

III. 3. SUBPROGRAMA EUCALIPTOS Y PINOS EN LA REGIÓN PAMPEANA

Autor: Pablo Pathauer

Resumen Ejecutivo

El subprograma *Eucalyptus* región pampeana perteneciente al PPMPM posee un área de incumbencia que abarca el sur de la provincia de Santa Fe y la provincia de Buenos Aires. La característica más sobresaliente de esta región es la vasta superficie que la compone, con extensiones superiores a los 1000 km de norte a sur y superiores a los 500 km de este a oeste. Como consecuencia de esta extensión se desprende la importante variedad de condiciones climáticas y edáficas. A modo de ejemplo, estas condiciones pueden variar desde zonas con bajas frecuencias de heladas hasta zonas con muy alta frecuencia, o desde el punto de vista edáfico encontramos regiones con suelos arenosos, profundos y sueltos hasta regiones con suelos arcillosos, con deficiencias de drenaje y profundidad efectiva del suelo. Todas estas diferencias se traducen en la necesidad de trabajar con diferentes especies forestales. Si bien el espectro de especies a probar es amplio, se priorizó a aquellas que poseen un mercado actual y potencial promisorio. Por tal motivo se desarrollaron desde mediados de la década del 90´ planes de mejoramiento en varias especies de los géneros *Eucalyptus*, y *Pinus*. Las especies más importantes son: *E. globulus ssp globulus*, *E. maidenii*, *E. dunnii*, *E. viminalis*, *E. camaldulensis* y *Pinus radiata*.

El objetivo principal de los programas de mejoramiento fue el aumento de la productividad (expresada en volumen/ha), la sanidad y la forma. Todas estas características son deseables para la industria, principalmente la celulósico-papelera o la industria del triturado. Otra característica deseable, y que fue incluida como variable de selección, es el aumento en la densidad básica de la madera. Todas estas variables apuntan a la obtención de lo que puede denominarse como madera de calidad. Cuando hablamos de madera de calidad para "papel" nos estamos refiriendo a madera sana, de mayor volumen y mayor densidad. Estas características también son deseables para otros usos de la madera, como el aserrado, debido a que la densidad de la madera está asociada a otras características deseables por la industria del aserrado. Teniendo en cuenta el objetivo propuesto y las

características de la región y las especies a utilizar se delinearon las estrategias a seguir. En líneas generales y para cada una de esas especies se realizaron introducciones de distintos orígenes y procedencias. Paralelamente se efectuaron selecciones en plantaciones comerciales. Con estos materiales se constituyeron las poblaciones base de mejoramiento, instalando redes de ensayos de orígenes y progenies en diferentes sitios de la Provincia de Buenos Aires, de acuerdo a las necesidades edafoclimáticas de las diferentes especies.

En los últimos años se han instalado y evaluado más de 40 ensayos. Estos trabajos son complementados con investigaciones en otras áreas de interés que posibilitan transferir al sector productivo un paquete tecnológico que incluya desde el germoplasma mejorado hasta la silvicultura adecuada para lograr un aumento significativo en la productividad forestal regional.

Como producto de estos trabajos se han logrado la instalación y manejo de poblaciones de producción de semillas mejoradas. Estas poblaciones son denominadas huertos semilleros o Áreas productoras de semillas. Concretamente en la región pampeana se han generado Huertos semilleros de progenies de *E. globulus ssp globulus*, *E. dunnii* y próximamente entrará en producción un huerto semillero de progenies de *E. viminalis*. Por otro lado se han constituido huertos semillero clonales. En estos huertos participan los mejores ejemplares de toda la red, siendo la presión de selección mucho más estricta y obteniendo en consecuencia ganancias genéticas superiores. Hasta el momento se cuenta con un huerto semillero clonal de *E. dunnii*, un huerto semillero clonal de *E. globulus* y un huerto de *E. camaldulensis* que próximamente entrarán en producción. Por último se han logrado áreas productoras de semilla. Este tipo de población posee un grado de mejora menor a los huertos mencionados anteriormente. Básicamente la función que cumplen estas poblaciones es la de proveer semilla con un costo menor, adaptada a las condiciones de la región pampeana. Como productos alternativos se ha generado un importante volumen de publicaciones científicas que

brindan información referente a los materiales más promisorios para cada especie y que permitirán al productor adquirir semilla de los mejores orígenes o fuentes semilleras eligiendo el material genético más adecuado para sus plantaciones.

Introducción

La provincia de Buenos Aires cuenta con un clima templado, con condiciones algo moderadas de acuerdo a su latitud por el efecto del océano Atlántico y de numerosos espejos de agua que se distribuyen por todo el área. El régimen de precipitaciones varía de norte a sur siendo sus extremos los 900 mm (norte) y 300 mm (suroeste).

Los suelos de la provincia son en su gran mayoría aptos para la forestación. Muchas de las plantaciones forestales en la provincia de Buenos Aires se caracterizan por ser extensiones muy pequeñas e irregulares. Según datos del inventario nacional se identificaron cerca de 92.000 hectáreas de plantaciones forestales con potencialidad comercial. Una proporción significativa de las plantaciones forestales en la provincia de Buenos Aires pertenece a empresas forestales industriales, en su mayoría a grandes empresas. Una parte significativa también pertenece a medianos propietarios particulares.

La provincia de Buenos Aires cuenta con una superficie de 307.000 km². En cuanto al uso de la tierra Bs As concentra el 56% de la producción cerealera y el 37 % de la producción de oleaginosas. La cría de ganado bovino es una de las actividades más importantes de la región, concentrando el 36% del stock de cabezas del país. En cuanto al área plantada, la provincia de Buenos Aires se encuentra entre las provincias de mayor superficie implantada (Buenos Aires forestal-SAGPyA).

El impulso generado desde el gobierno nacional (Ley 25.080) y provincial, que consiste en la entrega gratuita de material de plantación (plantines o estacas) con un mínimo de 2.200 plantines y un máximo de 25.000, sumado a la exención del impuesto inmobiliario de las tierras forestadas, ha generado que los productores históricamente agropecuarios vean a la actividad forestal como una alternativa para diversificar su producción.

En cuanto a la investigación, al comienzo del PFD los antecedentes en mejoramiento genético de *Eucalyptus* en la región pampeana poseían distinto grado de avance de acuerdo con la especie.

Es así como en el caso de *E. globulus* y *E. maidenii* estaba en vigencia desde 1995 un convenio de asistencia técnica con el grupo empresarial SOPORCEL (Sociedad Portuguesa de Celulosa y Papel). A través de dicho convenio se logró introducir una importante cantidad de lotes de semilla de diferentes orígenes que cubren el rango natural de dispersión de la especie y un número también importante de procedencias (razas locales) generadas en programas de mejoramiento de otros países como España, Portugal y Chile.

En el caso de otras especies como *E. dunnii* y *E. camaldulensis* se contaba con ensayos instalados por INTA y que fueron evaluados con el aporte del Proyecto Forestal. Otra especie importante con la que se trabajó en la región pampeana fue *E. viminalis*. Esta especie se caracteriza por su resistencia a heladas lo que la hace ideal para la zona occidental de la región pampeana. En este caso y tomando información generada en la década del 80 se introdujo toda la variabilidad de los mejores orígenes.

Por último, y como objetivo subsidiario, se comenzó a trabajar a partir del año 2000 con *Pinus radiata*. Esta especie encuentra condiciones ideales para su desarrollo en el cordón serrano de Tandilla y Ventania. No había antecedentes sobre esta especie en esta región.

Teniendo en cuenta los antecedentes de las especies sujetas a estudio en esta vasta región, el subprograma *Eucalyptus* para la región pampeana posibilitó continuar y fortalecer las acciones generadas por otros proyectos dando continuidad y permitiendo transferir al sector productivo un importante aporte de información y material reproductivo mejorado.

Eucalyptus globulus ssp. *globulus*

Antecedentes

Eucalyptus globulus ssp. *globulus* (Kirkpatrick 1975) o simplemente *E. globulus* (Brooker 2000) fue distribuido en áreas templadas del mundo principalmente entre los años 1800 y 1850. En estos ambientes exóticos se desarrollaron razas locales y a través del tiempo se han diferenciado genéticamente de la introducción original. La razón de su rápida distribución fue en principio por valor estético y por creer que combatía enfermedades como la malaria (Doughty 2000). En la actualidad su importancia recae en que *E. globulus* está considerada la mejor especie por su excelente aptitud industrial y propiedades para la fabricación

de papel. Se estima en más de 2 millones de hectáreas cultivadas con esta especie en el mundo y se desarrollan avanzados programas de mejora genética en distintos países, confirmando la importancia que representa *E. globulus* en la economía mundial. (López *et al*, 2004)

En Argentina, se introduce al *Eucalyptus globulus* por primera vez en el año 1857, distribuyéndose extensamente en el país y encontrando las mejores condiciones ecológicas para su cultivo en la zona del sudeste de la provincia de Buenos Aires. La zonificación ecológica propuesta por Golfari, la nueva clasificación de sitios por potencial agroclimático (Moschini, 1999), la existencia de más de 15.000 ha de plantaciones comerciales y el aumento en el régimen de plantación anual apoyan tal afirmación. En su área de origen, esta especie ocupa ambientes marítimos, con extrema sensibilidad a las bajas temperaturas.

