

PRODUCCION DE SEMILLA MEJORADA DE *Eucalyptus grandis*

Gustavo Balmelli¹

INTRODUCCION

La utilización de una adecuada fuente de semilla es uno de los primeros y más importantes aspectos a tener en cuenta en todo proyecto forestal. Cada sitio tiene un potencial productivo diferente dado por características propias de clima, topografía, suelo y uso anterior, así como por diferencias de enmalezamiento y presencia de enfermedades o plagas. Se entiende por "semilla adecuada" a aquella que por su constitución genética es capaz de generar un rodal de excelente adaptación y productividad en los diferentes sitios a forestar. Es evidente entonces la necesidad e importancia de evaluar y comparar localmente diferentes fuentes de semilla. Lamentablemente, en Uruguay es bastante común el uso de semilla de origen incierto y el uso de semilla importada sin evaluación local.

La necesidad de contar con materiales específicamente adaptados a las diferentes zonas de prioridad forestal, ha llevado al Programa Forestal del INIA a implementar Planes de Mejoramiento Genético para las especies de mayor importancia económica. El objetivo general de dichos Planes es producir semilla mejorada genéticamente para las condiciones locales y para los principales productos forestales.

Se presenta en este artículo una somera descripción de las distintas etapas del Plan de Mejoramiento Genético (PMG) para *Eucalyptus grandis*, especie cuyo PMG se encuentra en etapas más avanzadas. Se describe con mayor detalle el proceso de obtención de semilla comercial a partir del Huerto

Semillero de primera generación y se presentan los resultados obtenidos al primer año de crecimiento en dos ensayos de rendimiento instalados en Zona 7.

DESCRIPCION GENERAL DEL PLAN DE MEJORAMIENTO

El Plan de Mejoramiento se basa en la evaluación local de un gran número de genotipos y en la selección de los mejores para ser utilizados como productores de semilla. La primera etapa de este plan consiste en la creación de una población de amplia base genética. En *E. grandis* esta población se formó en 1992 mediante una amplia introducción de semillas desde el área de distribución natural (costa Este de Australia) y mediante una intensa selección local en plantaciones comerciales distribuidas en todo el país. Entre las dos fuentes de semilla mencionadas se obtuvieron más de 200 genotipos diferentes.

El valor productivo de estos genotipos debe comprobarse mediante la instalación y evaluación de ensayos, lo que constituye la segunda etapa del plan. En 1993, en convenio con empresas forestales, se instalaron nueve Pruebas de Progenie, en sitios representativos de las principales zonas para esta especie, o sea las Zonas CIDE 7, 8 y 9. También en 1993 se instaló en el predio de la Estación Experimental del Norte, sobre Zona 7, una Población Multipropósito cuyo destino final es la producción de semilla comercial. El período de evaluación comienza al año de instalados los ensayos y puede continuar

¹ Ing. Agr., M.Sc. Programa Nacional Forestal. INIA Tacuarembó / e-mail: gubal@inia.org.uy

indefinidamente. Normalmente se evalúa cada dos años la producción de madera por árbol y por hectárea, estimándose para cada progenitor (en base al comportamiento de su progenie) un valor genético o valor de cría para dichas características.

La tercera etapa consiste en la utilización de los valores de cría para seleccionar los mejores genotipos desde el punto de vista productivo. A través de sucesivos raleos de la Población Multipropósito se dejan solamente las mejores familias y dentro de éstas solamente los mejores individuos, los cuales serán en definitiva los productores de semilla.

Una descripción más detallada de este Plan puede encontrarse en la Serie Actividades de Difusión No 189, correspondiente al Seminario Técnico de Mayo de 1999.

Descripción del Huerto Semillero de *E. grandis*

El Huerto Semillero de primera generación está ubicado en el predio de la Estación Experimental del Norte (INIA-Tacuarembó). Fue instalado en 1993 como Población Multipropósito y desde entonces ha cumplido las siguientes funciones: Prueba de Progenie (1993-1996); Población de Cría (1997) y finalmente, a partir de 1998, Huerto Semillero.

