGAP. RENARE, s.f.).

El uso predominante es pastoril y la vegetación es de pradera estival en general con baja densidad de malezas, aunque casi siempre con la presencia de *Paspalum quadrifarium* en los bajos y concavidades húmedas y *Andropogon* y *Schizachyrium* en las laderas. Existen áreas bajo cultivo, fundamentalmente de verano, dependiendo la densidad de los mismos de la localización

geográfica de la unidad. Este grupo corresponde a la unidad Algorta e integra la unidad Cuchilla del Corralito (Dpto. de Soriano) en la carta a escala 1.1.000 000. (D.S.F.). Índice de Productividad 88 (MGAP. RENARE, s.f.).

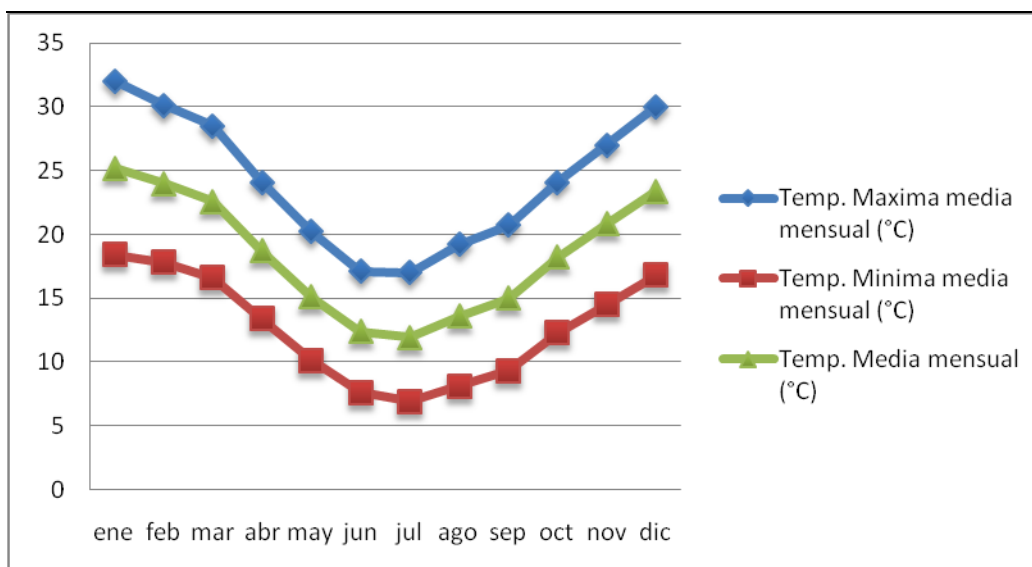
3.2.3. Clima

Los principales parámetros a tener en cuenta para la descripción climática de la región son la temperatura y precipitaciones; además se incluye la frecuencia y periodos de ocurrencia de heladas ya que son críticos para las plantas, a temperaturas por debajo de 0°C se produce la muerte de los tejidos vegetales.

3.2.3.1. Temperatura

Para la descripción del régimen térmico de la zona se considera la estación meteorológica más próxima al ensayo, la cual está ubicada en la ciudad de Paysandú. En esta caracterización se considera las temperaturas mínimas y máximas medias mensuales y las temperaturas medias mensuales, teniendo como base el periodo 1980-2009.

Gráfico No. 1. Caracterización régimen térmico de Paysandú, periodo 1980-2009



Fuente: INIA. GRAS (s.f.).

Como se aprecia en el Gráfico No. 1, los meses con menores temperaturas corresponden a junio y julio (invierno), mientras que en enero y diciembre se registran las mayores temperaturas.

En el Cuadro No. 1 se presentan los promedios anuales, observando una amplitud de 12 °C aproximadamente, entre la temperatura mínima y máxima media anual.

Cuadro No. 1. Promedio anual de temperaturas de Paysandú, periodo 1980-2009

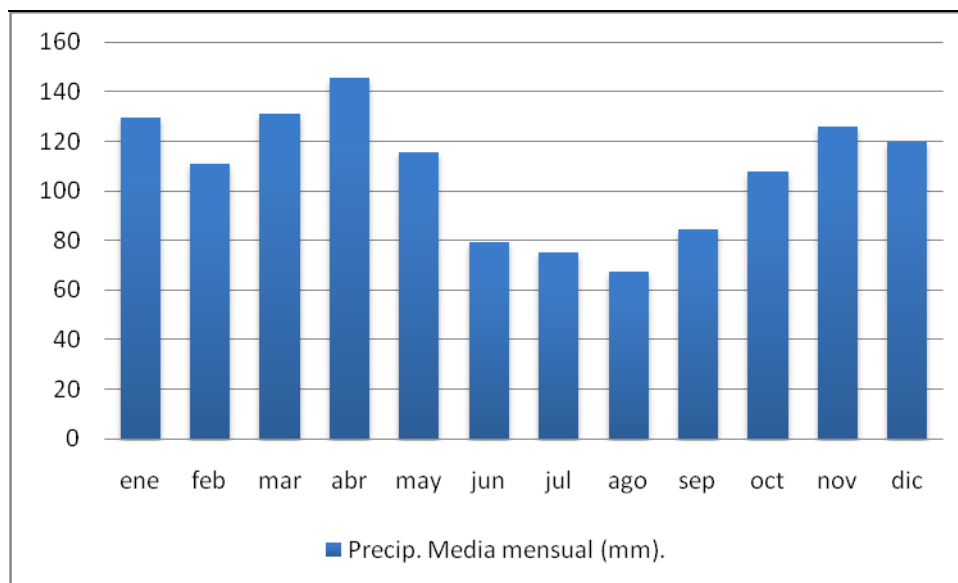
	Temp. (°C)
Temp. Máxima media anual	24,2
Temp. Mínima media anual	12,6
Temp. Media anual	18,4

3.2.3.2. Precipitaciones

Las precipitaciones son la fuente más importante de agua para las plantas. Uruguay tiene un clima húmedo, sin estación seca, con una precipitación media anual de 1250 mm, variando entre 1100 mm en el sur y 1600 mm en el norte (Durán y García Préchac, 2007).

Como base para la descripción de las precipitaciones en la zona del ensayo se considera los registros de la localidad más cercana, en este caso, Guichón, para el periodo 1980-2009.

Gráfico No. 2. Precipitaciones media mensual de Guichón, periodo 1980 – 2009



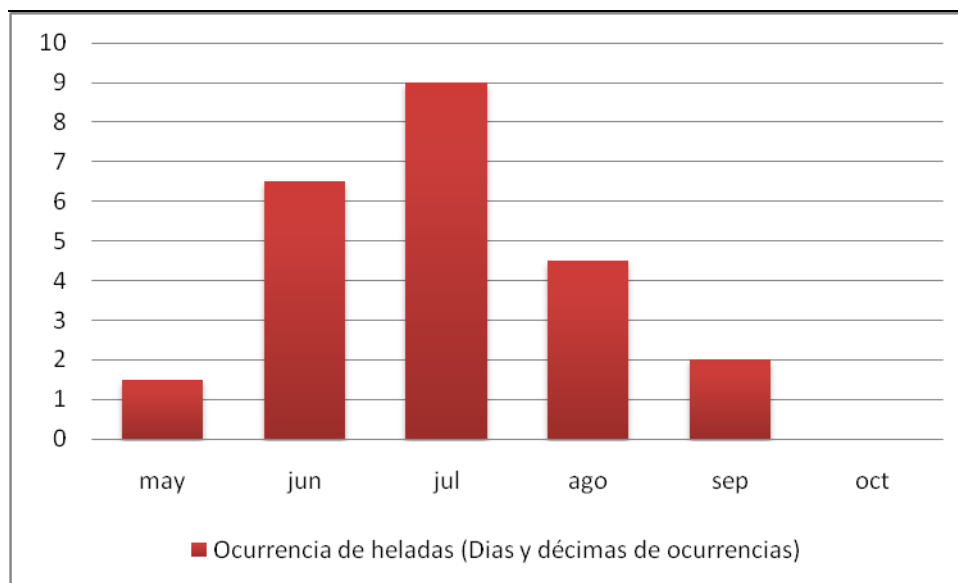
Fuente: INIA. GRAS (s.f.).

Del Gráfico No. 2, se extrae que los meses con mayor registro de precipitaciones son abril y marzo, mientras que los menores registros se encuentran en agosto y julio. El promedio anual para esta localidad corresponde a 1292,8 mm, siendo este valor muy próximo al promedio anual del país.

3.2.3.3. Heladas

En lo que respecta a ocurrencias de heladas, se observa en el Gráfico No. 3, que la mayor incidencia se da en el mes de julio (9 días con heladas). El periodo con heladas, comienza en el mes de mayo, finalizando en octubre con 0 días con heladas, con un total anual de 23,5 días con heladas en dicho periodo.

Gráfico No. 3. Ocurrencia de heladas (días y décimas de ocurrencia) en Paysandú, en periodo 1980-2009.



Fuente: INIA. GRAS (s.f.).

3.3. INSTALACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL

3.3.1. Instalación

El cuadro donde se instaló el ensayo corresponde a una reforestación, cuyo cultivo antecesor era *Eucalyptus grandis* de semilla.

En lo que corresponde a la preparación del sitio, se laboreó con excéntrica (primera y segunda) más un acamellonado, para el control de malezas se aplicó Glifosato pre-plantación en área total.

La plantación se realizó durante la primavera del año 2010 en forma manual utilizando como herramienta la pala plantadora. La fertilización se llevó a cabo con una dosis de 113 gr por planta de la formula 14-24-00, distribuidos en 2 hoyos a 10-15 cm de la planta y a 10-15 cm de profundidad. El marco de plantación es de 3,0 m x 2,5 m.

El mantenimiento constó de la aplicación en fila de pre-emergente (Acetoclor + Oxifluorfen) y en la entrefila se aplicó Glifosato hasta cierre de copa.

El control de hormiga pre y post – plantación se realizó con Fipronil en forma sistemática.

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

3.3.2. Factores a evaluar

Los factores corresponden a distintos tipos de tubetes y distintos sustratos (variando su composición):

Tubetes:

- Ellepot 77 cm³ (E77)
- Convencional 50 cm³ (T50)
- Convencional 60 cm³ (T60)
- Convencional 90 cm³ (T90)

Sustratos:

- Sustrato 1: 60% corteza + 30% vermiculita + 10% perlita + 3Kg/m³ Osmocote + 1.5 Kg/m³ Súper Fosfato triple (S.F.T)
- Sustrato 2: 50% perlita + 50% vermiculita + 3Kg/m³ Osmocote + 1.5Kg/m³ S.F.T
- Sustrato 3: 50% turba + 50 % vermiculita + 3Kg/m³ Osmocote + 1.5Kg/m³ S.F.T
- Sustrato 4: 80% vermiculita + 20% perlita + 3Kg/m³ Osmocote + 1.5Kg/m³ S.F.T
- Sustrato 5: 33% vermiculita + 33% turba + 33% perlita + 3Kg/m³ Osmocote + 1.5Kg/m³ S.F.T

Las 20 combinaciones posibles, se representan en el Cuadro No. 2.

