

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA PROPAGACIÓN AGÁMICA EN *Eucalyptus* EN  
URUGUAY**

**por**

**Silvana Lorena LUNA ANDRADA**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2014**

Tesis aprobada por:

Director:

\_\_\_\_\_

Ing. Agr. Fernando Irisity

\_\_\_\_\_

Ing. Agr. Rafael Escudero

\_\_\_\_\_

Ing. Agr. Federico Rey

Fecha: 1° de setiembre de 2014.

Autor:

\_\_\_\_\_

Silvana Lorena Luna Andrada

## **AGRADECIMIENTOS**

A todas aquellas personas que directa o indirectamente han contribuido a la realización de este trabajo.

A Weyerhaeuser Productos S.A, ingenieros, técnicos, personal de vivero y muy especialmente al Ing. Agr. Juan Pedro Posse por los invaluable conocimientos brindados y buena disposición en todo momento.

A Forestal Oriental, y dentro de ésta, al Ing. Agr. Federico Rey por su disponibilidad y valiosa colaboración en el tema desarrollado.

A los Ing. Agr. Fernando Irisity y Rafael Escudero por su orientación y apoyo constante a lo largo de este trabajo.

A mi familia y amigos que siguieron de cerca el desarrollo del mismo, pero sobre todo a mis padres César Luna y Olga Andrada por su amor y apoyo incondicional en todo momento.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
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. PROPAGACIÓN VEGETATIVA.....	4
2.2. PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACAS.....	5
2.2.1. <u>Ventajas e inconvenientes de la propagación</u> <u>por estacas</u> .....	5
2.2.2. <u>Factores que afectan la propagación</u> .....	6
2.2.2.1. Factores de la estaca y del material madre.....	6
2.2.2.2. Factores propios del ambiente y el medio de enraizamiento.....	9
2.3. MICROESTACAS Y MINIESTACAS.....	11
2.3.1. <u>Microestacas</u> .....	11
2.3.2. <u>Miniestacas</u> .....	12
2.3.3. <u>Ventajas del uso de micro y miniestacas</u> .....	13
2.4. ANTECEDENTES DE LA MACROPROPAGACIÓN DE <i>EUCALYPTUS</i> .....	14
2.4.1. <u>La macropropagación a nivel mundial</u> .....	14
2.4.1.1. Antecedentes en Sudáfrica.....	17
2.4.1.2. Antecedentes en Portugal.....	19
2.4.1.3. Antecedentes en Brasil.....	20

2.4.1.4. Antecedentes en Chile.....	24
2.4.1.5. Antecedentes en Argentina.....	25
2.4.2. <u>Antecedentes a nivel nacional</u> .....	27
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	32
3.1. <u>ÁREA DE ESTUDIO</u> .....	32
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	36
4.1. <u>CARACTERÍSTICAS GENERALES</u> .....	36
4.1.1. <u>Forestal Oriental</u> .....	36
4.1.1.1. San Francisco.....	36
4.1.1.2. Santana.....	37
4.1.2. <u>Weyerhaeuser</u> .....	38
4.1.2.1. Tres Cruces.....	38
4.2. <u>ANTECEDENTES HISTÓRICOS</u> .....	38
4.2.1. <u>Forestal Oriental</u> .....	39
4.2.2. <u>Weyerhaeuser</u> .....	48
4.3. <u>CARACTERÍSTICAS LOGÍSTICAS ACTUALES</u> .....	48
4.3.1. <u>Envases</u> .....	48
4.3.1.1. Forestal Oriental.....	49
4.3.1.2. Weyerhaeuser.....	50
4.3.2. <u>Sustrato</u> .....	50
4.3.2.1. Forestal Oriental.....	51
4.3.2.2. Weyerhaeuser.....	52
4.3.3. <u>Riego</u> .....	53
4.3.3.1. Riego en mini jardín clonal.....	53
4.3.3.2. Riego en invernáculos de enraizado.....	54
4.3.3.3. Riego en invernáculos de cría.....	54
4.3.4. <u>Control de enfermedades y plagas</u> .....	55
4.3.5. <u>Manejo nutricional</u> .....	58

4.3.5.1. Conductividad eléctrica.....	59
4.4. CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y ETAPAS DE LA PROPAGACIÓN.....	61
4.4.1. <u>Criterios de elección</u> .....	61
4.4.2. <u>Producción de plantas madre y especies que se     producen</u> .....	61
4.4.2.1. Forestal Oriental.....	61
4.4.2.2. Weyerhaeuser.....	63
4.4.3. <u>Jardín clonal</u> .....	64
4.4.3.1. Forestal Oriental.....	65
4.4.3.2. Weyerhaeuser.....	66
4.4.4. <u>Elaboración de estacas</u> .....	69
4.4.4.1. Forestal oriental.....	69
4.4.4.2. Weyerhaeuser.....	71
4.4.5. <u>Pinchado</u> .....	73
4.4.5.1. Forestal oriental.....	73
4.4.5.2. Weyerhaeuser.....	74
4.4.6. <u>Enraizamiento</u> .....	75
4.4.6.1. Forestal Oriental.....	75
4.4.6.2. Weyerhaeuser.....	76
4.4.7. <u>Cría</u> .....	79
4.4.7.1. Forestal Oriental.....	79
4.4.7.2. Weyerhaeuser.....	81
4.4.8. <u>Rustificación</u> .....	83
4.4.8.1. Forestal Oriental.....	83
4.4.8.2. Weyerhaeuser.....	84
4.4.9. <u>Despacho</u> .....	86
4.4.9.1. Forestal Oriental.....	86
4.4.9.2. Weyerhaeuser.....	87

4.5. METODOLOGÍA GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE <i>EUCALYPUS</i> .....	88
4.5.1. <u>Ciclo promedio de propagación agámica en <i>Eucalyptus</i></u> .....	89
4.6. DIFERENCIAS Y SIMILITUDES ENTRE LOS VIVEROS RELEVADOS.....	91
4.6.1. <u>Datos generales</u> .....	91
4.6.2. <u>Características logísticas</u> .....	92
4.6.3. <u>Características productivas</u> .....	93
4.6.4. <u>Diferencias en los porcentajes de enraizamiento para los viveros relevados y los diferentes clones producidos</u> .....	94
4.6.5. <u>Diferencias en los tiempos del ciclo productivo</u> .....	96
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	98
6. <u>RESUMEN</u> .....	101
7. <u>SUMMARY</u> .....	103
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	105
9. <u>ANEXOS</u> .....	113

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de <i>Eucalyptus sp.</i> en la década de 1980 .....	16
2. Evaluación de jardines clónales para la producción de estacas.....	22
3. Síntesis de ensayos de macropropagación realizados por el INIA.....	28
4. Composición del sustrato usado en Weyerhaeuser Productos S.A.....	53
5. Enfermedades, sintomatología y control en el ciclo de propagación agámica.....	56
6. Plagas, sintomatología y control en el ciclo de propagación agámica.....	57
7. Valores estándares de fertilización del IPEF.....	58
8. Composición de los fertilizantes (Master y Urea).....	68
9. Ciclo promedio de propagación agámica en <i>Eucalyptus</i> .....	90
10. Diferencias generales de los viveros.....	91
11. Diferencia de los viveros en relación a su logística.....	92
12. Diferencias de los viveros en cuanto a características productivas.....	93
13. Diferencia de los viveros en cuanto a tiempo del ciclo productivo.....	96

Figura No.

1. Ubicación y foto satelital del vivero San Francisco.....	33
2. Ubicación y foto satelital del vivero Santana.....	34
3. Ubicación y foto satelital del vivero Tres Cruces.....	35
4. Cancha de compostaje y depósito de sustrato del vivero San Francisco.....	51
5. Riego mediante carro móvil en cría y por micro aspersores en casa de enraizado (Vivero Tres Cruces).....	55
6. Enfermedades más relevantes en vivero Tres Cruces 1) <i>Cylindrocladium</i> , 2) Oidio, 3) Roya, 4) <i>Pantoea spp</i> y 5) Moho gris.....	57
7. Rosetas en medio de multiplicación solidificado, en ambiente controlado (laboratorio de micropropagación de UPM).....	62
8. Jardín clonal en vivero San Francisco.....	66
9. Jardín Clonal en vivero Tres Cruces.....	68
10. Estacas en conservadora, y recorte de área foliar al 50%, vivero San Francisco.....	70
11. Estacas apicales y secundarias en vivero Tres Cruces.....	78
12. Galpón de selección (Santana), invernáculo de Cría (San Francisco).....	80
13. Cría del vivero Tres Cruces, 1) plantas recientemente retiradas de enraizamiento aun sin clasificar, 2) plantas clasificadas según tamaño y tipo de clon.....	83
14. Plantas en rustificación con diferentes tiempos, vivero Tres Cruces .....	86
15. Armado del rocamboler, para el caso de tubetes Ellepot, en	

vivero Santana.....	87
16. Proceso de producción de plantines de <i>Eucalyptus</i> .....	89
17. Ciclo promedio de propagación agámica en <i>Eucalyptus</i> .....	90
18. Tasa de enraizamiento para los viveros relevados según clon producido.....	95
19. Tiempo promedio de las diferentes etapas de la propagación vegetativa en los tres viveros relevados.....	97

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Uruguay históricamente se ha caracterizado por ser un país agropecuario, principalmente ganadero y agrícola, ocupando por mucho tiempo el sector forestal un lugar marginal con respecto a las demás actividades. Es a partir de la década de los noventa, que el rubro forestal comienza a tomar importancia, experimentado una gran expansión, con la promulgación de la Ley de Desarrollo Forestal número 15.939 en diciembre de 1987, en cuyo marco legal se otorgaban subsidios y exoneraciones impositivas a los emprendimientos forestales con plan de manejo aprobados por la Dirección General Forestal (DGF) del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP).

En el periodo 1975-1988, la superficie forestada en Uruguay se limitaba a 29.348 hectáreas, concentradas principalmente en los departamentos de Rivera (6.656 ha) y Paysandú (8.849 ha). Sin embargo al 2010 dicha superficie se ha multiplicado por 23, ascendiendo a 676.100 hectáreas, de las cuales 47% está representada por *E. globulus* subespecie *globulus*, 36% por *E. grandis* y 7% *E. dunnii*, encontrándose principalmente en Paysandú (102.191 ha), Rio Negro (88.033 ha), Rivera (54.543 ha), Cerro Largo (49.310 ha) y Tacuarembó (45.447 ha) (MGAP. DGF, 2010). Asimismo las actividades de silvicultura, extracción y elaboración de productos de madera generaron en 2010 el 3,5% del producto bruto interno uruguayo.

El sector forestal en Uruguay comprende distintas actividades que van desde la obtención de semillas y plantines hasta el traslado final de los productos elaborados. Por tal motivo la producción de plantines, también se ve altamente incrementada, y fue el primer cuello de botella a superar para aumentar el área forestada. Al comienzo del desarrollo del sector, fue mayormente a través de semilla en condiciones de invernáculo, y cada vez

tomando más fuerza la propagación agámica debido a las ventajas operativas de dichas prácticas que asegura estar implantando un material de alta calidad al tratarse de clones, lo cual a largo plazo es económicamente más viable.

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

Comercialmente la propagación vegetativa de *Eucalyptus* por estacas se inició en la República Popular del Congo en 1974, y a nivel regional en Brasil en 1979 en Espírito Santo. Convirtiéndose este último en un país pionero y ejemplo a seguir por Uruguay, donde los primeros avances se realizaron durante los 90 con la ejecución del proyecto INIA-JICA (1993-1998), y trabajos de empresas como Eufores, Mundial Forestación, Cofusa, Weyerhaeuser y Forestal Oriental.

Los primeros avances se realizaron a partir de la técnica de cosecha de estacas de tocón. Debido a la imperfección del sistema para abastecer grandes áreas de plantación y mantener una uniformidad estacional, en el 2000 se comenzó a experimentar la técnica de mini estacas a partir de plantas madres. Colocadas en canaletones con arena bajo condiciones de invernáculo, adaptando la tecnología de Goncalves y Silveira a nuestras condiciones. De tal manera en el 2003 esta técnica fue llevada a cabo a gran escala por el vivero San Francisco, en el 2009 por el vivero Tres Cruces y en el 2012 por el Santana, logrando cada vez mejores resultados en cuanto a supervivencia y tasas de enraizamiento para los diferentes clones.

Una vez seleccionado el material madre y establecido el mini jardín se puede decir que el ciclo de la propagación agámica se divide en cuatro etapas, cosecha y elaboración de estacas (en jardín clonal), enraizado, cría y rusticación o endurecimiento. Los tiempos de cada una de estas etapas dependen en alto grado de la estacionalidad. Cuando la temperatura y la luminosidad son mayores, los tiempos se acortan y en invierno los mismos se alargan, pero a modo general se puede decir que el ciclo promedio del *Eucalyptus* es de 130 días aproximadamente.

El porcentaje de enraizamiento y supervivencia está altamente correlacionado con características propias de cada clon, los cuales no son seleccionados a nivel de vivero sino por sus características silvícolas e industriales ya sea para producción de pulpa o aserrado. A su vez la tecnología incorporada conjuntamente con medidas de manejo acertadas son fundamentales para alcanzar los resultados deseados. Tipo de envase, sustrato, riego, fertilización, edad de la planta madre, largo de la estaca, número de hojas, área foliar remanente, son algunos de los factores que influyen en la productividad.

Los tiempos de vivero relativamente cortos en comparación a lo que es el total del ciclo forestal del *Eucalyptus*, confieren la ventaja de avanzar rápidamente ya que los resultados de los errores y aciertos se hacen notar rápidamente, dando más flexibilidad a cambios.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. PROPAGACIÓN VEGETATIVA**

La propagación de las plantas se lleva a cabo mediante dos formas, la reproducción sexual y la multiplicación asexual, que presentan diversas modalidades de acuerdo a las aptitudes y morfología de cada especie (Rocha, citado por Minchiqueo, 2004).

Bajo el término técnico “Propagación Vegetativa”, se entiende la producción asexual de individuos, porque indica una multiplicación de material vegetal, por división (mitosis), crecimiento y diferenciación de tejidos somáticos y no por fusión de gametos y producción de semillas. El material resultante de la propagación vegetativa es genéticamente idéntico a la planta original. Ésta y los miembros nacidos de ella por propagación vegetativa, se definen como Clon. La planta original como Ortet, y los miembros del Clon nacido del Ortet, como Ramets (Koenig y Melchior, citados por Vásquez, 2001).

Reproducir los árboles de modo asexual, significa básicamente clonar la descendencia a partir de un solo progenitor, con la ventaja de que todas sus cualidades son conocidas de antemano y serán transmitidas íntegramente. La macropropagación y la micropropagación son las técnicas empleadas para este fin. La macropropagación presenta algunas ventajas, como el menor costo de infraestructura y menor necesidad de mano de obra calificada en comparación con la micro, que necesita laboratorio y técnicos calificados para la ejecución de las tareas (Vásquez, 2001).

Las principales técnicas de macropropagación son: estacas, injertos y acodos, destacándose la utilización de estacas enraizadas a partir de material rejuvenecido (De Mello, 2002).

## **2.2. PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACAS**

La estaca es una porción separada de la planta provista de yemas caulinares, que son estructuras que potencialmente generan tallos, hojas y raíces hasta formar individuos completos.

En la propagación por estaca una sección del tallo, raíz u hoja se corta de la planta madre y se induce a formar raíces y brotes por medio de la manipulación química, mecánica y/o ambiental. La nueva planta resultante es un clon idéntico a la planta madre. Se considera reproducida una estaca, cuando posterior a su plantación, se presenta brotación de hojas y emisión de raíces (Vásquez, 2001).

### **2.2.1. Ventajas e inconvenientes de la propagación por estacas**

Calderón, citado por Gárate Díaz (2010) menciona dentro de las ventajas de la propagación por estacas las siguientes:

1. simplicidad del procedimiento
2. absoluta homogeneidad en todos los árboles obtenidos
3. obtención de un gran número de árboles a partir de una sola planta madre
4. ausencia de problemas de incompatibilidad entre dos partes vegetativas
5. perfecta conservación de las características clonales
6. necesidad de poco espacio
7. se evita la dependencia del uso de semillas
8. es posible lograr un control preciso del parentesco.

Asimismo, Calderón, citado por Gárate Díaz (2010), indica que dentro de los inconvenientes podemos mencionar:

1. reducidos porcentajes de prendimiento en algunas especies
2. producción limitada del material madre
3. riesgos de plagas y enfermedades, parcialmente peligroso para el clon.

### **2.2.2. Factores que afectan la propagación**

A continuación se describirán los diferentes factores relacionados a la planta madre, a la propia estaca y al ambiente en el que ésta se desarrolla, los cuales influyen en el porcentaje de enraizamiento y supervivencia de la mismas.

#### **2.2.2.1. Factores de la estaca y del material madre**

La capacidad de enraizamiento de las estacas es variable, en relación a un conjunto de factores, siendo los de mayor influencia: el manejo de la planta madre con el fin de obtener brotes juveniles, el buen estado nutricional, la época y edad apropiada; la longitud y diámetro de las estacas, la presencia de hojas.

#### **Especie utilizada**

Según Assis, citado por Bennadji et al. (2002), muchas especies de interés no son propagadas vegetativamente, debido a que presentan limitantes de capacidad rizogénica, tal es el caso de especies, como *E. globulus*, *E. nitens*, *E. dunnii* y *E. viminalis* entre otros.

Sin embargo la técnica de producción de estacas se ha extendido a especies difíciles de enraizar como *E. globulus*, en base a la selección de

clones de alta capacidad de enraizamiento (Chaperon, citado por Bennadji et al., 2002), quienes mencionan que en el Congo el porcentaje de enraizamiento ha aumentado de 61% en 1976 a más de 90% en 1986 por mejoramiento de la técnica y por selección de clones.

### **Condiciones nutricionales de la planta madre**

La nutrición de la planta madre ejerce una fuerte influencia en el desarrollo de raíces y tallos de las estacas. Los factores internos, tales como el contenido de auxina, de cofactores de enraizamiento y las reservas de carbohidratos pueden influir en la iniciación de las raíces de las estacas (Hartmann y Kester, 1976).

En cuanto a los requerimientos nutricionales durante el enraizamiento de las estacas, la aplicación de nutrientes no es necesaria durante la fase de inducción, en vista que las estacas utilizan los nutrientes endógenos transportados basipetamente a partir de los brotes esto es un aspecto relevante de la importancia del óptimo estado nutricional de la planta madre (Mori Da Cunha et al., citados por Gárate Díaz, 2010).

### **Edad de la planta madre**

El factor de juvenilidad es uno de los aspectos más relevantes para el éxito del enraizamiento de estacas. En muchas especies forestales, es la edad ontogénica o fisiológica y no la edad cronológica de las estacas, lo más importante para el éxito del enraizamiento (Hartmann et al., citados por Gárate Díaz, 2010).

Según Díaz (1991), las estacas obtenidas de árboles jóvenes arraigan más fácilmente que las obtenidas de árboles viejos. Un serio inconveniente según Zobel y Talbert (1988), es que las características deseables no se muestran hasta después que la planta ha alcanzado la madurez; por lo tanto es conveniente realizar prácticas que induzcan a rejuvenecerlas.

Según Paton et al., citados por Bennadji et al. (2002) el *Eucalyptus* adulto produciría una sustancia que inhibe la producción de raíces por parte de las estacas y su capacidad de enraizamiento estaría restringida apenas, a un corto periodo de la edad juvenil.

Las dificultades asociadas a la propagación de árboles adultos, hace necesario recurrir a las técnicas de rejuvenecimiento como medida intermedia para poder aplicar el estaquillado en forma operativa y funcional (Zobel y Talbert, citados por Bennadji et al., 2002).

### **Longitud y diámetro de las estacas**

Bañon et al., citados por Gárate Díaz (2010), afirman que la obtención de un sistema radicular de mayor peso seco, por lo tanto de mayor desarrollo, está relacionado con el peso seco de la estaca utilizada; lo que en principio hace pensar de utilizar aquellas de mayor grosor. Probablemente, esto se debe al mayor contenido de sustancias de reserva de la estaca, las que intervienen en el proceso de formación de raíces (Baggio, citado por Gárate Díaz, 2010)

### **Superficie y retención foliar de las estacas**

La presencia de hojas en las estacas, ejerce una influencia estimulante sobre la iniciación de raíces, debido a que son transportadas auxinas y

carbohidratos desde ellas, hasta la base de la estaca (Hartmann y Kester, 1976).

Según Braudeau, citado por Gárate Díaz (2010), los estomas abiertos de las hojas, determinan necesariamente una pérdida de agua por transpiración que se produce por difusión. Es necesario una superficie foliar mínima para asegurar la fotosíntesis, de manera de satisfacer las necesidades correspondientes al desarrollo del sistema radical y a la vida de la estaca. Mencionan que una estaca juvenil sin hojas no puede arraigar. Una estaca que pierde sus hojas en el transcurso del arraigue está igualmente condenada, pues aunque esté empezando a emitir raíces, no podrá desarrollarse.

En este sentido, la hoja debe recortarse a un tamaño tal, que proporcione el mejor balance entre las desventajas de la transpiración y las ventajas de la fotosíntesis (Mesen, 1998).

#### **2.2.2.2. Factores propios del ambiente y el medio de enraizamiento**

##### **Efecto de la iluminación**

Boutherin y Bron, citados por Gárate Díaz (2010), mencionan que un aumento de la intensidad luminosa en la planta madre, aumenta la producción del número de estacas, pero tiene tendencia a reducir ligeramente la capacidad de enraizamiento. Así lo confirman Hartmann y Kester (1976) indicando que, de plantas madres que han recibido luz de baja intensidad se obtienen estacas que enraízan mejor, que aquellas tomadas de plantas madres desarrolladas a luz intensa. Asimismo, los días largos favorecen el enraizamiento debido a que se eleva la tasa de auxinas endógenas en los brotes.

Según Gárate Díaz (2010), es necesario proporcionar sombra al área de propagación, para reducir la irradiación a niveles adecuados (la irradiación máxima en la mayoría de las especies es de 400 a 600 mol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>).

### **Humedad relativa del ambiente**

La condición hídrica de las estacas es gobernada por el balance entre las pérdidas por evaporación a través de las hojas y la absorción de agua por las estacas. Puesto que las estacas carecen de raíces al inicio, deben depender de la retención de su turgencia y de la absorción de agua a través del corte en la base y/o a través de la superficie de las hojas y el tallo (Loach, citado por Gárate Díaz, 2010).