Para llegar a la etapa de Huerto Semillero se realizaron dos raleos (al tercer y cuarto año), dejándose en pie únicamente las mejores familias y dentro de éstas los mejores individuos con el objetivo de obtener semilla altamente seleccionada y por lo tanto maximizar las ganancias genéticas en el corto plazo. La selección se realizó en base a un índice de selección integrado por el valor de cría para volumen por árbol y para penetración por Pilodyn (indirectamente para densidad), con lo cual, de las 180 familias que inicialmente formaban esta población, se retuvieron únicamente 76. A su vez se realizó selección dentro de familias en base a volumen individual y forma (principalmente por rectitud del fuste) con lo cual se redujo la densidad original de

2000 a 250 árboles por hectárea. Finalmente, de los 30 bloques (repeticiones) que originalmente tenía esta población se destinaron a Huerto Semillero los 8 bloques centrales, sirviendo el resto como zona de aislamiento (buffer) para evitar la entrada de polen desde el exterior. De esta forma al momento de la primer cosecha (en 1998) el Huerto Semillero propiamente dicho tenía 130 árboles productores de semilla pertenecientes a 76 familias diferentes.

Después de la primer cosecha y teniendo en cuenta la evaluación de las Pruebas de Progenie al quinto año de crecimiento, se realizó un tercer raleo en base a productividad por hectárea. Dentro del Huerto Semillero se dejaron solamente 74 árboles pertenecientes a las 50 mejores familias.

Actividades previas a la cosecha

Entre febrero y junio de cada año se lleva a cabo la inspección de la floración en el Huerto Semillero. La floración de cada árbol es registrada semanalmente con el fin de evitar la cosecha de aquellas familias o árboles que florezcan en forma desfasada del resto, lo que aumentaría la probabilidad de autofecundación y por consiguiente la depresión por endogamia.

Una vez finalizada la floración se determina el momento de cosecha mediante muestreos mensuales que permiten conocer la evolución de la madurez fisiológica de la semilla. Se considera que la semilla está fisiológicamente madura cuando se llega a 800 semillas viables por gramo de semilla sucia.

Desde el punto de vista genético, el Huerto debe producir semilla con la máxima selección que sea posible sin reducir demasiado la base genética. Para aumentar la intensidad de selección, evitando un nuevo raleo, se realiza una cosecha dirigida, o sea que se cosechan sólo las familias mejor clasificadas en cada Zona (aunque todas aportan polen). De

esta forma se aplica una doble intensidad de selección, siendo ésta mayor en las madres (árboles que se cosechan) que en los padres (árboles que aportan polen). Cada grupo de familias se cosecha y procesa por separado, formando dos lotes de semilla, uno para Zona 7 y otro para Zona 8.

Esta forma de cosecha podría utilizarse para hacer lotes de semillas con diferentes características, por ejemplo un lote podría estar formado por las familias con mejor forma de tronco, otro con las de mayor densidad de madera, etc. Por el momento la cosecha se ha dirigido de tal forma de aprovechar la interacción genotipo-ambiente, es decir se han cosechado por separado las mejores familias para cada Zona de prioridad forestal. El principal criterio de selección ha sido la productividad por hectárea al quinto año, siendo las familias ranqueadas según los valores genéticos obtenidos de las Pruebas de Progenie instaladas en cada Zona. Por diferentes motivos las Pruebas de Progenie de Zona 9 no permitieron seleccionar las familias con la precisión deseada y por lo tanto no se justificó la formación de otro lote de semillas para esta zona.

Primeras cosechas del Huerto Semillero (1998, 1999 y 2000)

La primer cosecha comercial del Huerto Semillero se realizó en noviembre de 1998, buscando obtener la mayor cantidad de semilla posible pero sin afectar la productividad de los árboles para las cosechas venideras. Para esto los árboles fueron tronchados, aproximadamente en la mitad de su copa, con el doble objetivo de facilitar la recolección de los frutos (que se realizó en el piso) y de facilitar las cosechas futuras (manteniendo la copa de los árboles a una altura razonable). Para la segunda y tercer cosecha (setiembre de 1999 y octubre de 2000) se subió con escaleras hasta el comienzo de la copa y se cortaron ramas con tijeras expansibles, realizándose la extracción de los frutos en el piso.