En armonía con las condiciones climáticas originales, se reconoce al SE bonaerense y más precisamente la zona comprendida entre Mar del Plata, Balcarce y Necochea, como el área de mayor aptitud climática para la implantación de esta especie. Hacia el oeste, se limita el desarrollo de esta especie principalmente por un régimen de heladas más riguroso. De la misma manera la zona ubicada al NE de la región presenta como limitante la ocurrencia de veranos con máximas medias del mes

más cálido que superan los 30 °C. En cuanto a los suelos, esta especie requiere para un normal desarrollo suelos profundos, bien drenados, no salinos ni alcalinos, de textura franco arenoso a franco arcilloso.

La exportación de *Eucalyptus globulus* desde el sudeste Bonaerense comenzó a fines de los años 80. Este proceso incentivó a los productores a destinar parte de sus recursos a la producción forestal. A fines de los años 90 la exportación fue interrumpida, situación que no impidió mantener una tasa de plantación estable. En virtud de la importancia de esta especie en el plano internacional y del incipiente desarrollo en la región pampeana. INTA sumando la participación del sector privado, inició a mediados de la década pasada un programa de desarrollo de germoplasma para incrementar su capacidad de producción volumétrica así como la densidad básica de la madera.

Inicialmente se introdujo una amplia base genética a través de orígenes y razas locales compuesta por más de 250 familias de polinización abierta, 10 lotes de semilla provenientes de cruzamientos controlados de Portugal y 30 clones de Portugal. Con estos materiales se instalaron ensayos a campo concentrados en la región del sudeste bonaerense. Estos ensayos, mas dos ensayos clonales, fueron plantados entre los años 1995 y 1997 (Rodríguez Traverso, 2000).

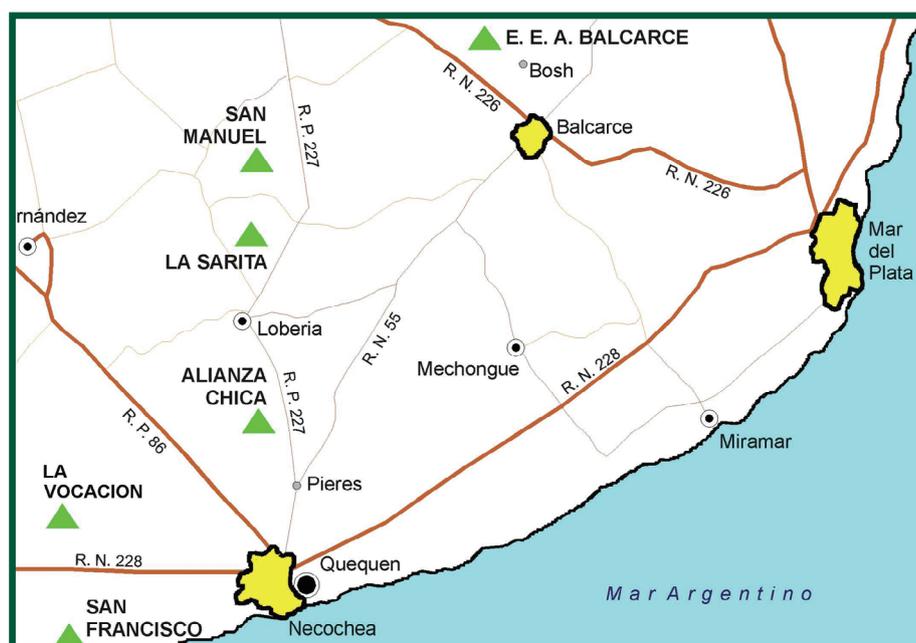


Figura 1 - Detalle de ubicación de los ensayos de Orígenes y Progenies de *E. globulus ssp. globulus*

Con la firma del convenio entre la SAGPyA y el INTA, en 1997 se pone en marcha el PFD y por intermedio de este se profundizan las actividades de investigación. Es así como ese año se instalan 2 nuevos ensayos de orígenes y progenies que inclu-

yen entre los materiales a investigar selecciones locales realizadas en plantaciones comerciales del sudeste bonaerense. De esta manera se completa la red de ensayos y se instala además un ensayo comparativo de subespecies de *E. globulus*.

Cuadro I Sitio	Año de Plantación	Orígenes	Variables medidas
E.E.A Balcarce	95	Jeeralang (VIC) Otways State Forest (VIC) Otways National Park (VIC) Flinders Island (TAS) Seymour (TAS) Moogara (TAS) Cradoc Hill (TAS) Glendevie (TAS) Hermonds Road (TAS) Brunny Island (TAS) King Island (TAS) Roble Guacho (Chile) Soporcel (OP) Soporcel (FS) Galicia (España)	Diámetro; penetración de Pilodyn; espesor de corteza, cambio de follaje y forma
Estancia (Ea) San Francisco (Necochea)	95	Jeeralang (VIC) Otways State Forest (VIC) Otways National Park (VIC) Flinders Island (TAS) Seymour (TAS) Moogara (TAS) Cradoc Hill (TAS) Glendevie (TAS) Hermonds Road (TAS) Brunny Island (TAS) King Island (TAS) Roble Guacho (Chile) Soporcel (OP) Soporcel (FS) Galicia (España)	Diámetro; penetración de Pilodyn; espesor de corteza, cambio de follaje y forma

Sitio	Año de Plantación	Orígenes	Variables medidas
Ea. San Manuel (Napaleofú)	96	Jeeralang (VIC) Otways State Forest (VIC) Otways National Park (VIC) Flinders Island (TAS) Seymour (TAS) Moogara (TAS) Cradoc Hill (TAS) Glendevie (TAS) Hermonds Road (TAS) Brunny Island (TAS) King Island (TAS) Roble Guacho (Chile) Soporcel (OP) Soporcel (FS) Claromecó (Bs.As.) Asturias (España) Testigo comercial	Diámetro; penetración de Pilodyn; espesor de corteza, cambio de follaje y forma
Ea. La Vocación (Necochea)	96	Jeeralang (VIC) Otways State Forest (VIC) Otways National Park (VIC) Flinders Island (TAS) Seymour (TAS) Moogara (TAS) Cradoc Hill (TAS) Glendevie (TAS) Hermonds Road (TAS) Brunny Island (TAS) King Island (TAS) Roble Guacho (Chile) Soporcel (OP) Soporcel (FS) Claromecó (Bs.As.) Asturias (España) Dover (ACT) Testigo comercial	Diámetro; penetración de Pilodyn; espesor de corteza, cambio de follaje y forma

Sitio	Año de Plantación	Orígenes	Variables medidas
Ea. Alianza chica. (Lobería)	97	Jeeralang (VIC) Otways State Forest (VIC) Otways National Park (VIC) Flinders Island (TAS) Seymour (TAS) Moogara (TAS) Glendevie (TAS) King Island (TAS) Soporcel (OP) Soporcel (FS) Santa Clara del Mar (Bs.As.) Claromecó (Bs As) Asturias (España) Testigos comerciales AROUCP (Portugal)	Diámetro; penetración de Pilodyn; espesor de corteza, cambio de follaje y forma
Ea. La Sarita (Matienzo)	97	Jeeralang (VIC) Otways State Forest (VIC) Otways National Park (VIC) Flinders Island (TAS) Seymour (TAS) Moogara (TAS) Glendevie (TAS) King Island (TAS) Soporcel (OP) Soporcel (FS) Santa Clara del Mar (Bs.As.) Claromecó (Bs As) Asturias (España) Testigos comerciales AROUCP (Portugal)	Diámetro; penetración de Pilodyn; espesor de corteza, cambio de follaje y forma

Con esta importantísima población se pudo estudiar la variación natural de la especie por familias que representan distintas localidades de orígenes y razas locales de otros países donde se la cultiva (López *et al.* 2004). Para ello se midieron a lo largo de los años diversas variables de interés en más de 15 mil árboles.



Foto 1 - Ensayo de Orígenes y Progenies de *E. globulus ssp. globulus*. Ea. Alianza Chica, 4 años.

Los resultados obtenidos confirman las tendencias internacionales para las colecciones nativas y generan información ampliada del desempeño de fuentes de semilla procedente de razas locales. Fue posible determinar qué procedencias de semillas crecen más vigorosamente, cuáles tienen madera más densa y además se pudieron realizar estudios sobre la variación en otras características como ser, sobrevivencia, corteza, forma del tronco, bifurcación, penetración de Pilodyn y rapidez en cambio a follaje adulto. La penetración de Pilodyn permite estimar en forma indirecta la densidad básica de la madera de árboles en pie.