Cuadro No. 2. Combinaciones de tubetes y sustratos

Trat.	Código	Tubete	Sustrato
1	E77-S1	Ellepot (77cm ³)	60% corteza + 30% vermiculita + 10% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
2	E77-S2	Ellepot (77cm ³)	50% perlita + 50% vermiculita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
3	E77-S3	Ellepot (77cm ³)	50% turba + 50 % vermiculita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
4	E77-S4	Ellepot (77cm ³)	80% vermiculita + 20% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
5	E77-S5	Ellepot (77cm ³)	33% vermiculita + 33% turba + 33% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
6	T50-S1	50cm ³	60% corteza + 30% vermiculita + 10% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
7	T50-S2	50cm ³	50% perlita + 50% vermiculita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
8	T50-S3	50cm ³	50% turba + 50 % vermiculita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
9	T50-S4	50cm ³	80% vermiculita + 20% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
10	T50-S5	50cm ³	33% vermiculita + 33% turba + 33% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
11	T60-S1	60cm ³	60% corteza + 30% vermiculita + 10% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
12	T60-S2	60cm ³	50% perlita + 50% vermiculita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
13	T60-S3	60cm ³	50% turba + 50 % vermiculita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
14	T60-S4	60cm ³	80% vermiculita + 20% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
15	T60-S5	60cm ³	33% vermiculita + 33% turba + 33% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
16	T90-S1	90cm ³	60% corteza + 30% vermiculita + 10% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T

17	T90-S2	90cm ³	50% perlita + 50% vermiculita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
18	T90-S3	90cm ³	50% turba + 50 % vermiculita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
19	T90-S4	90cm ³	80% vermiculita + 20% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T
20	T90-S5	90cm ³	33% vermiculita + 33% turba + 33% perlita + 3Kg/m ³ Osmocote + 1.5Kg/m ³ S.F.T

3.3.3. Diseño experimental

El diseño experimental del ensayo es en 4 bloques según pendiente del terreno, donde en cada uno se repiten las 20 posibles combinaciones de los factores a evaluar. Cada parcela consta de 5 árboles distribuidos en forma lineal.

Figura No. 2. Croquis del ensayo

6	11	1	14	8	18	3	20	10	4	} Bloque 4
5	19	2	9	7	17	13	16	15	12	
19	13	4	6	12	11	15	2	10	5	} Bloque 3
14	8	20	9	17	18	3	1	7	16	
8	11	19	1	10	12	5	9	18	20	} Bloque 2
13	6	15	14	17	7	2	16	4	3	
7	12	8	18	16	3	11	19	10	6	} Bloque 1
13	15	14	17	2	4	9	5	1	20	

Para el análisis de las variables se elimina los datos correspondientes al Bloque 3, ya que se constató a campo que el mismo coincide con una zona de desagüe (pudiendo favorecer o perjudicar alguna de las combinaciones evaluadas), además presenta varias porciones con escasos árboles en pie.

El modelo para este diseño, como ya se mencionó, corresponde a un diseño en bloques completamente al azar con arreglo factorial, el cual se representa de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- i : 1,2,3,4.(Tubete)
- j : 1,2,3,4,5.(Sustrato)
- k : 1,2,4.(Bloques)
- Y_{ijk} - Volumen (m^3) por hectárea del i – esimo tubete, j – esimo sustrato en el k – esimo bloque
- μ - media poblacional
- T_i - efecto del i – esimo tubete
- S_j – efecto del j – esimo sustrato
- TS_{ij} – efecto de la interacción entre el i – esimo tubete y el j – esimo sustrato.
- B_k – efecto del k – esimo bloque
- ε_{ijk} – error experimental asociado al i – esimo tubete, j – esimo sustrato, en el k – esimo bloque

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Trabajo de campo

Antes de detallar el procedimiento de las mediciones a campo, se hace mención que la misma fue llevada a cabo por personal contratado por la empresa (UPM-FO).

El trabajo de toma de datos correspondió a un censo de todos los individuos y el mismo se llevo a cabo en dos etapas. La primer medición se realizó al año de plantación (primavera 2011) registrando la altura, diámetro al cuello y sobrevivencia (vivo o muerto). La segunda etapa fue a los 2,5 años de plantación (otoño 2013), en la cual se registró la altura, diámetro a la altura de pecho (DAP), sobrevivencia (vivo o muerto) y forma de fuste.

El registro de altura se obtuvo mediante la utilización del Clinometro electrónico Haglöf HEC2, siendo éste un instrumento profesional para medición de alturas y ángulos.

El diámetro al cuello (al año de plantación), se midió utilizando un calibre, el cual consta de una regla graduada y dos brazos perpendiculares a esta, uno

fijo y otro móvil, que se desplaza a lo largo de la regla, registrándose directamente en la regla el diámetro.

El DAP, medido a los 2,5 años de edad se obtuvo con una cinta diamétrica. Esta cinta está graduada en unidades de π y permite medir directamente el diámetro al rodear el tronco a la altura deseada, cuidando que ella se ubique en un plano exactamente perpendicular al eje longitudinal del fuste.

Para determinar la forma del fuste a los 2,5 años de edad, se utilizó como base una escala de clasificación elaborada por la propia empresa para la medición de ensayos, constituida por 11 clases:

Cuadro No. 3. Clasificación de forma de fuste

Clase	Descripción
1	Árbol bifurcado
2	Árbol muerto
3	Árbol faltante (*)
4	Árbol caído (**)
5	Árbol quebrado
6	Árbol enfermo (**)
7	Árbol con rebrotes múltiples
8	Árbol con torcedura bien marcada en fuste
9	Árbol con más de una torcedura
10	Árbol con torcedura en la base
11	Árbol levemente torcido

En rojo clases consideradas graves.

(*) En este ensayo los faltantes se consideran árbol muerto.

(**) No se registraron individuos en esta clase

Figura No. 3. Árbol bifurcado



Figura No. 4. Árbol muerto



Figura No. 5. Árbol quebrado



Figura No. 6. Árbol con rebrotes múltiples



Figura No. 7. Árbol con torcedura bien marcada en fuste



Figura No. 8. Árbol con más de una torcedura



Figura No. 9. Árbol con torcedura en la base



Figura No. 10. Árbol levemente torcido



3.4.2. Procesamiento de datos

3.4.2.1. Cálculo de las variables

- Volumen

Las variables obtenidas a partir de los datos son: volumen individual, volumen por parcela, volumen por unidad de superficie (ha).

Para la obtención del volumen individual, se utilizó la función general de volumen, la cual consiste en un modelo que lo estima con el diámetro y la altura total de los árboles.

El volumen calculado no corresponden a volumen de madera y si un índice que toma en cuenta la altura total del árbol sin incluir Factor de Forma, éste permite hacer comparaciones asumiendo que cada árbol es un cilindro.

Para el cálculo del volumen al año de edad (2011), se utilizó la siguiente fórmula:

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

Donde:

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

Para mediciones del año 2013:

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

Donde:

- Vol (m³): volumen de cada árbol
- DAP (m): diámetro a la altura del pecho (1,30 m)
- H (m): altura total

El volumen por parcela se obtuvo sumando el volumen de todos los árboles que comprendían a cada una.

El volumen por unidad de superficie (ha) se obtuvo con el siguiente procedimiento:

- Superficie 1 parcela = 37,5 m²
- Volumen por parcela (m³) = \sum Volúmenes individuales
- 1 ha = 10.000 m²

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

◦ Sobrevivencia y forma de fuste

Para el caso de la sobrevivencia se identificó a aquellos individuos muertos con un 0 y a los vivos con un 1.

Para la descripción cualitativa de la forma de fustes, se comparó a cada individuo con las clases establecidas en la tabla de clasificación de formas utilizada y elaborada por la empresa.

3.4.2.2. Análisis de variable cuantitativa

Dentro de las variables cuantitativas se incluye el volumen (m³ / ha). Para esta etapa del trabajo se tomó como base el software R-Project. En este software, luego de introducir los datos correctamente, se procedió a efectuar un análisis descriptivo de los resultados obtenidos. Luego, se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para verificar la existencia o no de diferencias significativas entre los distintos factores evaluados. En aquellos casos donde se constató al menos una diferencia, se realizó el test de Tukey para identificar los de mejor comportamiento.

Si como resultado de la ANAVA se comprueba la existencia de una interacción significativa, se entiende que existe un factor afectado por otro; en estos casos se realizan pruebas de comparación de medias (Tukey) fijando un

factor y observando las diferencias entre niveles del otro factor; esto se logra mediante el paquete “lsmeans” en el R-proiect.

Luego de analizadas las mediciones de cada año, se analizó el modelo agregándole el factor año, con el fin de establecer si existió interacción entre los factores evaluados con el año.

3.4.2.3. Análisis de variables cualitativas

Dentro de estas variables, se incluye la sobrevivencia y la forma del fuste.

Para estudiar el efecto de los distintos tipos de tubetes y distintos tipos de sustrato sobre la sobrevivencia a campo se ajustó un modelo lineal generalizado, más específicamente el de regresión logística cuyas variables de respuesta corresponden a vivo o muerto. El modelo correspondiente a este ajuste es el siguiente:

$$\text{Ln} (Y_{ijk} / 1 - Y_{ijk}) = \beta_0 + S_j + T_i + Z_k + ST_{(ij)}$$

Donde:

- i: 1,2,3,4.(Tubete)
- j: 1, 2,3,4,5.(Sustrato)
- k: 1, 2,4.(Bloques)
- Y_{ijk} - Sobrevivencia del i – esimo tubete, j – esimo sustrato en el k – esimo bloque
- β_0 - Intercepto
- T_i - efecto del i – esimo tubete
- S_j – efecto del j – esimo sustrato
- TS_{ij} – efecto de la interacción entre el i – esimo tubete y el j – esimo sustrato.
- Z_k – efecto del k – esimo bloque

Para el estudio de la variable forma de fuste, se llevó a cabo un análisis descriptivo, con el objetivo específico de cuantificar el efecto de los distintos tipos de tubetes sobre la misma. Como ya se mencionó, se tomó como referencia la tabla de clasificación de fustes para la medición del ensayo.

La metodología empleada para este análisis consistió en primer lugar, en agrupar los datos por tipo de tubete, para luego calcular que proporción de árboles pertenecen a cada clase. En una segunda instancia, manteniendo el agrupamiento por tipo de tubete, se clasificó según las clases consideradas, en graves, no graves, muertos y aquellos árboles no identificados con alguna clase de la tabla (árboles sin defectos visibles en el fuste).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MEDICIÓN DEL AÑO 2011

4.1.1. Volumen / ha

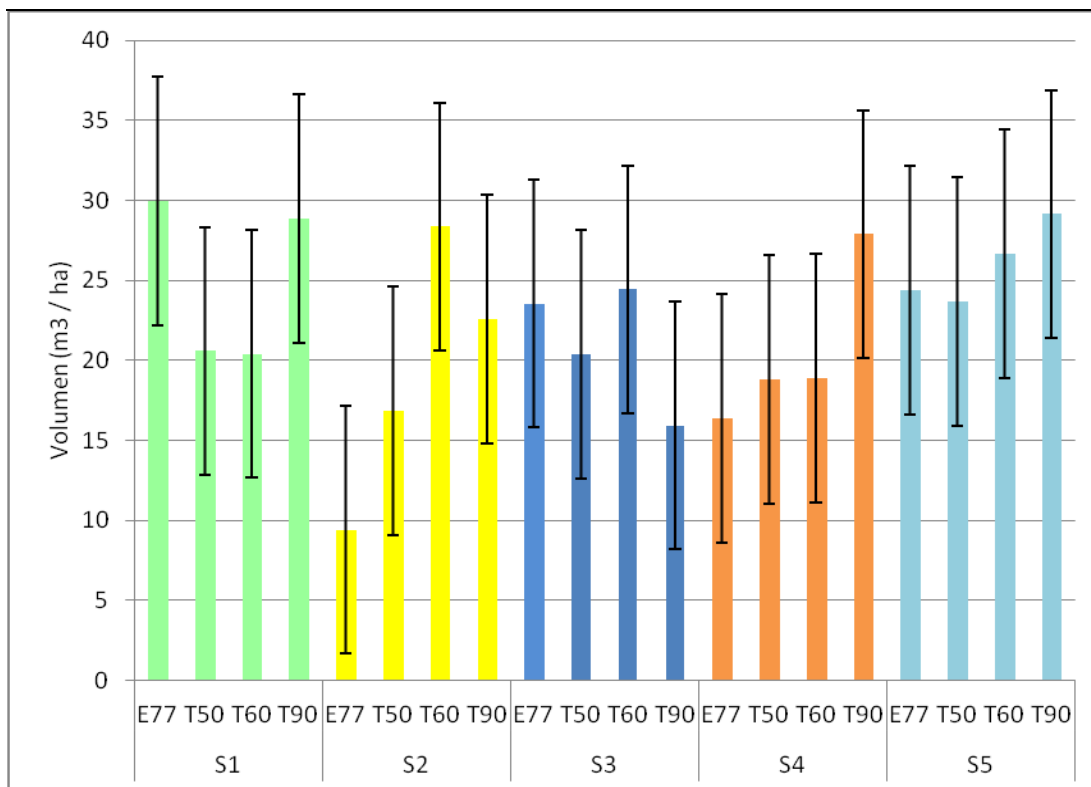
Los resultados para esta variable proporcionaron un promedio de 22,36 m³/ha, con 6,48 y 35,95 m³/ha como valores mínimo y máximo respectivamente, siendo el desvío con respecto a la media de 7,60 m³/ha. (Anexo No. 4).