Significa entonces, que para conseguir éxito en el enraizado, es necesario disminuir la transpiración para limitar la desecación de la estaca. Esto se logra manteniendo la humedad del ambiente alta, saturada (95 a 100%) y constante, para reducir al máximo las pérdidas de agua por evapotranspiración, mediante el uso de cámaras cerradas e invernaderos con sistemas de nebulización (Martín y Quillet, citados por Gárate Díaz, 2010).

### **Temperatura del ambiente y del sustrato**

En la mayoría de las especies, para el enraizamiento de las estacas, es satisfactoria una temperatura ambiente diurna de unos 21 a 27 °C, con temperaturas nocturnas de 15 °C. Además, a medida que la temperatura se incrementa (dentro de sus límites), las estacas metabolizan más rápido y enraízan mejor (González, citado por Gárate Díaz, 2010).

Hay una relación directa entre la temperatura del ambiente y del sustrato. Una gran diferencia entre ellas tiene efectos negativos sobre la

rizogénesis, por lo tanto, como regla general, se prefiere que exista una temperatura superior de 2 a 3 °C a favor del sustrato (Boutherin y Bron, citados por Gárate Díaz, 2010).

### **Naturaleza del sustrato**

La naturaleza del sustrato resulta también importante. Se puede considerar un buen sustrato aquel que proporciona un drenaje, aireación y soporte adecuado. Para lograr esta característica se recurre a diferentes tipos de sustratos o mezclas en distintas proporciones. Algunos de los sustratos utilizados son: suelo, arena, turba, vermiculita, perlita, corteza desnaturalizada, aserrín y otros, donde el componente mineral es utilizado para aumentar la proporción de poros para aereación y drenaje (Vargas, 1982).

## **2.3. MICROESTACAS Y MINIESTACAS**

Desde inicios de la forestación clonal en los años 80 del siglo pasado, cuando la propagación de *Eucalyptus* a partir de estacas obtenidas de rebrote, pasó a tener importancia en la silvicultura brasilera, la mayor limitante para su aplicación, se debía a que solo era posible realizarlo en un número limitado de especies y en ciertos clones. Debido a esta limitante que presentaban las estacas de rebrote se han desarrollado métodos alternativos, como las microestacas y miniestacas (Assis, citado por Bennadji et al., 2002).

### **2.3.1. Microestacas**

Esta técnica requiere estructuras más complejas tales como laboratorio de micropropagación, aumentando el costo de producción de las mudas (Assis y Mafia, citados por Xavier y Da Silva, 2010)

Esta técnica fue desarrollada en Brasil, al inicio de la década de los 90 del siglo pasado. La idea se originó a partir de observaciones de que la pérdida en la habilidad de enraizamiento, de estacas obtenidas de rebrotes, disminuye muy rápidamente con la edad del material (ortogenia) (Assis, citado por Bennadji et al., 2002). En 1992 Assis et al. observaron que clones de *E. saligna* y *E. urophylla* que tenían igual porcentaje de enraizamiento in vitro, mostraban niveles diferentes de enraizamiento cuando se propagaban por estacas a partir de setos clonales. Esto indica que existía un factor relacionado al crecimiento del clon, que comprende el periodo entre plantación del jardín clonal y la cosecha del material (6 meses aproximadamente), que sería el responsable de éstas diferencias (Bennadji et al., 2002).

Para verificar ésta hipótesis, Assis et al. (1992) utilizaron microestacas obtenidas de brotes apicales de plantas micropropagadas de *E. saligna*, obteniendo un 30% más de enraizamiento en comparación a estacas tradicionales. De esta manera se aplicó esta técnica mediante el uso de plantas juveniles o rejuvenecidas in Vitro, como fuente de propágulos vegetativos. Estos son llamados micro tocones y los brotes de estos son usados como microestacas (Bennadji et al., 2002).

### **2.3.2. Miniestacas**

Este método surgió en la década de los 90, después de la consolidación de las microestacas como sistema funcional de propagación (Assis, citado por Bennadji et al., 2002).

La técnica de obtención de miniestacas es similar a la técnica de estaca convencional, pero presenta variaciones metodológicas que permiten la optimización del enraizamiento. A partir de la técnica, utilizando brotaciones de plantas propagadas por el método de estaca, se obtiene la propia mini-estaca,

como fuente de propágulo vegetativo. Para ello, después de plantados los plantines propagados por estaca convencional en el mini jardín clonal, se realiza la poda del ápice de brotación de la estaca enraizada. Este plantín emite nuevas brotaciones (miniestacas) que son colectadas para el enraizamiento (Xavier y Da Silva, 2010).

### **2.3.3. Ventajas del uso de micro y miniestacas**

Beneficios operativos: existe un importante ahorro en comparación a un banco clonal en lo que respecta a fertilización, riego, control de malezas y transporte de material vegetativo, ya que todas las actividades se concentran en pequeñas áreas cerradas donde la cantidad de químicos aplicada es reducida (Bennadji et al., 2002).

Habilidad de enraizamiento: esta es muy superior que en las estacas de rebrote, debido al alto grado de juvenilidad y al mejor estado nutricional de los tejidos, lo cual mejora la predisposición a enraizar y la velocidad de enraizamiento, lo cual es muy beneficioso por reducir a la mitad el tiempo de permanencia en el vivero, así como de exposición al ataque de hongos (Bennadji et al., 2002).

Mejora el sistema radicular: con una tendencia a la formación de un sistema radicular pivotante, en contraste al hábito lateral que predomina en las raíces formadas en estacas de rebrotes (Bennadji et al., 2002).

Homogeneización fisiológica: se eliminan los efectos de topófitis (persistencia de algunas características del árbol según el lugar donde se cosechó) como causante de importantes variaciones intraclonales en crecimiento y reducción de enraizamiento (Bennadji et al., 2002).

## **2.4. ANTECEDENTES DE LA MACROPROPAGACIÓN**

A continuación se detallan los primeros registros de la macropropagación a nivel mundial, regional y nacional para los países pioneros en esta técnica, haciendo hincapié en Brasil, Argentina, Chile y Uruguay.

### **2.4.1. La macropropagación a nivel mundial**

En base a los antecedentes, según Sánchez (1988) podemos dividir el desarrollo de la propagación agámica de los *Eucalyptus* en 3 etapas:

- una primera en la que se pretende la propagación en sí, con especial interés en el mejoramiento, la cual podemos delimitar desde la década del '30 hasta los '60 del siglo XX;
- una segunda etapa en la que el objetivo era mixto entre mejoramiento y la propagación comercial, la que llegó hasta fines de la década del '70;
- finalmente una tercera, en la que se desarrollan los métodos con destino comercial, que inicia a fines de la década del '70, y toma su mayor auge en la década del '80 hasta la actualidad.

Década del '30: en el caso específico del género *Eucalyptus*, los primeros antecedentes de propagación vegetativa se sitúan en los trabajos de propagación de *Eucalyptus citriodora* de Larina, en el año 1939 en Rusia. Posteriormente otro ruso, Ivashchenko, en el año 1939 logra propagar al *E. tereticornis* y *E. cinerea* por estacas con un 40% de enraizamiento (Carpinetti, citado por Bennadji et al., 2002).

Década del '50: la escuela francesa tiene sus principales antecedentes en el año 1951 cuando Bauvier en Azemaur (Marruecos), logra enraizar ramas en macetas, y posteriormente su hermano Bauvier retomó estos ensayos en Port Lyaney, logrando enraizar a *E. gomphocephala* (Carpineti 1996, Bennadji et al. 2002). Es a partir de estos antecedentes que entre 1954 y 1956 Franclet, en Marruecos, logra alentadores resultados (70% de enraizamiento) trabajando con *E. sideroxylon*, *E. benthamii* y *E. globulus*, entre otros. Estos estudios son considerados por Chaperon como la base de los trabajos actuales (Sánchez, 1988).

Década del '60: en esta comienza la propagación por tasas de multiplicación más elevada, es así como en 1960 Giordano en Italia logra enraizamientos del 80% en *E. camaldulensis* mediante el empleo de neblinas. En 1961 Felman describe experiencia en Israel con *E. camaldulensis* pero que no alcanzan tasas satisfactorias. En Australia, Pryor y Willing (1963) comienzan a trabajar con clones de *E. grandis*. Al poco tiempo en Argentina, Marcavillagay Montald en INTA Castelar logran 70% de enraizamiento por estacas de *E. camaldulensis* y un 25% por acodos aéreos. En este mismo año en India Mahmood realizó experiencias en ese tema. En 1965 Franclet publica las conclusiones hasta esa época de la multiplicación de *E. camaldulensis* en Marruecos (Sánchez, 1988).

En 1969 Martin inicia sus trabajos en propagación en el Congo, Brazzaville en el Centre Technique de Forestation Tropical (Carpineti, citado por Bennadji et al., 2002).

Década del '70: es Davison en 1973 el primero en lograr el enraizamiento a gran escala con el *Eucalyptus deglupta* en Nueva Guinea. Con

pequeñas modificaciones el método se aplica en la costa húmeda de Brasil en la empresa Aracruz (Ikemori, citado por Bennadji et al., 2002).

En 1977 esta técnica en el Congo permite, la producción masiva de *Eucalyptus* híbridos en el Centre Technique de Forestation Tropical (C.T.F.T) gracias al trabajo de Martin et.al, marcando este hecho la difusión masiva de una tecnología perfectamente ajustada (Carpineti, citado por Bennadji et al., 2002).

En el año 1979 se logró implantar 3000 ha de *Eucalyptus* en el Congo y Aracruz comienza a producir 1.000.000 de plantas en Brasil. Al mismo tiempo Cimetral Florestas de Minas Gerais sigue el ejemplo de Aracruz, mostrando ya una expansión de la forestación clonal (Carpineti, citado por Bennadji et al., 2002).

Década del '80: debido a los excelentes resultados obtenidos en Brasil, Congo y Sudáfrica, las experimentaciones se continuaron en países como España, Portugal, Italia, India y USA. Se producen en el mundo millones de plantas por el sistema de estaquillado, principalmente con especies subtropicales como el *E. grandis* y en menor proporción, pero en aumento, especies templadas como el *E. globulus* (Chaperon, citado por Bennadji et al., 2002).

Según Sánchez (1988) hay empresas en 1987 que utilizan ampliamente este sistema de propagación de plantas por estacas, llegando a altas producciones anuales.

Cuadro No. 1. Producción de *Eucalyptus sp.* en la década de 1980

EMPRESA Y PAÍS	PRODUCCIÓN ANUAL DE ESTACAS
Belgo Mineira (Brasil)	21 millones
Cia. Vale do Río Doce (Brasil)	20 millones
Aracruz (Brasil)	16,8 millones
Duretex (Brasil)	15 millones
Champion (Brasil)	10 millones
Jari (Brasil)	10 millones
Klabin (Brasil)	10 millones
HL and L products (Sudáfrica)	16 millones
Mondi Forest (Sudáfrica)	7 millones
UAIC-CTFT (Congo)	5 millones
Celbi (Portugal)	7 millones

Fuente: modificado de Sánchez (1988).

#### 2.4.1.1. Antecedentes en Sudáfrica

Como resultado de la gran publicidad de la exitosa historia de Aracruz, la forestación clonal interesó a compañías sudafricanas importantes en 1982, y coincidió con la rápida expansión de la pulpa, el papel y la industria minera (Denison et al., citados por Bennadji et al., 2002).

Mondi Forests, una división de Mondi Paper Company Limited, se propuso hacer mejoramiento de árboles en 1968. El objetivo era manipular la considerable variación genética en las especies de árboles comerciales cultivadas con el fin de mejorar la calidad y la productividad (Denison y Quaille, 1987).

En 1987, clones provisionales, con potencial de alta performance fueron producidos en masa en estaqueros de multiplicación clonal y abastecieron a la plantación. En ese momento, los estaqueros constaban de 180.000 plantas individuales de 50 clones diferentes en Zululand y 35.000 plantas individuales de 30 clones diferentes en el Transvaal (región subtropical de lluvia de verano).

El vivero de Zululand, producía de 6 a 7 millones de plantas por año para la región de Natal y Zululand, y el vivero de Transvaal producía 1,2 millones de plantas por año para las regiones subtropicales de Transvaal y Swaziland (Black y Handreck, 1990).

Híbridos interespecíficos son cada vez más importantes para la industria forestal de Sudáfrica. En 1993, los híbridos de los *Eucalyptus* tropicales son los más destacados. Miles de hectáreas de plantaciones clonales han sido establecidas. Las combinaciones híbridas más comunes son *Eucalyptus grandis* cruzado con *E. camaldulensis*, *E. urophylla* y *E. tereticornis* (Denison y Kietzka, 1993).

Estos híbridos han permitido extender la plantación de árboles en zonas tradicionalmente consideradas fuera de sitio para plantaciones forestales. En estos sitios marginales, el crecimiento y la supervivencia de los híbridos superaron a las especies puras, y son consistentemente más resistentes a enfermedades, plagas, frío, calor y sequía. A su vez la densidad básica de la madera del híbrido es generalmente más alta que la de *E. grandis* puro, y está influida por la edad y el sitio, que afectará la edad de la cosecha (Denison y Kietzka, 1993).

El *E. tereticornis* produjo un incremento anual promedio de 12 m<sup>3</sup>/ha en 6 años. Cuando se hibridizó con *E. grandis*, algunos individuos seleccionados del híbrido propagado por estacas tuvieron una notable productividad de 35 m<sup>3</sup>/ha por año sobre un periodo similar de 6 años. Basándose en la capacidad de enraizamiento y la performance temprana de forma de crecimiento, en 1990, 50 de los clones híbridos de Mondi han sido seleccionados y fueron multiplicados en estaqueros, para proveer de estacas a plantaciones operacionales (Handreck y Black, 1990).

#### **2.4.1.2. Antecedentes en Portugal**

La compañía portuguesa Stora Celbi inició su programa de forestación clonal en 1985, siendo la primer compañía en producir estacas de *E. globulus* en Portugal. Desde 1985 hasta 1992, su estrategia clonal fue desarrollar clones por medio de estacas; la investigación de la macropropagación resultó en una producción exitosa durante todo el año con un enraizamiento promedio de 70%, logrado en por lo menos 8 meses del año (Mac.Rae et al., citados por Álvarez y Decarlini, 1998).

Desde 1985 hasta 1992, la estrategia clonal de Stora Celbi fue desarrollar clones de *Eucalyptus globulus* por medio de estacas de tallo. Esta compañía construyó un nuevo vivero de producción comercial en la costa central de Portugal, para permitir la propagación de clones de *E. globulus* todo el año, partiendo de plantas madre en contenedores dentro de invernadero. La investigación de la macropropagación en esta forma, resultó en una producción exitosa durante todo el año, de clones de segunda generación. La producción fue por medio de estacas de tallo, con un enraizamiento promedio mayor al 70% (Mac.Rae et al., citados por Álvarez y Decarlini, 1998).

Cotterill y Bridbergs, citados por Bennadji et al. (2002), reportaron que de generación en generación los plantines de semilla tienden a superar en crecimiento a los clones macropropagados. Esto contradice el supuesto de que las ganancias genéticas deberían ser incrementadas por la clonación. Este pobre crecimiento de las estacas clonales a conducido a Stora Celbi a abandonar su programa clonal comercial hasta tanto se pueda llevar a cabo más investigaciones al respecto (Mac.Rae et al., citados por Álvarez y Decarlini, 1998).

Desde 1995, otras compañías han comenzado a plantar áreas bastante extensas; la empresa Soporcel (1996) trabajando con *E. globulus* alcanzó mejoras del orden del 30% en los mejores sitios y del 70% en los menos fértiles en relación al material de semilla (Rui Souza, citado por Bennadji et al., 2002).

En España y Portugal el problema del ataque del insecto *Phoracantha semipunctata* en plantaciones de *E. globulus* es salvado con el uso de híbridos tales como *E. camaldulensis* x *E. globulus* (Carpineti, 1996).

#### **2.4.1.3. Antecedentes en Brasil**

La importancia de la forestación en Brasil según el consejo de información de biotecnología, se da a partir de los 60, conforme a datos de la evolución constante del área plantada. En 1868 se introdujeron las primeras plantas a Río Grande del Sur. En 1903 el Ingeniero Agrónomo Eduardo Navarro de Andrade (considerado un pionero de la reforestación en Brasil) da inicio a las investigaciones sobre *Eucalyptus* en la Compañía Paulista de Estradas de Ferro. En 1950 el *Eucalyptus* pasa a ser plantado para la obtención de materia prima para el abastecimiento de fábricas de papel y celulosa, y en 1967 con la demanda creciente de madera en el país nace el programa de incentivos del estado (Dittgen et al., 2008).

De este modo según Campinhos y Silva, citados por Bennadji et al. (2002), la compañía Aracruz Forestal, situada en la región costera tropical húmeda, inicia su programa de plantación en el estado de Espírito Santo, utilizando las mismas especies cultivadas en las regiones sur y sureste de Brasil. Estas plantaciones presentaron alta susceptibilidad al cancro *Cryphonectria cubensis*. En 1974 fueron estudiadas por Tomazello en relación a la resistencia al cancro, estableciéndose pautas para la producción del híbrido *E. grandis* por *E. urophila*, que se denominaría "*Eucalyptus urograndis*". A partir

de aquí se despertó el interés por el estudio de reproducción asexual, atendiendo el aprovechamiento de los árboles híbridos resistentes al cancro y superiores en crecimiento y forma del tronco (Ferreira y Santos, citados por Bennadji et al., 2002).

En 1974 Poggiani y Suiter, estudiando el enraizamiento de estacas de *Eucalyptus* en invernadero con riego por aspersión, establecen las bases de la macropropagación vegetativa y desarrollan un método de propagación con estacas colectadas de cepas (Ferreira, citado por Bennadji et al., 2002).

A mediados de 1975, en las regiones sur y sureste del Brasil, ocurrieron intensas heladas provocando fuertes pérdidas en las plantaciones de *E. saligna* y *E. grandis*. Estudios posteriores realizados en esas plantaciones permitieron seleccionar árboles superiores y resistentes a las heladas, que resultaron ser híbridos íter-específicos y su desarrollo dependía del uso de técnicas de reproducción vegetativa (Ferreira y Santos, citados por Bennadji et al., 2002).

Comercialmente, la producción masiva de mudas clonales comenzó en la región litoral de Espírito Santo, en 1979, estableciéndose 1.000 ha en Aracruz, y extendiéndose luego a otras regiones de Brasil (Campinhose y Ikemori, citados por Higashi et al., 2000a). En 1989 el programa anual de la empresa era de 15.000 ha. En 1990 alcanzó los 110 millones de árboles por medio de estacas enraizadas (Ferreira, citado por Moreira, 2010).

En el periodo que va de 1976 a 1990, las empresas integrantes del sector de la celulosa y el papel pasan a dar prioridad a la silvicultura intensiva clonal por los altos rendimientos obtenidos a corto plazo y por los beneficios administrativos, cualitativos y económicos que ésta ofrece a la producción (Ferreira y Santos, citados por Bennadji et al., 2002). En Aracruz, 1984, los rendimientos iniciales medidos con material de semilla se encontraban en 33

m<sup>3</sup>/ha/año. Con la utilización de clones híbridos se llegó a 70 m<sup>3</sup>/ha/año, mejorando un 112% la productividad. Asimismo se mejoró la calidad de la materia prima utilizada aumentando la densidad de la madera en un 25% y de la celulosa un 6% (Carpinetti, citado por Bennadji et al., 2002).

En los últimos 20 años, los jardines clonales, tuvieron una evolución muy grande en su forma, como en la reducción del área, aumentó la productividad y reducción de tamaño de la estaca. A continuación se presenta un cuadro en el cual se compara la producción de estacas, y su evolución observándose una reducción en el área y un aumento en la producción (Higashi et al., 2002).

Cuadro No. 2. Evaluación de jardines clonales para la producción de estacas

Lugar	Espaciamiento	Edad de la primera poda (días)	Frecuencia de colecta (días)	Tamaño de la estaca (cm)	Productividad media (estacas/m <sup>2</sup> /año)	Época
Campo	3 x 3 m	540	30-40	10-15	114	Década de 80
Campo	1 x 1,5 m	180	40-60		121	Inicio de 90
Campo	0,5 x 0,5	30-40	40-60	6-8	1752	1995-99
vivero	Tubete (55 cm <sup>3</sup> )	30-40	15-20	2-3	29200	1996
vivero	0,1 x 0,1 m (Sist. Hidropónico)	20-30	7-15	2-3	41480	1999

Fuente: modificado Higashi et al. (2002).

Inicialmente, los jardines clonales eran plantados a una razón de 1:100, o sea, para plantar 100 ha era necesaria un área de 1 ha de jardín clonal (Campinhos et al., citados por Higashi et al., 2000).

Campinhos, citado por Higashi et al. (2000), propone un método de plantación más densa para los jardines clonales, con 40.000 plantas/ha, en la región de Aracruz, Espírito Santo.

La Bahia Sul Celulose, optó a partir de 1990 por utilizar a gran escala el jardín clonal en sustitución al banco clonal. La plantación en el jardín clonal era

de 1,0 x 1,5 m y el corte era realizado a los 6 meses de edad, a una altura aproximada de 30 cm del suelo. Eran realizadas 6 colectas por cepa, siendo la primera a los 55-60 días después del corte, y las demás, 40 a 50 días después de la colecta anterior. En el banco clonal, el rendimiento fue de 75 estacas por cepa cuando se realizó una única colecta y 150 estacas por cepa cuando fueron realizadas 3 colectas. En el jardín clonal, el rendimiento medio fue de 25 estacas/cepa en cada una de las 6 colectas, totalizando 150 estacas (Carvalho et al., citados por Higashi et al., 2000).

Con el proceso de rejuvenecimiento proporcionado por la propagación in vitro (Higashi et al., 2000), otros sistemas de jardines clonales fueron desarrollados. Los trabajos originados por Assis et al., citados por Higashi et al. (2000) utilizan plantas rejuvenecidas in vitro como fuentes de propágulos vegetativos. Ápices caulinares de éstas plantas son colectados y utilizados como microestacas, las cuales son colocadas para enraizar sin condiciones de invernáculo. La poda continua de éstas plantas, forma nuevos ápices, que son fuente de propágulos vegetativos, para producción de plantines.

Siguiendo esta tendencia, otros trabajos fueron realizados, donde los jardines clonales se localizaron dentro de los viveros, con altos grados de productividad y enraizamiento (Iannelli et al., citados por Higashi et al., 2000).