En cada cosecha se extraen los frutos y procesan las semillas para cada árbol por separado. Posteriormente se forman los dos lotes, se realiza una pre-limpieza con soplador. Finalmente el INASE muestrea cada lote para realizar el test de viabilidad. La información relativa a las diferentes cosechas y a la semilla obtenida en cada una se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Información sobre la semilla cosechada en los diferentes años.

	Lote	Cosecha 1998	Cosecha 1999	Cosecha 2000
Familias presentes en el Huerto		76	50	50
Familias cosechadas por lote	Zona 7	20	24	29
	Zona 8	22	23	24
Total semilla sucia (gramos)		7.550	20.810	25.850
Semilla soplada por lote (gramos)	Zona 7	2.020	4.880	6.420
	Zona 8	1.950	4.220	5.090
Semillas viables por gramo	Zona 7	2.035	1.140	1.420
	Zona 8	1.895	1.480	1.290

Ganancia genética

La ganancia genética a obtenerse con la semilla seleccionada por INIA puede

predecirse combinando la información genética generada en las Pruebas de Progenie y la intensidad de selección aplicada en el Huerto. Sin embargo, la precisión de toda esti-

mación depende de la magnitud del error experimental en las pruebas de progenie y del grado en que se cumplan los supuestos que necesariamente deben hacerse. Por ejemplo, para la estimación de los valores de cría debe asumirse que los individuos pertenecientes a una familia son medios hermanos, cuando en realidad son una combinación de medios hermanos, hermanos enteros, individuos provenientes de autofecundación, etc. También debe asumirse que los individuos pertenecientes a una familia tienen el mismo valor genético, que todos los individuos hacen el mismo aporte de polen y que no hay entrada de polen desde el exterior y que la semilla proveniente de todos los árboles tiene la misma viabilidad. Por lo tanto las predicciones de ganancia genética deben tomarse solamente como indicadores.

Teniendo esto en cuenta, se calculó la ganancia genética que puede esperarse con la semilla de INIA. Se utilizaron los valores genéticos para volumen por hectárea al quinto año de obtenidos en las Pruebas de Progenie instaladas en cada Zona. El valor genético de la semilla proviene en partes iguales del aporte que realizan los árboles padres y del que realizan los árboles madres, por lo que se calculó por separado el valor genético de todas las familias presentes en el huerto y el de las familias cosechadas para cada lote. El valor genético de este último grupo se pondrá por la cantidad de semilla efectivamente cosechada de cada familia. De esta forma la ganancia genética esperada para volumen por hectárea al quinto año es de 25 % para el lote de Zona 7 de y 12 % para el lote de Zona 8.

Sin embargo, la ganancia genética estimada se refiere a la superioridad de la semilla seleccionada con respecto a la semilla sin selección. En otras palabras, es la diferencia entre la media esperada en la progenie de la población seleccionada y la media de la población base. En el caso de la semilla seleccionada por INIA se toma como base el promedio de la población original, pero en la práctica lo que realmente interesa conocer es su

superioridad con respecto a las demás fuentes de semilla que el productor pueda conseguir en el mercado, ya sea producida localmente o importada.

La única forma de conocer la ganancia genética efectivamente lograda por la semilla de INIA, así como su superioridad con respecto a otras fuentes comerciales, es instalando ensayos diseñados con ese fin, normalmente denominados Ensayos de Rendimiento. Es así que, en 1999 se instalaron cinco ensayos de este tipo en las principales zonas de prioridad forestal, comparando los dos lotes de semilla seleccionada por INIA con otros siete lotes que actualmente están siendo utilizados a nivel comercial.