Básicamente, el Pilodyn, es un penetrómetro, el

cual posee una aguja, la que impacta en el leño del árbol en pie con una fuerza constante de 6 Joules. El grado de penetración de la aguja es leído en una escala graduada en milímetros, preparada para tal fin. De este modo es posible realizar una estimación rápida de la densidad de la madera en árboles en pie (Gemid, 2001).

De los materiales ensayados en el sudeste bonaerense, los que demostraron mejor crecimiento fueron aquellos del estado de Victoria en Australia. En las razas locales, se pudo apreciar que a mayor grado de mejora, se manifiesta mejor crecimiento.

En cuanto a la densidad de la madera, se encontró que la menor penetración de Pilodyn (que indica mayor densidad) quedó demostrada también para procedencias del Estado de Victoria, Australia (López *et al.* 2001).

Los lotes denominados comerciales demostraron baja "performance", tanto en crecimiento como en densidad y fueron superados por una gran proporción de los orígenes y razas locales ensayadas.

Complementariamente, se estimaron los parámetros genéticos de la población base de *E. globulus* en Argentina. Con el desarrollo de nuevas técnicas (Dutkowski *et al.* 2002) y software de avanzada se estimaron heredabilidades para las características de mayor interés económico de forma de aprovechar no solo la variación de orígenes sino también la variación dentro de orígenes y dentro de familias.

La respuesta a la selección sobre una característica determinada depende en gran medida de su grado de control genético aditivo o heredabilidad. Se encontró, por ejemplo, que las características de crecimiento son moderadamente heredables y que la penetración de Pilodyn es altamente heredable. También hemos encontrado que la variación genética está fuertemente correlacionada entre sitios y que por lo tanto una única población de mejora es conveniente para todo el sudeste bonaerense, tal como viene trabajando INTA. Otro aspecto de importancia para nuestro programa de mejora es que el crecimiento fue genéticamente independiente de penetración de Pilodyn, por lo tanto seleccionar para una característica dada no significa pérdida en la otra característica y seleccionar para ambas a la vez es biológicamente posible (López *et al.* 2002).

Una vez cumplida la etapa inicial de introducción y exploración genética, el programa de mejora-

miento forestal tiene el compromiso de facilitar la producción de semillas de los individuos que mejor respuesta ofrecieron a las condiciones ambientales de estudio. Este grupo de árboles o plantas madres manejadas en forma adecuada y destinadas a la producción de semillas se conoce como huerto semillero.

Para la formación de huertos semilleros se requiere de información previa acerca del valor genético de los individuos que se seleccionarán sobre aquellas características de interés comercial que mayor influencia tienen en los costos de producción para el destino final por el cual se los cultiva. Existen distintos tipos de huertos semilleros pero algunas de las principales diferenciaciones radican en la intensidad de selección, la cantidad de sitios incluidos para juzgar la selección y el sistema de multiplicación de los árboles que constituirán el huerto semillero. Este trabajo vincula la información de cuatro sitios y describe la aplicación de esos resultados para elaborar un índice de selección que permite elegir los mejores árboles madres en base a su valor genético para las variables densidad y volumen en forma conjunta. El huerto semillero resultante se obtuvo por raleo del ensayo de progenies localizado en Balcarce.

Teniendo en cuenta que a nivel mundial, el *E. globulus* se destina a la industria de pasta y papel se fijó como objetivo el de maximizar la producción de madera destinada a la elaboración de pasta para papel en todo el ciclo productivo. Esto significa por un lado aumentar el crecimiento en volumen (VOL) de la forestación, ya sea produciendo mas volumen por unidad de superficie o manteniendo la producción en volumen y reducir el turno de cosecha, pero al mismo tiempo, aumentar la densidad de la madera producida (DEN) ya que se relaciona directamente con muchas propiedades buscadas por la industria. Cuando se incluyó calidad de la madera en los objetivos de mejora, ésta resultó ser mas importante que las características de crecimiento en volumen (por ejemplo: Greaves *et al.* 1997, Shelbourne *et al.* 1997, Lowe *et al.* 1999). Esto contrasta con los programas tradicionales en los que no se incluía densidad de la madera por ser inaccesible su medición hasta la adopción del Pilodyn en la década de 1980.

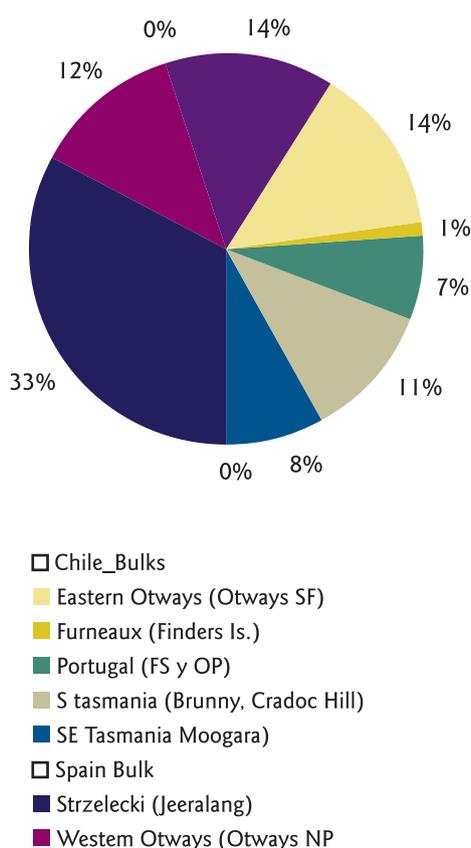
Para ordenar por mérito a los individuos de una población se utilizó una función lineal llamada índice de selección (Hazel and Luz, 1942). La metodología consta en el desarrollo de una fórmula matricial que combina operaciones entre los

objetivos y criterios de selección, la correlación entre ellos mas toda la información obtenida en los parámetros genéticos (heredabilidades, correlaciones entre variables, varianzas, covarianzas) y cada uno de los valores genéticos aditivos individuales. El índice provee un valor de mérito individual que combina sus cualidades de DAP para cuatro sitios (ensayos serie 95 y 96) y PILO para dos sitios (serie 95). Ese valor de mérito permite ordenar a los individuos de forma tal que la selección se puede simplificar reteniendo el número de individuos deseados empezando por los de mayor mérito genético. En nuestra aplicación del índice de selección se siguió la metodología descrita por Borralho *et al.* (1993), asumiendo como ponderaciones relativas para VOL: DEN la relación 1:2 e ingresando los 89.550 valores genéticos aditivos estimados de los ensayos que forman parte de la población base de *Eucalyptus globulus* medidos en el sudeste bonaerense. Se asumió seleccionar el 28 % de los árboles originales lo que hace que en promedio 3 de cada 4 árboles sean eliminados. De esta forma el selecto va a tener una apertura que permite la suficiente entrada de luz para estimular una pronta y abundante floración (Gore P., com. personal).

Una vez identificados los árboles selectos por el valor del índice, se realizó un análisis sobre la proximidad de individuos emparentados para evitar que estos lleguen a polinizarse entre si en el futuro con la consiguiente depresión por consanguinidad que ocasionaría en la producción de semillas. Para esto se desarrollo un algoritmo con el programa Arcview que calcula la distancia entre árboles y se asumió eliminar aquel individuo de menor mérito que tenga un medio hermano a menos de 20 metros de distancia. En esta etapa se eliminaron 27 árboles preseleccionados. Posteriormente se verificó la distribución espacial de los selectos remanentes y se intervino particularmente en aquellos grupos de árboles que cumpliendo con todas las condiciones para ser elegidos se encontraban con una densidad similar a la que había antes del raleo. Esta decisión se tomó con el objetivo de permitir la apertura de la copa de los árboles remanentes como se explicó en el párrafo anterior. De esta manera el huerto resultante quedo conformado por 994 árboles selectos correspondientes a 164 familias y 10 subrazas.

El gráfico 1 ilustra la composición del huerto en porcentaje de árboles selectos por subraza. Se aprecia en el gráfico que la subraza de mayor aporte fue Strzelecki con 33 % y que sumado a las otras subrazas del estado de Victoria (E. Otways y

Gráfico 1.- Porcentaje de árboles selectos por subraza en el Huerto Semillero



W. Otways) alcanzan 60 % del total, lo cual brinda al huerto una predominancia de orígenes victorianos en relación a los aportes de Tasmania, a pesar de que entre los candidatos a seleccionar más del 60 % pertenecían a subrazas tasmánicas. El destacado desempeño en crecimiento mostrado por el material de Portugal fue contrarrestado por una baja densidad en la madera lo que determinó que quedara representado con 7 %. Caso extremo fue el de King Island que por su pobre crecimiento y densidad fue eliminado del huerto.

En este huerto la ganancia estimada promedio en diámetro es del 4.5% comparado a los lotes comerciales chilenos incluidos en los ensayos y una ganancia de 4.8% para penetración de Pilodyn.

Por otro lado se efectuó una selección mas intensa en los 4 sitios de ensayo antes mencionados. Se eligieron los mejores 37 genotipos. Estos genotipos

compondrán un huerto semillero clonal. Este huerto esta siendo producido por medio de injertos.