En 1996, un grupo de investigadores de IPEF/ESALQ-USP inicio estudios con plantas originadas por macropropagación, con la misma técnica de microestacas, pero, en recipientes mayores y ambiente protegido, usando un sistema hidropónico. Varios sistemas hidropónicos fueron testeados "floating"; cajas de fibra de vidrio con substrato de resina fenólica, "piscinas" de fibra de vidrio con tubos de PVC con substrato de tipo arena gruesa o resina fenólica. Este sistema fue denominado minijardín clonal (Higashi et al., 2002).

La primera empresa forestal en iniciar un estudio piloto en este sistema de minijardín clonal fue Votorantim Papel e Celulose, en 1997, y empresas como Lwarcel, Ripasa y Cenibra adoptaron operativamente la nueva tecnología. Estas empresas optaron por la instalación de canaletones de fibro-cemento, sustrato tipo arena gruesa, y riego por goteros con solución nutritiva (Higashi et al., 2000).

De 1990 en adelante, Brasil es referencia mundial de la producción de *Eucalyptus* (Navarro, citado por Moreira, 2010). Higashi et al. (2000) definió las franjas adecuadas de nutrientes en solución nutritiva de mini/microjardín clonal de *Eucalyptus*, así como también los parámetros importantes para el manejo y preparación de la solución nutritiva, los cuales deben corregirse de acuerdo a las exigencias nutricionales del material genético y a la época del año en que se realiza el monitoreo.

#### **2.4.1.4. Antecedentes en Chile**

En forma posterior a la introducción del *Pinus radiata*, se probaron diversas especies forestales desde la década de 1960 hasta el presente, con lo cual se generaron nuevas alternativas, dentro de las cuales la más exitosa ha sido el *Eucalyptus globulus*. Junto con ello, existen experiencias con diversas especies, aunque menos exitosas. Dentro de éstas, se encuentra el *Eucalyptus nitens* y algunas otras de menor importancia. A partir de 1979 se comenzó a plantar *Eucalyptus*, en 1984 la superficie forestada con éste ascendió a poco más de 50 mil ha, y en 1993 superó las 200 mil ha, alcanzando en el 2004 las 500 mil ha representadas mayormente por *E. globulus* (Luraschi, 2007).

Durante 1994, en la empresa FAMASA se inició el primer programa de plantaciones clonales estableciendo 80 ha con *E. globulus*, luego de investigaciones en cuanto a hormonas de enraizamiento, sustratos y otros

parámetros. La producción anual se incrementó progresivamente desde 1994 a 2000, a pesar que la habilidad de enraizamiento presentaba comportamientos erráticos. Al 2001 la empresa ha plantado alrededor de 2.200 ha de clones con un porcentaje de enraizamiento promedio de 57% (Sanhueza, citado por Bennadji et al., 2002).

Al principio, los clones fueron enviados a los sitios de mayor productividad, pero en la actualidad, conociendo el potencial de clones específicos, estos se pueden asignar a áreas particulares (Sanhueza y Griffin, 2001).

Se realizaron ensayos clonales de evaluación para probar material de pedigrí, en años recientes se hicieron cruces controlados principalmente élite y algunos híbridos inter-específicos (Sanhueza y Griffin, 2001).

Cada año, más de 600 nuevos clones se ponen a prueba. Los clones se seleccionan de forma secuencial en el enraizamiento, capacidad de crecimiento, volumen, forma, resistencia al frío, densidad básica de la madera y producción de pulpa. Otros criterios son la firmeza al viento, estado general de salud y sus características fundamentales (Sanhueza y Griffin, 2001).

Desde 1994, la ganancia genética en el volumen del germoplasma australiano Jeeralang ha aumentado drásticamente desde 2 hasta 24% estimado para el año 2001 (Sanhueza y Griffin, 2001).

#### **2.4.1.5. Antecedentes en Argentina**

La técnica de macropropagación, luego de los trabajos pioneros de Marcabillas y Montaldi (1964), no se reanudó hasta que en el año 1977 en la Estación Experimental Concordia del INTA, donde los Ing. Agr. Marcó y Glade

demuestran la facilidad de usar esta tecnología en una cabina de propagación de diseño propio (Carpinetti, 1996).

Posteriormente en el año 1983, luego de haber finalizado el convenio de cooperación INTA-IFONA-Provincia de Entre Ríos, Marcó y Sánchez desarrollaron la idea del túnel de propagación, sistema que por diversas razones de índole práctico no se difundió en su empleo (Carpinetti, 1996).

Argentina tiene para ese entonces (1987), la necesidad de probar nuevas introducciones de especies y procedencias de *Eucalyptus* y es comprensible que no se tuvieran otras poblaciones bases de selección que las provenientes de semillas obtenidas de la región de Concordia, y de la cual derivan las primeras plantaciones de *Eucalyptus grandis* (Carpinetti, 1996).

Es a partir de los 90, cuando la micro y macropropagación se integran a un plan de Mejora Forestal (INTA-Concordia). En 1996 INTA Castelar, EEA Concordia y EEA Bella Vista, la Universidad de la Plata y la Universidad del Cayo, trabajan en investigación utilizando las técnicas de micro y macropropagación en diferentes especies de *Eucalyptus* (Carpinetti, 1996).

La empresa forestadora Tapebicuá trabajó en las diferentes técnicas de macropropagación desde la década de los '80 hasta la actualidad, en experiencias piloto logrando el desarrollo de una tecnología eficaz que le permitió, en poco tiempo plantar las primeras hectáreas clonales de *E. grandis* en Corrientes. Otro ejemplo de la actividad privada es el de la empresa Iberpapel Argentina S.A., que actualmente trabaja en la propagación clonal de *E. globulus* en la localidad de Colón (Carpinetti, 1996).

Entre 1997 y 1999 Forestal Argentina S.A. inició la selección de individuos sobresalientes en plantaciones comerciales de su propiedad a

efectos de contar con un primer set de ejemplares sobresalientes que alimenten las primeras etapas del programa de propagación clonal de la Empresa. El rescate y movilización de los selectos se realizó apeando los mismos a tocón alto. Cuando los rebrotes tuvieron el tamaño adecuado fueron cosechados y propagados utilizando macroestacas (75% de los selectos fueron propagados en el INTA Bella Vista y 25% en el INTA Concordia). De las copias vegetativas obtenidas una parte fue destinada a áreas de conservación y otra parte (68 clones) fue entregada al laboratorio de cultivo de tejidos del INTA Bella Vista (López, s.f.).

#### **2.4.2. Antecedentes a nivel nacional**

El rubro forestal es relativamente nuevo en Uruguay, se estima que el *Eucalyptus* fue introducido por el año 1850 vía Cabo de Buena Esperanza, al sur de África. Inicialmente se usaba como barrera de protección y abrigo para el ganado y luego como combustible para los hogares y fábricas, gracias a su buena producción de madera (Sánchez, 1999).

La Estación Bernardo Rosengurtt en Bañado de Medina es el lugar físico donde hace más de 40 años se comenzaron los primeros trabajos de investigación, realizándose los primeros ensayos de introducción de especies para el género *Eucalyptus* en 1959 por el Ingeniero Agrónomo Krall (Gallo y Escudero, 2011).

A su vez los primeros avances en propagación vegetativa fueron realizados a partir del 1990, a nivel privado por empresas como Eufores, Mundial Forestación, Cofusa, Weyerhauser, y Forestal Oriental, y a nivel

institucional por INIA Tacuarembó, siendo éste último el único que dio a conocer su evolución públicamente.<sup>1</sup>

Durante la ejecución del proyecto INIA-JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, 1993-1998), se desarrollaron técnicas de macropropagación (estacas, injertos y acodos) según el estado de avance de las acciones de mejoramiento genético de *E. grandis*, *E. globulus* ssp *globulus* y ssp *maidenii* (Bennadji et al., 2002).

Dichos ensayos se continuaron desde 1993 a la fecha. El objetivo general de ésta línea de trabajo, es establecer un paquete tecnológico comprobado para la producción de plantas madre, con el fin de instalar un banco clonal modelo. Esto es para retroalimentar a largo plazo, las otras líneas de investigación, la generación de genotipos valiosos y la posterior transferencia de tecnología de producción masiva de estacas para fines de implantación comercial a nivel de producción forestal (Bennadji et al., 1998). A continuación se presenta una síntesis cronológica de estos trabajos.

Cuadro No. 3. Síntesis de ensayos de macropropagación realizados por el INIA

AÑO	ESPECIE	MATERIAL MADRE	PARÁMETRO	RESULTADOS
1993	<i>E. grandis</i>	Introducciones de Australia	Tasa de prendimiento. Sobrevivencia. Formación de callo	0 a 90 % de enraizamiento
1994	<i>E. grandis</i> <i>E. globulus</i> <i>E. maidenii</i>	Introducciones de Australia. Progenies de	Tasa de prendimiento. Sobrevivencia.	6 a 80 % 0 a 60 % 4 a 40 %

<sup>1</sup> Forestal Oriental. 2009. Producción de plantines de *Eucalyptus*; presentación (sin publicar)

		árboles "plus"	Formación de callo	
1995	<i>E. grandis</i> <i>E. globulus</i> <i>E. maidenii</i>	Introducciones de Australia. Progenies de árboles "plus" Rebrotos de cepas de progenie de árboles "plus"	Ídem. 1993	Confirmación a gran escala de resultados de 1993
1996	<i>E. grandis</i> <i>E. globulus</i> <i>E. maidenii</i>	Ramas del banco clonal. Rebrotos de cepas. Introducciones de Australia	Tasa de prendimiento. Sobrevivencia. Formación de callo	Ídem. 1995
1997	<i>E. grandis</i>	Rebrotos del banco clonal	Tasa de prendimiento. Sobrevivencia. Formación de callo	0 a 80 %
2000	<i>E. grandis</i>	Ramas adultas de árboles "plus"	Tasa de prendimiento. % de Sobrevivencia	39 % 0,2 %

Fuente: modificado de Bennadji et al. (2002).

A partir del año 2002 se decide trabajar con la técnica de estaca para el rescate de los genotipos selectos, lo que implica el tronchado de árboles para provocar el rebrote de material juvenil. Como al tronchar los árboles se corre el riesgo de perder las cepas se decide comenzar a tronchar aquellos que presenten alguna réplica en buen estado lograda por el método de injerto (Trujillo, 2005).

En primer lugar se procede a la verificación de la superioridad de los árboles seleccionados y luego se realiza el tronchado de los árboles (Trujillo, 2005).

Cuando los rebrotes de cepa alcanzan un grado de rustificación suficiente (aproximadamente a los 3 meses) se cosechan para realizar las estacas. La colecta del material se efectúa en las primeras horas de la mañana y las estacas se cortan en el campo, sumergiéndolas inmediatamente en agua para disminuir las pérdidas por evaporación durante el transporte (Trujillo, 2005).

Las estacas consisten en segmentos nodales de 6 a 8 cm de largo, con 2 o 4 yemas axilares y con la lámina foliar seccionada a la mitad transversalmente para reducir el área de transpiración. Cada estaca debidamente identificada es estaqueada en bandejas con sustrato. El sustrato consiste en 50% de corteza de pino compostada y 50 % cáscara de arroz quemada. Las estacas se mantienen en invernáculo bajo riego por aspersión y temperaturas que promedian entre los 25°C y 35°C. Al cabo de dos meses se evalúa el porcentaje de estacas con raíz (Trujillo, 2005).

En cuanto a las micro estacas en el caso de *Eucalyptus grandis* se eligen ramas de aproximadamente 3 cm de diámetro que se encuentren en las porciones más bajas del árbol. Estas ramas se cosechan con el uso de escaleras o elevadores hidráulicos, se identifican y se acondicionan en el invernáculo para mantener condiciones de temperatura y humedad controladas (Trujillo, 2005).

Aproximadamente a los 30 días las yemas que se encuentran debajo de su corteza, (yemas epicórmicas) se desarrollan emitiendo uno o varios brotes. Estos nuevos brotes son desinfectados cuidadosamente para ser introducidos in vitro. Para crecer en estas condiciones los explantos necesitan un medio de cultivo que les ofrezca nutrientes, reguladores de crecimiento y sostén. Estos medios están usualmente constituidos por sales inorgánicas (macro y

micronutrientes), una fuente de carbono (sacarosa), algunas vitaminas, reguladores de crecimiento (relaciones óptimas de auxinas y citokininas) y un agente solidificante (agar, fitigel) que le dé soporte a los explantos (Trujillo, 2005).

Una vez colocados los explantos en el medio de introducción, permanecen en él por aproximadamente 40 días, para luego pasar a la etapa de multiplicación (Trujillo, 2005).

A comienzos del 2009 comenzó sus actividades el laboratorio de micropropagación de Forestal Oriental. Laboratorio con fines productivos y exclusivos para el trabajo del género *Eucalyptus*. Más precisamente las especies *E. grandis* y *E. dunnii*. El impulso de este proyecto fue con el fin de cumplir tres objetivos principales. La pre multiplicación de clones promisorios en evaluación por el Programa de Mejoramiento Genético, establecimiento del banco de germoplasma de clones elite y producción de plantas madres revigorizadas y rejuvenecidas (Gasparri, 2012).

Los motivos por los que se produce la instalación de un laboratorio, son las ventajas que posee esta técnica, explotando principalmente el rejuvenecimiento de los tejidos, que impactará en la tasa de enraizamiento de estacas (Gasparri, 2012).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

El objetivo del trabajo es caracterizar la producción agámica de *Eucalyptus* en el Uruguay.

Para obtener la información se realizó una entrevista semiestructurada, las preguntas, desarrollo e interpretación se planificaron previamente, pero con un cierto grado de libertad de acción para abordar temas que pueden surgir durante la misma, en la que se utilizó un protocolo para facilitar al entrevistador seguir un modelo preestablecido (ver anexo).

Dicha entrevista se divide en dos partes, en la primera se agrupan datos generales del vivero y en la segunda se caracteriza la macropropagación a nivel práctico.

También se realizó una visita guiada por las instalaciones de los viveros, en la que los Ingenieros Agrónomos Federico Rey en el caso de Forestal Oriental y Juan Pedro Posse en Weyerhaeuser explicaron la forma de producción actual de la empresa, permitiendo obtener información extra a la planteada en la entrevista.

#### **3.1. ÁREA DE ESTUDIO**

El siguiente trabajo se llevó a cabo en los viveros Santana y San Francisco (Forestal Oriental) y el vivero Tres Cruces (Weyerhaeuser Productos S.A.), tomándose estos como referentes para caracterizar la propagación agámica con destino celulosa del sector litoral y aserrado del sector norte del país respectivamente.

El vivero “San Francisco” se ubica en Paysandú, a orillas del arroyo San Francisco a sólo diez kilómetros del puente que une la ciudad uruguaya con la entrerriana Colón.

Figura No. 1. Ubicación y foto satelital del vivero San Francisco



Fuente: adaptado de Google (s.f.).

El 27 de abril de 2012 Forestal Oriental inauguró el moderno vivero Santana sobre la ruta 4, 14 kilómetros al este de la localidad de Guichón en el Departamento de Paysandú.

Figura No. 2. Ubicación y foto satelital del vivero Santana



Fuente: adaptado de Google (s.f.).

El vivero Tres Cruces, se ubica en del Departamento de Tacuarembó, ruta 5, kilómetro 400,500 próximo a la planta de Plywood perteneciente a la misma empresa.

Figura No. 3. Ubicación y foto satelital del vivero Tres Cruces



Fuente: adaptado de Google (s.f.).

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

#### **4.1.1. Forestal Oriental**

Forestal Oriental S.A. es la empresa forestal de UPM (antiguamente el grupo Botnia), actualmente cuenta con dos modernos viveros, “San Francisco” y “Santana”. Con una infraestructura capaz de producir de 35 millones de plantines al año para sus plantaciones y la de los productores asociados al Programa de Fomento.

Los viveros San Francisco y Santana se caracterizan por estar equipados con tecnología de punta que determina genética de calidad clave para el éxito de la empresa. Su objetivo es producir los mejores ejemplares de *Eucalyptus*, homogéneos, con buenas raíces, capaces de soportar las inclemencias climáticas y lo más importante, que su madera tenga la aptitud esperada para obtener celulosa de gran calidad, aumentando a su vez el rendimiento por hectárea.

#### **4.1.1.2. San Francisco**

El moderno establecimiento tiene una trayectoria de 23 años de investigación y desarrollo en genética forestal. En sus inicios en 1991 estaba previsto producir 8 millones de plantas de *Eucalyptus* al año, pero luego esa cifra se modificó cuando en el 2003 Botnia se instaló generando la necesidad de aumentar la plantación.

De tal forma en el año 2013 se obtuvo una producción de 20 millones de plantines, en un área de producción de 50.575 m<sup>2</sup> 12 casas de enraizado de (1 hectárea), 38 invernáculos de cría (1 hectárea) y 3 invernáculos de mini

jardín (1 hectárea). Trabajando con un personal que ronda los 150 empleados, en general de la zona y en su mayoría mujeres.

#### **4.1.1.2. Santana**

El 27 de abril de 2012 Forestal Oriental inauguró un moderno vivero denominado “Santana” en honor al arroyo de la zona.

Emplea a más de 130 personas en forma directa, cuenta con un área de producción de 55.050 m<sup>2</sup> y es capaz producir 15 millones de plantines de *E. dunnii* al año.

Este vivero posee un control ambiental centralizado a través de una computadora y software que monitorean los diferentes parámetros ambientales en los invernaderos, comanda el sistema de riego y el sistema de control de ambientes, emitiendo alarmas de ser necesario y manteniendo registros de todo lo que sucede en los invernaderos.

Las labores que las plantas requieren son efectuadas en los galpones de selección y de expedición que cuentan con excelentes condiciones tanto para las plantas como para el trabajo de los funcionarios.

Toda el agua de lluvia que cae sobre los invernaderos es capturada y enviada al estanque para su posterior utilización por el sistema de riego. El exceso de agua con fertilizante es reutilizado previo a un tratamiento sanitario mediante ozono; mezclándola luego con agua fresca y volviendo a ser utilizada en el riego de las plantas.

Esta inversión de 18 millones de dólares significa otro gran paso dentro del proceso de inversiones de UPM en el país.

#### **4.1.2. Weyerhaeuser**

Weyerhaeuser Productos S.A establece su filial en forma absoluta con el 100% de COLONVADE S.A. y LOS PIQUES S.A. en el año 2006, y en octubre de 2009 se obtuvo la primera cosecha del vivero Tres Cruces.

##### **4.1.2.1. Tres Cruces**

El vivero Tres Cruces se caracteriza por no representar un negocio en sí mismo desde el punto de vista económico, sino que la ganancia de este es una mejor forestación, con plantaciones más productivas ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) y de mejor calidad, ya que son una empresa de madera sólida que planta 550 plantas/ha, evitando que los clones superen las 5 mil hectáreas de campo para no correr riesgos sanitarios.

Actualmente tiene una capacidad de producción de 3 millones de plantines por año (pero se estima que ésta podría ser inclusive de 4 millones y medio), en un área de producción bajo invernáculo próxima a la hectárea (6 casas de enraizado con  $2.304 \text{ m}^2$ , área de pinchado  $192 \text{ m}^2$ , 9 invernáculos de cría  $3.456 \text{ m}^2$  y 6 naves de jardín clonal de  $3.456 \text{ m}^2$  en total). Con 25 empleados permanentes y personal zafra en tiempos de alta producción.

#### **4.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

A continuación se detallaran los avances cronológicos en relación a incorporación de tecnología y medidas de manejo asociadas a la producción de plantines para los viveros relevados.

#### **4.2.1. Forestal Oriental**

En 1990 Shell y UPM-Kymmene fundan la empresa Forestal Oriental, y en 1991 comienzan las plantaciones y programas de mejoramiento genético, a la vez que se funda el vivero San Francisco.

Es a partir de 1997 que Forestal Oriental comienza a poner énfasis en la propagación vegetativa, ya que anteriormente hubo algunos intentos pero con poco resultado.

Hasta el 1997, se realizaba un manejo extensivo de plantas madre, el cual fue desarrollado por CTFT en el Congo, posteriormente fue adoptado por las empresas en Brasil y finalmente por el Vivero San Francisco. Este tipo de propagación es la que se conoce como macropropagación, debido a que parte de una cepa a campo y el tipo de estaca que se obtiene es lo que se considera una macro-estaca.

Las plantas madres se producían a campo, en jardines clonales, con una densidad de 10 mil plantas por hectárea (una planta por metro cuadrado). Se dejaban crecer hasta 2 metros de altura, luego se apeaba el árbol a aproximadamente 20-30 cm del suelo y no se le hacía ningún manejo adicional, como riego o fertilización, salvo el control de malezas manual, ya que en esa época se tenía el concepto de que cualquier aplicación de herbicida era contraria al enraizado.

El jardín clonal instalado en el propio vivero, nunca superó la hectárea, a diferencia de viveros en Brasil y Sudáfrica que tenían hasta 60 hectáreas, debido a que la productividad de las cepas era inferior a la deseada (150-300 estacas/cepas/año). Sin embargo en Uruguay la baja productividad no era el único inconveniente, sino que la marcada estacionalidad se convirtió en la

principal limitante, dado que los rebrotes de poca altura en invierno se quemaban totalmente con las heladas. Se hacían estacas en primavera, verano y otoño, por lo que la producción quedaba desfasada de los intereses de esta que es llevar las plantas a campo en primavera donde no se verán afectadas por las bajas temperaturas de invierno, y no sufrirán el estrés hídrico del verano.

En el 1998, se realizaron algunos ensayos en los que se realizó un manejo intensivo de plantas madre. En los jardines clonales a campo, éstas se plantaron con una densidad de planta mayor, en bloques de 50x50 o 50x30, lo que permitía un mejor control de las plantas, desde el punto de vista nutricional y control de malezas. A esta configuración se le asociaron prácticas hortícolas, como riego por goteo y fertirriego (a pesar que los suelos del vivero son Brunosoles y aportan la mayor parte de los nutrientes necesarios), también se incorporó el uso de “mulch” (nylon negro) para el control de las malezas y macro túneles de polietileno de 50 metros de largo para protección de las bajas temperaturas. Este tipo de jardín clonal seguía siendo de macro estacas, lo que se hizo fue aumentar la eficiencia en cuanto a número de estacas por cepa y alargar el tiempo en el cual podían cosechar y producir.

Se cosechaban los brotes a la mañana temprano, con una longitud de 50 a 70 cm aproximadamente. Las estacas eran inter-nodales, de la rama solo usaban el segundo o tercer nudo, que derivaba en un tamaño de estaca de 10 a 12 cm de largo y 3 a 4 mm de grosor, cuidando que la lignificación de éstas no fuese demasiado alta, para ello se cosechaba cuando la ramita estaba en el punto intermedio de pasaje del tallo cuadrangular típico de los *Eucalyptus* en la etapa juvenil al circular característico del estado adulto. Se dejaban un par de hojas, y se utilizaba como hormona de enraizado ácido indol butírico a una concentración de 8000 ppm. También se hacían baños fúngicos de Benomil

(actualmente prohibido) y Captan, durante un periodo de ajuste que no duro más de un año.