Con estos ensayos se espera obtener información objetiva sobre el comportamiento productivo de las diferentes fuentes de semilla comercial de *E. grandis*. A corto plazo se podrá conocer la adaptación (sobrevivencia, tolerancia a heladas, crecimiento inicial) de dichas fuentes en las diferentes zonas y a mediano plazo conocer su productividad, calidad de madera, tolerancia a enfermedades o plagas u otras características de interés comercial. En base a esta información el productor forestal podrá decidir sobre la fuente de semilla más apta para su zona y para su objetivo de producción. Se describen a continuación los Ensayos de Rendimiento instalados en Zona 7 y se presenta la información obtenida al primer año de crecimiento.

DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS DE RENDIMIENTO EN ZONA 7

En la primavera de 1999 se instalaron 2 ensayos de rendimiento en Zona 7 en predios de Colonvade (Ruta 5, km 456) y UTU (Tacuarembó). Las características de los sitios y del diseño de los ensayos se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características de los ensayos de rendimiento de *E. grandis* en Zona 7.

	Ensayo 87	Ensayo 88
Lugar	Colonvade. Rivera	UTU. Tacuarembó
Ubicación	Ruta 5. km 456	Escuela Agraria
Suelo	7.31	7.2
Preparación de suelo	Fajas con excéntrica	Fajas con excéntrica
Control de malezas	Roundup (4 lt/ha) pre-laboreo Roundup (1 l/ha) + Goal (1 lt/há) + Arnes (1 l/ha) pre-plantación)	Verdict (1,6 l/ha tratada) en la faja post-plantación + excéntrica entre filas
Marco de plantación	2 x 4 m	2 x 3 m
Fecha de plantación	Setiembre 1999	Setiembre 1999
Fertilización	100 g de 8/40/12	100 g de 18/40/0
Diseño experimental	BCA (cuatro repeticiones)	BCA (cuatro repeticiones)
Tamaño de parcela	70 plantas	70 plantas

Entre ambos ensayos se evalúan nueve lotes de semilla, los cuales se detallan a continuación:

- IN7** (Huerto Semillero de INIA, Selección para Zona 7) (Ambos ensayos)
- IN8** (Huerto Semillero de INIA, Selección para Zona 8) (Ensayo Colonvade)
- FO** (Huerto Semillero de Forestal Oriental S.A.) (Ensayo Colonvade)
- MO** (Huerto Semillero de 2da generación de MONDI. Sud Africa) (Ensayo Colonvade)
- SA** (Huerto Semillero Clonal de SAFCOL. Sud Africa) (Ensayo UTU)
- BM** (Huerto Semillero de Facultad de Agronomía: Bañado de Medina) (Ensayo Colonvade)
- FA** (Area de Producción de Semillas de Forestal Oriental S.A.) (Ensayo UTU)
- CB** (Area de Colecta de Semillas de Dirección Forestal en Caja Bancaria) (Ensayo Colonvade)
- AU** (Origen Australiano de Tan Ban N.S.W, comercializado por Dirección Forestal) (Ambos ensayos)

Se realizó el análisis de varianza para sobrevivencia y altura al primer año, utilizán-

dose el PROC GLM del SAS. Los contrastes de medias entre lotes se realizaron por el test de Duncan, con un nivel de significación del 5%.

Resultados obtenidos en el primer año de evaluación

Ambos ensayos se vieron afectados en mayor o menor medida por la sequía ocurrida en la primavera y verano 1999-2000. El ensayo en UTU se vio afectado además por una helada ocurrida en Octubre de 1999. En el primer año de crecimiento (a los ocho meses de edad) la sobrevivencia promedio en el ensayo en Colonvade era de 93,4 % y en el ensayo de UTU de 75,7 % y la altura promedio de 3,04 y 1,51 m, respectivamente.

En ninguno de los dos ensayos se detectaron diferencias significativas entre los diferentes lotes para el porcentaje de sobrevivencia. Para la altura al primer año, se detectaron diferencias significativas entre lotes solamente en el ensayo en Colonvade. El crecimiento medio de los diferentes lotes de semilla incluidos en cada ensayo, se presenta en las Figuras 1 y 2.