Básicamente Injertar implica unir o ligar dos porciones de plantas de manera que continúen su crecimiento como una sola (Hartmann, 1997). La porción superior será aportada por los individuos seleccionados y la inferior, denominada patrón, pie o porta injerto aportará el sistema radical de la nueva planta. Basicamente lo que se intenta al realizar un injerto es poner en contacto estrecho las zonas cambiales de la púa y del pie permitiendo la división celular y unión de ambas partes para formar una sola.

Se conocen diferentes técnicas de propagación por medio de injertos, siendo los más conocidos los de aproximación, yema y púa. Hay varios factores que influyen en la unión del injerto: en primer lugar condiciones ambientales como la temperatura y la humedad, estas condiciones deben mantenerse en un rango de entre los 15-25°C y 100% de humedad.

La época de injertación es de suma importancia, generalmente la más adecuada es al final del período de dormancia. El vigor, tanto de la púa como del pie, tiene gran importancia pues de esta manera se logra una mayor y más rápida cicatrización y un mayor crecimiento del injerto. Una vez obtenidos los injertos se está en condiciones de instalarlos conformando el huerto semillero clonal.



Foto 2 - Injerto de púa de *E. globulus*

Con esta técnica es posible reunir en un espacio reducido los mejores genotipos de la red. Se prestó particular atención a la selección de los individuos que integrarán el huerto semillero para evitar problemas de endogamia. La endogamia es frecuente en especies de *Eucalyptus* y la magnitud de la depresión por endogamia puede alcanzar altos niveles (López *et al.* 2000) y en ciertos

casos, comprometer las ganancias obtenidas en los programas de mejora. Un huerto semillero clonal manejado intensivamente permite obtener la mayor cantidad de semilla mejorada en el menor tiempo posible. Las tareas de manejo incluyen podas, fertilización y aplicación de promotores de floración. De esta manera se logra manejar ejemplares de baja altura reduciendo el costo de cosecha de semillas. Para aumentar las ganancias genéticas se utilizan técnicas de polinización asistida que permiten cruzar de manera controlada determinados genotipos. Actualmente esta técnica viene reemplazando la tradicional de polinización libre debido a que esta última incluye una proporción variable de autopolinización natural (endogamia) que deprime el crecimiento. En los últimos años se han probado diferentes técnicas, logrando ajustar la más conveniente. En el caso de *E. globulus* la técnica denominada "One Stop Pollination" permite en un solo paso castrar, polinizar y aislar las flores sometidas a polinización asistida reduciendo considerablemente los tiempos y costos operativos. Otra ventaja en el uso de los cruzamientos controlados es que se pueden potenciar las ganancias al elegir la dirección de cruzamiento entre individuos. Recientes trabajos demostraron que el crecimiento en *E. globulus* es afectado por efectos recíprocos (López *et al.* 2003). Esto significa que la dirección de cruzamiento es importante para captar más ganancias que las estimadas tradicionalmente por sistemas de polinización libre donde la contribución de cada individuo era promediada como donante y receptor de polen.



Foto 3 - Castración en flores de *E. globulus*
Foto 4 - Cruzamientos controlados. Polinización de flores

Otra actividad de importancia dentro de una estrategia de mejoramiento es la clonación a partir de macropropagación debido a que la propagación vegetativa, se presenta como una herramienta válida para capturar y trasladar en forma íntegra los progresos obtenidos en programas de mejoramiento. Una estrategia de propagación vegetativa se apoya en un sólido programa de mejoramiento genético por la vía sexual, que asegure un cons-

tante aumento de la variabilidad y progresos sucesivos mediante selección (Gemid, 2001).

Conjuntamente a esta actividad debe contarse con un paquete tecnológico que permita practicar una silvicultura intensiva, permitiendo al genotipo expresarse en su máximo potencial. Por tal motivo se evaluó el comportamiento de material propagado vegetativamente proveniente de programas de mejoramiento genético desarrollados en Portugal por la empresa SOPORCEL. Con el objetivo de comparar el desempeño de estos materiales con materiales existentes en la zona, se incluyeron materiales genéticos (semillas) de uso comercial en la zona y una mezcla de semillas de selecciones locales, tratándose de poner de manifiesto la superioridad y la conveniencia de la práctica de la silvicultura clonal. Estos materiales fueron ensayados en la E.E.A. INTA Balcarce en 1997 utilizando un diseño completamente aleatorizado, con parcelas de una sola planta, con un total de 10 repeticiones, con bordura perimetral doble.

Los resultados arrojaron que los materiales comerciales provenientes de semilla ocuparon posiciones inferiores a la media general del ensayo, destacándose la superioridad del material propagado agámicamente sobre el material proveniente de semilla. Por otro lado el material seminal proveniente de mezcla de individuos selectos fenotípicamente en Santa Clara del Mar, provincia de Buenos Aires, superaron en rendimiento volumétrico a los testigos comerciales. Los materiales provenientes de selecciones realizadas en ambientes diferentes al de la zona del experimento presentaron buen desempeño. La selección y propagación agámica de materiales es una estrategia adecuada para maximizar ganancias.

Subespecies de *Eucalyptus globulus*

En 1997 se instala en la Ea. La Sarita, cercano a la localidad de Pieres, en la provincia de Buenos Aires, un ensayo comparativo de cuatro subespecies de *Eucalyptus globulus*. El diseño utilizado fue el de bloques completos al azar con parcelas de 9 plantas. El distanciamiento utilizado fue de 3 x 3 metros. A los 6 años de edad fueron evaluadas variables de crecimiento (diámetro y altura), densidad de la madera (medida por penetración de Pilodyn) y espesor de corteza. Cada subespecie fue representada por un número variable de lotes de semillas de distintas procedencias. A continuación se detallan los materiales:

Subespecies	Procedencias
<i>E. globulus</i> ssp <i>globulus</i>	Selección Santa Clara (Bs As) Semilla comercial (Chile)
<i>E. globulus</i> ssp <i>maidenii</i>	Black Range (NSW) Yuramie SF (NSW) Junín (Bs As) 25 de Mayo (Bs As) ex Nerrigundah
<i>E. globulus</i> ssp <i>bicostata</i>	SW Tumbarumba (NSW) NW Jasper (ACT) Tumbarumba (NSW) NW of Wee Jasper (NSW) Mt. Buller (VIC) Nullo Mt. SF Erylston (NSW) Cortines (Bs. As)
<i>E. globulus</i> ssp <i>pseudoglobulus</i>	Wiebens Hill vía Orbost (VIC) Can River (VIC)

Los resultados mostraron que las subespecies se diferenciaron significativamente ($P < 0.001$) para las variables diámetro, altura, porcentaje del diámetro que corresponde a corteza y penetración de Pilodyn. El mejor crecimiento en las condiciones de ensayo fue demostrado por las subespecies *globulus* y *pseudoglobulus*. Las subespecies *bicostata* y *maidenii* produjeron la madera de mayor densidad, diferenciándose de *pseudoglobulus* y *globulus*.

La subespecie *globulus* presentó la menor proporción de corteza en relación al diámetro diferenciándose de las otras 3 subespecies. Los resultados de este grupo taxonómico, que algunos tratan como subespecies dentro de *E. globulus* y otros como especies separadas, muestran que *E. globulus* ssp. *globulus* fue la subespecie que alcanzó los mejores valores en producción volumétrica de madera sin corteza (Pathauer, 2003). Como conclusión final las cuatro subespecies ensayadas mostraron buena adaptación, destacándose *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* por su mayor crecimiento y menor porcentaje de corteza.

Densidad inicial de plantación

Complementariamente al mejoramiento genético, es necesario encontrar un esquema de manejo silvícola que permita expresar el potencial de crecimiento de los materiales genéticamente mejorados para las condiciones de sitio específicos. En este

sentido, la densidad de plantación ha sido identificada como uno de los principales factores determinantes de la productividad forestal (Daniel *et al.*, 1982). En rotaciones cortas y sin raleos, la densidad inicial de plantación constituye una importante decisión en el manejo forestal, afectando el volumen del rodal, el tamaño de las trozas y el turno de corta, lo que traerá por ende implicancias económicas (Coetzee, 1991). Por tal motivo, se estudió el efecto de la densidad de plantación utilizando un diseño sistemático tipo Nelder (1962) modificado, donde por motivos de mantenimiento y control de malezas la distancia que separa los radios es paralela y constante de 3 m. transformándose en una fila de plantación. La distancia entre plantas posee un incremento de un 20% respecto de la planta anterior, comenzando con una distancia de 1,6 m. El rango de densidades experimentadas varió entre 2.083 y 582 plantas/ha con un total de 9 tratamientos. Al momento de la plantación los individuos de ensayo totalizaban 380 árboles, además de los bordes internos y externos (Ferrere *et al.*, 2005).