En esa época no se tenía claro como debía ser una casa de enraizado, la experiencia que se tenía de empresas brasileras y sudafricanas es que ellas enraizaban bajo sombrite, en malla sombra 80-90%, pero esta experiencia no era reproducible en nuestras condiciones climáticas, debido a las bajas temperaturas y se descartó rápidamente.

Por tal motivo en 1996 se había construido un invernadero de fibra de vidrio artesanal para reducir la temperatura a través de “cooling” que es una pared de pedregullo que arriba tiene un gotero para que permanentemente esté húmedo y del otro extremo un extractor que cumple la función de forzar el ingreso de aire, de esta forma se baja la temperatura y se aumenta la humedad especifica del invernadero. Esto se usaba porque en esa época se tenía pensado que una temperatura superior a 30°C era contraproducente al enraizado, y sobre este tipo de invernadero se adaptaron todas las metodologías de la empresa.

Con respecto al riego se realizaba de forma intermitente mediante un aparato denominado “solar mist” el cual se encarga de acumular radiación solar y cuando este llegaba al valor fijado, comenzaba el riego. Esta metodología fue la primera problemática a adaptar, ya que al poco tiempo se observó que regaban más de lo requerido, debido también al alto caudal de los aspersores utilizados (150-200 litros/hora) y gran tamaño de gota, que ocasionaba una saturación del sustrato, que a su vez provocaba la muerte de estacas.

El sustrato comercial que se usaba era corteza de pino comportada mezclada con vermiculita, y se probaban tubetes brasileros, de forma cilíndrica,

de 12 cm de largo y una capacidad de 50 cm<sup>3</sup>, los cuales se colocaban en bandejas a una densidad de 1.000 plantas/m<sup>2</sup>.

Con esta tecnología y trabajando con los mejores clones de *E. grandis* e híbridos de *grandis* por *camaldulensis* las tasas de enraizado era muy bajas, en el orden de 20 a 30%.

Esto llevó a que de 1977 a 1999, comenzarán a realizarse ensayos en lo que respecta a tipo de estaca, tipo de hormona y su concentración, tratamiento fúngico, sustrato y riego.

En cuanto a metodología de riego se siguieron tres líneas principales, tipo de aspersores, cantidad de agua a aplicar en las casas de enraizado y frecuencia. Se probaron aspersores del tipo “mist” y “fogger”, los cuales aportan un caudal de 20 l/h y 7 l/h estándar respectivamente.

La otra línea de ensayos muy relacionada a la anterior por la retención de agua, fue sobre porosidad del sustrato, apuntando a mezclas que facilitarían el drenaje. Se probaron un sinnúmero de materiales como cáscara de coco, cáscara de arroz carbonizada, corteza de pino compostada, vermiculita, perlita y gránulos de espumaplast, los cuales tenían diferentes características y aportaban diferentes cosas.

Paralelamente se establecieron ensayos respecto al tipo de estacas, se probó el comportamiento de macroestacas con 1, 2 y 3 pares de hojas, así como también con distinta reducción del área foliar. También se ensayó sobre el tipo de corte de la estaca basal, buscando ver la variación respecto al área de cambium expuesta y la cantidad de hormonas sobre el rendimiento. Se realizaron además del corte tradicional, el corte en bisel o realizarle a la estaca dos cortes transversales.

Las ramas cosechadas durante el tiempo en que llevaba preparar la estaca, quedaban en la caja con agua y comenzaban a producir polifenoles por oxidación de los tejidos, lo cual es contrario al enraizado. Se probaron tratamientos con diferente concentración de antioxidantes tales como ácido ascórbico y ácido bórico, agregados al agua en la que se colocaban las estacas.

De todos estos ensayos, los que tuvieron resultados positivos fueron básicamente los de riego y sustrato. Se optó por un sistema de riego que entrega una cantidad de agua inferior a la que se estaba aplicando por aspersores, se incorporaron micro aspersores del tipo “mister”, ya que en años anteriores no les fue bien con los “fogger”. En cuanto al sustrato se optó por una mezcla de 60% corteza de pino, 30% vermiculita y 10% perlita.

Estos cambios incorporados a la tecnología anterior permitieron aumentar la tasa de enraizado a 30-50% como valores promedio. Pero lo que pasaba en estos años era que había una gran variabilidad entre las partidas, no asociada a un componente estacional.

En 1999 los técnicos especializados del vivero realizaron una visita a Brasil, país pionero en la propagación clonal donde ya se empezaban a popularizar los mini-jardines clonales adoptando la tecnología de Goncalves y Silveira. El gran avance que desarrollo ese grupo de trabajo de la IPEF fue lo que hoy conocemos como canaletones o canteros de plantas madre, fórmulas de riego, ajustes en la fertilización y niveles foliares óptimos desde el punto de vista del enraizado.

De esta forma y teniendo muchos más elementos para trabajar este mismo año se realizó un mini-jardín clonal a modo de ensayo. Se instalaron dos canaletones de plantas madre criadas en arena, con fertilización y riego

controlado. Esto derivó en una productividad mayor por metro cuadrado, se pasó de producir 300 estacas por m<sup>2</sup> a 4.000-5.000 mini estacas por m<sup>2</sup> de mini-jardín, y a su vez se rompió la estacionalidad al trabajar bajo invernadero donde las condiciones son más controladas que en los macro-túneles.

Se ajustaron las fórmulas de fertilización, siendo el principal problema a solucionar la calidad del agua, ya que en Brasil eran aguas ácidas con *ph* 5 y sin calcio y las del vivero San Francisco son duras con una conductividad eléctrica de 800-900 us y un alto contenido de calcio que impide la absorción de determinados iones como hierro o magnesio.

A la primera casa de enraizamiento adquirida en 1999 (invernaderos industriales metálicos con ventilación forzada), se le incorporo malla sombra para bajar aún más la temperatura en determinados momentos del año.

El sustrato continuó siendo una mezcla de corteza de pino compostada, vermiculita y perlita en relación 60%, 30% y 10% respectivamente. Lo que cambió fue que en el 2001 se realizó una bandeja con una capacidad de 104 tubetes cónicos la cual aún hoy está vigente.

La forma de riego aún era mediante micro-aspersores del tipo “mist”, pero se dejó de lado el “solar mist” y se empezó a usar un timer doble (frecuencia y duración), para controlar el riego.

En cuanto a las miniestacas eran de segundo nudo, con el mismo criterio que las macroestacas en cuanto a largo, diámetro y lignificación. Se continuó usando hormonas aplicadas a la base y la duración del enraizado continuó siendo de 30-45 días aproximadamente.

Paralelamente a estos cambios en la infraestructura y metodología de trabajo, el programa de mejoramiento genético también fue avanzando, y con ello fueron cambiando los clones con que se trabajaba, por razones totalmente diferentes al enraizado, como la productividad a campo, pero en vivero se identificaban aquellos clones que enraizaban de una forma económicamente viable.

En el 2001, una vez adaptada la metodología de los ensayos, esta técnica fue llevada a gran escala, y la forma de producción comenzó a ser en mini-jardines, con mini plantas a una densidad de 100 plantas/m<sup>2</sup>, sobre arena con riego por goteo y fertilización.

Estos adelantos permitieron aumentar notoriamente la producción a 1 millón de plantas clonales/año, acortándose a su vez la variabilidad y aumentando la tasa de enraizado a 50-70% aproximadamente. Lo cual fue muy beneficioso ya que los cambios llegaron en el momento justo, puesto que Forestal Oriental en el año 2003 adquirió BOTNIA, y si bien esta comenzó a construir su planta de celulosa en el 2005, ya desde fines del 2003 fue muy claro que el primer cuello de botella que debía levantarse era el área forestada y para hacerlo había que aumentar la capacidad del vivero.

En el 2004, 2005 y 2006 se amplió el vivero San Francisco, pero este crecimiento drástico ocurrió en el momento justo en el que la empresa contaba con un paquete tecnológico estable y dejó de experimentar. Hasta antes de esto habían 16 invernaderos de polietileno bajo malla construidos en 1991 como casa de cría que pasaron a ser 38, uno que se usaba como mini-jardín multiplicó su área por 8, alcanzando la hectárea, y dos casas de enraizado pasaron a ser 12.

Terminada las obras en el 2006, en el 2007 surgieron algunos inconvenientes, ya que fue un avance muy grande en poco tiempo, el cual a su vez llevó a aumentar la mano de obra de 25 empleados a 140 por lo cual muchas cosas se desajustaron.

De este modo en el 2007 se contrató una consultoría con Rolando Silveira, en la que se pretendía repasar fórmulas de riego y fertilización de plantas madre. Sin embargo no hubo sugerencias en ese tema, pero si respecto al tipo de material con el que se realizaban las estacas. Planteó que se deje de producir estacas de segundo nudo para producir estacas apicales, a la vez de que se acorten los tiempos ente cosecha y plantación, y se cambie la arquitectura de plantas madre.

El uso de estacas apicales trajo como ventaja que estas generan auxinas que se trasladan a la base y hacen que sea innecesario el uso de hormonas exógenas para favorecer el enraizado. A su vez estas estacas solo tienen que elongar a diferencia del caso anterior donde tenían que brotar las yemas en dormancia y eso aumentaba el tiempo de enraizado.

Anterior a esta fecha, la organización de trabajo que se usaba era en equipos, uno encargado de la cosecha de brotes, otro de la preparación de estacas y otro de plantación. Esto traía como desventaja que los tiempos se flexibilizaron y en ocasiones el material quedaba sin plantar de un día para otro. Como medida fundamental para acortar los tiempos se planteó que un mismo trabajador se encargase de realizar todas las tareas, y el tiempo aceptado entre cosecha y plantación no debía ser mayor a dos o tres horas.

Respecto a las plantas madres la mortalidad era altísima, estas eran muy pequeñas, de uno 15 cm de altura debido al concepto de que cuanto más cerca de la base mayor es el enraizado. Esto ocasionaba que al realizar la

cosecha el área foliar remanente que se dejaba era insuficiente ya que muchas hojas debido a su estado juvenil actuaban como fosa consumiendo más de lo que generan. Lo que derivaba en plantas con un estrés permanente, que daban origen a estacas que no enraizaban o enraizaban poco.

La mortalidad de las plantas madre era de 5% mensual, 60% anual. Lo que se hizo fue salir de los 15 cm de altura y priorizar un estado fisiológico adecuado, a través de un área foliar madura capaz de producir foto asimilados para raíz y ramas.

A su vez también se dejó de usar el “Mist” en 2005, sustituyéndolo por miniaspersores del tipo “fogger”, lo que conjuntamente con los cambios en el paquete tecnológico antes descrito ocasionó un incremento en la tasa de enraizado que paso a ser de 70% a 90% aproximadamente dependiendo del genotipo de los clones.

En el 2008 se produjeron 14 millones de plantas clonales de *E. grandis* y el resto de *E. dunnii* se realizaba a partir de semilla.

La limitante que aún se mantenía era la estacionalidad, si bien con el uso de invernaderos la producción era continua a lo largo del año, la cantidad de estacas que lograban producir en invierno caía a 1/3 de lo que era en verano. Los tiempos de enraizado para *E. grandis* subían de 30 día a 40-45 días en invierno. Esto llevo a que se considerada el uso de calefacción tanto en plantas madre como en invernaderos de enraizado, y para ello se plantearon ensayos en áreas pequeñas.

A partir del 2009 se incorporó esta tecnología de uso de calefacción en jardines clonales y casa de enraizado, lo que permitió mejorar y sobre todo

acortar los tiempos de enraizado a 30 días, lo que permite que el vivero pueda realizar más rotaciones por año y con ello aumentar la producción.

En el 2010 se decidió realizar un vivero para la producción de *E. dunnii*, el cual pese a su baja tasa de enraizado (20-30%), es de gran importancia para la empresa tanto por su rendimiento en plantación como en planta de celulosa. De esta forma a fines de abril del 2012 se inauguró el moderno vivero Santana.

#### **4.2.2. Weyerhaeuser**

El vivero Tres Cruces es mucho más reciente (2009) y no tiene una larga trayectoria en cuanto a cambios ocurridos. De todas formas en el vivero “La Buena Unión” (Colonvade S.A. en el km 456,200 de Ruta 5), se ajustaron protocolos de enraizamiento, evaluaron impacto de la calefacción por losa radiante, tipo de estacas, regímenes de fertilización y tipo de tubete. Pero al momento de iniciar el vivero Tres Cruces, se realizó un asesoramiento externo con la empresa brasilera “RR Agroflorestal”, a la vez, que se realizaron visitas a distintas empresas para validar tecnología.

### **4.3. CARACTERÍSTICAS LOGÍSTICAS ACTUALES**

#### **4.3.1. Envases**

En el caso del vivero San Francisco y Tres cruces se usan envases retornables, contruidos de plástico rígido, que no se destruyen con el plantin y pueden usarse por varias temporadas, realizándoles previa mente limpieza y desinfección. Por su parte, en el vivero Santana se incorporó la reciente tecnología de envases no recuperables (Ellepot), que se destruyen en el proceso de cultivo por ser de material biodegradable.

#### 4.3.1.1. Forestal Oriental

El vivero San Francisco en el año 2001, mandó a realizar tubetes cónicos, pero con una mayor apertura en la base que los tradicionales, con el objetivo de evitar la concentración de raíces en el extremo. Estos tienen una apertura de 4x4 cm, y en la base de 2x2 cm, facilitando el desarrollo radicular.

Se acondicionan en bandejas con una capacidad de 104 tubetes, lo que determina una densidad de 416 plantas/m<sup>2</sup>. Cuenta además con sistemas de desinfección por vapor, con el que eliminan cualquier fuente de patógeno interno o que puedan contraer en el campo.

Por su parte en el vivero Santana, dedicado en un 90% a la producción de *E. dunnii*, se incorporaron algunos cambios. Las plantas son criadas en el sistema de Ellepot (tubetes de papel biodegradables, originarios de Dinamarca), que se colocan en bandejas que tienen 126 cavidades, hasta el final del proceso de enraizamiento donde se baja la densidad a 63 plantas/bandeja.

Este formato de envase tiene la ventaja de que se realiza la poda aérea de las raíces al entrar en contacto con el aire. A la vez que el sistema radicular formado en el es más similar al de una planta creciendo en su estado natural, a diferencia del caso anterior, donde las raíces son conducidas por las paredes del tubete pudiendo generar nudos y espiralamiento. Por otro lado, también mejora la logística, ya que se despachan las plantas y no hay que ir a buscar bandejas ni esterilizarlas posteriormente. Pero la principal razón, para la elección de este sistema, fue que según observaciones realizadas en la forestación brasilera, los árboles presentaban mejor crecimiento inicial. Esto es una característica buscada, ya que favorece la competencia con las malezas.

#### **4.3.1.2. Weyerhaeuser**

En el vivero Tres Cruces actualmente se usan envases de forma cilíndrica de 59 cm<sup>3</sup>, en bandejas de 150 cavidades, lo cual es bueno porque al ser envases pequeños, disminuye la inversión en vivero respecto a espacio y sustrato. El envase pequeño da flexibilidad en invierno, impidiendo un crecimiento excesivo y tiene la limitante en verano, que si las plantas no son despachadas a término, el sistema radicular comienza a desbalancearse (para ello sería ideal contar con un tubete de 75 cm<sup>3</sup>).

Hasta la producción de primavera 2012 se usó bandejas de espuma para el traslado de plantas a campo, básicamente porque la tasa de pérdidas de tubetes es de 8% y en 12 años se tendría que reponer el total. Además del tema sanitario, ya que en campo se pueden contraer nuevas enfermedades y el vivero no cuenta con métodos de esterilización de bandejas a partir de vapor, por lo que usa hipoclorito que tiene una eficiencia menor. Otro beneficio es que al pasar las plantas del tubete a la bandeja de espuma se tiene la certeza de que se envía a campo una planta con un pan radicular lo suficientemente consistente, que no este partido o con raíces en mal estado, y en desventaja ocasiona un gasto adicional en jornales.

#### **4.3.2. Sustrato**

El medio de cultivo, tiene una gran influencia en aspectos fisiológicos y nutricionales para un mejor arraigo de la planta en el campo, y está directamente relacionado con el régimen de riego y fertilización.

En los tres viveros relevados este es una mezcla compuesta mayormente por una fase orgánica y un componente mineral que es utilizado para aumentar la proporción de poros llenos con aire y mejorar el drenaje.

#### 4.3.2.1. Forestal Oriental

En el San Francisco, se utiliza una mezcla de corteza de pino compostada que representa la parte orgánica con un 60%, y el 40 % restante es inorgánico, constituido por vermiculita (30%) y perlita (10%).

Para ello el vivero posee su propia cancha de compostaje de corteza de pino, lo cual le confiere la ventaja de realizar la preparación del mismo siempre igual, garantizando la homogeneidad en el tiempo, ya que asociado a éste se encuentra el régimen de riego y la fertilización, brindando a su vez un suministro seguro todo el año de 2.000 m<sup>3</sup>/año.

La corteza la obtienen como descarte de los aserraderos y el proceso de compostaje dura 6 meses, período en el cual intervienen microorganismos, que aumentan la temperatura esterilizando el sustrato y eliminando esporas de hongos capaces de generar enfermedades a las plantas. Luego se mezcla con vermiculita y perlita que mejoran la aireación y el drenaje del sustrato.

Figura No. 4. Cancha de compostaje y depósito de sustrato del vivero San Francisco



En el Santana, el sustrato es diferente ya que se usa una maquina especial que llena y arma los cilindros de papel, impidiendo trabajar con la mezcla anterior debido a la granulometría de esta. De tal forma se realizaron ensayos y para este sistema en particular se decidió usar una mezcla de 50% turba, 30% vermiculita y 20% perlita.

#### **4.3.2.1. Weyerhaeuser**

En el vivero Tres Cruces el sustrato usado hasta septiembre de 2013 fue una mezcla de 80% corteza de pino compostada (granulometría 6-8 mm) y 20% de turba rubia (granulometría 2-3 mm) los cuales son introducidos en una mezcladora con capacidad de 0,5 m<sup>3</sup>.

A esta mezcla para la producción de primavera-verano se la agrega 1 kg de fosforita por metro cúbico de sustrato y para la de otoño-invierno se cambia el agregado por 1 kg de osmocote (fertilizante de liberación lenta) por metro cúbico.

Los análisis para chequear los aspectos nutricionales y sanitarios, se realizan semestralmente previos al comienzo de cada ciclo de producción, incluyendo en estos análisis el muestreo de sustrato y en el caso de detectarse alguna anomalía, se realiza un ajuste puntual.

En septiembre de 2013 se incorporó el uso de un sustrato brasilero el cual viene empaquetado y pronto para colocar en el mixer, maximizando la eficiencia y garantizando la homogeneidad. El hecho de comprar el compost generaba variaciones entre partidas y la competencia con malezas que venían incorporadas a este, generaban perdidas. A continuación se muestra la composición y características del mismo.

Cuadro No. 4. Composición del sustrato usado en Weyerhaeuser Productos S.A.

<b>Composición:</b>	Turba, vermiculita, calcárea dolomítica, yeso agrícola y NPK
<b>pH:</b>	5 +/- 0,5
<b>CE:</b>	0,7 +/- 0,3 mS/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad:</b>	101 kg/m <sup>3</sup>
<b>Cap. retener agua:</b>	55%
<b>Humedad máxima:</b>	66%

#### **4.3.3. Riego**

El riego es uno de los factores primordiales en vivero, ya que el agua es vital para el desarrollo de las plantas y en la etapa de vivero se usa en grandes cantidades, sobre todo en los meses estivales.

Previo al establecimiento de los viveros se realizan análisis de cantidad y calidad de agua (concentración de sales disueltas, ausencia de propágulos de hongos, bacterias, etc). Además se incorporan tecnologías de punta como ser sistema de riego aéreo, mediante aspersores fijos o carros móviles, adecuado para lograr una correcta uniformidad en el caso de los plantines en envases.

##### **4.3.3.1. Riego en mini jardín clonal**

En ambos viveros, en el mini jardín clonal, el riego de las plantas madre se realiza de forma localizada, mediante goteros autodrenantes y autocompensados. Esto tiene la ventaja de no mojar el follaje (disminuyendo la incidencia de enfermedades) y permite el trabajo ininterrumpido de los operarios. A la vez, permite un óptimo y económico manejo de la fertilización, aportando aproximadamente una pluviometría de 20-30 mm.

#### **4.3.3.2. Riego en invernáculos de enraizado**

En los invernaderos de enraizado, el riego se realiza por aspersores del tipo “foggers”, los cuales tiene un bajo caudal (6 litros/hora) y generan una fina neblina debido a un tamaño de gota muy pequeño (90 micrones). Aumentando la humedad relativa y disminuyendo la temperatura, de modo de ofrecer condiciones óptimas para la propagación de las plántulas.

La frecuencia y duración de los riegos depende de la demanda atmosférica y del ciclo de la estaca. De esta manera, cuando la temperatura y luminosidad son bajas, la frecuencia de riego disminuye, así como cuando la estaca desarrolla raíz, y está próxima su salida al invernáculo de cría. Por ejemplo en estacas secundarias recientemente pinchadas la situación es la siguiente, durante las horas de sol, la frecuencia de riego es cada 10 minutos, con una duración de 8 segundos; y próxima a su salida, es cada 40 minutos con una duración de 8 segundos. Para estacas apicales se puede decir que se trata de mantener una humedad relativa por encima de 85%, esto hace que en verano los intervalos sean más frecuentes que en invierno. De modo general, cada 8-10 minutos en verano, con duración de 30 segundos y cada 15-20 minutos en invierno, con igual lapso.

#### **4.3.3.3. Riego en invernáculos de cría**

En el caso de cría se suministra un mayor caudal. En Weyerhaeuser, 150 litros/pico/hora y 550 litros por pasada de carro de 10 minutos con 21 picos. En Forestal Oriental, para San Francisco se usa carro móvil y boquillas de alto caudal y en Santana, riego fijo con aspersores de 120 litros/pico/hora.

La frecuencia de las aplicaciones depende de la demanda atmosférica y de la fase del cultivo, de tal manera que en invierno con 2 pasadas es

suficiente. A la vez cuando las plantas recién salen de enraizado y aun no se han aclimatado, las pasadas son más frecuentes pero a mayor velocidad.