Si bien no existe un efecto estadísticamente significativo de los distintos factores evaluados ni de la interacción entre ellos sobre esta variable en cuestión al año de edad, se constata una tendencia de que la interacción puede ser significativa entre los factores mencionados, arrojando el análisis estadístico un p-valor de 0,0655 el cual sería muy próximo a un p-valor < 0.05, el cual permitiría suponer una interacción significativa (Anexo No. 5).

Como se observa en el Gráfico No. 4, entre la mayoría de las combinaciones, el intervalo de confianza (Anexo No. 6) de cada una se solapa en parte con los demás intervalos, pudiendo explicar esto la no existencia de una diferencia estadística significativa entre ellas.

Se destaca que el E77 y el T60 para el S2 no cumplen con el solapamiento de los intervalos de confianza y al asociar el p-valor obtenido de 0,10351 para esta relación permite asumir que éstos presentan una tendencia a ser diferentes entre ellos. Lo mismo sucede si se considera alguna de las demás combinaciones.

Gráfico No. 4. Volumen promedio e intervalo de confianza (95%) (m^3/ha) para las distintas combinaciones de sustrato y tubete para *E.grandis* en medición 2011.

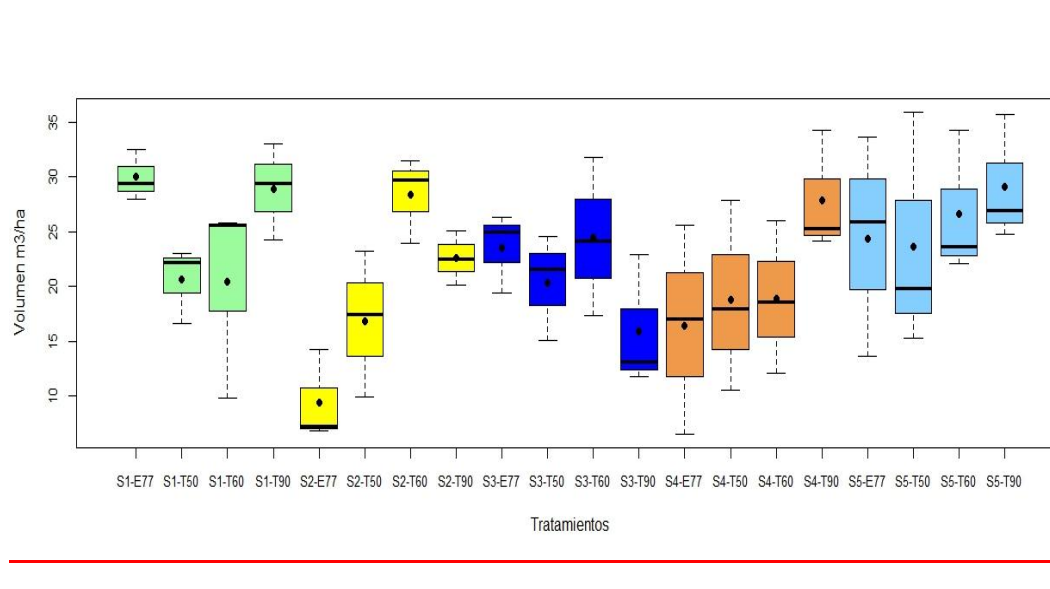


El Ellepot para el S2 y S4 en comparación con los demás tubetes, mostró menor crecimiento en términos absolutos. Considerando que ambos sustratos son inorgánicos en su composición, se concluye que la conjunción de ellepot con un tipo de sustrato inorgánico no es recomendable debido a que se obtiene menor volumen y en estos tipos de sustrato se podría obtener menor crecimiento radicular en comparación con un sustrato que posea componentes orgánicos e inorgánicos en su mezcla.

A pesar de no encontrar diferencias significativas en términos estadísticos, se aprecia una considerable diferencia en términos absolutos, por ejemplo el E77-S2 presenta una media de $9,41 m^3 / ha$ mientras que para el T60-S2 su promedio es de $28,35 m^3 / ha$. Este comportamiento puede explicarse por la gran variabilidad existente dentro de este ensayo en general, como se observa en el siguiente gráfico (Gráfico No. 5) para una combinación

por ejemplo del E77-S4 y el T50-S5, el rango de los datos obtenidos es amplio, pudiendo también señalar este comportamiento para otras combinaciones.

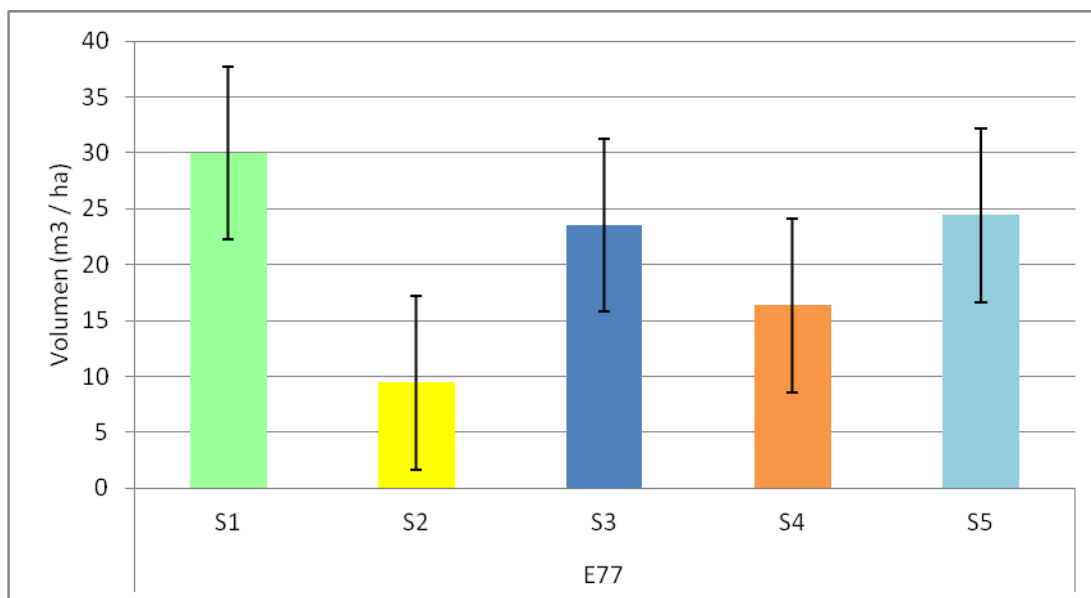
Gráfico No. 5. Distribución de valores (m^3/ha) según tipo de tubete y sustrato en medición 2011.



Considerando el objetivo central de este trabajo, el cual es evaluar el comportamiento de los distintos tubetes y dentro de estos el Ellepot, se presentan los resultados para este último en combinación con los distintos sustratos evaluados. Como se muestra en el Gráfico No. 6., existe una gran variabilidad en cuanto a los promedios obtenidos, observando que el intervalo de confianza de cada uno se corresponde en parte con los demás, a no ser para la comparación entre el S1 y el S2, presentando una tendencia a ser distintos entre ellos ($p\text{-valor} = 0.05089$).

Esta tendencia, se puede deber a las propiedades intrínsecas de cada tipo de sustrato, en donde el S2 se compone totalmente de material inorgánico y el S1 es compuesto de material orgánico en mayor proporción, demostrándose que posiblemente un sustrato más orgánico pueda provocar un mayor crecimiento a causa de un mejor desarrollo radicular o proporcionar un mejor medio de crecimiento para el desarrollo de los plantines.

Gráfico No. 6. Volumen (m^3 / ha) según sustrato para tubete Ellepot en medición 2011.



La bibliografía afirma que la utilización del tubete Ellepot en etapa de vivero proporciona un mayor % en crecimiento (un aumento del 20% en de diámetro al cuello y ganancia de 35% en altura) en comparación con la utilización de envases plástico. Al año de edad, considerando los resultados obtenidos en este ensayo, se puede suponer que tal superioridad no se mantiene una vez ya implantado en el campo.

Los resultados obtenidos permiten inferir que no hay diferencias estadísticas con respecto a la utilización del ellepot en comparación con envases tradicionales plásticos. Este comportamiento se explica en parte (como ya se indico) por la gran variabilidad que presenta el ensayo, la cual no permite encontrar diferencias entre las distintas combinaciones para las mediciones al año de edad en campo.

La comparación entre datos a campo y vivero (datos bibliográficos) es con el objetivo de contrastar con algunos datos de referencias, debido a que posiblemente los materiales experimentales sean distintos en ambos casos. Si bien se sabe que se utilizó Ellepot y envases plásticos, no se especifica en los

ensayos de la bibliografía las dimensiones de los mismos, tipos de sustratos, ni genotipos utilizados, por lo cual simplemente se puede tomar como guía para futuras evaluaciones en donde se podrían realizar ensayos de vivero y campo respectivamente con los mismos materiales experimentales, para lograr una comparación y un seguimiento del comportamiento del ellepot más confiable y solvente.

4.1.2. Sobrevivencia

Se concluye que los factores (tubetes y sustratos) y sus interacciones no tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la proporción de individuos sobrevivientes al año de edad (Anexo No. 7).

Se obtuvo un efecto significativo del bloque 4 pudiendo asociar esto a su localización en las zonas más bajas del terreno, lo que está ligado a una mayor incidencia de heladas, dando como resultado una menor sobrevivencia de las plantas.

En el Cuadro No. 4, se aprecia un menor porcentaje de sobrevivencia en promedio para Ellepot con respecto a los demás tubetes.

Cuadro No. 4. Sobrevivencia (%) según tubete evaluado para medición 2011.

Tubete	Media	Error estándar	Intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
E77	77	4,8	67	86
T50	85	4	77	93
T60	89	3	82	96
T90	89	3	82	96

Contrastando los resultados obtenidos para sobrevivencia en este ensayo con la bibliografía, en donde según esta última se obtiene de un 3% a 5% en ganancia para la variable en cuestión con la utilización del Ellepot en

etapa de vivero, se constata que una vez en el campo dicha superioridad no se mantiene. Al año de edad en el campo, como se observa en el cuadro anterior, en términos absolutos el Ellepot es quien presenta menor % de sobrevivencia, sin embargo a pesar de constatar estas pequeñas diferencias, los resultados no brindaron diferencias significativas entre los distintos tipos de tubetes.