A los 10 años de plantado, se demostró que el espaciamiento inicial empleado en un ensayo de *E. globulus* en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, determinó una productividad diferencial en los tratamientos estudiados. El crecimiento en diá-

metro aumentó con la disminución de la densidad. Una fuerte disminución en el incremento corriente anual del área basal coincidió con un año de precipitaciones escasas, entre el quinto y sexto año de plantado. Si bien la densidad inicial de plantación responde a las condiciones del sitio y estos son variables en el sudeste bonaerense de Argentina, el mejor crecimiento para plantaciones de *E. globulus* según las condiciones de ensayo se demostró con el empleo de densidades de 1.095 plantas/ha. En este tratamiento al décimo año, se logró una adecuada combinación entre el crecimiento individual de los árboles y del rodal (diámetro 19,44 cm y área basal de 32,66 m²/ha). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la proporción de corteza en relación al diámetro. El uso de técnicas de manejo intensivo permitirán incrementar la productividad de los sitios.

Consideraciones finales

Las actividades desarrolladas en el marco de este proyecto, sin ánimo de responder a todas las inquietudes iniciales, han tratado de adelantarse a ciertas necesidades que podrían surgir del sector forestal y que consideramos prioritarias. Se han logrado importantes avances y el volumen de información obtenido es significativo. El aporte e interés de empresas privadas y productores sumado al respaldo de PFD ha permitido trabajar ininterrumpidamente por 10 años. El ingreso gradual de nuevos productores agropecuarios a esta actividad productiva poco tradicional en la región del sudeste bonaerense es fundamental.

Junto con el incremento de la actividad forestal, se plantean mayores demandas de tecnologías principalmente en el área de establecimiento de plantaciones y silvicultura donde ya estamos trabajando con el objetivo de transferir un paquete tecnológico completo.

Eucalyptus dunnii

El *Eucalyptus dunnii* posee una dispersión natural que se encuentra restringida en el nordeste de Nueva Gales del Sur y sudeste de Queensland, en Australia. El rango latitudinal en el que se desarrolla comprende desde los 28° hasta los 30° de latitud sur, mientras que en altitud se lo encuentra en el rango de los 300 a los 750 m.s.n.m. El clima es cálido y húmedo, con temperaturas medias del mes más cálido en el orden de los 27 -30° C y una temperatura media del mes más frío de 0 - 3 °C con 20 a 60 heladas por año. La precipitación media anual ronda entre los 1000 - 1750 mm

(Boland *et al* 1992). Además de poseer un área nativa muy pequeña, *E. dunnii* presenta dificultades en la producción de semillas. (Maradei, 1987). En la zona de origen, sobre 13 lotes de semilla cosechada, se calculó 237.000 semillas viables por kilo (Boland, 1980). Esta limitante también ha sido reportada en Brasil (Cortezzi Graça 1987) y en la mesopotamia Argentina (Báez 1991).

En la República Argentina fue introducido en la década de 1970. Estudios efectuados en la región pampeana demuestran la potencialidad de esta especie frente a *E. grandis* en zonas con limitaciones por frío (Maradei, 1987) combinando buen crecimiento, fuste recto y madera adecuada para pulpa (Marcó y White, 2002). En líneas generales, *E. dunnii*, puede ser cultivado en el sector NE de la región pampeana que presenta una óptima aptitud climática para la implantación de esta especie, compitiendo ventajosamente en sectores del litoral bonaerense y santafecino. Los altos requerimientos hídricos de la especie imponen restricciones a su distribución hacia el oeste de la región.

En cuanto a la floración, en la provincia de Buenos Aires se ha observado en diferentes rodales floración temprana y abundante, existiendo un rodal semillero en la localidad de 9 de Julio y como se detallará más adelante un huerto semillero en 25 de Mayo. Complementariamente, en injertos efectuados en INTA Castelar se ha observado floración a los dos años de efectuada la injertación. Esta ventaja para la producción de semillas potencia la evaluación de material genético de esta especie no solo destinado a plantaciones locales sino también para atender la demanda de producción de materiales mejorados de propagación para el desarrollo de plantaciones en otras regiones.

En 1992 se instaló un ensayo de Orígenes y Progenies en 25 de Mayo, Pcia de Buenos Aires (Latitud: 35° 51'52" S; Longitud: 43° 43'38" O). En esta zona el clima está determinado por la latitud, falta de un marcado relieve, proximidad al océano/cuenca del Plata, baja relación de masa continental/oceánica y circulación general de la atmósfera. En 25 de Mayo la temperatura media anual está dominada por la isoterma de 16 °C. Por este elemento climático, de acuerdo a la clasificación de FAO (1986), el clima se define como templado cálido. Presenta de 20 a 25 días promedio con heladas, las precipitaciones están determinadas por la isohieta de algo más de 1000 mm. El índice hídrico calculado con los parámetros que surgen de los balances hídricos permite clasificar al clima de 25 de Mayo como húmedo (Moschini *et al* 2002)

A los 6,5 años fueron evaluadas las variables crecimiento diamétrico (a 1.3 metros del suelo), Penetración de Pilodyn 6 J Forest y forma.

En resumen para el análisis de estos materiales no se encontraron diferencias significativas a nivel de orígenes pero se encontraron diferencias altamente significativas a nivel de familias para todas las variables evaluadas. De esta manera se plantea la selección familiar e individual como la mejor estrategia de mejoramiento. Las selecciones locales realizadas en Oliveros han demostrado (a nivel de familias) una superioridad frente a los lotes australianos justificando incluso a la selección masal como una estrategia de ganancia en volumen y forma.

Paralelamente fueron evaluados los parámetros genéticos para las variables analizadas. Como resultado, se encontró que las heredabilidades fueron moderadas para diámetro y bajas para forma. En el caso de penetración de Pilodyn, la heredabilidad fue moderada, pero mayor a la encontrada para diámetro.

Evaluando las correlaciones genéticas entre las variables se encontró que diámetro está positivamente correlacionado con penetración de Pilodyn. Recordando que mayor penetración de Pilodyn implica menor densidad, se desprende que los mayores diámetros están asociados con menores densidades. Por otro lado, al evaluar la correlación entre diámetro y forma, la misma arrojó valores significativos y positivos.

Estos resultados fueron utilizados para efectuar una transformación por raleo genético del ensayo y convertirlo en huerto semillero de progenies.

Como resultado de las actividades enmarcadas en el Proyecto Forestal de Desarrollo, se han logrado constituir:

Huerto Semillero de Progenies

Para la transformación del ensayo en huerto semillero se tuvieron en cuenta las tres variables mensuradas (diámetro, penetración de Pilodyn y forma). Se estimaron los valores de mejora de cada individuo para cada una de las variables y se elaboró un índice de selección asignándoles idéntico peso relativo a cada una de ellas. Como resultado se constituyó un huerto con 163 individuos. Actualmente este huerto se encuentra en plena producción de semillas, en los últimos años se han cosechado más de 20 kg de semilla que representan cerca de 10.000 ha de plantación. Se ha procedido a inscribirlo ante el INASE y actualmente se

encuentra sometido a manejo intensivo, con el uso de promotores de floración, podas de conducción y fertilización nitrogenada.

Con el objetivo de contar con buenos ejemplares que sean susceptibles de ser clonados mediante técnicas de injertación, se realizó un amplio programa de selección, cuya metodología se describe a continuación:

En una primera etapa se realizó un relevamiento de ensayos y plantaciones comerciales con calidades de sitio adecuadas para el desarrollo de la especie, en un área que abarcó el norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe.

Como resultado de esa primera etapa se concluyó realizar la selección en plantaciones comerciales de *Eucalyptus dunnii* (Moleton, NSW), que fueron implantadas en 1989, que la empresa Woods S. A. posee en Oliveros provincia de Santa Fe, por ser el macizo forestal más importante tanto a nivel regional como del país para esta especie.

Se trabajó sobre un total de 160 ha. La densidad original de plantación era de 1600 pl/ha. A la fecha de realizar la selección, los porcentajes de sobrevivencia variaban entre 40 y 80%. Las áreas que presentaban una sobrevivencia muy baja se descartaron. De acuerdo con la superficie de cada lote se procedió a realizar mediciones en parcelas de muestreo. Se calculó para cada rodal, el número de individuos medios (% de sobrevivencia), DAP medio, altura media, desvío estándar, coeficiente de variación porcentual, volumen medio por planta y volumen medio total por hectárea. Con estos valores se procedió a recorrer cada lote marcando los individuos potenciales, y que superaban los valores medios de DAP, y altura, y teniendo en cuenta la forma forestal. No se consideró en la selección las dos filas de bordura exterior o perimetral en el caso de claros internos.

En una segunda etapa, se recorrieron nuevamente cada uno de los árboles candidatos para dejar solo aquellos que comparativamente, eran sobresalientes. A estos se les confeccionó una planilla de selección.

Las características que se tuvieron en cuenta fueron:
Vigor: Se lo consideró a través del diámetro y la altura.

Forma de fuste: Se consideró la presencia de sinuosidades e inclinación del tronco.

Ramificación: En este caso se tuvo en cuenta la abundancia, el ángulo de inserción, grosor y persistencia de ramas.

Copa: Se consideró el ancho y el largo de la misma.
Fructificación: Se consideró la presencia o no de frutos.