Figura No. 5. Riego mediante carro móvil en cría y por micro aspersores en casa de enraizado (vivero Tres Cruces)



#### **4.3.4. Control de enfermedades y plagas**

No se usan químicos como preventivos, solo en caso de ser necesario, al detectarse focos de infección, se aplican como curativos. Se prefieren utilizar productos de baja toxicidad (escala III y IV) debido al continuo contacto con personas. A su vez se aplican de forma alternada los principios activos para no generar resistencia.

Todas las aplicaciones son realizadas por personal capacitado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, y con licencia de aplicador. A su vez los productos y objetos que tienen contacto con estos, se almacenan en un depósito especialmente diseñado de acuerdo a las normas de bioseguridad, en el que solo puede ingresar el personal capacitado.

Se realiza control cultural usando sustrato libre de patógenos, desinfectando envases, superficie y herramientas, eliminando plantas muertas

que son fuente de inóculo y realizando una correcta aireación y suministro de luz solar.

La enfermedad más común en vivero es el moho gris cuyo agente causal es *Botrytis cinerea*, siendo este patógeno muy difícil de erradicar al ser favorecido por días cortos de alta humedad y nublados. La sintomatología es la formación de micelios grisáceos en hojas y tallos que ocasiona la muerte de plantas. Para ello en Weyerhaeuser se usa *Trichoderma* y en Forestal Oriental también se ha usado a modo experimental pero actualmente no se aplica, debido a que no se demostró su eficiencia.

A continuación se presenta un cuadro con las enfermedades y plagas más relevantes en las diferentes etapas de la propagación agámica y su sintomatología. No se cuenta con información exacta de los viveros relevados en cuanto a productos químicos usados, pero estos deben estar aprobados por FSC ya que ambas empresas cuentan con dicha certificación.

Cuadro No. 5. Sintomatología de los patógenos más relevantes en vivero

Enfermedad/agente causal	Sintomatología
Moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> )	Formación de micelios grisáceos en hojas y tallos. Es el patógeno más común en viveros.
Roya ( <i>Puccinia psidii</i> )	Esporulación amarilla y deformación de hojas.
Cylindrocladium spp.	Halos cloróticos concéntricos que luego pasan a necróticos. Anillamiento de tallos
<i>Mycosphaella</i> spp.	Manchas necróticas sobretodo en hojas jóvenes.
Oidio ( <i>Erysiphe</i> spp)	Atacan hojas y tallos jóvenes provocando deformación de las hojas y disminución del crecimiento de la plántula. Micelio blanco pulverulento.

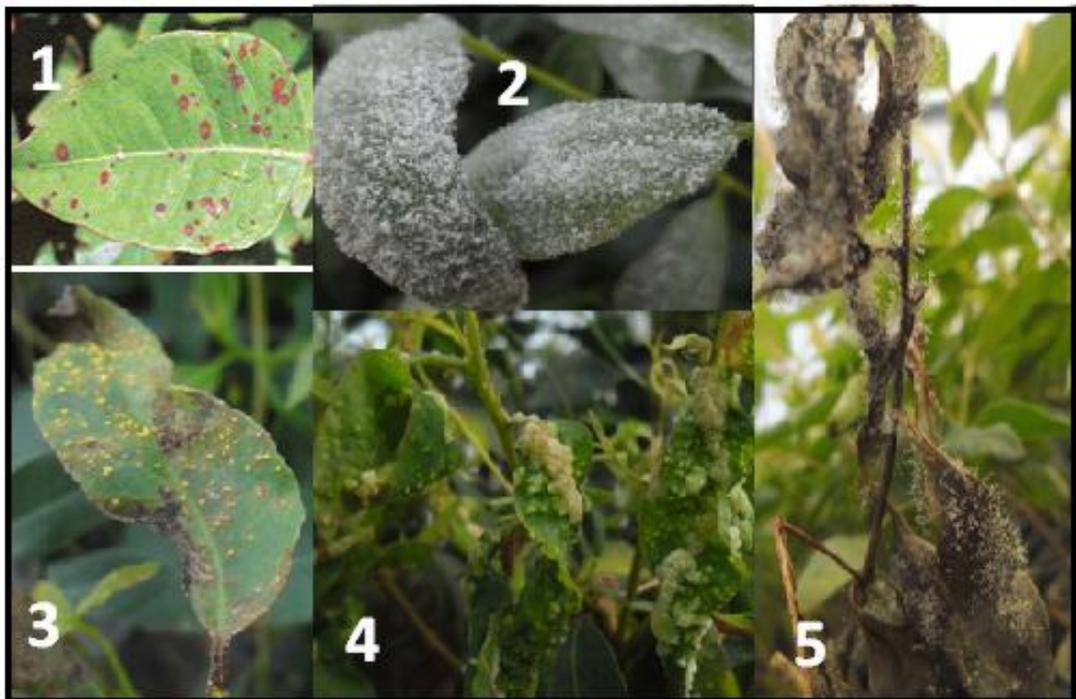
<i>Pantoea</i> spp	Agallas en hojas y tallos tiernos
--------------------	-----------------------------------

Cuadro No. 6. Sintomatología de las plagas más relevantes en vivero

Plaga	Sintomatología
Dípteros ( <i>Bradyisia</i> spp)	En enraizado las larvas se alimentan de las raíces tiernas, manifestándose en forma de marchites, pérdida de vigor y caída de hojas.
Pulgonos	Se alimentan de las hojas haciendo que estas se deformen y ocasionan fumagina.
Hormigas	Defoliación de hojas.
Babosa	Hojas tiernas comidas.

Figura No. 6. Enfermedades más relevantes en vivero Tres Cruces

1) *Cylindrocladium* spp, 2) Oidio, 3) Roya, 4) *Pantoea* spp y 5) Moho gris



#### 4.3.5. Manejo nutricional

El manejo nutricional se hace principalmente a través del riego incorporando los nutrientes al agua, salvo excepciones como es el caso de fertilizantes de liberación lenta incorporados al sustrato.

Las empresas han diseñado y aplican su propio programa de fertilización, que permite tener una rápida tasa de crecimiento en las diferentes etapas del ciclo de producción de plantines. En el caso del San Francisco y Santana según una adaptación de los valores estándares propuestos por el IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais), en base al trabajo de Higashi et al. (2000a), cuyo cuadro se presentara a continuación.

Cuadro No. 7. Valores estándares de fertilización del IPEF

<b>Solución nutritiva</b>		
	<b>(ppm) Rango</b>	
N	100	250
P	15	50
K	100	200
Ca	100	200
Mg	25	50
S	35	65
B	0,3	0,6
Fe	3	10
Mn	0,3	0,8

Fuente: modificado de Higashi et al. (2000a).

No se cuenta con datos puntuales en lo que respecta a productos empleados por las empresas, pero a modo general se puede decir que para el caso de plantas madres es completo (macro y micro nutrientes), en enraizado generalmente no se aplica, crecimiento (N, P, K y micronutrientes), y en rustificación es nula o pobre (P y K).

Al tratarse de una producción con mezclas de sustratos, de la elección de estos dependerá el régimen de fertilización. Al ser este medio de crecimiento infértil, permite al viverista proporcionar los elementos esenciales en concentraciones adecuadas en un balance y momento adecuado.

Los fertilizantes aplicados son solubles por lo que la liberación de nutrientes es muy rápida, esto conjuntamente con el tamaño de los envases, lleva a que se apliquen dosis bajas con una alta frecuencia, y trae como ventaja una fertilización más acorde a cada una de las etapas del cultivo.

En enraizado solo para el caso del vivero Tres Cruces al cabo de 15 días del pinchado de estacas, se comienza una rutina de aplicaciones semanales de fertilizante foliar (Fertilon Combi, el cual aporta micronutrientes, mediante el uso de mochila sopladora). En los otros sectores es más frecuente y generalmente mediante fertirriego.

Cuando las empresas desean detener el crecimiento de las plantas, porque tiene la altura deseada y aun falta para su traslado a campo, la frecuencia de aplicaciones disminuye, a la inversa si se quiere acelerar el proceso. En ambos casos se monitorean visualmente síntomas de deficiencia o exceso de nutrientes para corregir el plan de fertilización, y de ser necesario se realizan análisis puntuales.

#### **4.3.5.1. Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica es una medida de la concentración de sales disueltas en un sustrato de crecimiento. Los valores de CE proveen una idea de la cantidad de fertilizante que se encuentra disponible en el medio para el crecimiento de las plantas o indica si existe acumulación de sales en el mismo.

Por tal motivo ambas empresas toman rigurosamente la conductividad eléctrica, de modo de poder corregir problemas nutricionales que puedan perjudicar la producción. Forestal Oriental lo hace luego de cada fertirriego y Weyerhaeuser diariamente en época estival y cada 48 horas en época invernal.

En el caso de jardín clonal, previo a la aplicación del fertilizante, se mide la conductividad eléctrica de los canteros, para detectar los excesos de sales que no son aprovechadas por la planta. Hay 2 formas de llevar a cabo este monitoreo. Mediante la conductividad eléctrica (CE) del agua que drena debajo de los canteros, donde para no dañar la planta las sales deben mantenerse en su rango y no supera los 2000 micrones ( $\mu\text{s}$ ). La otra forma es mediante monitoreo del sustrato, para esto se extrae un perfil de arena de 10 cm aproximadamente, el cual se fracciona en tres partes iguales y a estas se les coloca 100-150 ml de agua y se mide conductividad, la cual va en aumento según se avanza en profundidad pero debe ser próxima a la del agua para continuar con la fertilización. En el vivero Tres Cruces se realizan ambos procedimientos de forma simultánea, pero el que más se tiene en cuenta es el del agua de goteo.

En el sector de cría, para definir la aplicación del fertilizante, se tiene en cuenta la conductividad eléctrica del sustrato, cuando se detecta que la misma es igual o mayor a los 1250  $\mu\text{s}$ , se suspende la aplicación, al igual que los días nublados o de humedad relativa alta.

## **4.4. CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y ETAPAS DE LA PROPAGACIÓN**

### **4.4.1. Criterios de elección**

Los clones que se producen comercialmente fueron seleccionados por diferentes criterios, relacionados a su vez a objetivos de producción. En el caso de Forestal Oriental el destino es celulosa y en Weyerhaeuser aserrado para confección de tableros (Plywood).

En el área silvícola, ambas priorizan crecimientos en volumen, ausencia de enfermedades y resistencia a heladas, el primero porque permite una optimización en metros cúbicos, acortando el ciclo productivo y los dos últimos porque causan mortandad de plantas o inhabilitan a la madera en el caso de enfermedades. En Weyerhaeuser además, el ángulo de inserción de ramas y el fuste recto, toma mayor importancia debido al destino de la madera. Pero finalmente los mejores clones son elegidos por la fábrica de tableros en relación a su rendimiento al debobinado.

### **4.4.2. Producción de plantas madre y especies que se producen**

Para la instalación de jardín clonal se deben obtener las plantas madres a partir de los mejores individuos seleccionados mediante el plan de mejoramiento genético de las empresas. Para ello se pueden utilizar diferentes técnicas, y una vez que el jardín ha sido instalado y las plantas alcanzaron el tamaño adecuado, los clones se producen comercialmente.

#### **4.4.2.1. Forestal Oriental**

En Forestal Oriental se realiza rescate del material inicial de sus mejores árboles mediante el apeo de estos y posterior rebrote de cepas, y/o a

partir de micropropagación, ya que la juvenilidad tiene un rol fundamental en especies poco proclives a enraizar. Por esa razón, desde comienzos del 2009 cuenta con un moderno laboratorio de micropropagación.

Las especies que se producen son *Eucalyptus grandis* principalmente en el vivero San Francisco y *E. dunnii* mayormente en el Santana, ambos con 8 clones comerciales.

En cuanto a *E.dunnii* históricamente su mejoramiento genético fue más lento en comparación con *E. grandis*, debido a que su uso es más reciente, (hace 20 años no se lo tenía en cuenta) y por otro lado debido a las dificultades propias de la especie, ya que presenta bajos porcentajes de enraizado.

Los híbridos principales son *grandis-globulus* y *dunnii-globulus* en los que se pretende obtener la calidad pulpable del *globulus* con la velocidad de crecimiento del *grandis*, y mejorar el enraizado de *dunni*.

Figura No. 7. Rosetas en medio de multiplicación solidificado, en ambiente controlado (Laboratorio de Micropropagación de FO)



#### 4.4.2.2. Weyerhaeuser

En el caso del vivero Tres Cruces las plantas madres se obtuvieron de ensayos clonales instalados en el 2001 y 2003 a partir de material de Sud África, y una vez identificados los 5 mejores clones se cosecharon brotes de tocones a campo. En el 2007 comenzaron las selecciones locales y a partir de 2009 las mismas fueron llevadas a campo, con el objetivo de proveer a la empresa material para vivero. El programa de mejoramiento genético continua paralelamente con ensayos que le permiten seleccionar los mejores genotipos.

Actualmente se está replantando jardín clonal, a partir de los mismos clones comerciales producidos en vivero y con nuevas genotipos obtenidas del apeo de los arboles elite y posterior colecta de sus brotes de tocón, que están siendo propagados.

En sus inicios Weyerhaeuser basó su producción en 80% de *grandis-camaldulencis* (3 clones), 12% *grandis-tereticornis* y 8% *grandis-urophylla*. Para ello las mejores selecciones del material introducido de Sudáfrica, fueron evaluados en el ciclo forestal y luego la fábrica de tableros escogió 5 individuos de acuerdo a su rendimiento en debobinado, los cuales a su vez son viables a nivel de vivero. Pero en el correr de los años introdujo 3 clones de *E. grandis* los cuales hasta octubre del 2013 representan el 12% de jardín clonal. Uno de los clones de *grandis-camaldulensis* fue eliminado y los 2 restantes representan hoy el 40% de la producción, debido a que alcanzó el límite de área plantada deseable por la empresa. El resto de jardín esta plantado con 40% de *grandis-tereticornis* y 8% *grandis-urophylla*.

Pero para fines del año 2014 se pretende llevar esa producción a 60% de *grandis* puro, 10% *grandis-camaldulenseis*, 20% *grandis-tereticornis* y 10% de otro material.

#### **4.4.3. Jardín clonal**

En este sector se encuentran las plantas madres de todas las futuras generaciones de plantas producidas en el vivero. Estas se mantienen en canaletones de arena, y se les realiza fertirriego mediante goteros autodrenantes y autocompensados.

Estos pies madres tienen un periodo productivo que bajo condiciones normales se estima en 3 o 4 años, por envejecimiento de los mismos lo que influye en el enraizamiento y por recambio de genotipos. Los programas de mejoramiento genético avanzan y los nuevos clones son incorporados con el objetivo de tener un mejor material a la vez que se evita plantar un área demasiado grande con un mismo clon debido a problemas sanitarios que puedan surgir a futuro. De todas formas este es un proceso que se realiza lentamente y de forma muy planificada para que la producción en jardín clonal no merme y se obtenga el número de plantines requeridos a campo.

El corazón del vivero es el jardín clonal. El manejo de este, es fundamental para el balance hormonal de las estacas, ya que el buen estado nutricional y fisiológico de éste, me asegura una mayor tasa de enraizamiento.

Las plantas deben estar siempre bien nutridas y juveniles. Para ello, aunque no se realice cosecha de estacas, deben ser podadas a desecho para impedir que crezcan en altura. Se les realizan podas de formación cuyo objetivo es armar una estructura de ramas primarias, secundarias, y terciarias sobre la que se cosecharán los brotes cuaternarios, dejando un área foliar remanente capaz de mantener una relación fuente-fosa adecuada. De esta forma se obtienen estaquitas que tengan un buen balance hormonal, de lo contrario aunque se les proporcione todas las condiciones necesarias, no van a enraizar y eso ocasiona un gasto en jornales y en sustrato.

Otro factor importante en jardín clonal, es la competencia por luz, la posibilidad de darle a la planta luz directa influye positivamente. Elementos como la malla sombra, solo deben ser usados en casos extremos. En invierno para proteger de las bajas temperaturas y en verano para disminuir la pérdida de turgencia de la planta, por la mayor demanda atmosférica y alta radiación al medio día. De tal forma, si la filtración de luz por el nylon y la malla es baja, la planta irá en busca de esta y al hacerlo los brotes serán finitos y largos y para la cosecha es deseable brotes duros y rústicos. De septiembre a marzo los techos móviles deben permanecer mayormente abiertos ya que la luz es más importante que las temperaturas en el crecimiento de las estacas.

#### **4.4.3.1. Forestal Oriental**

En invierno la cosecha se realiza cada 10-15 días y no es suficiente y en verano cada 7 días debiéndose realizar a su vez muchas veces poda a desecho. De tal forma a modo general, cada planta madre es capaz de producir de 4 a 8 estacas por mes, lo que se traduce en 5.000 miniestacas/m<sup>2</sup>/año aproximadamente.

Ambos viveros poseen tecnología de punta en lo que respecta a jardín clonal, cuenta con calefacción a través de agua calentada en una caldera, tienen fórmulas de fertilización corregidas y se realizan podas de formación a las plantas madre, cuyo objetivo es armar una estructura de ramas primarias, secundarias, y terciarias, sobre las que se cosechará los brotes cuaternarios, dejando un área foliar remanente capaz de mantener una relación fuente-fosa adecuada.

Esta arquitectura de planta madre redujo la mortalidad por poda excesiva, ya que mejora el área foliar remanente para realizar la cosecha a la vez que da origen a estacas que enraízan mejor.

El manejo sanitario se realiza de forma curativa aplicando productos químicos mediante el uso de pulverizadora al momento de detectar infecciones/ataques del patógeno. De lo contrario se llevan a cabo medidas preventivas o culturales, mediante la ventilación cenital de los techos (aumenta la circulación de aire y disminuye la humedad relativa), correcta esterilización de las herramientas y evitando acumulación de restos vegetales en los canteros.

En este sector el manejo nutricional se realiza mediante agua de riego. El aporte es completo, macro y micro nutrientes, ya que la arena solo actúa como un soporte, dando el anclaje a las plantas. Cada vez que se riega, se toma la conductividad eléctrica tanto del agua de riego como del percolado obtenido por goteo debajo de los canteros.

Figura No. 8. Jardín clonal en vivero San Francisco



#### 4.4.3.2. Weyerhaeuser

En Tres Cruces, con densidades de 80 y 60 plantas madre/m<sup>2</sup> se tiene un producción de 50 a 60 estacas por pie madre/año lo que deriva en una producción de 4.000 miniestacas/m<sup>2</sup>/año aproximadamente.

Jardín clonal en su mayor parte no está siendo manejado para la producción de estacas apicales, ya que tiene un porcentaje alto de plantas madres próximas al recambio (plantadas en el 2009), cuya arquitectura no es la deseable, ya que crecieron mucho en altura (80 cm aproximadamente). Solo se realiza estacas apicales de los canaletones recientemente plantados. Pero en las próximas plantaciones esto será corregido a la vez que se tiene planeado manejar la mitad de jardín clonal para la producción de estas.

Otra limitante que el vivero tiene dentro de sus objetivos a superar, es en lo que respecta a calefacción, ya que solamente la mitad de los canteros están equipados con esta y usan como fuente de energía el gas. Esto hace que a nivel económico no sea viable y a futuro el vivero piensa instalar su propia caldera. Como solución para evitar la ocurrencia de temperaturas negativas aproximadamente a las 15:00 horas o antes, se cierran las cortinas y ventanas, al mismo tiempo que se despliega la malla sombra. De esta forma se acumula calor y se logran diferencias de 6 a 7 °C con el exterior.

En cuanto al manejo sanitario las acciones son más que nada preventivas, mediante ventilación de los techos de forma automática, dependiendo de la temperatura interna y condiciones externas. Por encima de un umbral de 28°C dentro del invernáculo y en ausencia de viento y lluvia los techos retractiles se abren al 100%, mejorando la ventilación. A su vez en los meses calurosos en que no es necesario acumular calor, también se abren manualmente las cortinas laterales que mejoran aún más la circulación de aire y la acumulación de humedad excesiva.

La correcta higiene de jardín clonal es muy importante para evitar la dispersión de los patógenos, para ello durante la cosecha de estacas, el personal realiza limpieza manual de hojas y ramas secas o afectadas por

enfermedades para eliminarlas como fuente de inóculo. Los restos de la cosecha se tiran en un recipiente y al finalizar la misma, los canteros se deben barrer para evitar acumulación de restos vegetales.

También se realiza limpieza de los caminos con solución de hipoclorito de sodio y de ser necesario se aplica cal en las partes afectadas por musgo. El personal cuenta con un pulverizador manual con alcohol al 70%, para realizar la desinfección de su herramienta varias veces al día.

Se aplica *Trichoderma* semanalmente y se realizan análisis foliares para monitorear su desarrollo, de tal manera que las acciones curativas son realizadas únicamente de tratarse de ataques fuertes. Cuando se identifica al patógeno y el ataque es severo, se aplican 4 fungicidas alternadamente cada 7 días, y si al cabo de un ciclo de aplicación el mismo persiste se repite el procedimiento, evitando de este modo la generación de resistencia.

En cuanto al manejo nutricional se lleva a cabo a través de fertirriego, la solución se prepara en un tanque de 50 litros el cual está conectado al dosificador. El equipo se traslada a la toma de agua y al ser accionado la solución se inyecta, pudiendo regular la cantidad de canteros que reciben fertilización. Cuando a nivel de gotero la conductividad eléctrica alcanza los 1900  $\mu\text{s}$  se puede confirmar la llegada del fertilizante. En esta etapa los fertilizantes usados son Master (160 gramos/litro) y Urea 60 gramos/litro, a continuación se presenta un cuadro detallando el aporte nutricional de estos.

Cuadro No. 8. Composición de los fertilizantes (Master y Urea)

Fertilizante	N	P	K	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	Ca
<b>MASTER (%)</b>	20	20	20	0	0	0.07	0,03	0,01	0,02	0,003	0,003	0
<b>UREA (%)</b>	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura No. 9. Jardín Clonal en vivero Tres Cruces



#### **4.4.4. Elaboración de estacas**

En ambas empresas a cada operario se le hace un seguimiento, tanto en lo que refiere a manipuleo de las estacas, como al cuidado y mantenimiento del cantero. Esto implica un registro individual con el fin de identificar fallas en la ejecución de la tarea y corregirlas de ser necesario.

##### **4.4.4.1. Forestal Oriental**

En los viveros San Francisco y Santana, se producen desde el año 2007 solo estacas apicales (anteriormente se producían de segundo nudo). Este cambio se planteó a partir de una consultoría con Rolando Silveira, quien aconsejó producir estacas apicales, a la vez que sugirió se acorten los tiempos ente cosecha y plantación, y se cambie la arquitectura de plantas madre.