4.2. MEDICIÓN DEL AÑO 2013

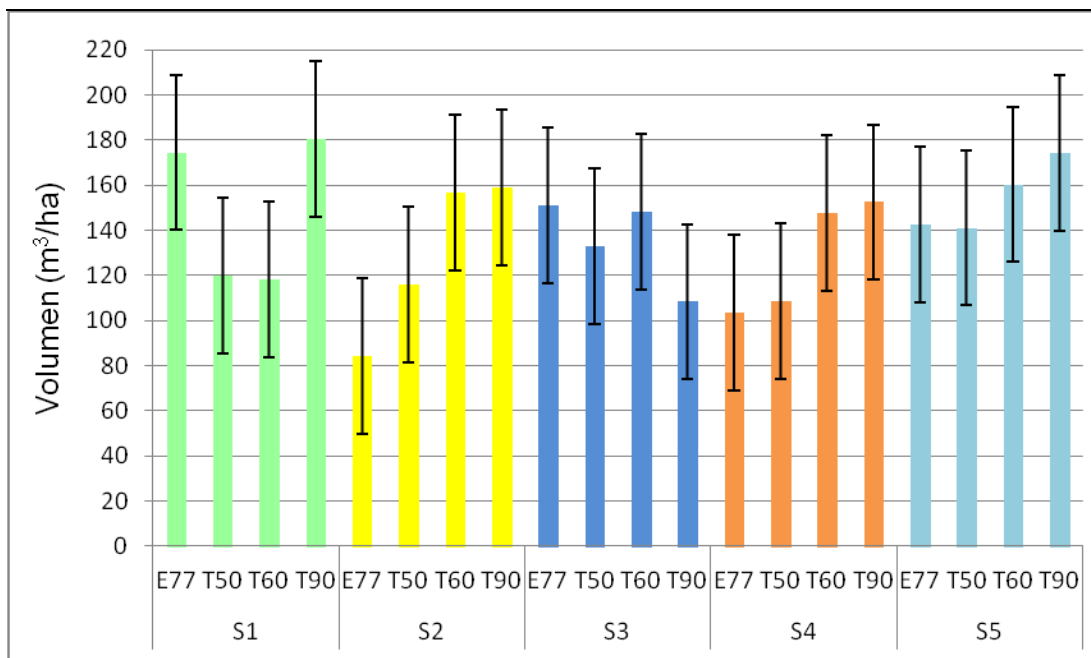
4.2.1. Volumen / ha

En las mediciones realizadas a los 2,5 años de edad, la media general obtenida para esta variable corresponde a $139 \text{ m}^3 / \text{ha}$, como valores mínimos y máximo se obtuvieron $53,64 \text{ m}^3 / \text{ha}$ y $192,50 \text{ m}^3 / \text{ha}$ respectivamente y el desvío es de $36,69 \text{ m}^3 / \text{ha}$ con respecto a la media (Anexo No. 8).

Existe un efecto significativo de la interacción entre tipo de tubete y sustrato sobre el volumen por unidad de superficie (Anexo No. 9). Esta interacción no permite sacar conclusiones sobre los factores por separado. Para analizar la interacción se fija el factor sustrato observando las diferencias entre los distintos tipos de tubetes (Anexo No. 10).

En el Gráfico No. 7, se aprecia que para la mayoría de las combinaciones el intervalo de confianza (Anexo No. 11) de cada una se solapa en parte con los demás intervalos, no encontrándose diferencias. Caso particular y de destacar es dentro del S2 para el E77 en comparación con el T60 y T90 los cuales son diferentes estadísticamente, a pesar de que sus intervalos no coinciden.

Gráfico No. 7. Volumen promedio e intervalo de confianza (95%) (m^3/ha) para las distintas combinaciones de sustrato y tubete para *E.grandis* en medición 2013.



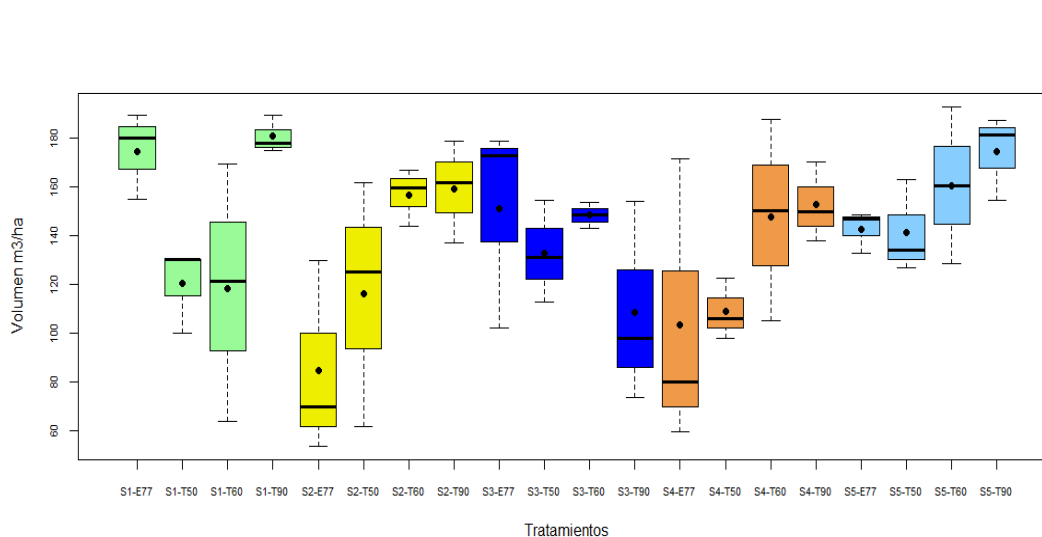
Se encontraron diferencias estadísticas para la combinación de E77-S2 con el T90-S1 con un p-valor de 0.03065 observando además que sus intervalos no se superponen.

A diferencia de las relaciones mencionadas antes, se observa un conjunto de combinaciones que se caracterizan por no ser distintas estadísticamente entre ellas, pero presentan la particularidad de que sus intervalos de confianza no se solapan pero están más próximos, por ejemplo E77-S4 con T90-S5.

En muchos de los casos expuestos se aprecia una considerable diferencia en términos absolutos y no muestran bajo ninguna forma una tendencia estadística para considerarlos distintos bajo este término. Como ejemplo, en la comparación entre E77-S4 con T90-S1 presenta el primero una media de $103,43 \text{ m}^3 / \text{ha}$ y la segunda combinación una media de $180,53 \text{ m}^3 / \text{ha}$, las cuales no son diferentes estadísticamente, pero en términos absolutos se observa una clara diferencia y esto se destaca aún más considerando que se trata de un monte de 2,5 años de edad. Lo mismo sucede para otras

comparaciones donde las diferencias son superiores a $70 \text{ m}^3 / \text{ha}$. Este comportamiento puede explicarse por la gran variabilidad existente dentro de este ensayo en general, como se observa en el Gráfico No. 8; apreciando en varias combinaciones un rango de datos amplio, mostrando gran variabilidad.

Gráfico No. 8. Distribución de valores (m^3/ha) según tipo de tubete y sustrato en medición 2013.

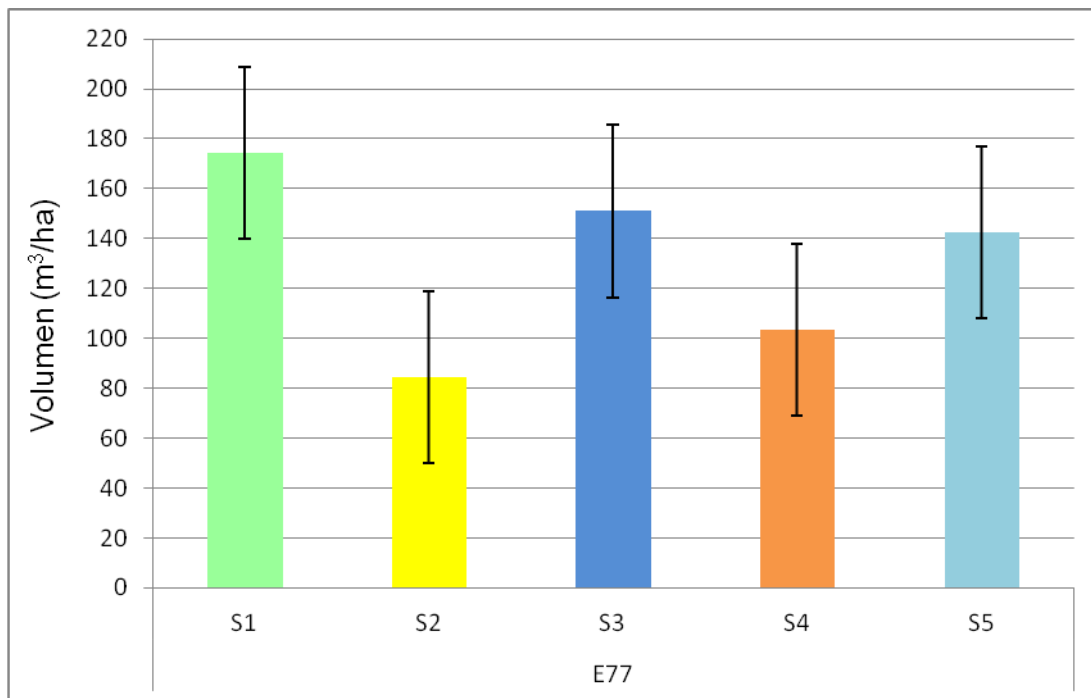


En el Gráfico No. 8 se aprecia la gran dispersión de los datos para varias de las combinaciones en donde se resalta S1-T60, S2-T50, S4-E77 y aquellos de muy poca dispersión como lo son los casos de S1-T90, S2-T60, S3-T60, S5-E77. La gran variabilidad observada en el ensayo para las diferentes combinaciones, hace que aumente el valor del error estándar, aumentando el rango del intervalo de confianza, disminuyendo así la posibilidad de encontrar diferencias entre las medias y a la vez haciendo esta última menos precisa como estimador.

Al igual que para la medición del 2011 haciendo mención al objetivo central de este trabajo, se presentan los resultados del Ellepot en combinación con los distintos sustratos evaluados. Como se muestra en el Gráfico No. 9, existe también una gran variabilidad en cuanto a los promedios obtenidos para el año 2013, observando que el intervalo de confianza de cada uno se corresponde en parte con los demás, excepto para la comparación entre el S1 y el S2, que como se mencionó anteriormente presentan una tendencia a ser

distintos entre ellos (p -valor = 0.05722), debido a la composición orgánica(S1) e inorgánica(S2) de estos sustratos, concluyendo que a los 2,5 años de edad todavía se percibiría un posible efecto del sustrato sobre el volumen.

Gráfico No. 9. Volumen (m^3/ha) según sustrato para el tubete ellepot en medición del año 2011.



4.2.2. Sobrevivencia

Los resultados de la regresión logística permiten asumir que no existe un efecto significativo de los distintos factores (tubetes y sustratos) evaluados sobre la sobrevivencia de las plantas a los 2,5 años de edad para esta especie en cuestión (Anexo No. 12).

Por otra parte, se constata un efecto significativo del bloque 4 sobre la sobrevivencia de plantas, lo cual se lo asocia a los mismos motivos mencionados para esta variable en la medición del 2011.

Cuadro No. 5. Supervivencia (%) según tubete evaluado para medición 2013.

Tubete	Media	Error estándar	Intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
E77	77	4,8	67	86
T50	82	4,4	74	91
T60	89	3,5	82	96
T90	89	3,5	82	96

Considerando el intervalo de confianza se constata que entre ellos coinciden en cierta parte, lo cual permite explicar la ausencia de diferencia entre los distintos tubetes. En términos absolutos, se aprecia una menor supervivencia (%) para el Ellepot.

4.2.3. Forma de fuste

Como primer aproximación para esta variable, se observaron individuos en la mayoría de las clases, excepto para las clases 3 y 4 (árbol faltante y caído respectivamente). De los 300 árboles censados se registraron que 202 árboles se corresponden con algún tipo de clase, observándose 46 individuos muertos (clase 2) y 156 individuos vivos con algún tipo de deformación en el fuste (clase 1, y de la clase 5 a la clase 11), siendo la clase 1 (bifurcado) y clase 11 (levemente torcido) las que presentan mayor número de individuos. El resto lo completan los individuos vivos sin clase, los cuales corresponden a los árboles que no presentaron en el fuste ningún tipo de anomalía, lo cual desde el punto de vista silvícola es deseable.