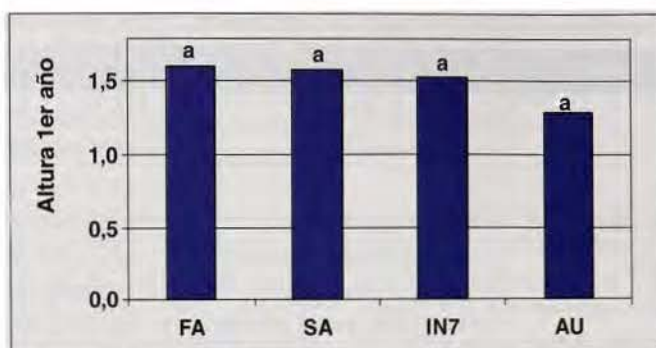


Figura 1. Altura al primer año de crecimiento en el ensayo en UTU (Tacuarembó).

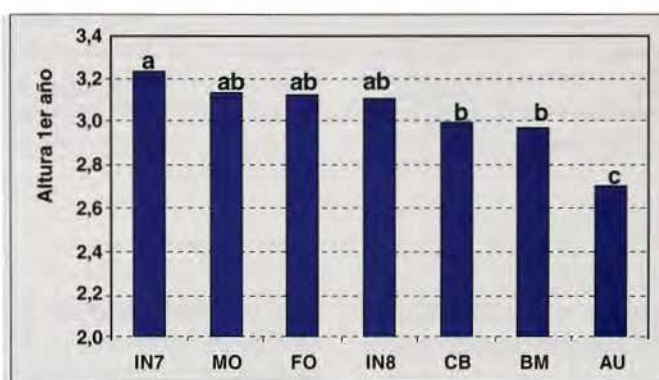


Figura 2. Altura al primer año de crecimiento en el ensayo en Colonvade (Rivera).

Si bien los diferentes lotes en el ensayo instalado en UTU no difieren estadísticamente entre sí, el lote australiano (AU) parece tener un menor crecimiento. Este lote es el único que no posee selección ya que proviene de un bosque nativo y por lo tanto puede ser considerado como un testigo sin mejoramiento genético.

En el ensayo instalado en Colonvade, el lote de INIA seleccionado para Zona 7 (IN7) fue el que presentó mayor crecimiento, aunque no difiere estadísticamente con los lotes de Mondi (MO), Forestal Oriental (FO) e INIA para Zona 8 (IN8). El lote australiano (AU) fue nuevamente el de menor crecimiento, siendo superado en este caso en forma significativa por los demás lotes evaluados. Si se toma el lote australiano como base, el lote de INIA para Zona 7 tiene un crecimiento 20% superior, lo cual representa la ganancia genética obtenida con esta semilla al primer año de crecimiento.

Si bien estos resultados son muy preliminares y se requerirán varios años más de evaluación antes de sacar conclusiones definitivas, el comportamiento inicial de los lotes de INIA ha sido muy bueno, igualando o superando a lotes de semilla provenientes de importantes programas de mejoramiento genético. Cabe considerar además que los lotes de INIA provienen de la cosecha 1998, cuando el huerto semillero aún no había sido completamente raleado (en ese momento tenía 76 familias y el último raleo se efectuó a fines de 1998, dejándose las 50 mejores familias), por lo que las ganancias genéticas esperadas a partir de 1999 son mayores que las obtenidas en estos ensayos.

CONSIDERACIONES FINALES

El Plan de Mejoramiento Genético para *Eucalyptus grandis* del Programa Nacional Forestal del INIA comenzó, a partir de 1998,

a producir su primer generación de semilla mejorada localmente. En 1999, luego de un proceso de creación de una normativa nacional, en el cual participaron INASE (Instituto Nacional de Semillas), INIA, SPF (Sociedad de Productores Forestales), Dirección Forestal y viveristas, la semilla de *E. grandis* del INIA fue certificada por el INASE, siendo el primer caso de certificación de semilla forestal en el país. La misma se encuentra a disposición de viveristas y productores forestales en la Estación Experimental del Norte, en envases de 100 y 500 gramos.