Para acortar los tiempos (dado que este es uno de los factores que influye en la tasa de enraizamiento), se planteó que un mismo trabajador se encargue de realizar todas las tareas. El tiempo aceptado entre cosecha y pinchado no puede ser mayor a 2 o 3 horas.

La hora del día a la que se cosechan los brotes es irrelevante según ensayos realizados en la empresa. Lo mismo que longitud de las estacas que puede variar entre 7 a 12 cm aproximadamente ya que al tratarse de estacas apicales, lo relevante es que tengan la base lo suficientemente lignificada. A su vez la lignificación en *E. dunnii*, debe ser mayor por ser el tejido vegetal más succulento, lo que deriva en mayor incidencia a enfermedades, sobretodo *Botrytis*.

La elaboración es diferente según el vivero, en el San Francisco se cortan varios brotes semi leñosos que se depositan en una conservadora con agua donde se le realizan pulverizaciones manuales para evitar la pérdida de turgencia. Luego se realizan estacas de 2 a 3 pares de hojas más el ápice, a estas se le recorta el área foliar al 50% (para reducir la pérdida de humedad por transpiración a la vez que se deja un área para la fotosíntesis activa), y se colocan en una conservadora, realizándoles pulverizaciones hasta el momento del pinchado. Dicha elaboración puede realizarse según criterio del operario en el mismo jardín clonal o en el área de pinchado.

En el caso del Santana se continúa con el mismo criterio en lo que respecta a estaca (tamaño, número de hojas y área foliar remanente), pero se cosecha de a un brote elaborándose las estacas en el mismo jardín clonal una a la vez.

El uso de estacas apicales confiere ventajas productivas, como mayor facilidad de cosecha, material más predispuesto a rizogénesis, mayor velocidad de enraizado, y un sistema radicular de mejor calidad, similar al originado en plantas de semilla. Estas generan auxinas que se trasladan a la base y hacen que sea innecesario el uso de hormonas exógenas para favorecer el enraizado. A su vez estas estacas solo tienen que elongar a diferencia de las secundarias

en las que deben brotar las yemas en dormancia y eso aumenta el tiempo de enraizado.

Figura No. 10. Estacas en conservadora, y recorte de área foliar al 50%, vivero San Francisco



#### 4.4.4.2. Weyerhaeuser

El vivero Tres Cruces basa el grueso de su producción en estacas secundarias de 2 pares de hojas, produciendo solo ocasionalmente estacas secundarias de un par de hojas o estacas apicales.

La metodología de producción de estacas ha ido variando desde el 2009, a lo largo del tiempo se probaron y evaluaron diferentes técnicas de acuerdo al potencial de jardín clonal. Inicialmente a cada operario se le asignaba un número determinado de canteros siendo su responsabilidad el cuidado y mantenimiento del mismo al poder cosechar solo de ellos.

El trabajo se realizaba en grupos de 5 personas de las cuales rotativamente una se encargaba del pinchado. También se evaluó la cosecha, elaboración y pinchado individual. Actualmente el trabajo de cosecha y elaboración es llevado a cabo por un operario y el pinchado por otro.

La producción está basada mayormente en estacas secundarias de 2 pares de hojas a las que se le recorta la mitad del área foliar y dependiendo del material con el que cuenta el jardín clonal se realizan estacas de un par de hojas y estacas apicales. Para ello se selecciona una rama semi-leñosa de aproximadamente 20 cm de altura en buen estado, en la cual se procede a dejar 2 pares de hojas (recortadas aproximadamente al 50% o 30%) y se elimina el sobrante obteniéndose estacas de 7 a 12 cm de altura que de la base al primer par de hojas tienen aproximadamente 2 cm. En los meses de invierno, cuando la producción es menor, se realizan estacas de un par de hojas con el sobrante del material cosechado para los clones que enraízan mejor. A su vez si el material es bueno, se cosechan estacas apicales de 3 pares de hojas.

A futuro se pretende manejar la mitad del jardín clonal para la producción de estacas apicales, las que serán colocadas en cámaras de enraizado separadas de las secundarias, ya que sufren un mayor estrés hídrico.

En los meses de verano, no se permite cosechar más de tres ramas a la vez para las estacas apicales, debido a que sufren mayor estrés hídrico y esto deriva en pérdida de turgencia que dificulta el pinchado e influye en el enraizamiento. Sin embargo con la elaboración de estacas secundaria se flexibilizan los tiempos, y se permite cosechar varios brotes a la vez, colocando luego las estacas en agua hasta el momento del pinchado. Cuando las condiciones climáticas lo permiten, al momento de retirar el balde en el jardín, se le retira el agua para evitar la oxidación de las estacas.

Las estacas apicales le confieren la ventaja de acelerar el proceso de enraizado y cría, ya que mantienen la conformación de las plantas, pero las sub-apicales poseen la ventaja que permiten obtener mayor cantidad de

estacas por pie madre y son más rústicas en lo que respecta a cuidado de las mismas.

#### **4.4.5. Pinchado de estacas**

Una vez cosechadas y elaboradas las estacas, estas son llevadas desde jardín clonal hasta un sector específico dentro del vivero, en el cual se procede a la plantación de las mismas en las bandejas que contienen los tubetes con sustrato. El pinchado se realiza en mesas especialmente diseñadas para una mejor ergonomía del trabajo, siendo la profundidad de la plantación de 0,5 a 1 cm de profundidad. Luego las bandejas son trasladadas al sector de enraizamiento.

Para el correcto seguimiento de las estacas cosechadas a la bandeja se le agregan los siguientes datos:

- fecha de pinchado
- código del clon pinchado
- código del operario que cosecho las estacas
- color correspondiente al clon

##### **4.4.5.1. Forestal Oriental**

El siguiente paso es la plantación de las estacas, la cual se lleva a cabo en diferentes sistemas (recipiente y sustrato), según se trate del vivero San Francisco o Santana.

Para el caso de *E. grandis*, en el vivero San Francisco, las estacas son pinchadas en bandejas de 104 tubetes, lo que determina una densidad de 416 plantas/m<sup>2</sup>, acondicionando las mismas en invernáculos calefaccionados.

Para el caso de *E. dunnii* en el vivero Santana, las plantas son criadas en el sistema de Ellepot (tubetes de papel biodegradables), que se colocan en bandejas que contienen 126 cavidades.

Las bandejas se identifican con una cinta cuyo color representa al clon y en estas se detalla, la fecha de pinchado y el código correspondiente al operario y cantero. Previo al pinchado las bandejas son desinfectadas por medio de vapor para eliminar cualquier fuente de inóculo ya sea interno, así como los que pudieron contraer en el campo.

#### **4.4.5.2. Weyerhaeuser**

En los días de elevada temperatura el pinchado se lleva a cabo en la misma zona de enraizamiento, así no se expone a las estacas a condiciones severas y no aumenta el estrés que sufre la misma. Pero la mayor parte del año se realiza en galpones especialmente diseñados para esta tarea.

Las bandejas se identifican pintando un extremo en cada lado, a la vez que mediante un marcador blanco se coloca la fecha de pinchado, letras correspondiente al clon, al operario y al número de cantero.

Actualmente un operario se encarga de pinchar las estacas de 5 personas aproximadamente, dando una mayor homogeneidad al mismo ya que generalmente son dos personas que se encargan de esta tarea. De todas formas el material no puede quedar de un día para otro por lo cual media hora antes de finalizar la jornada los operarios de jardín se dirigen al área de pinchado a plantar sus estacas.

#### **4.4.6. Enraizamiento**

Esta etapa tiene como objetivo que las estacas provenientes de jardín clonal comiencen a desarrollar su sistema radicular. Consiste en mantener a las estacas pinchadas en un ambiente controlado, con un elevado porcentaje de humedad relativa (85 a 95%), y la temperatura más adecuada para las plantas (24 a 28 °C), de tal manera que las estacas enraícen en un periodo de tiempo que varía de 20 a 60 días dependiendo de la época del año (verano o invierno respectivamente).

Las diferencias en trayectoria en el programa de mejoramiento genético, el manejo de jardín clonal, la tecnología incorporada, y la especie hacen variar notoriamente los porcentajes de enraizamiento. En Forestal oriental en *E. grandis* es de 85% aproximadamente y en *E. dunnii* de 45% debido a las dificultades típicas de la especie, a la vez que en Weyerhaeuser se aproxima a 45% promedio para los diferentes híbridos y épocas del año.

##### **4.4.6.1. Forestal Oriental**

Los tiempos que se manejan en los viveros de UPM son de 25-35 días, en el caso de *E. grandis*, y 40-45 días para *E. dunnii*, en el que las plantas permanecen en casa de enraizado bajo condiciones de humedad superior al 90% y altas temperaturas (25-30°C) con el fin de que desarrollen raíces.

El riego en casa de enraizado es por micro aspersores (“foggers”), los cuales tiene un bajo caudal (6 litros/hora) y generan una fina neblina debido a un tamaño de gota muy pequeño (90 micrones). El objetivo de este riego es mantener una humedad relativa por encima de 85%, y suministrarle agua a las estacas cuyo sistema radicular es deficiente o nulo en los primeros días. La frecuencia de los riegos depende de la demanda de la estaca, la cual varía

según el momento del ciclo en que se encuentre en relación al desarrollo radicular y de la demanda atmosférica. A modo general el riego se realiza cada 8-10 minutos en verano con duración de 30 segundos y cada 15-20 minutos en invierno con igual lapso, ya que las estacas apicales son más sensibles al estrés hídrico y suelen perder turgencia con facilidad al sufrir la falta de agua.

El manejo sanitario es por medio de pulverizadora en caso de detectarse algún foco de enfermedad, pero en general las medidas preventivas son el pilar fundamental para evitar enfermedades, al no darle a los patógenos las condiciones adecuadas para desarrollar su ciclo. Los invernáculos de enraizado poseen un sistema denominado “cooling”, en uno de sus extremos cuenta con una pared húmeda de cartón corrugada y en el otro con grandes extractores para mantener la temperatura adecuada y extraer el exceso de humedad. A su vez al liberar las naves las mismas son higienizadas para eliminar cualquier fuente de inóculo.

En cuanto a la fertilización, en el periodo de enraizado no se lleva a cabo ninguna aplicación de fertilizante.

En ambos viveros para esta etapa se maneja una densidad de 100% en las bandejas, ya que el tamaño de las mismas no compromete demasiado su desempeño sanitaria, al tiempo que permite un mejor aprovechamiento del espacio en las cámaras de enraizado.

#### **4.4.6.2. Weyerhaeuser**

En el caso de Weyerhaeuser dado que el proceso de enraizado ya se indujo a los 15 días, en verano las estacas permanecen 20-30 días y en invierno 40-60 días aproximadamente sin diferenciar según clones.

El sector de enraizado en Weyerhaeuser, actualmente no cuenta con calefacción, lo cual si bien no afecta el porcentaje de enraizado, alarga los tiempos del mismo. De todos modos la empresa ya está realizando gestiones para incorporar esta tecnología próximamente.

El riego también es por micro aspersores (“foggers”), los cuales tiene un bajo caudal (6 litros/hora). Siendo el objetivo mantener una humedad relativa alta, pero a diferencia de Forestal Oriental, el riego no es tan frecuente. Por ejemplo en estacas secundarias recientemente pinchadas, durante las horas de sol la frecuencia de riego es cada 10 minutos, con una duración de 8 segundos. Cuando está próxima su salida, es cada 40 minutos con una duración de 8 segundos, siendo dichos parámetros adaptados según las circunstancias.

De acuerdo a la disponibilidad de espacio en el enraizado, pueden estar a densidad máxima de 150 plantas o a 50% de su capacidad, siendo más importante una densidad de 75 plantas cuando se trata de estacas apicales, ya que estas son más susceptibles a enfermedades.

Actualmente no se lleva a cabo pero se ha realizado sistemáticamente (cada 30 días para la producción de otoño y cada 60 días para la de primavera) un muestreo para calcular el porcentaje de plantas enraizadas que se está logrando, permitiendo estimar la producción real que se va a lograr y por ende la cantidad de estacas que se debe seguir cosechando para llegar a la cantidad de plantas deseadas.

El muestreo consiste en agrupar 150 plantas de cada clon, para ello se extraen 5 tubetes de cada bandeja hasta llegar a la cantidad mencionada. Con este método se logra minimizar el factor operativo ya que se combinan las estacas de todos los trabajadores. El procedimiento se repite para todos los clones en producción. Este es un método destructivo ya que la estaca y el

sustrato se sacan del tubete en forma conjunta para evaluar visualmente el estado de desarrollo y en una planilla se registra la cantidad de estacas enraizadas, con callo, verdes y muertas.

Al cabo de 15 días del pinchado de las estacas, se comienza una rutina de aplicaciones semanales de fertilizante foliar, monitoreando semanalmente, síntomas de exceso o deficiencia de nutrientes para corregir el plan de fertilización según corresponda. A la vez que se aplica *Trichoderma harzianum* cepa L1, como preventivo al ataque de *Botrytis cinerea*.

Al liberar las naves, previo a colocar nuevamente plantas, se aplica fungicidas y herbicida en éstas, con el objetivo de eliminar cualquier fuente de inoculo y matar malezas. También se extraen todos los micro aspersores, se los coloca en hipoclorito de sodio para su limpieza y se instalan nuevamente cerciorando que no se produzcan perdidas.

Figura No. 11. Estacas apicales y secundarias en vivero Tres Cruces



#### **4.4.7. Cría**

El objetivo de esta etapa es lograr que las plantas sigan desarrollando su sistema radicular y también la parte aérea, previa a su salida a rustificación y traslado a campo.

En ambos viveros los tiempos promedios en que las plantas permanecen en las naves de cría según la época del año varía de 1 a 3 meses aproximadamente dependiendo de la temperatura, luminosidad, régimen de fertilización y requerimientos de plantación.

En la etapa de cría, las plantas generalmente son clasificadas según su tamaño en grandes, medianas y chicas, práctica que disminuye el riesgo sanitario. También se le realizan podas en los casos necesarios dejando un fuste único y poco ramificado.

##### **4.4.7.1. Forestal Oriental**

En esta etapa los operarios reciben y eligen los plantines que seguirán el proceso de desarrollo y eliminan aquellos que no cumplan con las características buscadas.

Para ello los viveros cuentan con galpones de selección de modo de facilitar la tarea y la ergonomía de los operarios. En una primera etapa, cuando las plantas salen de enraizamiento son clasificadas de modo de eliminar las estacas muertas y próximas a su salida de cría son clasificadas según su tamaño a la vez que se les elimina malezas que puedan generar competencia y de ser necesario por presencia de doble líder se les realiza poda.

En el vivero Santana son colocadas a la mitad de densidad (63 plantas/bandejas), puesto que en esta etapa alcanzan un mayor tamaño y con

esta técnica reciben más luz, mejor circulación del aire, e impide que se mezclen las raíces, lo que es bueno para su crecimiento y para disminuir la incidencia de enfermedades, sobre todo de hongos patógenos que se favorecen con estas condiciones, siendo el *E. dunnii* especialmente susceptible al ataque de *Botrytis cinérea*.

El riego en el caso del vivero San Francisco es por carro móvil y en el Santana por aspersores fijos, pero en ambos las boquillas son de alto caudal. Dependiendo la frecuencia de los riegos de la demanda de las plantas y de la atmósfera. A su vez la fertilización se hace mayormente vía fertirriego y la frecuencia de esta también depende del estado de las plantas y de los tiempos que se manejan para que las mismas sean despachadas.

En cuanto al manejo sanitario se continua con las mismas medidas preventivas y curativas para eliminar cualquier fuente de infección en caso de ataques severos y/o se corra riesgo de que el mismo avance.

Figura No. 12. Galpón de selección (Santana), invernáculo de Cría (San Francisco)



#### **4.4.7.2. Weyerhaeuser**

Luego de liberadas las bandejas desde el enraizamiento, estas permanecen un mínimo de 10 días a densidad 100%, en este periodo inicial, se hace un seguimiento del sistema radicular y al cabo del mismo las estacas son agrupadas a mitad de densidad. Clasificándose en bandejas según su tamaño en pequeñas, medianas, grandes, y sin raíz, al tiempo que se eliminan malezas y las plantas muertas. Con esta se logra una mejor ventilación de la parte aérea y menor superposición de hojas.

Posteriormente, dependiendo de los tiempos y la evolución de las plantas, luego de pasados 20 días de la anterior clasificación, se realiza otra. En esta se le realiza la poda dejando un fuste único y de ser posible de las ramitas más lignificadas se obtienen estacas para evitar la pérdida de este material juvenil que enraíza muy bien.

El riego se realiza mediante carro móvil que cuenta con 21 picos siendo estas boquillas de alto caudal al suministrar 150 litros/pico/hora. De tal manera que el carro móvil es capaz de aportar 3150 litros/hora. Este tiene 4 velocidades y las mismas se regulan a las necesidades de las plantas pero en general una pasada de carro ida y vuelta demora unos 20 minutos aproximadamente. La frecuencia de estas depende del estado fisiológico de las plantas y de la demanda atmosférica por lo que en verano cuando las temperaturas son altas y la evapotranspiración se torna mayor, se deben realizar varias pasadas, a diferencia de invierno en que con una pasada diaria es suficiente. A su vez a las plantas recientemente retiradas de enraizamiento se le realizan pasadas rápidas más continuas que al resto, con el objetivo de que se adapten a su nuevo ambiente sin sufrir un estrés hídrico.

Cada vez que se riega se incrementa la humedad en hojas generando un ambiente propicio para el desarrollo y propagación de hongos. Por este motivo una vez finalizada la hidratación de las plantas, se procede a la aplicación de aire forzado para eliminar el exceso de humedad.

En cría la fertilización se realiza principalmente a través de riego para los principales productos aplicados, pero para algunos también se usa mochila pulverizadora y sopladora. La preparación del fertilizante se realiza en tanques de 20 litros con igual procedimiento que en el jardín clonal, con la diferencia que cuando se detecta que la conductividad eléctrica es de 1500  $\mu\text{s}$  a nivel de pico aspersor, manualmente se pone en funcionamiento el carro de riego. Para cada aplicación se utilizan 10 litros de caldo, ya que el sistema está calibrado para que ese volumen se aplique en dos carreras del carro de 7 minutos cada una, y al finalizar estas se realiza una pasada adicional del carro únicamente con agua con el objetivo de eliminar posibles concentraciones excesivas del producto que puedan quemar la hoja.

Para definir la aplicación del fertilizante, se tiene en cuenta la conductividad eléctrica del sustrato, cuando se detecta que la misma es igual o mayor a los 1250  $\mu\text{s}$ , se suspende la aplicación, al igual que los días nublados o de humedad relativa alta.

Los criterios de manejo sanitario son similares al jardín clonal. La forma de aplicación de los productos químicos se realiza mediante mochila motorizada, ya que aun no es posible hacer uso del carro de riego para fumigar las naves.

Figura No. 13. Cría del vivero Tres Cruces, 1) plantas recientemente retiradas de enraizamiento aun sin clasificar, 2) plantas clasificadas según tamaño y tipo de clon



#### **4.4.8. Rustificación**

El objetivo de esta etapa es someter a las plantas a un determinado estrés hídrico, nutricional y de temperatura, simulando las condiciones que afrontaran una vez llevadas al campo, de modo que logren desarrollarse sin inconveniente luego de plantadas.

El tiempo ideal que manejan las empresas es de 15 a 30 días. De todos modos no quiere decir que esto sea llevado a cabo siempre. En ocasiones la demanda ejercida en los tiempos de plantación ha determinado que plantas sean llevadas al campo con menos días de rustificación.

##### **4.4.8.1. Forestal Oriental**

El área de rustificación en el vivero San Francisco cuenta con malla aluminizada (malla sombra de aluminio la cual refleja las ondas de calor que se pierden durante la noche e impide que la temperatura baje demasiado), y el

vivero Santana tiene techos retractiles de polietileno. Siendo estos muy importantes para proteger de las inclemencias climáticas y sobre todo para un eficiente control de heladas conjuntamente con el riego.

En esta etapa no se realiza manejo nutricional ni sanitario salvo que sea estrictamente necesario, puesto que se pretende someter a la planta a un ambiente lo más similar posible al del campo. El riego depende de los requerimientos hídricos de las plantas, por lo tanto es mayor para la producción de primavera.

Para el caso del vivero San Francisco las plantas ya vienen clasificadas de cría a una densidad de 104 plantas por bandeja y de esta forma son transportadas. A diferencia el vivero Santana al emplear el sistema "Ellepot" las bandejas se transportan y permanecen en rustificación a mitad de densidad.

#### **4.4.8.2. Weyerhaeuser**

El principal problema que tiene el vivero Tres Cruces en lo que respecta al área de rustificación es la ausencia de techo o malla sombra que proteja de las condiciones climáticas adversas, como temporales o heladas.

El procedimiento que se realiza para la atenuación de heladas es mediante riego, con picos de control de helada los que aportan un menor caudal y gotas más pequeñas que los tradicionales de riego. Se realiza monitoreo de temperatura mediante pares de sensores, uno a un metro de altura y otro a nivel de las plantas. Un par de sensores está ubicado en el punto central del área de rustificación y el otro en la periferia de la misma.

Cuando la temperatura llega a 1 °C se activa el riego en un lapso de 5 minutos para lograr un mojado del follaje. Cuando la temperatura continua

descendiendo y llega a valores de 0.5 °C, se vuelve a encender el riego y este no se corta hasta aclarar el día, cuando la temperatura comienza a ascender y se da el descongelado de las plantas. Este mecanismo impide que se congele el agua intercelular y con ello se produzca daños en los tejidos. El riego debe prenderse solo bajo estas circunstancias, para evitar muerte de plantas por anegamiento del sistema radicular.

En cuanto al manejo nutricional durante la rustificación es a través de agua de riego. La solución nutritiva se prepara en tanques de 20 litros, confirmándose la llegada del fertilizante cuando a nivel de pico aspersor se detecta que la conductividad eléctrica es de 1800  $\mu$ s. Los aspersores de cada nave consumen estos 20 litros en 7 minutos, y al finalizar la fertilización se realiza un riego de 5 minutos con el objetivo de lograr la limpieza del equipo y eliminar posibles concentraciones excesivas sobre las hojas.

En cuanto al manejo sanitario, es mediante mochila motorizada. En esta etapa se usa "Biorend" (producto orgánico, derivado de la quitina) el cual reduce los efectos estresantes que sufre la planta como consecuencia del cambio de ambiente. También se usa la mochila sopladora como mecanismo de circulación de aire y secado de hoja el cual disminuye la incidencia de enfermedades.