Cuadro No. 6. Clasificación de forma de fuste según clase y tipo de tubete para el año 2013 en *E.grandis*.

Tubete	Clases												Total
	Sin clase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
E77	24	7	17	0	0	2	1	2	6	3	0	13	75
T50	19	11	13	0	0	0	0	1	12	1	1	17	75
T60	23	22	8	0	0	2	0	0	4	3	1	12	75
T90	32	13	8	0	0	1	0	0	7	2	0	12	75
Total general	98	53	46	0	0	5	1	3	29	9	2	54	300

Al agrupar los datos en las distintas categorías (sin clase, graves, no graves y muertos), se extrae del Cuadro No. 7, que un 52 % de los individuos presentan alguna deformación en su fuste (clase graves y clase no graves), mientras que el 32,7 % se caracteriza por no presentar ninguna deformación (sin clase).

Cuadro No. 7. Proporción de individuos según tipo de tubete y clases graves, no graves, muertos y sin clase.

Tubete	Clases (%)				Total
	Sin clase	Graves	No graves	Muertos	
E77	32,0	25,3	20,0	22,7	100,0
T50	25,3	33,3	24,0	17,3	100,0
T60	30,7	38,7	20,0	10,7	100,0
T90	42,7	29,3	17,3	10,7	100,0
Promedio	32,7	31,7	20,3	15,3	100,0

Al analizar los datos según tipo de tubete, se aprecia que el mayor % de los individuos se encuentran en la categoría sin clase.

Para los distintos tipos de tubetes, comparando entre las clases consideradas graves y no graves, se observa una mayor proporción en las primeras, pudiendo concluir que el tipo de tubete no incide sobre el número de individuos en las mencionadas clases (independientemente del tipo de tubete a utilizar, el % de graves es mayor que las no graves). Con respecto a las clases graves, se deben considerar que en un futuro acarrearían inconvenientes en la cosecha mecanizada, dificultando la operativa, aumentando el riesgo de posibles rupturas a causa de dichas deformaciones.

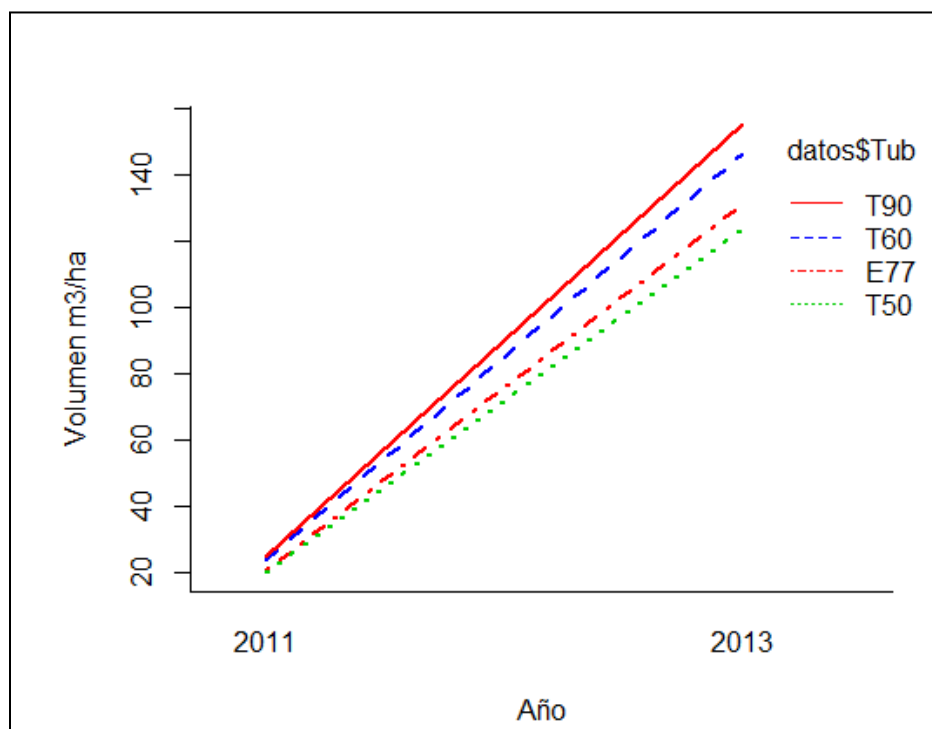
4.3. RELACIÓN ENTRE AMBAS MEDICIONES

4.3.1. Volumen (m^3 / ha)

No hay efecto significativo de la interacción del año con los factores evaluados (Anexo No. 13), esto hace suponer que no hay cambio de ranking ni tampoco cambios significativos en la relación entre las medias en ambas mediciones (es decir, cambio de valor de las pendientes).

Si bien no se presenta un efecto de la interacción del factor año con tubete y sustrato, considerando los p-valores obtenidos para las mismas se constata una tendencia a un posible efecto significativo de la interacción año-tubete (p-valor = 0,096). En el siguiente gráfico (Gráfico No. 10) se aprecia un pequeño cambio en la pendiente, lo cual asociado al p-valor mencionado para año-tubete permite asumir un posible efecto de esta interacción.

Gráfico No. 10. Volumen (m^3 / ha) según tubete y año de medición.



4.3.2. Sobrevivencia

Entre ambas mediciones, se determina que no existe un efecto significativo de los factores evaluados, así como tampoco su interacción sobre la sobrevivencia de las plantas. Además, se destaca el efecto del bloque 4 en las dos mediciones, lo que, como ya se mencionó se lo relaciona con su ubicación en el terreno.

5. CONCLUSIONES

En lo que a volumen / ha respecta, en la medición del año 2011 no se obtuvo un efecto significativo de los factores evaluados ni su interacción, sobre esta variable. Sin embargo, los resultados del análisis estadístico permiten asumir una cierta tendencia a un efecto significativo de la interacción de tubete-sustrato, siendo el p-valor de esta = 0,06555.

Al comparar todas las combinaciones evaluadas, se desprende para la relación E77-S2 y E77-S1 una tendencia a ser diferentes entre si.

A los 2,5 años de edad (medición 2013) para volumen / ha, se obtuvo un efecto significativo de la interacción entre tipo de tubete y sustrato. Al agrupar los resultados por tipo de sustrato y dentro de estos los distintos tubetes, no se presentaron diferencias significativas entre ellos. Si se compara todas las combinaciones entre sí, se obtiene que el T90-S1 es superior estadísticamente a E77-S2.

Al relacionar ambas mediciones (2011-2013) no se presentó un efecto estadísticamente significativo del factor año sobre dicha variable, ni de la interacción de éste con tipo de tubete y sustrato.

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas significativas bien marcadas entre las distintas combinaciones en ambas mediciones, se destaca las notorias diferencias en términos absolutos (m^3/ha), siendo la principal causa de esto la gran variabilidad existente en el ensayo

Para la variable sobrevivencia (%), en ambas mediciones no se constató un efecto significativo de los factores sobre la misma. Los resultados arrojaron un efecto del Bloque 4, lo cual se asocia a su posición más baja en el terreno. En términos absolutos el Ellepot presentó menor sobrevivencia que los demás tubetes en el 2011 y 2013.

Solamente en la medición del 2013 se realizó el análisis descriptivo de la forma de fuste, considerando la importancia de esto en las futuras intervenciones en el monte (cosecha). Aproximadamente la mitad de los individuos censados (52%) presentaron algún tipo de deformación en el fuste (graves y no graves), mientras que un 32,7% no presento ningún tipo de deformación (sin clase).

Considerando el objetivo central de este trabajo, al testear el tubete Ellepot con los tubetes convencionales se comprueba que no existen grandes diferencias estadísticas en el comportamiento de éstos en las variables evaluadas, pero si en términos absolutos.

En lo referido a sustrato y considerando los resultados generales obtenidos, no se recomienda la utilización del Sustrato 2 en conjunto con el Ellepot ya que esta combinación mostró un comportamiento inferior que todas las demás a los 2,5 años de edad.

En la utilización del Ellepot, desde el punto de vista del comportamiento se demostró que no presenta grandes diferencias estadísticas con los tubetes convencionales, asociado esto a sus ventajas permiten recomendar su utilización en la etapa de vivero. Como algunas de sus ventajas productivas y operacionales, se mencionan que el espacio para su almacenamiento es menor, la no necesidad de retirar los plantines de los envases para el envío a campo, se elimina la etapa de recolección y retorno de envases del campo para el vivero y no hay pérdidas de envases en el campo. Al no utilizarse envases plásticos se eliminan las actividades de lavado y esterilización disminuyendo consecuentemente la cantidad de efluentes causando un menor impacto ambiental.

6. RESUMEN

Este trabajo se enmarca dentro del Programa de Investigación y Desarrollo de Forestal Oriental – UPM. Como objetivo general se presenta la evaluación del efecto de distintos tipos de tubete utilizados en vivero en conjunto con distintos sustratos, sobre el crecimiento de los árboles (de origen clonal) a campo para la especie *Eucalyptus grandis* al año y a los 2,5 años de edad. Los objetivos específicos son: I) evaluar si la utilización de distintos tipos de tubetes y distintos sustratos utilizados en la etapa de vivero, presenta un efecto sobre el volumen por superficie a campo, si afecta la sobrevivencia de los árboles y si presenta alguna incidencia en la forma de fuste de los mismos, II) determinar si existe un efecto de la interacción de los factores para la variable volumen (m^3 / ha) y sobrevivencia, y III) establecer una relación entre las dos mediciones (al año y 2,5 años de edad) para evaluar la evolución de los resultados brindados por cada factor. Los tubetes utilizados fueron, Ellepot ($77 cm^3$) y tubetes convencionales ($50, 60$ y $90 cm^3$), y los sustratos correspondieron a 5 composiciones distintas. Como resultado para la medición al año de edad (2011) se obtuvo que no hay un efecto significativo de los factores ni su interacción sobre las variables m^3 / ha y sobrevivencia (%). A los 2,5 años de edad (2013), se constató un efecto de la interacción tubete-sustrato para volumen por superficie, mientras que para sobrevivencia no hubo efecto de los factores ni su interacción. Para la forma de fuste, la mitad de los individuos presentan alguna deformación en sus fustes (graves y no graves). Al relacionar ambas mediciones para volumen / ha, no se demuestra un efecto del año así como su interacción con los factores.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*; Tubete; Ellepot; Sustrato; Volumen; Sobrevivencia; Forma de fuste.

7. SUMMARY

This work is part of the Research and Development Program of Forestal Oriental - UPM. The general objective is to evaluate the effect of different types of nursery container used in conjunction with different substrates on the growth of trees (clonal origin) to field for *Eucalyptus grandis* at one and 2.5 years age. The specific objectives are : I) to assess whether the use of different types of container and different substrates used in the nursery stage , have an effect on the volume surface field , if it affects the survival of trees and if any impact on bole form thereof , II) determine whether there is an effect of the interaction of the factors for the volume variable (m³ / ha) and survival , and III) establish a relationship between the two measurements (per year and 2.5 years) to assess the evolution of the results provided by each factor . The containers used are Ellepot (77 cm³) and conventional tubetes (50, 60 and 90 cm³), and the substrates correspond to five different compositions. As a result for the measurement at one year (2011) it was found that there is no significant effect of the factors and their interaction on m³ / ha and survival (%) variables. At 2.5 years of age (2013), an effect of container - substrate interaction surface was verified by volume, whereas there was no effect on survival factors and their interaction. For the form of shaft, half of the individuals have some distortion in their (serious and non-serious) shafts. By relating the two measurements for volume / ha, an effect of the year and their interaction with the factors are not shown.