Se espera que la utilización de la semilla producida por el Programa Nacional Forestal del INIA redunde, a través de una mayor sobrevivencia y un más rápido crecimiento, en una reducción de los costos de implantación y en una mayor productividad del cultivo, lo que se traducirá en definitiva en un mejor resultado económico para el forestador.

Si bien esta semilla puede considerarse el producto final del esquema descrito, el Plan de Mejoramiento genético de *Eucalyptus grandis* continúa con la instalación, en 1998, de la segunda generación de mejoramiento. En esta nueva generación se pondrá mayor énfasis en calidad de madera, pasando a ser el principal objetivo de selección.

Actualmente, en el Plan de Mejoramiento de *E. grandis* se tienen dos generaciones superpuestas, con un intervalo de cinco años. Como la segunda generación tendrá un mayor valor genético, el Huerto de primera generación debería producir semilla comercial hasta que entre en producción el Huerto de segunda generación, lo cual está previsto para el año 2003. Sin embargo ambos Huertos podrán cosecharse simultáneamente hasta que el Huerto de segunda generación produzca la cantidad de semilla requerida por el mercado.

BIBLIOGRAFIA

BALMELLI, G. 1999. Plan de Mejoramiento Genético para *Eucalyptus grandis*: estra-

tegia; parámetros genéticos y producción de semilla. En: Avances en Mejoramiento Genético y Manejo de especies de *Eucalyptus*. Serie Actividades de Difusión 189. INIA-Tacuarembó. pp 31-45.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

BALMELLI, G.D. 1998. Huertos Semilleros. En: Mejoramiento Genético de Especies Forestales: Logros y Perspectivas. Serie Actividades de Difusión 157. INIA.Tacuarembó. pp 61-71.

BALMELLI, G.; DE MELLO, J.; MARUYAMA, T. 2001. Selección de árboles plus de segunda generación en *Eucalyptus grandis*. En: Aftercare Forestal INIA/JICA 2000-2002. Serie Actividades de Difusión 251. INIA-Tacuarembó. pp 15-17.

BALMELLI, G. 2001. Estimación y uso de parámetros genéticos en *Eucalyptus grandis*. Serie Técnica 121. INIA. Montevideo. Uruguay. 10p.

BENNADJI, Z. 1997. Problemática de producción y uso de semilla mejorada de especies de *Eucalyptus* en el Uruguay. Seminario INIA-JICA. 7 de abril de 1997, Tacuarembó. 8 p.

BENNADJI, Z. 1997. Problemática de producción y uso de semilla mejorada de *Eucalyptus* en el Uruguay. Forestal 5. pp 27-28.

BENNADJI, Z.; TRUJILLO, I.; RESQUÍN, F.; METHOL, R. 1997. Estrategia de transformación de una población genética de *Eucalyptus grandis* en huerto semillero: Estudio de caso en Uruguay. En: Conferencia IUFRO sobre Silvicultura y Mejoramiento de Eucaliptos. Salvador, Brasil. pp 170-175.

BENNADJI, Z. 1999. Análisis del sector productor y consumidor de semillas forestales en Uruguay. En: II Simposio sobre avan-

ces en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Santo Domingo, República Dominicana, 18-22 de Octubre de 1999. pp 263-268.

- BENNADJI, Z.** 1999. Estrategias de producción de semilla mejorada de especies de *Eucalyptus* en el Uruguay. Poster presentado en el II Simposio sobre avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Santo Domingo, República Dominicana, 18 al 22 de Octubre de 1999.
- BENNADJI, Z.; SANGUINETTI, G.; CARDOZO, R.** 2000. Implementación del Primer Programa Experimental de Certificación de Semillas de Especies de Uso Forestal en el Uruguay. Poster. XVII Seminario Panamericano de Semillas. 20-22 de noviembre, Punta del este Uruguay. p.158.
- TRUJILLO, I.** 1996. Huerto Semillero de Primera Generación de la especie *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. En: Serie Actividades de Difusión 120. INIA-Tacuarembó. 8p.