Cuando las plantas no se clasifican y pasan a su densidad total en cría, mediante el uso de cintas se realiza en este sector la clasificación por tamaño y acondicionamiento de 150 plantas/bandeja, las cuales están listas para ser cargadas y transportadas a campo una vez transcurrido el tiempo deseado para su aclimatación.

Figura No. 14. Plantas en rustificación con diferentes tiempos, vivero Tres Cruces



#### **4.4.9. Despacho**

La última etapa del ciclo productivo de viveros culmina con el despacho de las plantas, las cuales son cargadas y acondicionadas adecuadamente para evitar daños mediante su transporte a campo.

##### **4.4.9.1. Forestal Oriental**

Al igual que en plantación y cosecha, los viveros de Forestal Oriental tienen estándares en cuanto al tipo de planta despachada. De tal manera los plantines deben tener una altura superior a 15 cm e inferior a 35 cm (mínimo cumplimiento 90%), pan radicular completo y consistente (mínimo cumplimiento 95%), el follaje debe contar con 3 pares de hojas adultas sanas, con buen estado nutricional y sin presencia de doble líder (90% como mínimo).

Para ello, una vez cumplido todo el proceso de desarrollo, en el galpón de expedición, el plantín vuelve a pasar por un proceso de selección para comprobar su calidad y ser embarcados.

En el vivero Santana al momento del despacho las plantas se arreglan en lo que se denomina “rocambolle” (un atado de plantas cual si fuera un arrollado). Este sistema confiere la ventaja que disminuye la pérdida de tubetes y posterior devolución de bandejas desde campo a vivero.

Figura No. 15. Armado del rocamboler, para el caso de tubetes Ellepot, en vivero Santana



#### 4.4.9.2. Weyerhaeuser

En el caso de Weyerhaeuser Productos S.A. no existen parámetros preestablecidos en cuanto al tamaño, lo que si se tiene en cuenta que el pan radicular sea lo suficientemente consistente para el trasplante y posterior supervivencia de la planta.

Hasta la producción de primavera 2012 se usó bandejas de espuma de 112 cavidades para el traslado de plantas a campo, pero actualmente se envían acondicionadas en las bandejas de plástico de 150. Esto aumenta la pérdida de tubetes pero disminuye considerablemente el gasto en jornales.

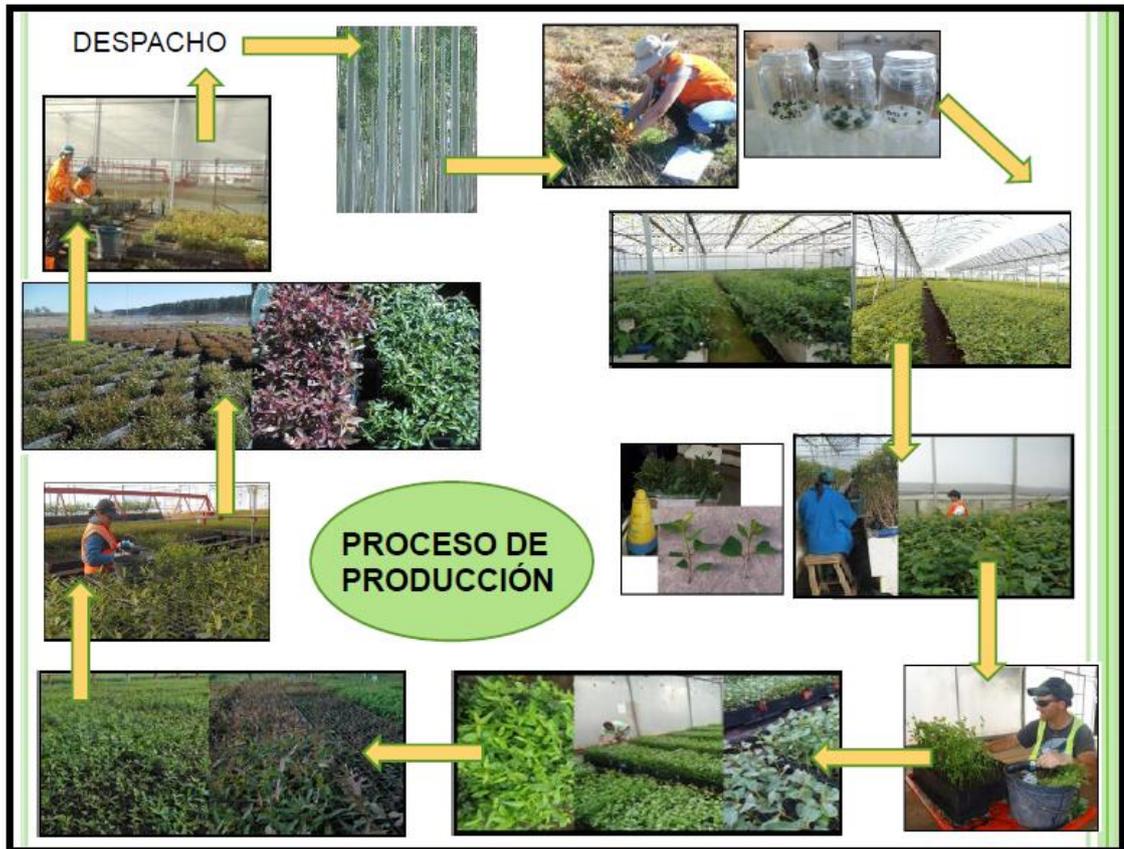
En esta etapa también se realiza selección, pero en el área de rusificación, usando como mesa de clasificación las cintas en donde se acondicionan las bandejas previo a su transporte.

#### **4.5. METODOLOGÍA GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE *EUCALYPTUS* POR MACROPROPAGACIÓN**

El proceso de producción de plantines en vivero es relativamente corto en relación a lo que es el total del ciclo forestal, pero uno de los más complejos del mismo. Una vez que los programas de mejoramiento genético han seleccionados los mejores árboles a nivel de campo e industria, se deben producir las plantas madre por macro o micropropagación, e instalar jardín clonal. Finalizadas estas etapas, comienza el ciclo de producción de plantines a nivel comercial, el cual requiere una serie de actividades encadenadas que van desde cosecha, elaboración y pinchado de estacas, enraizamiento, crecimiento, y rustificación, finalizado el mismo con el despacho de los plantines.

Dicho ciclo es complejo, dado al continuo monitoreo que debe realizarse de las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa), regímenes de fertilización (los sustratos proporcionan mayormente el anclaje donde se desarrolla el sistema radicular), y control de enfermedades (en esta etapa las plantas son particularmente sensibles). Además dado que en los viveros en general se producen varios clones, contar con una buena trazabilidad es fundamental para evitar la mezcla de materiales, que repercutirán a nivel productivo y económico en caso de plantar los clones en un sitio que no es el indicado.

Figura No. 16. Proceso de producción de plántines de *Eucalyptus*



#### 4.5.1. Ciclo promedio de propagación agámica en *Eucalyptus*

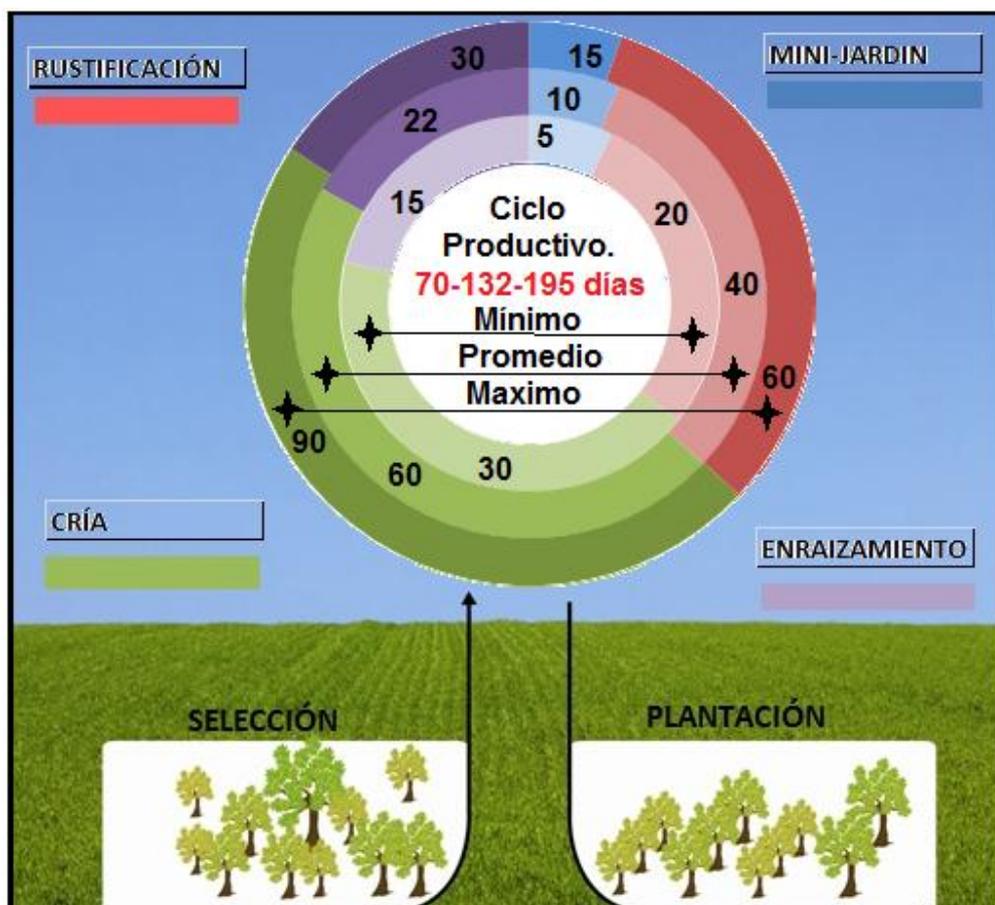
A continuación se presenta un cuadro y una gráfica ejemplificando tiempos máximos, mínimos y promedio del ciclo de propagación agámica en las diferentes etapas del mismo.

Cuadro No. 9. Ciclo promedio de propagación agámica en *Eucalyptus*

LUGAR/TIEMPO	MÍNIMO (días)	PROMEDIO (días)	MÁXIMO (días)
MINI-JARDIN*	5	10	15
ENRAIZADO	20	40	60
CRÍA	30	60	90
RUSTIFICACIÓN	15	22	30
<b>PROMEDIO</b>	<b>70</b>	<b>132</b>	<b>195</b>

\*tiempo de recuperación entre cosechas.

Figura No. 17. Ciclo promedio de propagación agámica en *Eucalyptus*



Estos parámetros pueden variar según la especie y la estacionalidad que es un factor primordial, a pesar de que la producción se realiza bajo invernáculo. Las diferencias son muy claras, en general el ciclo de producción de vivero es de 132 días, siendo el promedio para primavera/verano de 70 días y para otoño/invierno 195 días, a causa de la temperatura y las horas de luz que influye en el largo del ciclo, acortándolo cuando estas son óptimas.

#### 4.6. DIFERENCIAS Y SIMILITUDES ENTRE LOS VIVEROS RELEVADOS

A continuación se presentaran las diferencias a nivel general, logístico, productivo y en tiempos para completar el ciclo, entre el vivero Tres Cruces perteneciente a Weyerhaeuser Productos S. A. y los viveros San Francisco y Santana que forman parte de Forestal Oriental. Con el objetivo de sintetizar la información aportada en los puntos anteriores.

##### 4.6.1. Datos generales

Cuadro No. 10. Diferencias generales de los viveros

VIVERO	TRES CRUCES	SAN FRANCISCO	SANTANA
<b>UBICACIÓN</b>	Ruta 5, kilómetro 400,500. Departamento de Tacuarembó	10 kilómetros del puente Paysandú - Colón Paysandú	Ruta 4, 14 kilómetros al este de la localidad de Guichón. Paysandú
<b>FUNDACIÓN</b>	2009	1991	2012
<b>ÁREA BAJO INVERNÁCULO</b>	9.408 m <sup>2</sup>	50.575 m <sup>2</sup>	55.050 m <sup>2</sup>
<b>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN</b>	3 millones de plantines	20 millones de plantines	15 millones de plantines
<b>PERSONAL</b>	25 operarios	150 operarios	130 operarios
<b>INDUSTRIA</b>	Fábrica de tableros, Plywood (Weyerhaeuser )	Celulosa (UPM)	Celulosa (UPM)

#### 4.6.2. Características logísticas

Cuadro No. 11. Diferencia de los viveros en relación a su logística

VIVERO	TRES CRUCES	SAN FRANCISCO	SANTANA
<b>CALEFACCIÓN</b>	El 50% de jardín clonal, a gas	Jardín clonal y enraizamiento, mediante caldera	Jardín clonal y enraizamiento, mediante caldera
<b>TECHOS</b>	Retractiles	Retractiles	Retractiles
<b>ENVASES</b>	Cilíndricos, bandejas con 150 cavidades	Cónicos, bandejas con 104 cavidades	Ellepot, bandejas con 126 cavidades
<b>SUSTRATO</b>	Turba, vermiculita, calcárea dolomítica, yeso agrícola y NPK	Corteza de pino compostada (60%), vermiculita (30%) y perlita (10%)	50% turba, 30% vermiculita y 20% perlita
<b>RIEGO</b>	<u>Jardín clonal:</u> goteo <u>Enraizado:</u> micro-aspersores (6 L/h) <u>Cría:</u> carro móvil con aspersores (150 L/h) <u>Rustificación:</u> aspersores de alto caudal	<u>Jardín clonal:</u> goteo <u>Enraizado:</u> micro-aspersores (6 L/h) <u>Cría:</u> carro móvil con aspersores (120 L/h) <u>Rustificación:</u> aspersores de alto caudal	<u>Jardín clonal:</u> goteo <u>Enraizado:</u> micro-aspersores (6 L/h) <u>Cría:</u> aspersores fijos (120 L/h) <u>Rustificación:</u> aspersores de alto caudal
<b>MANEJO NUTRICIONAL</b>	Completa (Macro-micronutrientes). <u>Fertilización de base:</u> Fertilizantes de liberación lenta (en el sustrato) <u>Fertilización líquida:</u> Nutrigol (N-P-K, 18-18-18) Urea (N). CE: 1250 us máximo en cría y 1980 us máximo en	Completa (Macro-micronutrientes) <u>Fertilización de base:</u> Fertilizantes de liberación lenta (Fuentes de P) <u>Fertilización líquida (fertiriego):</u> CE 1500 us a 2500 us <u>Estadios de crecimiento:</u>	Completa (Macro-micronutrientes) <u>Fertilización de base:</u> Fertilizantes de liberación lenta (Fuentes de P) <u>Fertilización líquida (fertiriego):</u> CE 1500 us a 2500 us <u>Estadios de crecimiento:</u>

	JC. <u>Fertilización foliar:</u> Mediante mochila motorizada (micro y macronutrientes). Síntomas de deficiencia, y análisis foliares	Enraizamiento (nulo) Crecimiento (N,P,K, Micronutrientes) Rustificación: nulo o pobre (P, K). Diagnóstico visual. Análisis foliares son la mejor herramienta	Enraizamiento (no se realiza) Crecimiento (N,P,K, Micronutrientes) Rustificación: en general nada. De ser necesario (P, K). Diagnóstico visual. Análisis foliares son la mejor herramienta
<b>MANEJO SANITARIO:</b>	<u>Preventivo:</u> control cultural y <i>Trichoderma</i> <u>Curativo:</u> químicos	<u>Preventivo:</u> control cultural <u>Curativo:</u> químicos	<u>Preventivo:</u> control cultural <u>Curativo:</u> químicos

#### 4.6.3. Características productivas

Cuadro No. 12. Diferencias de los viveros en cuanto a características productivas

VIVERO	TRES CRUCES	SAN FRANCISCO	SANTANA
<b>CLONES</b>	<i>E. grandis-camaldulencis</i> (40% con 2 híbridos), <i>E. grandis-tereticornis</i> (40%), <i>E. grandis-urophylla</i> (6%), <i>E. grandis</i> (12% con 3 clones)	<i>E. grandis</i> (80% con 8 clones) <i>E. dunnii</i> (20%)	<i>E. dunnii</i> (90% con 8 clones) <i>E. grandis</i> (10%)
<b>PRODUCCIÓN DE PLANTAS MADRES</b>	Material introducido de Sudáfrica. El área de mejoramiento genético evalúa	Mejoramiento genético propio. Rescate de cepas a campo y/o micropropagación	Rescate de cepas a campo y/o micropropagación

	nuevos clones. Se cosechan brotes de tocón y se evalúan en vivero		
<b>VIDA ÚTIL Y PRODUCTIVIDAD DE PLANTAS MADRE</b>	4 años. 4.000 miniestacas/m <sup>2</sup> /año	4 años. 5.000 miniestacas/m <sup>2</sup> /año	4 años. 5.000 miniestacas/m <sup>2</sup> /año
<b>ESTACAS</b>	Mayormente secundarias de 2 pares de hojas, recortadas al 30-50% y 7 a 12 cm.	Apicales, con 2 y 3 pares de hojas recortadas al 50% y 7 a 12 cm.	Apicales, con 2 a 3 pares de hojas recortadas al 50% y 7 a 12 cm.
<b>COSECHA, ELABORACIÓN Y PINCHADO</b>	Cosecha y elaboración se realizan en jardín clonal por un operario y pinchado por otro	Un único operario realiza las 3 tareas en un plazo límite de 2 a 3 horas	Un único operario realiza las 3 tareas en un plazo límite de 2 a 3 horas
<b>SEGUIMIENTO DE BANDEJAS</b>	Identificación del clon el operario y el cantero	Identificación del clon el operario y el cantero	Identificación del clon el operario y el cantero
<b>PORCENTAJE DE ENRAIZADO</b>	45%	75-85%	45%

#### **4.6.4. Diferencias en los porcentajes de enraizamiento para los viveros relevados y los diferentes clones producidos**

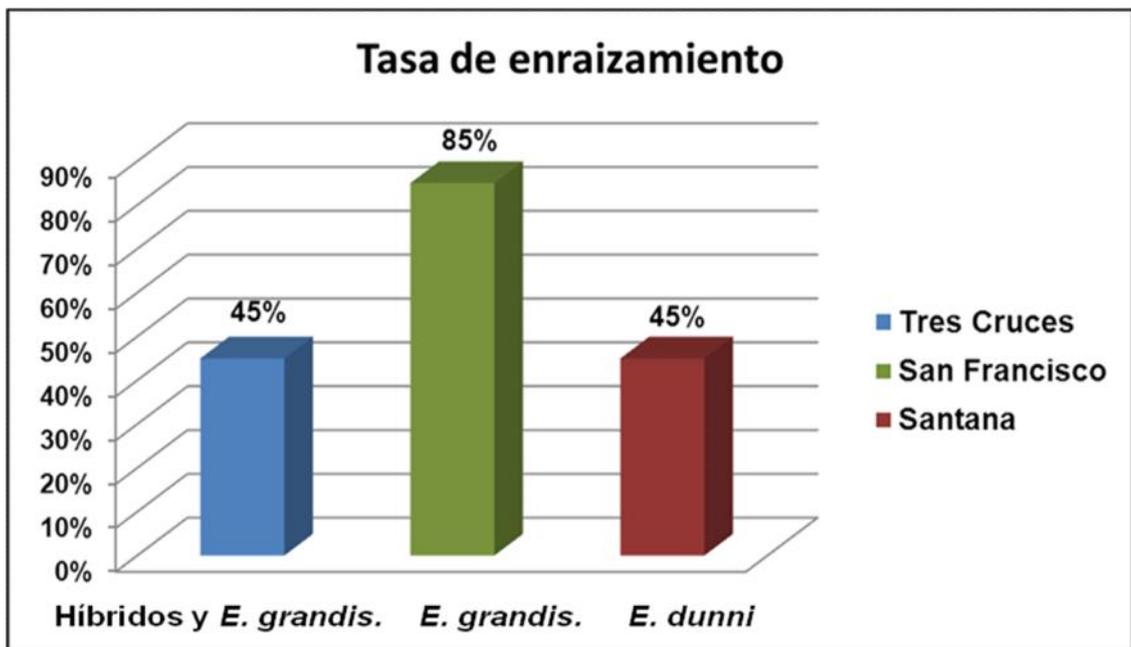
Las características logísticas y productivas mencionadas anteriormente hacen variar el porcentaje de enraizamiento de los diferentes clones producidos. El vivero San Francisco es el que tiene una tasa de enraizamiento más alta (75-85 %), producto de la los 23 años de trayectoria del mismo, de la tecnología y medidas de manejo aplicadas, pero sobre todo debido a los clones incorporados, los cuales a se caracterizan por ser una especie fácil de propagar

por estaca. La producción del mismo se basa mayormente en 8 pies madres de *E. grandis*.

En el caso del vivero Santana con igual superficie y mayor tecnología en infraestructura posee una tasa de enraizamiento de 45% promedio para los 8 clones de *E. dunni*, debido a las dificultades propias de la especie.

El vivero Tres Cruces como ya se menciona anteriormente en la actualidad vasa su producción comercial en 7 clones, 3 puros (*E. grandis*) y 4 híbridos (2 de *grandis-camaldulensis*, uno de *grandis-tereticornis* y uno *grandis-urophylla*). La tasa de enraizamiento en promedio es de un 45%, pero se espera que esta aumente considerablemente para el caso de estacas apicales, y a futuro con el recambio de los pies madre se pretende aumentar la producción de estas.

Figura No. 18. Tasa de enraizamiento para los viveros relevados según clon producido



#### **4.6.5. Diferencias en los tiempos del ciclo productivo**

A continuación se presentara un cuadro con los tiempos máximos y mínimos promedios para cada una de las etapas de la propagación agámica de *Eucalyptus*, para los tres viveros relevados, y una gráfica ilustrativa con los tiempos promedios sin tener en cuenta la estacionalidad.

Cuadro No. 13. Diferencia de los viveros en cuanto a tiempo del ciclo productivo en días.

<b>LUGAR</b>	<b>TRES CRUCES</b>	<b>SAN FRANCISCO</b>	<b>SANTANA</b>
<b>MINI-JARDIN *</b>	5 a 7	7 a 15	7 a 15
<b>ENRAIZADO</b>	20 a 60	25 a 35	40 a 45
<b>CRÍA</b>	30 a 90	30 a 90	30 a 90
<b>RUSTIFICACIÓN</b>	15 a 30	15 a 30	15 a 30

\*tiempo de recuperación entre cosechas.

De la misma se puede extraer que a modo general los tres viveros no tienen diferencia en su ciclo productivo en lo que respecta a tiempos en cría y rustificación.