Keywords: *Eucalyptus grandis*; Container; Ellepot; Substrate; Volume; Survival; Bole form.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado, V. M.; Solano, J.A. 2002. Producción de sustratos para viveros. (en línea). Costa Rica, Proyecto VIFINEX. 46 p. Consultado 16 jun. 2013. Disponible en <http://croprotection.webs.upv.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros.pdf>
2. Balmelli, G. 2003. Estrategia y principales resultados para *Eucalyptus grandis*. (en línea). In: Programa Nacional Forestal. Avances en investigación y transferencia de tecnología en zona de prioridad forestal 8. Tacuarembó, INIA. pp. 7-14 (Actividades de Difusión no. 321). Consultado 25 jul. 2013. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/tb/ad/2003/ad_321.pdf
3. Bennadji, Z.; Trujillo, M.I.; de Mello, J.C.; Maruyama, T. 2002. Propagación vegetativa de especies del genero *Eucalyptus*. Montevideo, INIA. 37 p. (Serie Aftercare Forestal INIA-JICA no. 9).
4. _____. 2007. Proyectos de Investigación INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal. Revista INIA. no. 12: 34-36.
5. Bossi, J.; Navarro, R. 1988. Geología del Uruguay. Montevideo, Universidad de la Republica. pp. 463-966
6. _____.; Ferrando, L.; Montaña, J.; Campal, N.; Morales, H.; Gancio, F.; Schipilov, A.; Piñeyro, D.; Sprechman, P.; Campal, E. 1998. Geocarta; carta geológica del Uruguay. Montevideo, Geo Editores. Esc. 1:500.000. Color. 1 disco compacto.
7. Bruce, D.; Shumacher, F. 1965. Medición forestal. México, D.F., Herrero. 474 p.
8. Brussa, C. A. 1994. Eucalyptus. Montevideo, Hemisferio Sur. 328 p.
9. Burés, S. s.f. Manejo de sustratos. (en línea). Barcelona, s.e. s.p. Consultado 20 jun. 2013. Disponible en [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373 I CURSO DE GESTION DE VIVEROS FORESTALES/80-373/7 MANEJO DE SUSTRATOS.PDF](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373_I_CURSO_DE_GESTION_DE_VIVEROS_FORESTALES/80-373/7_MANEJO_DE_SUSTRATOS.PDF)
10. Carpineti. L. 1996. Propagación agámica de *Eucalyptus*. In: Jornadas Forestales (11as., 1990, Concordia, Entre Ríos). Memorias. Concordia, INTA. 1 disco compacto.

11. Cayuela, L. 2010. Modelos lineales generalizados (GLM). (en línea). Granada, España, s.e. pp. 58-87. Consultado 13 nov. 2013. Disponible en <http://158.49.96.73:8080/documenta/bitstream/00000001/24/1/3-Modelos%20lineales%20generalizados.pdf>
12. Couto, A.; Valverde, E.; Gonçalves, R.; de Assis, Teotônio. 2004. Clonagem e doenças do Eucalipto. Viçosa, Minas Gerais, Universidade Federal de Viçosa. 500 p.
13. De Abate, J. 1999. Biología aplicada. (en línea). San José, Costa Rica, EUNED. s.p. Consultado 20 jun. 2013. Disponible en <http://books.google.com.uy/books?id=aD2gd1K88CoC&printsec=frontcover&dq=reproduccion+sexual+biologia+aplicada+de+abate&hl=es&sa=X&ei=rQrDUbvhEZfI4APyilCQBw&ved=0CDAQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false>
14. de Freitas, T.; Barroso, D.; Carneiro, J.; Penchel, R.; Pellegrini, M. 2008. Desempenho pós-plantio de mudas clonais de Eucalipto producidas em diferentes recipientes e substratos. (en línea). Revista Árvore. 32(6): 1019-1028. Consultado 25 jun. 2013. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v32n6/a07v32n6.pdf>
15. de Mello, J. C.; Tabuchi, K.; Bennadji, Z.; Maruyama, T. 2002a. Macropropagacion de Eucalyptus grandis. Montevideo, INIA. 13 p. (Serie Aftercare Forestal INIA-JICA no. 10).
16. _____; Balmelli, G.; Bennadji, Z.; Garcia, R.; Uetsuki, Y.; Maruyama, T. 2002b. Metodología para la selección de árboles plus de Eucalyptus grandis por crecimiento, forma y características de la madera. Montevideo, INIA. 13 p. (Serie Aftercare Forestal INIA-JICA no. 2).
17. Durán, A.; García Préchac, F. 2007. Suelos del Uruguay; origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, Hemisferio Sur. v.1, 333 p.
18. Ellegaard. s.f. Ellepot. (en línea). s.l. Consultado 25 jun. 2013. Disponible en <http://issuu.com/leandrocosta/docs/ellepot-brochure>
19. FAO. 2007. Marker – assisted selection; current status and future perspectives in crops, livestock, forestry and fish. Roma. 471 p.

20. Higashi, E.; Vaz de Arruda, R.; Natal, A. 2000. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: principios básicos e a sua evolução no Brasil. (en línea). Sao Paulo, Brasil, IPEF. 11 p. Consultado 22 jun. 2013. Disponible en <http://ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr192.pdf>
21. Infante Gil, S.; Zárate de Lara, G. 1990. Métodos estadísticos; un enfoque interdisciplinario. 2a ed. México, Trillas. 643 p.
22. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agroclima y Sistemas de Información, UY). s.f. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 jul. 2013. Disponible en http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/index.html
23. Landis, T. 1990. Containers and growing media. (en línea). In: The container tree nursery manual. Washington, D. C., USDA. pp. 1- 85. Consultado 15 jun. 2013. Disponible en <http://www.nurserycropscience.info/management/shipping/other-references>
24. Marcó, M.; Allian, R.; Sánchez, M. 1991. *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus dunnii* en la región mesopotámica y su zona de influencia. In: Jornadas Forestales (6as., 1990, Concordia, Entre Ríos). Memorias. Concordia, INTA. 1 disco compacto.
25. _____. 2005. Conceptos generales del mejoramiento genético forestal y su aplicación a los bosques cultivados de la Argentina. In: Fernández, R. coord. Mejores árboles para mas forestadores; el programa de producción de material de propagación mejorado y el mejoramiento genético en el proyecto forestal de desarrollo. Buenas Aires, INTA. pp. 9-17.
26. Mendoza, L. 1987. El *Eucalyptus grandis* en la Argentina y el Mundo. In: Jornadas Forestales (2as., 1990, Concordia, Entre Ríos). Memorias. Concordia, INTA. 1 disco compacto.
27. MGAP. DGF (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General Forestal, UY). 2012a. *Eucalyptus grandis*; superficie forestada bajo proyecto (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 25 jul. 2013. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,20,441,O,S,0,MNU;E;134;2;MNU;>

28. _____. _____. 2012b. Superficie total de bosques (cartografía 2012). Actualización de la cartografía forestal del Uruguay. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 31 jul. 2013. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hqxpp001.aspx?7,20,441,O,S,0,MNU;E;134;2;MNU;>
29. MGAP. RENARE (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. División Suelos y Aguas, UY). s.f. Descripción de grupos de suelos CO.N.E.A.T. (en línea). Montevideo. 62 p. Consultado 29 jul. 2013. Disponible en <http://www.cebra.com.uy/renare/media/Descripci%C3%B3n-de-Grupos-de-Suelos-CONEAT-1.pdf>
30. _____. _____. PRENADER. s.f. Visualizadores gráficos y web map service. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 18 ago. 2013. Disponible en <http://www.prenader.gub.uy/coneat/viewer.htm?Title=CONEAT%20Digital>
31. _____. _____. _____. 2008. Compendio actualizado de información de suelos del Uruguay. Montevideo. Esc. 1:1.000.000. Color. 1 disco compacto.
32. Montgomery, D. 2004. Diseño y análisis de experimentos. 2a. ed. México, D.F., Limusa. 686 p.
33. Montoya, J.; Cámara, M. A. 1996. La planta y el vivero forestal. Madrid, Mundi-Prensa. 127 p.
34. Naval, M. s.f. El vivero forestal; guía para el diseño y producción de un vivero forestal de pequeña escala de plantas en envase. (en línea). Santiago del Estero, INTA. s.p. Consultado 19 jun. 2013. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/el-vivero-forestal/>
35. Plata, M. 1990. Micropropagación de Eucaliptos. In: Jornadas Forestales (5as., 1990, Concordia, Entre Ríos). Memorias. Concordia, INTA. 1 disco compacto.
36. Poehlman, J.; Allen Sleper, D 2005. Mejoramiento genético de las cosechas. 2ª ed. México, Limusa. 499 p.

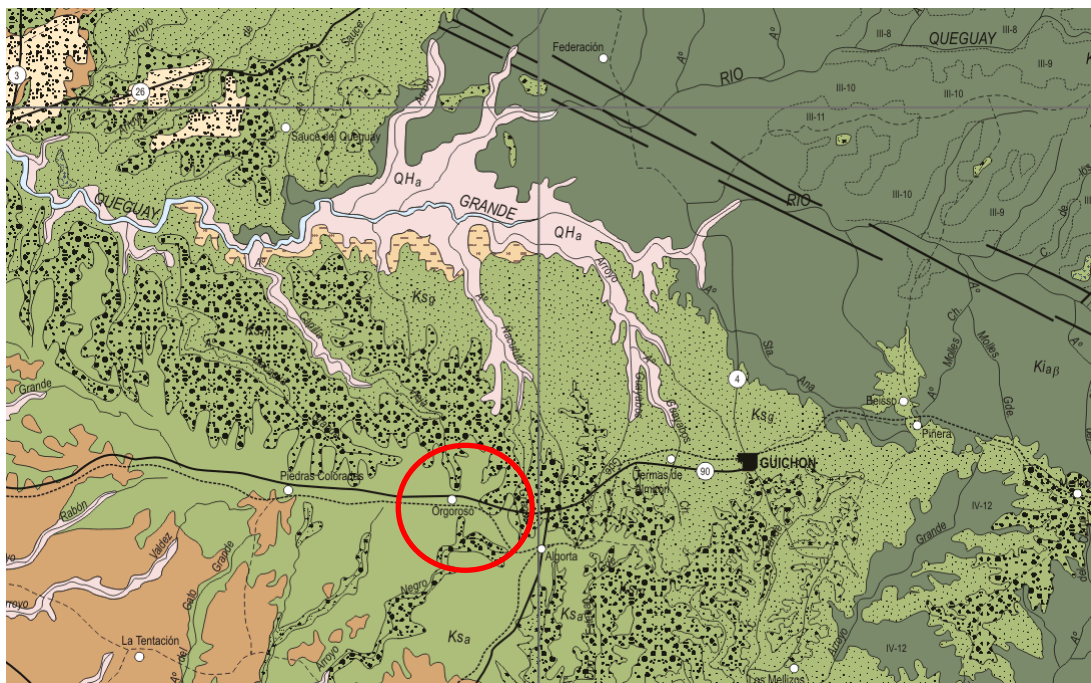
37. Prodan, M.; Roland, P.; Cox, F.; Real, P. 1997. Mensura forestal. San José, Costa Rica, IICA. 561 p.
38. Quijada, M. 1980a. Métodos de propagación vegetativa. In: Mejora genética de árboles forestales. Roma, FAO. pp. 189-196.
39. _____. 1980b. Selección de árboles forestales. In: Mejora genética de árboles forestales. Roma, FAO. pp. 169-176.
40. R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. (en línea). Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing. s.p. Consultado 25 jun. 2013. Disponible en <http://www.R-project.org/>.
41. Raven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S. 1992. Biología de las plantas. (en línea). Barcelona, España, Reverté. 777 p. Consultado 20 jun. 2013. Disponible en <http://books.google.com.uy/books?id=xvNd3udrh1YC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
42. Rojas, F. 2001. Viveros forestales. (en línea). 2ª ed. San José, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. 255 p. Consultado 19 jun. 2013. Disponible en http://books.google.com.uy/books?id=35Z_FJIHQPAC&pg=PA29&dq=tipos+contenedores+viveros&hl=en&sa=X&ei=s5_BUa-THoaE0QHmj4DIDw&ved=0CCgQ6AEwAA#v=onepage&q=tipos%20contenedores%20viveros&f=false
43. Rojas, S. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. (en línea). Bogotá, Colombia, Produmedios. 55 p. Consultado 20 jun. 2013. Disponible en <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Propagacinasexualdeplantas.pdf>
44. Sánchez, M. 1988. Propagación agámica de Eucaliptos por estaca. In: Jornadas Forestales (5as., 1990, Concordia, Entre Ríos). Memorias. Concordia, INTA. 1 disco compacto.
45. SEQC (Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular, ES). s.f. Modulo 3; regresión logística y múltiple. (en línea). Barcelona, España. 23 p. Consultado 23 nov. 2012. Disponible en http://www.seqc.es/es/Varios/7/40/Modulo_3:_Regresion_logistica_y_multipl_e/