Espesor de la corteza: Se determinó a partir de 2 mediciones opuestas en tortas que se obtuvieron a 1.3 m.

Densidad básica (peso seco/volumen saturado): De estas mismas tortas se obtuvieron dos muestras a las que se les calculó el volumen por desplazamiento de líquido, en tanto que el peso seco se midió sobre las mismas, secadas en estufa durante 48 hs a una temperatura constante de 105 °C.

Blancura: Esta se efectuó sobre aserrín de muestras también tomadas de las tortas a 1.3 m. Las mediciones se realizaron mediante la utilización del Elrepho, con filtro de luz 8.

Una vez confeccionada la planilla de selección se procedió a voltear cada árbol seleccionado, obtener una torta a 1.3 m y recolectar sus frutos, para efectuar posteriormente, las pruebas de progenies.

Como resultado de la campaña de selección, se eligieron 83 individuos, que fueron propagados para la instalación de un banco clonal.

Huerto Semillero Clonal

Para la obtención de semilla con mayor grado de mejora se efectuó una nueva selección. Las poblaciones sujetas a esta selección contemplaron:

Huerto Semillero de Progenies

Tres ensayos de orígenes y progenies instalados por CIEF (dos ensayos instalados en Ramallo y uno en Oliveros)

Selectos en plantaciones comerciales de Oliveros de buen desempeño en sus pruebas de progenies.

En total se seleccionaron 26 genotipos superiores. Estos individuos fueron clonados por medio de injertos utilizando la técnica de injerto superior o de púa. Los injertos logrados fueron instalados en el INTA Castelar siguiendo un diseño totalmente al azar, con

siete repeticiones totalizando por lo tanto 182 injertos. Para reducir la probabilidad de cruzamientos entre "ortets" del mismo clon se impuso una restricción de distancia de 15 metros. La distancia de plantación es de 5 m entre plantas y de 4.5 m entre filas.



Foto 5 - Huerto semillero clonal instalado en INTA Castelar

Como se podrá observar, este huerto ocupa una superficie reducida, acorde a las nuevas tendencias que utilizan huertos de pequeño tamaño pero sometido a un manejo intensivo. En este aspecto, las tareas de manejo incluyen el uso de promotores de floración como el Paclobutrazol, que permite concentrar en plantas de menor porte una gran cantidad de semillas, facilitando las tareas de cosecha. El Paclobutrazol permite además adelantar la entrada a la madurez reproductiva, reduciendo los tiempos y posibilitando una entrada en producción del huerto semillero más rápida. Esta actividad es complementada con la fertilización. Otra actividad que se realiza en el huerto es la poda. En este caso el objetivo perseguido es que las plantas adquieran una copa de mayores dimensiones y a una más baja altura.

Foto 6 - Injertos de pua de *E. dunnii*



Foto 7 - Ejemplar de huerto semillero clonal de dos años de edad y manejado con promotores de floración de *E. dunnii*

Área productora de semilla: esta población fue constituida inicialmente como banco clonal a partir de selecciones realizadas en Oliveros, Santa Fe. Con los resultados de las pruebas de progenies realizadas, se procedió a raleo este banco clonal quedando 19 genotipos de buen desempeño con distinto número de repeticiones. Debido a que estos individuos fueron testeados y demostraron buena aptitud combinatoria, se decidió hacer un segundo raleo eliminado "ortets" del mismo clon que estuviesen muy próximos para evitar problemas de endogamia. Una vez realizada esta tarea se procedió a inscribir esta población como área productora de semillas. En la actualidad esta población se encuentra en producción. Se realizaron tareas de descopado para bajar la altura de cosecha de estos ejemplares.

De esta manera y por intermedio del PFD se lograron conformar diferentes poblaciones de semilla mejorada para esta especie. Paralelamente al plan de mejoramiento se delinearón las primeras actividades en silvicultura instalando un ensayo de distanciamiento en INTA Castelar debido a que la producción total de un rodal, depende de

la sumatoria de los crecimientos de cada uno de los individuos presentes en el mismo. El espaciamiento inicial entre plantas, es una decisión importante que debe ser considerada con sumo detenimiento. El espaciamiento a utilizar, depende de la especie, de su genotipo, de la calidad de sitio, del objetivo de producción, entre otras y afecta el cierre del dosel, la competencia, la tasa de crecimiento de los árboles (especialmente en diámetro), el rendimiento por hectárea, la variedad de productos finales.

Para este ensayo se utilizó un diseño Sistemático Nelder utilizando material seminal proveniente de Área Productora de Semillas. Una de las ventajas que presentan este tipo de diseño sistemático es que ocupan una menor superficie que los diseños en bloques o cualquier otro diseño convencional.

Entre las desventajas se pueden mencionar: Requieren grandes cuidados, especialmente en el control de malezas, y un sitio lo más homogéneo posible y que en caso de muerte de un ejemplar obliga a desestimar para el análisis los tratamientos vecinos al sitio en que se produjo la falla.

Cuadro 3			
Tratamiento	Superficie (m ²)	Distanciamiento asimilado	Nº arb/ha
1	2,01	1 x 1	4983
2	2,52	1 x 1.5	3961
3	3,18	1.78 x 1.78	3148
4	4,00	2 x 2	2502
5	5,03	2.25 x 2.25	1989
6	6,33	2 x 3	1581
7	7,96	4 x 2	1257
8	10,01	5 x 2	999
9	12,60	4x 3.15	794
10	15,85	4 x 4	631
11	19,94	4 x 5	502
12	25,08	4 x 5	399

Se efectuaron mediciones repetidas de diámetro (DAP), altura total (H) y longitud de copa. A los 4 años de edad se observa: La densidad inicial de plantación determinó un crecimiento diferencial en diámetro y área basal en *Eucalyptus dunnii*.

Al cuarto año, fue factible alcanzar un crecimiento de 16,01 cm en el tratamiento más espaciado,

en tanto que para el tratamiento más denso, el diámetro se redujo a la mitad.

El área basal aumentó al aumentar la densidad, hasta un valor máximo de 34,08 m²/ha, en el tratamiento de 4893 pl/ha. En el tratamiento más espaciado, el área basal se redujo a la tercera parte, (Ferrere *et al.*, 2004).

Se ajustó un modelo para predecir el factor de espaciamiento con resultados altamente satisfactorios ($R^2 = 0,8912$).

$$FE = 95,736x - 0,6552$$

FE: factor de espaciamiento.

x: km de copa



Foto 8 - Ensayo Nelder, *E. dunnii*, 5 años de edad.

Eucalyptus maidenii

Como enunciamos anteriormente, la especie de *Eucalyptus* de zonas templadas más requerida para la industria de papel es el *E. globulus*. No obstante, esta especie solo se desarrolla bajo ciertas condiciones climáticas y edáficas. En aquellos lugares que no son propicios para el *E. globulus* es necesario utilizar otras especies. Dentro de estas especies, el *E. globulus ssp. maidenii* o simplemente *E. maidenii* se presenta como alternativa.

En la zona de origen, esta especie se la encuentra en la costa sur de Nueva Gales del Sur, entre los 200-900 m.s.n.m. El clima es caluroso a fresco, húmedo, con temperaturas medias del mes más cálido en el orden de los 23-27° C. La ocurrencia de heladas se encuentra entre 20 a 80 por año. La precipitación media anual varía entre los 800 y 1.200 mm distribuidos durante todo el año.

En la Argentina, esta especie fue introducida a principios del siglo XX. En 1952 se estableció la primera plantación comercial en la zona de Cortines, próximo a Luján.

Para su normal desarrollo, el *E. maidenii* requiere suelos bien drenados, profundos, neutros a ligeramente ácidos y libres de salinidad y alcalinidad sódica. (Nakama *et al*, 2000). Desde el punto de vista climático esta especie posee mayor tolerancia a las heladas y a las temperaturas estivales más elevadas con respecto a *E. globulus*. Esta tolerancia permite ampliar su zona de cultivo a la zona sur, centro y este de Buenos Aires.

En el año 1995 se introdujo una colección de materiales nativos y selecciones locales que fueron ensayadas a través de 4 ensayos de orígenes y progenies. Los ensayos fueron establecidos a campo entre los años 1995 y 1997. A continuación se detallan los ensayos instalados:

Cuadro 4				
Ensayo	Plantación	Familias	Diseño	Repet.
Nahuel Rucá	1996	150	10 SETS de 15 plantas	15
La Vocación (Necochea)	1996	150	10 SETS de 15 plantas	15
25 de Mayo	1997	108	9 SETS de 12 plantas	15
Ubajay (Entre Rios)	1995	150	10 SETS de 15 plantas	15

Como detalla el cuadro 4, en estos ensayos fueron incluidos entre 108 y 150 familias que pertenecen a 11 orígenes Australianos y selecciones locales efectuadas en Cortines, Buenos Aires. Para la instalación del ensayo se agruparon las familias en sets tomando como criterio de agrupamiento la proximidad geográfica de las mismas. De esta manera se conformaron 10 "sets" de 15 plantas cada uno ubicadas aleatoriamente en parcelas de una planta.