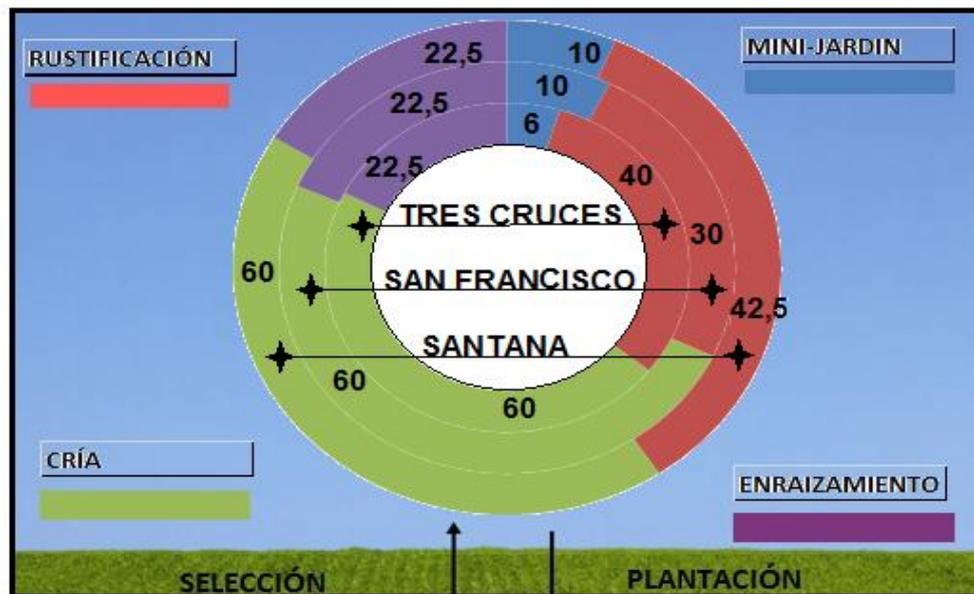
En vivero Tres Cruces el tiempo de recuperación entre cosechas es menor porque su producción se basa en estacas secundarias que no sufren tanto estrés hídrico por lo tanto con que la base este lo suficientemente lignificada para permitir el pinchado es suficiente.

En enraizado las diferencias entre los tres viveros son mayores. En el caso del Santana debido a las dificultades propias del *Eucalyptus dunnii*, sin embargo para el caso del vivero Tres Cruces seria esperable que los tiempos también se alarguen más por el hecho de producir estacas secundarias que al no tener el ápice no generan auxinas. Por lo que se concluye que dicha diferencia se da principalmente por medidas de manejo, cuando falta espacio en enraizamiento y las temperaturas son óptimas a los 20 días aunque no se

vean las raíces se retiran las bandejas porque el proceso de inducción ya comenzó y las células que no se diferenciaron en raíz ya no lo harán. Por el contrario si el cuello de botella es cría (no tienen suficiente espacio), para evitar someter a las plantas a heladas, las estacas pueden permanecer hasta 60 días en enraizamiento disminuyendo la frecuencia de riego para que no se produzcan pérdidas.

En cuanto a rustificación como se mencionó anteriormente, estos son los tiempos óptimos, pero no siempre se pueden llevar a cabo debido a la demanda ejercida por el área silvícola que tiene los calendarios de plantación previamente definidos. De tal manera se han llevado a campo plantas sin rustificar así como también aquellas que han superado los 30 días máximos. No siendo esta una práctica deseable.

Figura No. 19. Tiempo promedio de las diferentes etapas de la propagación vegetativa en los tres viveros relevados



## **5. CONCLUSIONES**

Con la promulgación de la Ley de Desarrollo Forestal número 15.939 en diciembre de 1987, el rubro forestal comenzó a tener una rápida expansión. Con la instalación de empresas forestales el *Eucalyptus* ya no se planta solamente con objetivo silvopastoril como por ejemplo montes de abrigo o para la producción de leña, sino que lo hace mayormente para la producción de pulpa de celulosa y uso en aserradero.

De tal manera el primer cuello de botella a levantar para aumentar el área forestada fue la producción de plantines. La cual en sus inicios fue mayormente a través de semilla en condiciones de invernáculo. Pero conforme pasó el tiempo y surgieron nuevos avances en el mejoramiento genético, la propagación agámica fue tomando cada vez más importancia, haciendo posible clonación de genotipos superiores, tanto por macro como por micropropagación y generando así clones de élite.

Dichos clones son el producto final de la toma de decisiones de los mejoradores, que escogen a los mejores individuos en relación a sus características silvícolas y luego en relación al uso que se le dará, las características de la madera toman importancia ya sea para la producción de celulosa o uso en aserradero. Finalmente estos clones deben tener un porcentaje de enraizamiento razonable al momento de producirse comercialmente en vivero.

La producción de estos clones elite, proporcionan la ventaja de tener la certeza que el material que se lleva a campo es el deseado, y de instalarse en el sitio correcto tendrán la tasa de crecimiento esperada a diferencia de lo que ocurre en las plantaciones de semilla. En desventaja se requiere más mano de obra calificada y mayor desarrollo tecnológico por lo cual es más caro producir

un plantin de estaca que uno de semilla, pero a largo plazo la propagación agámica es económicamente más sustentable. A su vez el hecho de producir clones (un único genotipo), hace no recomendable plantar áreas muy extensas para evitar riesgos sanitarios, pero esto se ve mitigado con los avances en mejoramiento que permiten el recambio de clones al momento de sustituir las plantas madre.

Todos los métodos de propagación vegetativa han sido probados para *Eucalyptus*, pero el más difundido y de mayor preferencia a nivel mundial es la técnica de mini estacas.

En general el ciclo de producción de vivero es de 120-150 días, siendo el promedio para primavera/verano de 70 días y para otoño/invierno 195 días, diferencia producto de la temperatura y de las horas de luz mayormente, ya que el manejo nutricional es controlado de forma diferenciada por la empresa en todas las etapas.

Características logísticas como tipo de envase, sustrato, riego y fertilización contribuyen a una mejor tasa de enraizamiento y calidad del plantin. En cuanto a sanidad primariamente se realiza un manejo preventivo y solo en caso de detectarse ataques que se encuentran por encima del umbral de daño económico estándar se aplican productos químicos. El sistema de riego es muy similar en los tres viveros, al igual que los regímenes de fertilización, las diferencias más grandes se dan en el sustrato empleado, tipo de envase (material, tamaño, forma) y empleo de calefacción.

Esto conjuntamente con la edad de la planta madre, tipo de estaca (secundaria o apicales), largo, número de hojas y área foliar remanente de estas, han llevado a que los viveros continuamente estén experimentando e incorporando mejor tecnología, la cual se ve reflejada en la producción,

determinando diferentes porcentajes de enraizamiento y sobrevivencia dependiendo de la capacidad propia de cada clon.

El vivero San Francisco es el que tiene una tasa de enraizamiento más alta (75-85%), en comparación a 45% para el caso del Santana y Tres Cruces. Debido al uso de clones con alto porcentaje de enraizamiento (*E. grandis*) y a su excelente infraestructura.

De todas formas los tres viveros cuentan con muy buena tecnología que conjuntamente con los avances en los programas de mejoramiento genético ha permitido lograr grandes avances en los últimos 10 años.

## 6. RESUMEN

El siguiente trabajo se llevó a cabo en los viveros Santana y San Francisco (Forestal Oriental) y el vivero Tres Cruces (Weyerhaeuser Productos S.A.), tomándose estos como referentes para caracterizar la propagación agámica con destino celulosa del sector litoral y aserrado del sector norte del país respectivamente. Para obtener la información se realizó una entrevista semiestructurada, las preguntas, desarrollo e interpretación se planificaron previamente, pero con un cierto grado de libertad de acción para abordar temas que pueden surgir durante la misma. También se realizó una visita guiada por las instalaciones de los viveros, en la que los Ingenieros Agrónomos explicaron la forma de producción actual de la empresa. Se detalla el proceso de producción desde la selección de plantas madre e instalación de jardín clonal, cosecha, elaboración y pinchado de estacas, enraizamiento, cría, rustificación y despacho, así como también las características logísticas asociadas a dicho proceso. Los parámetros relevados permitieron ofrecer una perspectiva de la actualidad del sector forestal Uruguayo en cuanto a propagación agámica de *Eucalyptus*, mediante la comparación de los viveros y de los datos existentes en el país hasta el momento. Se puede decir que los últimos diez años fueron relevantes, alcanzándose los mayores avances en lo que respecta a macropropagación, gracias a los avances en mejoramiento genético y tecnología incorporada. Los porcentajes de enraizamiento y supervivencia varían en relación a características logísticas (tipo de envase, sustrato, riego y fertilización) y productivas (características de cada clon, edad de la planta madre, tipo de estaca, largo, número de hojas y área foliar remanente de estas). Para los datos recabados en el 2013, se determinó que los clones producidos en mayor proporción son de *E. grandis* (11 pies madres), los que a su vez tienen en promedio una tasa de enraizamiento 35% superior a 8 clones de *E. dunnii* y 4 híbridos (próximos al recambio). Estos clones proporcionan una mayor

ganancia en los procesos silvícolas e industriales, que repercuten a nivel económico, dirigiendo a la propagación agámica por mini estacas a posicionarse cada vez sobre las otras técnicas de producción de plantines.

Palabras clave: *Euclayptus*; Vivero; Propagación agámica; Clon; Estacas; Ciclo productivo.

## **7. SUMMARY**

The following work was carried out in nurseries “Santana” y “San Francisco” (Forestal Oriental) and the nursery “Tres Cruces” (Weyerhaeuser Productos S.A), taking these as references to characterize the agamic propagation with cellulose destination of the costal and sawing sector and the northern sector of the country respectively. For information a semistructed interview was conducted, the questions, development and interpretation previously planned, but with a certain degree of freedom of action to address issues that may arise during the meeting. A tour of the facilities of the nursery was done where Agronomists explained the current production of the company. The production process is detailed from the selection of mother plants and installation of clonal garden, harvest, processing and stakes punch, rooting, breeding, rustification and delivery, as well as logistical characteristics associated with this process. The parameters allowed to offer a perspective of the Uruguayan forestry sector in Uruguay, in of the agamic propagation of *Eucalyptus* by comparing nurseries and existing data in the country so far. One can say that the last ten years were significant, reaching the greatest advances regarding macropropagation, thanks to advances in breeding and embedded technology. The rooting and survival percentages vary in relation to logistics (container type, substrate, irrigation and fertilization) and production (characteristics of each clone, age of the mother plant, type of stake, length, number of leaves and leaf area remaining features of these). For data collected in 2013, it was determined that the clones produced in greater proportion of *E. grandis* (11 feet mothers), which at the same time have an average are of 35% rooting rate higher than 8 clones of *E. dunnii* and 4 hybrids (next to spare). These provide a higher gain in the forestry and industrial processes, which impact economically, leading to the agamic propagation mini pegs to position each time on the other seedling production techniques.

Keywords: *Euclayptus*; Nuersery; Agamic propagation; Clone; Stakes;  
Productive cycle.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, J.; Decarlini, D. 1998. Determinación de condiciones óptimas para la propagación por estacas de clones selectos de *Eucalyptus grandis*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 108 p.
2. The Applied Clonal Eucalypt Programme in Mondi Forests. s.f. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 20 set. 2012. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00382167.1987.9630286>
3. Bennadji, Z.; Trujillo, M.; De Mello, C.; Marayama, T. 2002. Propagación vegetativa del genero *Eucalyptus*. Montevideo, INIA. 37 p. (Aftercare Forestal INIA-JICA no. 9).
4. Carpineti, L. 1996. Propagación agámica de *Eucalyptus*. (en línea). In: Jornada Forestal de Entre Ríos (9ª., 1996, Concordia). Memorias. Concordia, Argentina, INTA. p. irr. Consultado 24 set. 2012. Disponible en <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/ archivos/ biblioteca/63-1996-03.pdf>
5. Coppola, N.; Mendoza, G.; Regules, H. 2000. Caracterización de plantaciones de *Eucalyptus* y *Pinus* desde el punto de vista de la calidad en Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 105 p.
6. De Mello, J.; Tabuchi, K.; Bennadji, Z.; Marayama, T. 2002. Macropropagacion de *Eucalyptus grandis*. Montevideo, INIA. 13 p. (Aftercare Forestal INIA-JICA no. 10).

7. The development and utilisation of vegetative propagation in Mondi for Commercial Afforestation Programmes. s.f. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 20 set. 2012. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00382167.1993.9629389>
8. Denison, N.; Quaile, D. 1987. The Applied Clonal Eucalypt Programme in Mondi Forests. (en línea). South African Forestry Journal. no. 142: 60-67. Consultado 20 set. 2012. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00382167.1987.9630286>
9. \_\_\_\_\_.; Kietzka, J. 1993. The use and importance of hybrid intensive forestry in South Africa. (en línea). South African Forestry Journal. no. 162: 53-60. Consultado 20 set. 2012. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00382167.1987.9630286>
10. Dittgen, L.; da Silva, L.; Noguez, M. B.; Mauch Palmeira, E. 2008. Reforestamento; mercado interno e externo. (en línea). Observatorio de la Economía Latinoamericana. no. 105: 1-8. Consultado 14 may. 2014. Disponible en <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/08/mgnp.htm>
11. Gallo, L.; Escudero, R. 2011. Retrospectiva de dos décadas de mejoramiento genético de especies forestales en el sector público, experiencia Facultad de Agronomía - UdelaR. In: Seminario Técnico, Mejoramiento Especies Forestales de Rápido Crecimiento (2011, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 1-11 (Actividades de Difusión no. 653).

12. Gárate Díaz, M. 2010. Técnicas de propagación por estacas. (en línea). Tesis Ing. Agr. Ucayali, Perú. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 167 p. Consultada 5 oct. 2013. Disponible en [http://www.iiap.org.pe/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/PROBOSQ\\_UES/PU/76.pdf](http://www.iiap.org.pe/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/PROBOSQ_UES/PU/76.pdf)
13. Gasparri, P. 2012. Biotecnología aplicada al mejoramiento forestal; el caso de UPM. In: Jornada Técnica en Biotecnología Forestal (2012, Tacuarembó). Memorias. Montevideo, INIA. p. 10 (Actividades de Difusión no. 684).
14. Google. 2014. Google Maps, fotos satelitales. (en línea). s.l. Consultado 8 jun. 2014. Disponible en <https://www.google.com.uy/maps/@-34.8059635,-56.2145634,11z>
15. Handreck, K.; Black, N. 1990. Growing media for ornamental plants and turf. Sydney, UNP. s.p.
16. Hartmann, H.; Kaster, D. 1976. Propagación de plantas; principios y prácticas. México, CECSA. 810 p.
17. Higashi, E.; Silveira, R. s.f. Fertirrigação em viveiros de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 24 set. 2012. Disponible en [http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/culturas/eucalipto\\_pinus/nutricao\\_eucalipto\\_5\\_1.pd](http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/culturas/eucalipto_pinus/nutricao_eucalipto_5_1.pd)
18. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Gonçalves, A. 2000a. A evolução do jardim clonal na produção de mudas. (en línea). IPEF. Noticia no. 148. 12 p. Consultado 24 set. 2012. Disponible en

<http://www.ipef.br/publicacoes/ipefnoticias/ipefnoticias148.pdf>

19. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2000b. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*; princípios básicos e a sua evolução no Brasil. (en línea). IPEF. Circular técnica no. 192. 10 p. Consultado 24 set. 2012. Disponible en <http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr192.pdf>
  
20. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2002. Nutrição e abudação em minijardim clonal hidropónico de *Eucalyptus*. (en línea). IPEF. Circular técnica no. 194. 20 p. Consultado 24 set. 2012. Disponible en <http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr194.pdf>
  
21. López, J. s.f. Primeras etapas del programa de propagación clonal de *eucaliptus grandis* iniciado por Forestal Argentina S.A.; resumen. (en línea). Corrientes, INTA EEA Bella Vista. s.p. Consultado 24 set. 2012. Disponible en [http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/\\_archivos/\\_biblioteca/135%20poster%2018%20Lopez%20PROGRAMA%20FASA.pdf](http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/_archivos/_biblioteca/135%20poster%2018%20Lopez%20PROGRAMA%20FASA.pdf)
  
22. Luraschi, M. 2007. Análisis de la cadena productiva de la celulosa y el papel a la luz de los objetivos de desarrollo sostenible; estudio del caso Chile. (en línea). Santiago de Chile, Naciones Unidas. p. 96. Consultado 24 set. 2012. Disponible en <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/7/32157/W160.pdf>
  
23. Mesén, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigacion. (en línea). Turrialba, Costa Rica,

CATIE. 36 p. (Serie técnica. Manual técnico no. 30). Consultado 14 may. 2014. Disponible en <http://books.google.com/books?isbn=9977573042>

24. MGAP. DGF (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección General Forestal, UY). 2006. Manual de campo; plagas y enfermedades de *Eucalyptus* y *Pinus* en Uruguay. Montevideo. 167 p.
25. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2010. Estadísticas y mercado. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado may. 2010. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,20,441,O,S,0,MNU;E;134;2;MNU>
26. Minchiqueo, H. 2004. Evaluación de dos sistemas de riego microjet y goteo, con la utilización de dos sustratos (Turba y Tierra – Arena), en la propagación vegetativa por estacas de *Drimyswinteri* Forst, (Canelo) bajo condiciones de invernadero en la comunidad indígena Millapan Romero. (en línea). Tesis Ing. Agr. Temuco, Chile. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. 53 p. Consultada 5 oct. 2013. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/76916511/tesis>
27. Miritz, L. s.f. Reforestamiento; mercado interno y externo. (en línea). s.n.t. 8 p. Consultado 8 abr. 2012. Disponible en <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/08/mgnp.htm>
28. Moreira, F. 2010. Melhorias no processo de produção de mudas clonais: o caso da empresa Plantar S/A. (en línea). Tesis de posgrado en Gestión Forestal. Curitiba, Parana. Universidad Federal de Paraná. Sector de Ciencias Agrarias. 32 p. Consultado 8 abr. 2012. Disponible en [http://www.pecca.com.br/pos/florestal/tccs/fabio\\_nunes.pdf](http://www.pecca.com.br/pos/florestal/tccs/fabio_nunes.pdf)

29. Sánchez, M. 1988. Propagación agámica por estacas. (en línea). In: Jornada Forestal en Entre Ríos (3as., 1988, Concordia). Memorias. Concordia, Argentina, INTA. p. irr. Consultado 24 set. Disponible en <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/biblos/pdf/1988/15-1988-03.pdf>
30. \_\_\_\_\_. 1999. Tecnología de la madera de eucalipto en el MERCOSUR y otros países. (en línea). In: Jornada Forestal en Entre Ríos (14as., 1999, Concordia). Memorias. Concordia, Argentina, INTA. pp. 1-6. Consultado 24 set. 2012. Disponible en [http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/archivos/biblioteca/92%20SanchezAmaderab\\_2Caja99.pdf](http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/archivos/biblioteca/92%20SanchezAmaderab_2Caja99.pdf)
31. Sanhueza, R.; Griffin, A. s.f. FAMASA Fiber Yield Improvement Programme (F.Y.I.P.); 10 years experience breeding *Eucalyptus globulus*. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 24 set. 2012. Disponible en <http://sptchile.com/noticias/wp-content/uploads/2010/03/Rebeca-Sanhueza-et-al.-Chile-E.pdf>
32. Toledo, S. 2013. Guía para la presentación de trabajos finales. (en línea). Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. Departamento de Documentación y Biblioteca. 29 p. Consultado 11 set. 2013 Disponible en <http://biblioteca.fagro.edu.uy/files/Guia.pdf>
33. Torres, D.; Bennadji, Z.; Nikichuk, N.; Scoz, R. Balmelli, G. 2012. Trazabilidad molecular como herramienta para asegurar la productividad esperada en plantaciones clonales. In: Jornada Técnica en Biotecnología Forestal

(2012, Tacuarembó). Memorias. Montevideo, INIA. p. 4 (Actividades de Difusión no. 684).

34. Trujillo, M. 2005a. Micropropagación de genotipos selectos de *Eucalyptus grandis*. Revista INIA. no. 4: 26-28.
35. \_\_\_\_\_. 2005b. Propagación vegetativa de *Eucalyptus grandis*. (en línea) In: Seminario Avances en Propagación Vegetativa para el Género *Eucalyptus* (2011, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 1-14. Consultado 14 may. 2014 Disponible en [http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/tb/ad/2005/ad\\_425.pdf](http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/tb/ad/2005/ad_425.pdf)
36. The use and importance of hybrid intensive forestry in South Africa. s.f. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 20 set. 2012. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00382167.1993.9629390>
37. Vargas, G. 1982. Estudio sobre el enraizamiento de *Eucalyptus deglupta* Blumes. (en línea). Tesis posgrado. Turrialba, Costa Rica. Universidad de Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. 60 p. Consultado 13 may. 2014. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2535E/A2535E.PDF>
38. Vásquez, V. 2001. Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. (en línea). Tesis Ing. Agr. Ibagué, Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. 304 p. Consultado 5 oct. 2013. Disponible en <http://www.ut.edu.co/academico/.../LIBRO%20ARMANDO%20VASQUEZ.pdf>

39. Xavier, A.; Da Silva, R. L. 2010. Evolução da silvicultura clonal de *eucalyptus* no Brasil. (en línea). *Agronomía Costarricense*. 34 (1): 93-98. Consultada 5 oct. 2013. Disponible en [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242010000100009](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100009)
40. Zobel, B.; Tarbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México, Limusa. 545 p.

## 9. ANEXOS

### Datos generales

- 1) Nombre del vivero.....
- 2) Ubicación.....
- 3) Fundación del mismo (fecha).....
- 4) Infraestructura:
  - Numero de invernáculos.....
  - Tamaño de invernáculos.....
  - Personal.....
  - Capacidad de producción de plántines/año.....
- 5) Historia.....

### Logística actual del vivero

- Sustrato (componentes y proporción de su composición)

.....

.....

.....

.....

- Envases (tipo, tamaño, agrupación)

.....

.....



### Consideraciones

.....

.....

.....

.....

Se pretende caracterizar el ciclo de producción del plantin desde la producción de mini estaca hasta que esté listo para el envío a planta.

Recolección de datos (características de la estaca y ciclo productivo).

Ítem	Micro/mini-estacas
Área de multiplicación vegetativa	
Producción de brotes/m <sup>2</sup> /cosecha	
Intervalo de cosecha (días)	
Largo de estacas/mini-estacas (cm)	
Número de hojas	
Hora del día de cosecha	
Enraizado (días)	
Cría (días)	
Aclimatación (días)	

### Consideraciones

.....

.....

.....

.....