46. Sotolongo, R.; Geada, G.; Cobas, M. s.f. Mejoramiento genético forestal; texto para estudiantes de Ingeniería Forestal. (en línea). Roma, FAO. s.p. Consultado 18 jun. 2013. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Mejoramiento%20Genetico%20Forestal.pdf
47. SPF (Sociedad de Productores Forestales del Uruguay, UY). 2011a. Plantaciones. Zonas forestadas en Uruguay. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 jul. 2013. Disponible en <http://www.spf.com.uy/forestacion-en-uruguay/plantaciones/>
48. _____. 2011b. Productos forestales. Exportaciones de productos forestales. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 jul. 2013. Disponible en <http://www.spf.com.uy/forestacion-en-uruguay/productos-forestales/>
49. Steel, R.; Torrie, J. 1985. Bioestadística; principios y procedimientos. 2ª ed. Bogotá, Colombia, Presencia. 622 p.
50. Tecnoplanta. s.f. Ellepot. (en línea). s.l. Consultado 25 jun. 2013. Disponible en <http://www.ellegaard.com.br/artigo/>
51. Titon, M.; Xavier, A.; Campos, W. 2002. Dinámica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. (en línea). Revista Árvore. 26(6): 665-673. Consultado 26 jul. 2013. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rarv/v26n6/a03v26n6.pdf>
52. Torres, D.; Bennadji, Z.; Nikichuk, N.; Scoz, R.; Balmelli, G. 2012. Trazabilidad molecular como herramienta para asegurar la productividad esperada en plantaciones clonales. (en línea). In: Jornada Técnica Biotecnología Forestal (2012, Tacuarembó). Resúmenes. Montevideo, INIA. p. 3. (Actividades de Difusión no. 684). Consultado 17 jun. 2013. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=2558>
53. Torres, J.; Fossati, A. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe nacional Uruguay. (en línea). Roma, FAO. s.p. Consultado 31 jul. 2013. Disponible en http://www.fao.org/docrep/007/j2807s/j2807s05.htm#P145_4940

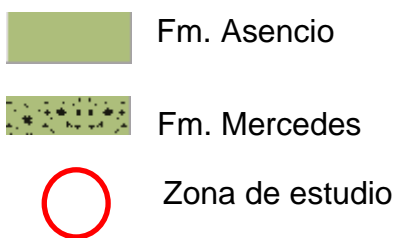
54. Trujillo, M. 2003. Clonación y mejoramiento genético avances en *Eucalyptus grandis*. (en línea). In: Programa Nacional Forestal. Avances en investigación y transferencia de tecnología en zona de prioridad forestal 8. Tacuarembó, INIA. pp. 19-22 (Actividades de Difusión no. 321). Consultado 17 jun. 2013. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=761>
55. _____. 2005. Avances en propagación vegetativa para el género *Eucalyptus*. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 20 jun. 2013. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/tb/ad/2005/ad_425.pdf
56. Uruguay XXI. 2013. Promoción de inversiones y exportaciones. Sector Forestal. Oportunidades de inversión en Uruguay. (en línea). Montevideo. 38 p. Consultado 16 jun. 2013. Disponible en http://www.uruguayxxi.gub.uy/wp-content/uploads/2011/11/Sector-Forestal_UruguayXXI.pdf
57. White, T. L.; Adams, W. T.; Neale, D.B. 2007. Forest genetic. Cambridge, UK, CABI. 573 p.
58. Zobel, B.; Talbert, J. 1994. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México, D.F., Limusa. 545 p.

9. ANEXOS

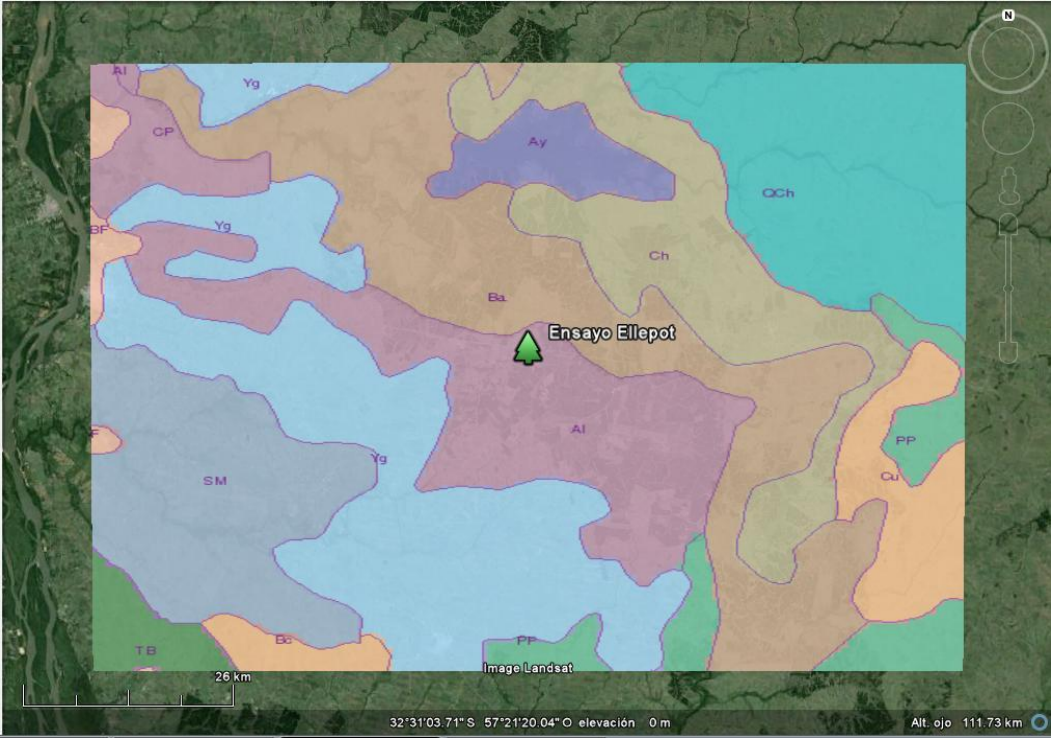
Anexo No. 1. Carta Geológica de la zona (Orgoroso, Paysandú).



Fuente: Bossi et al. (1988)

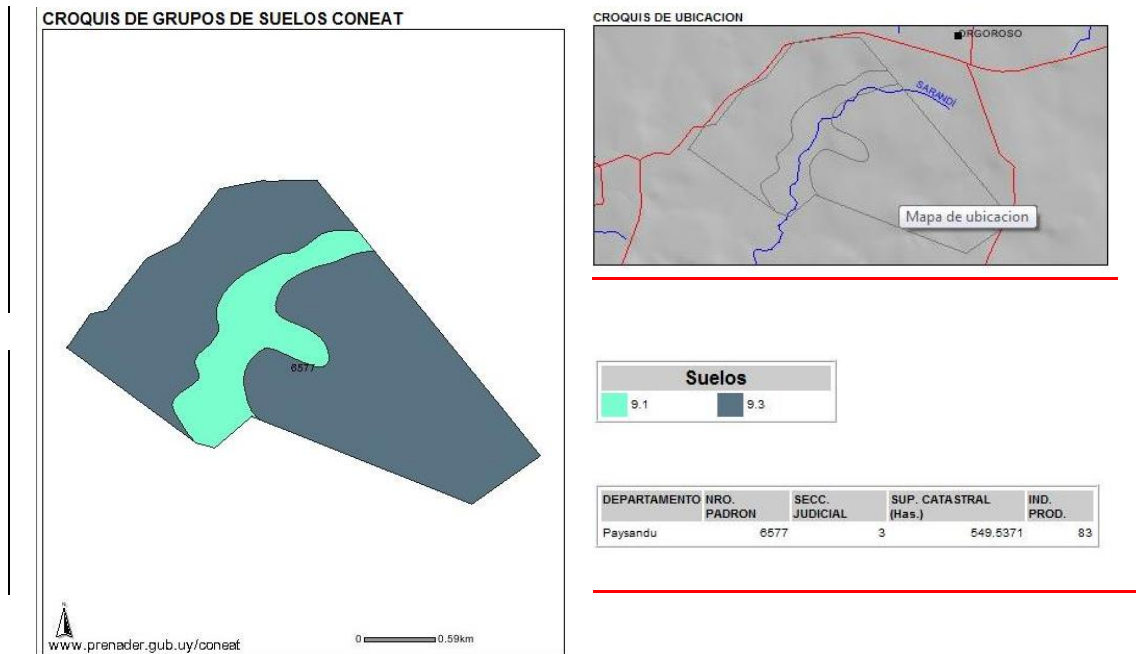


Anexo No. 2. Ubicación de ensayo y Unidades de Suelo (Esc. 1:1.000.000)



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

Anexo No. 3. Croquis del padrón y descripción del Grupo CO.N.E.A.T 9.1



Fuente: MGAP. PRENADER (s.f.)

El Grupo CO.N.E.A.T 9.1, se localiza en mayor extensión en los departamentos 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. De igual manera existe en el Dpto. de Soriano, aunque hacia el este ocurre a niveles superiores al basamento cristalino, con menor frecuencia en el Dpto. de Durazno (Cuchilla Grande del Durazno) y en el Dpto. de Flores (MGAP. RENARE, s.f.).

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) (MGAP. RENARE, s.f.).

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. Cuando en las partes altas de este grupo se encuentran grupos 10 u 11 existen Brunosoles Éútricos y Subéútricos, 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 Éútricos y Subéútricos Melánicos. Cuando en posición suprayacente se asocian grupos 9 (mayormente el 9.3) el suelo es un Argisol Subéútricos o Dístrico Ócricos, a veces Melánicos Típico (Praderas Arenosas), moderadamente profundo y pseudolíticos, 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 Subéútricos 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 Subéútricos Melánicos Típicos y Abrúpticos (Praderas Arenosas hidromórficas), a veces pseudolíticos y Planosoles Subéútricos Melánicos (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 (MGAP. RENARE, s.f.).

Anexo No. 4. Distribución de valores (m³ / ha) obtenidos según factor evaluado para el año 2011 en *E.grandis*.

Tubete	Promedio	Desvío	Mínimo	Máximo
E77	20,74	9,35	6,48	33,68
T50	20,06	6,68	9,81	35,951
T60	23,75	6,99	9,79	34,232
T90	24,89	6,77	11,79	35,749
Sustrato				
S1	24,97	6,64	9,74	33
S2	19,3	8,3	6,83	31,45
S3	21,07	5,93	11,79	31,83
S4	20,49	8,12	6,48	34,28
S5	25,97	7,69	13,61	35,95

Anexo No. 5. Resultados ANAVA para *E.grandis*, medición 2011.