A la edad de 4 años, se evaluó el crecimiento diámetro en cada uno de los ensayos. Los resultados arrojan que el efecto sitio fue el que arrojó el mayor nivel de variación. Este efecto puede reflejar las grandes diferencias de ambiente en cada uno de los sitios ensayos (López, *et al* 2001). En cuanto a los crecimientos, se observó que los sitios más fríos presentaron menores crecimientos y los ensayos instalados más al norte demostraron mejores crecimientos. Algunas procedencias demostraron buen

desempeño como por ejemplo los materiales provenientes de las selecciones locales que se ubicaron en primer o segundo lugar. El origen Dobbys Rd. demostró ser el de mejor desempeño en todos los sitios, mientras que Tantawangalo se ubicó como el de más pobre crecimiento. Se encontró que la mayor variación se encuentra entre familias dentro de procedencias (24,3%), contrastando con el 0.1 % encontrado a nivel de orígenes.



Foto 9 - Ejemplar de *E. maidenii*, ensayo instalado en 25 de mayo

En cuanto a la densidad de plantación se instaló en 1999, al igual que en *E. dunnii*, un ensayo de distanciamiento en INTA Castelar. El diseño utilizado es el Diseño Sistemático tipo Nelder, donde se ensayaron 12 densidades de plantación que abarcan desde los 5000 árboles/ha hasta un mínimo de 400 plantas /ha.

A los 5 años de plantado se encontró que la densidad de plantación afectó el crecimiento de *Eucalyptus maidenii*. Al aumentar la densidad inicial de plantación disminuye el crecimiento en diámetro y aumenta en área basal. El crecimiento en general del ensayo supera las referencias presentadas previamente en Argentina (Pathauer *et al.* 2003; López *et al.* 2001) y las de un ensayo en Brasil (Shimizu, 1989). Al quinto año, el máximo fue de 65,8 (diámetro 20,9 cm) en el tratamiento más espaciado (399 pl/ha), reduciéndose a la mitad en el tratamiento mas espaciado (4.983

pl/ha). No se encontraron diferencias significativas del crecimiento en altura. La mayor altura fue de 17,5 m en el tratamiento de 764 pl/ha. El tratamiento que presentó el menor crecimiento fue el de 399 pl/ha, con un valor de 14,3 m. En tanto que el área basal al quinto año alcanzó un valor máximo de 47,35 m²/ha en la densidad de 4.983 pl/ha, casi el cuádruple del valor obtenido en el tratamiento mas espaciado (Ferrere *et al.*, 2005). La base de la copa verde indica el desrame natural que se produce debido a la competencia por luz y por ende, el tamaño de la copa. Siendo que las diferencias de crecimiento en altura resultan menores que las diferencias de altura de la base de la copa verde, significa que los tratamientos más espaciados tienen un mayor desarrollo de copa lo que supone una mayor capacidad fotosintética. Por ende, es de esperar a futuro que se mantengan los mayores crecimientos a nivel de árbol individual en estos tratamientos.

Conocer el efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento del rodal conjuntamente con análisis económico-financieros resulta indispensable en la toma de decisiones.



Foto 10 - Ensayo Nelder, *E. maidenii*, 5 años de edad

Eucalyptus viminalis

Eucalyptus viminalis, es una especie que presenta ejemplares de gran porte, con alturas de 30-50 m. en su área de distribución natural, llegando a 90 m. en algunas zonas de Tasmania bajo condiciones favorables (Alliani,1988). El crecimiento es generalmente abierto y extendido con las ramas caídas, la corteza se desprende en fajas dejando al descubierto un tallo blanco – amarillento. (Brown-Hall,1968). Posee una gran resistencia al frío (mínimas de hasta -15°C), y puede soportar un déficit hídrico de moderada intensidad, de hasta 200mm anuales. Prefiere suelos sueltos, profundos y bien drenados, resultando su cultivo antieconómico en

suelos gley húmicos y planosoles (Golfari, 1985). En su zona de origen esta especie se encuentra ampliamente distribuida en el SE de Australia,

Este de Tasmania y en las isla King y Flinders. La amplitud latitudinal y altitudinal en la que se encuentra varía de 29° 00'a 43° 09'y de 0 a 2830 msnm. En esta distribución tan amplia el clima es muy variado, de templados a subtropicales y de subhúmedos a húmedos, con temperaturas máximas del mes más cálido entre 20 °C y 32 °C y con mínimas del mes mas frío entre los 8 °C y los -4 °C. Con ausencia de heladas en las poblaciones cercanas a la costa, hasta con una frecuencia superior a 100 heladas por año en altitudes mayores (FAO, 1971). En líneas generales el *E.viminalis* posee una densidad aproximada de 462 kg/m³, un largo de fibra de 0.83 mm, un ancho de fibra de 0.20 mm, un espesor de pared de fibra de 64 µg/m y un número de fibras por gramo de pulpa de 19.000.000/gr.(Cotterill,Brolin.)

En cuanto al suelo *E.viminalis* crece en una amplia variedad de suelos, desde los pobres arcillosos a los suelos ricos aluvionales bien drenados. Su mayor crecimiento se da en suelos bien drenados aluvionales o podsólicos arenosos con subsuelo arcillo (Hill-Brown, 1978).

En la Argentina esta especie ha encontrado condiciones favorables para su cultivo entre los 33° y 39° de latitud en una amplia región que comprende la provincia de Buenos Aires, sur de Córdoba y Santa Fe y este de La Pampa. En menor medida se lo puede encontrar en pequeñas parcelas en San Luis, Mendoza y algunas áreas de montaña de Córdoba. Debido a sus requerimientos se han observado los mejores incrementos en el centro de la provincia de Buenos Aires (Norberto de la Riestra, 25 de Mayo, Bragado, Huetel, La Larga). Estas localidades se encuentran en el vértice de triángulo de suelos brunizens, sin horizonte B arcilloso, que avanza desde el noroeste hasta el centro de la provincia y se caracterizan por tener suelos arenosos, humíferos, profundos y bien drenados (Golfari, 1985). Debido al tamaño potencial del área de cultivo, en algunas zonas, se produce una superposición con las áreas donde otras especies encuentran las condiciones edafoclimáticas mas adecuadas como el caso de *E. globulus ssp. globulus* en el sudeste bonaerense, *E. globulus ssp. maidenni* en el sector este de la provincia, o el *E. dunnii* en el litoral al norte de la provincia (Moschini *et al.*1999). La zona centro - oeste y sur-oeste de la provincia de Buenos Aires, se pre-

senta como la más adecuada para el cultivo de esta especie, debido a la buena adaptación que presenta en esta región y a que el cultivo de otras especies de *Eucalyptus* se encuentra limitado principalmente por las bajas temperaturas. La superficie total de la zona oeste y sur oeste de la provincia es de 6.490.000 ha aproximadamente, siendo de aptitud forestal unas 3.546.900 ha. La actividad tradicional en esta región es la agricultura y la ganadería bovina de invernada. La mayor parte de las forestaciones fueron realizadas como cortinas y pequeños montes como apoyo de la actividad agropecuaria existiendo también plantaciones comerciales.

El primer ensayo de orígenes de *E. viminalis* fue instalado en 1971 en las localidades de Alsina y Ramallo, que constaban de 22 orígenes y procedencias locales. El objetivo de estos ensayos era el de conocer los orígenes más apropiados, lo que se traduciría en una mayor producción. Los orígenes que se presentaron como superiores en vigor vegetativo han sido: Waarburton (CSIRO 8905),A.C.T.(CSIRO 8336),Uriarra Frst, Tumut (NSW) Cann River Area (VIC), Bombala (NSW) (GEA;L ALLIANI,R.,1988)

En ensayos posteriores, con menor número de orígenes ensayados, se destacaron los Orígenes de S.E. Tenterfield (NSW) y Bonang (VIC).

En otros países, como en Brasil, se han probado distintos orígenes de esta especie, siendo los orígenes que han demostrado mayor performance son los siguientes: Tumut,S.E. Tenterfield, Cann River Area, S. Bombala, Coolan, Uriarra Frst.

Situación actual

Por intermedio del PFD y teniendo en cuenta los resultados de los ensayos instalados en la década del 70, se introdujo de Australia una amplia colección de semillas de *Eucalyptus viminalis*, cuyo detalle de orígenes y familias es el siguiente:

- Urriara S.F. (NSW): 10 familias.
- Bonang (VIC): 19 familias
- Bald Hills (VIC): 14 familias
- Errinundra Road (VIC): 12 familias
- Martins Creek (VIC): 14 familias
- Federation Road via Marysville (VIC): 14 familias
- Rockton (NSW): 6 familias
- Bonang River (VIC): 8 familias
- Mt. Sunday (VIC): 6 familias
- Timbarra River via Buchan (VIC): 10 familias
- Mt. Baldhead (VIC): 10 familias

- Noojee (VIC): 6 familias

Se completó la colección con otros lotes de semilla, algunos de procedencia australiana y otros de procedencia local. A continuación se detallan los materiales:

Selecciones locales (Ramallo): 7 familias

- Junín (BA): 1 lote
- 25 de Mayo (BA): 1 lote
- Bordenave (BA): 1 lote
- Sierra de la Ventana: 1 lote
- Nimitabel (NSW) (BA): 1 lote

- Templestowe (VIC): 1 lote
- Barrington Tops (NSW): 1 lote
- NE Deepwater (NSW): 1 lote
- Cann Val (NSW): 1 lote
- Proctors Road (TAS): 1 lote
- Mickleham (VIC): 1 lote
- South of Braidwood (VIC): 1 lote

Con estos materiales se procedió a instalar una importante red de ensayos de orígenes y progenies. El diseño utilizado en todos los ensayos fue

Ensayo	Año plantación	Familias	Repeticiones	Distanciamiento	Diseño
Fiplasto- Forestal Ramallo (Bs As)	1998	114	18	3 x 2	BCA
Guaminí	1998	96	15	3 x 3	BCA
Empresa WOODS, Oliveros, Santa Fe	1998	114	15	2.5 x 2.5	BCA
Ea. La Criolla, 25 de Mayo	1999	157	25	3 x 3	BCA
EAS Del Valle, 25 de Mayo	2000	76	16	5 x 2	BCA
INTA Castelar	2000	56	23	3 x 3	BCA
Ea. El Rincón, Cnel Pringles	2000	135	24	3 x 3	BCA

el de Bloques completamente al azar.

Desde el momento de la instalación y hasta el presente se han medido las siguientes variables en estos ensayos: sobrevivencia, altura, diámetro, penetración de Pilodyn y forma.

Como resultado de esta red se está transformando en huerto semillero de progenies el ensayo instalado en la Estancia La Criolla, ubicado en 25 de

Mayo. En el transcurso del corriente año esta actividad estará finalizada.

Complementariamente, se efectuó una selección fenotípica en un rodal comercial origen Waarburton. Se procedió a realizar un raleo dejando los mejores individuos transformando a esta población en Área Productora de Semillas.

Pinus radiata

Del total de la superficie implantada, la mayor parte corresponde a especies del género *Eucalyptus*, siendo uno de sus principales destinos la industria celulósica. Otro componente de importancia en la superficie forestada con fines comerciales son las plantaciones de coníferas, principalmente *Pinus radiata*.

Dado que son conocidas las menores exigencias edáficas de los pinos, algunos productores implantaron sus macizos en sitios no aptos para la activi-



Foto 9 - Ensayo de orígenes y progenies de *E. viminalis* en la región pampeana

dad agrícola, generalmente en lomas pedregosas de poca profundidad efectiva y pendientes relativamente importantes. Otros, destinaron pequeñas superficies bajo uso agrícola y/o ganadero donde las áreas forestadas cumplen una función inicial de reparo, para transformarse posteriormente en una alternativa comercial complementaria. (Lupi *et al.*, 2003). Debido a esto y a que no existían antecedentes sobre esta especie en la región pampeana, se delinearón las primeras líneas de acción en mejoramiento genético y silvicultura. La zona elegida para trabajar con esta especie corresponde al cordón serrano del sistema de Tandilia y Ventania. Las actividades se concentraron en la introducción de material de diferentes procedencias y la selección en montes comerciales. De esta manera se introdujeron materiales seminales con diferente grado de mejora, mayoritariamente de Nueva Zelanda y Chile. A continuación se detallan los

Cuadro 6 Materiales introducidos

HS, Colicheu, Chile
GF 14 (Nueva Zelanda)
GF 15 (Nueva Zelanda)
GF 16 (Nueva Zelanda)
GF16 DR (Nueva Zelanda)
GF 17 (Nueva Zelanda)
GF 19 (Nueva Zelanda)
GF 20 (Nueva Zelanda)
GF 21 (Nueva Zelanda)

En cuanto a las selecciones en plantaciones comerciales, se trató de optimizar rasgos como crecimiento en volumen y forma del árbol, características bus-

Cuadro 7 Tabla I: plantaciones sujetas a selección

Empresa	Edad	I	G (m ² /ha)	Espac. Inicial	DAP (cm)	Hm (m)	Nº	IMA
Magnasco	14	2	56.0	2x2.5	23.8	13.4	1440	28.67
Palo Verde	15	3	53.2	2.5x 2.5	21.79	13.66	1420	24
Palo verde	14	3	56.5	2.5x 2.5	24.45	13.85	1204	27.86

I= intensidad de muestreo en inventariación, en % de superficie.

G= área basal en (m² / ha)

DAP= Diámetro del árbol de sección media (cm).

Hm= altura del árbol de sección media.

Nº= Número de individuos por hectárea.

IMA= Incremento Medio Anual. Se empleó un factor de forma de 0.5., en (m³ / ha./ año).

casas en la industria del aserrado. En esta primera etapa se procedió con la selección individual en plantaciones comerciales en la zona de Tandil, provincia de Buenos Aires, procedente de cosechas locales. El cuadro 7. muestra la información dendrométrica y dasométrica de los rodales donde se realizó la selección.

La metodología consistió en realizar, previamente a la selección fenotípica, un muestreo al azar en los rodales de estudio. Para tal fin se trabajó en parcelas rectangulares de 200 m² en Magnasco y 250 m² en Palo Verde. La intensidad de muestreo fue de 2 % y 3% dependiendo de la homogeneidad del rodal.

Las variables tenidas en cuenta fueron DAP, altura

total, rectitud del fuste, desrame natural, grosor, abundancia y ángulo de inserción de las ramas, nivel de fructificación, características referentes a la copa como ser longitud, superficie y participación respecto a la altura total. De los vecinos más próximos se relevaron DAP y posición sociológica de los mismos. De esta manera, los individuos selectos recibieron una calificación fenotípica, la cual resulta de atribuir un cierto puntaje a cada carácter, y luego de una ponderación de todas sus características se obtiene una calificación final de cada individuo la cual lo caracteriza, permitiendo establecer un "ranking" por superioridad fenotípica de los individuos. Como resultado de este trabajo se seleccionaron 21 individuos de *Pinus radiata* en diferentes estados de fructificación.

En el año 2004 se realizaron nuevas selecciones. En este caso se trabajó sobre una plantación comercial de *Pinus radiata* en las inmediaciones de la Estancia San Lorenzo, a unos 50 km de la ciudad de Tandil, cuyas coordenadas geográficas son 37° 35,923 S y 59° 6,365 O.

Se instalaron 4 parcelas de muestreo cuadradas de 400 m², sobre las que se midieron todos los diámetros y tres alturas. En primera instancia se realizó una preselección considerando el tamaño, la forma y las ramas de cada uno de los árboles del rodal. Se relevaron DAP, altura total, rectitud de fuste, desrame natural, grosor, abundancia y ángulo de inserción de ramas, fructificación, y caracte-

rísticas de la copa, tales como longitud, superficie y participación respecto a la altura total. Asimismo se midió el DAP y la posición sociológica de los vecinos más próximos.

Como resultado se seleccionaron quince individuos, que sumados a los 21 ejemplares seleccionados previamente hacen un total de 36 ejemplares seleccionados de esta especie en la zona serrana del SE bonaerense, de los cuales se extraerán púas para injertar con el objetivo de realizar un Área Productora de Semillas.

Con los materiales introducidos se instalaron ensayos de procedencias. En total fueron instalados 4 ensayos. En el Cuadro 8 se detalla la ubica-

Cuadro 8					
Lugar	Año	Diseño	Tratamientos	Repet.	Distanc.
Cnel. Pringles	2001	BCA	10	6	3 x 3
INTA Balcarce	2001	BCA	10	4	3 x 3
Pinamar	2002	BCA	11	4	3 x 3
Tandil	2002	BCA	8	6	3 x 3

ción y características de cada uno de ellos: Se instaló además, en el año 2001, un ensayo de distanciamiento con un diseño sistemático tipo

Nelder, similar al usado en *E. dunnii* y *E. maidenii*. Si bien aún no se tienen resultados, se ha logrado establecer las bases para seguir trabajando en esta especie.



Foto 10 - Ensayo de procedencias instalado en INTA Balcarce, 4 años de edad.



Foto 11 - Ensayo de distanciamiento tipo nelder de *Pinus radiata*

Responsable técnico: Ingeniero Forestal Pablo Pathauer

Participantes:

Instituto de Recursos Biológicos, INTA Castelar.

Ingeniera Forestal Paula Ferrere
Ingeniero Forestal Norberto Fernández
Ingeniero Forestal Raúl Villaverde
Doctora Susana Marcucci Poltri
Ingeniera Agrónoma (Ms Sc) Noga Zelener
Ingeniera Agrónoma Susana Torales
Licenciada Cintia Acuña

E.E.A. INTA Balcarce

Ingeniero Forestal Mario Galetti
Ingeniero Agrónomo Carlos Esparrach

E.F. INTA 25 de Mayo

Ingeniero Agrónomo Vicente Dell' Archiprete

Instituciones participantes:

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales (CIEF)