Fuente de var.	Df	Sum Sq	Mean Sq	Valor F	p-valor
Bloque	2	78,5	39,25	0,89	0,4189
Tubete	3	243,1	81,05	1,839	0,1566
Sustrato	4	412	103,01	2,337	0,0728
Tubete:Sustrato	12	1007,1	83,92	1,904	0,0655
Residual	57	1675,1	44,08		

Anexo No. 6. Intervalos de confianza 2011

Sustrato	Tubetes	Error estándar	Media	Intervalo de Confianza	
				Lim. Inf	Lim. Sup
S1	E77	3,83	29,98	22,2	37,74
	T50	3,83	20,58	12,82	28,34
	T60	3,83	20,41	12,65	28,17
	T90	3,83	28,88	21,12	36,64
S2	E77	3,83	9,41	1,65	17,17
	T50	3,83	16,85	9,09	24,61
	T60	3,83	28,35	20,59	36,11
	T90	3,83	22,58	14,82	30,34
S3	E77	3,83	23,54	15,78	31,3
	T50	3,83	20,37	12,61	28,13
	T60	3,83	24,43	16,66	32,19
	T90	3,83	15,93	8,17	23,69
S4	E77	3,83	16,35	8,59	24,11
	T50	3,83	18,8	11,04	26,56
	T60	3,83	18,88	11,12	26,64
	T90	3,83	27,89	20,13	35,65
S5	E77	3,83	24,4	16,64	32,16
	T50	3,83	23,65	15,92	31,44
	T60	3,83	26,64	18,88	34,4
	T90	3,83	29,14	21,38	36,9

Anexo No. 7. Resultados regresión logística para sobrevivencia para *E.grandis*, medición 2011

	Estimate	Std. Error	z value	p-valor
Intercep	1,80E+01	1,65E+03	0,011	0,9913
Bloque2	5,88E-01	4,15E-01	1,417	0,1566
Bloque4	1,16E+00	4,15E-01	2,503	0,0123*
TubetesT50	-1,66E+01	1,65E+03	-0,01	0,992
TubetesT60	-1,72E+01	1,65E+03	-0,01	0,9917
TubetesT90	-6,65E-09	2,33E+03	0	1
SustratoS2	-1,87E+01	1,65E+03	-0,011	0,9909
SustratoS3	-1,66E+01	1,65E+03	-0,01	0,992
SustratoS4	-1,82E+01	1,65E+03	-0,011	0,9912
SustratoS5	-1,59E+01	1,65E+03	-0,01	0,9923
TubetesT50:SustratoS2	1,87E+01	1,65E+03	0,011	0,9909
TubetesT60:SustratoS2	3,59E+01	2,33E+03	0,015	0,9877
TubetesT90:SustratoS2	2,09E+00	2,33E+03	0,001	0,9993
TubetesT50:SustratoS3	1,66E+01	1,65E+03	0,01	0,992
TubetesT60:SustratoS3	1,71E+01	1,65E+03	0,01	0,9917
TubetesT90:SustratoS3	-1,22E+00	2,33E+03	-0,001	0,9996
TubetesT50:SustratoS4	1,77E+01	1,65E+03	0,011	0,9915
TubetesT60:SustratoS4	1,94E+01	1,65E+03	0,012	0,9906
TubetesT90:SustratoS4	1,82E+01	2,86E+03	0,006	0,9949
TubetesT50:SustratoS5	1,59E+01	1,65E+03	0,01	0,9923
TubetesT60:SustratoS5	1,64E+01	1,65E+03	0,01	0,9921
TubetesT90:SustratoS5	6,65E-09	2,33E+03	0	1

Anexo No. 8. Distribución de valores (m³ / ha) obtenidos según factor evaluado para el año 2013 en *E.grandis*.

Tubete	Promedio	Desvío	Mínimo	Máximo
E77	131,17	46,95	53,64	189
T50	123,77	26,34	61,66	162,97
T60	146,18	32,45	63,69	192,53
T90	154,95	32,91	73,48	189,40
Sustrato				
S1	148,3	39,63	63,69	189,40
S2	129,06	43,67	53,64	178,56
S3	135,09	32,17	73,48	178,51
S4	128,06	39,65	59,21	187,67
S5	154,57	22,91	126,76	192,53

Anexo No. 9. Resultados ANAVA para *E.grandis*, medición 2013

Fuente de var.	Df	Sum Sq.	Mean Sq.	Valor F	p-valor
Bloque	2	6273	3136,5	3,605	0.0369*
Tubete	3	8990	2996,8	3,444	0.0261*
Sustrato	4	6751	1687,7	1,94	0,1237
Tubete:Sustrato	12	24387	2032,2	2,336	0.0234*
Residual	38	33064	870,1		

Anexo No. 10. Resultados “lsmeans” en R-project para *E.grandis* , medición 2013.

- Sustrato 1

	Estimate	SE	Df	T.ratio	p-valor
S1, E77 - S1, T50	54,451	24,08	38	2,26	0,74
S1, E77 - S1, T60	56,51	24,08	38	2,34	0,69
S1, E77 - S1, T90	-5,984	24,08	38	-0,248	1
S1, T50 - S1, T60	2,05	24,08	38	0,08	1
S1, T50 - S1, T90	-60,43	24,08	38	-2,5	0,58
S1, T60 - S1, T90	-62,49	24,08	38	-2,59	0,52

Sustrato	Tubete	Promedio
S1	T90	180,533
S1	E77	174,549
S1	T50	120,098
S1	T60	118,038

- Sustrato 2

	Estimate	SE	Df	T.ratio	p-valor
S2, E77 - S2, T50	-31,85	24,084	38	-1,37	0,99
S2, E77 - S2, T60	-72,31	24,084	38	-3	0,28
S2, E77 - S2, T90	-74,79	24,084	38	-3,1	0,23
S2, T50 - S2, T60	-40,46	24,084	38	-1,68	0,97
S2, T50 - S2, T90	-42,94	24,084	38	-.1.78	0,95
S2, T60 - S2, T90	-2,48	24,084	38	-0,01	1

Sustrato	Tubete	Promedio
S2	T90	159,11
S2	T60	156,63
S2	T50	116,17
S2	E77	84,31

- Sustrato 3

	Estimate	SE	Df	T.ratio	p-valor
S3, E77 - S3, T50	18,25	24,084	38	0,75	1
S3, E77 - S3, T60	2,77	24,084	38	0,11	1
S3, E77 - S3, T90	42,65	24,084	38	1,77	0,95
S3, T50 - S3, T60	-15,48	24,084	38	-0,64	1
S3, T50 - S3, T90	24,39	24,084	38	1,01	0,9994
S3, T60 - S3, T90	39,87	24,084	38	1,65	0,97575

Sustrato	Tubete	Promedio
S3	E77	151,01
S3	T60	148,23
S3	T50	132,76
S3	T90	108,36

- Sustrato 4

	Estimate	SE	Df	T.ratio	p-valor
S4, E77 - S4, T50	-5,22	24,084	38	-0,21	1
S4, E77 - S4, T60	-44,17	24,084	38	-1,83	0,93961
S4, E77 - S4, T90	-49,13	24,084	38	-2,03	0,8656
S4, T50 - S4, T60	-38,95	24,084	38	-1,61	0,98066
S4, T50 - S4, T90	-43,9	24,084	38	-1,82	0,94266
S4, T60 - S4, T90	-4,94	24,084	38	-0,2	1

Sustrato	Tubete	Promedio
S4	T90	152,56
S4	T60	147,61
S4	T50	108
S4	E77	103,43

- Sustrato 5

	Estimate	SE	Df	T.ratio	p-valor
S5, E77 - S5, T50	1,39	24,084	38	0,05	1
S5, E77 - S5, T60	-17,85	24,084	38	-0,74	1
S5, E77 - S5, T90	-31,63	24,084	38	-1,31	0,99807
S5, T50 - S5, T60	-19,25	24,084	38	-0,79	1
S5, T50 - S5, T90	-33,03	24,084	38	-1,37	0,99675
S5, T60 - S5, T90	-13,77	24,084	38	-0,57	1

Sustrato	Tubete	Promedio
S5	T90	174,174
S5	T60	160,403
S5	E77	142,544
S5	T50	141,174

Anexo No. 11. Intervalos de confianza 2013.

Sustrato	Tubete	Error estándar	Media	Intervalo de confianza	
				Lim. Inferior	Lim. Superior
S1	E77	17,03	174,54	140,07	209,02
	T50	17,03	120,09	85,62	154,47
	T60	17,03	118,03	83,56	152,51
	T90	17,03	180,53	146,05	215
S2	E77	17,03	84,31	49,84	118,79
	T50	17,03	116,17	81,69	150,64
	T60	17,03	156,63	122,15	191,11
	T90	17,03	159,11	124,63	193,59
S3	E77	17,03	151,01	116,54	185,49
	T50	17,03	132,75	98,28	167,23
	T60	17,03	148,23	113,76	182,71
	T90	17,03	108,36	73,88	142,84
S4	E77	17,03	103,43	68,95	137,9
	T50	17,03	108,65	74,17	143,13
	T60	17,03	147,61	113,13	182,08
	T90	17,03	152,55	118,08	187,03
S5	E77	17,03	142,54	108,06	177,02
	T50	17,03	141,14	106,67	175,62
	T60	17,03	160,4	125,92	194,87
	T90	17,03	174,17	139,69	208,65

Anexo No. 12. Resultados regresión logística para sobrevivencia para *E.grandis*, medición 2013

	Estimate	Std. Error	z value	p-valor
Intercep	1,81E+01	1,66E+03	0,01	0,99
Bloque2	4,95E-01	4,09E-01	1,2	0,22
Bloque4	1,03E+00	4,50E-01	2,28	0,02
TubetesT50	-1,66E+01	1,66E+03	-0,01	0,99
TubetesT60	-1,71E+01	1,66E+03	0	0,99
TubetesT90	-4,09E-09	2,34E+03	-0,011	0,99
SustratoS2	-1,87E+01	1,66E+03	-0,011	0,99
SustratoS3	-1,66E+01	1,66E+03	-0,01	1
SustratoS4	-1,82E+01	1,66E+03	-0,011	0,99
SustratoS5	-1,59E+01	1,66E+03	-0,01	0,99
TubetesT50:SustratoS2	1,87E+01	1,66E+03	-0,011	0,99
TubetesT60:SustratoS2	3,59E+01	2,34E+03	0,015	0,99
TubetesT90:SustratoS2	2,08E+00	2,34E+03	0,001	0,99
TubetesT50:SustratoS3	1,66E+01	1,66E+03	-0,01	0,98
TubetesT60:SustratoS3	1,71E+01	1,66E+03	-0,01	0,999
TubetesT90:SustratoS3	-1,21E+00	2,34E+03	-0,001	0,99
TubetesT50:SustratoS4	1,66E+01	1,66E+03	0,01	0,99
TubetesT60:SustratoS4	1,94E+01	1,66E+03	0,012	0,99
TubetesT90:SustratoS4	1,82E+01	2,87E+03	0,006	0,99
TubetesT50:SustratoS5	1,59E+01	1,66E+03	0,010	0,99
TubetesT60:SustratoS5	4,09E-09	1,66E+03	0,010	0,99
TubetesT90:SustratoS5	4,09E-09	2,34E+03	0	1

Anexo No. 13. Resultados ANAVA para relación entre medición 2011 y 2013

	Df	Sum Sq	mean Sq	F value	P-valor
Año	1	408272	408272	848049	<0,029e-16***
Bloque	2	3559	1780	3,69	0,029*
Tubete	3	6086	2029	4,21	0,008**
Sustrato	4	5218	1304	2,71	0,035*
Año:Tub	3	3148	1049	2,18	0,096
Año:Sust	4	1945	486	1,01	0,407
Tub:Sust	12	17120	1427	2,96	0,0019**
Año:Tub:Sust	12	689	689	1,43	0,16921
Residuals	78	481			