

RETROSPECTIVA DE DOS DÉCADAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPECIES FORESTALES EN EL SECTOR PÚBLICO: EXPERIENCIA DEL INIA

Zohra Bennadji

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una síntesis de los principales avances en mejoramiento genético de especies forestales de rápido crecimiento de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus* alcanzados por el Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal del INIA durante las dos últimas décadas.

Se toma como línea de base temporal el principio de la década de los 90. Este período corresponde institucionalmente a la creación del área forestal del INIA y al inicio de las líneas de investigación en mejoramiento genético de *Eucalyptus* y *Pinus*; sectorialmente, corresponde al registro de un aumento significativo y sostenido de la superficie forestada con especies de estos dos géneros, estrechamente relacionado al impacto de la promulgación y aplicación de la Ley Forestal 15.939.

Desde el punto de vista espacial, las actividades desarrolladas por el INIA en esta temática han revestido una cobertura nacional que siguen manteniendo hasta la fecha. Esta cobertura espacial responde, en primer lugar, a la propia estructura de la institución y, en segundo lugar, a la caracterización y regionalización de los suelos identificados jurídicamente y productivamente como de prioridad forestal por la ley citada en el párrafo anterior. Desde el punto de vista netamente metodológico, las especies forestales de rápido crecimiento se asimilan a especies exhibiendo tasas de crecimiento relativamente altas y rotaciones notoriamente reducidas, comparadas a las registradas tradicionalmente en plantaciones y bosques de zonas templadas del hemisferio norte. Estas especies se asocian habitualmente a especies de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*, plantadas en países del hemisferio sur y sometidas a paquetes silvícolas comparativamente intensos.

Finalmente, se entiende por programa de mejoramiento completo de una especie forestal un conjunto de acciones programáticas y operativas planificadas en el espacio y en el tiempo que desembocan en la liberación de un material de reproducción mejorado bajo la forma de semilla, de material vegetativo o de los dos.

2. MATERIALES Y METODOS

La metodología utilizada para la elaboración de esta síntesis consiste en una recopilación y análisis de los resultados obtenidos en el transcurso de la ejecución de: (i) 8 proyectos quinquenales del INIA durante cuatro periodos sucesivos (1992-1996, 1997-2001, 2002-2006 y 2007-2011), (ii) 2 proyectos de cooperación técnica con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) en 1993-1998 y 2000-2002 y (iii) 5 proyectos financiados por fuentes externas (BID y PDT). Esto implicó en la práctica, la revisión de 40 documentos internos, 50 publicaciones y 40 trabajos presentados en varios eventos nacionales e internacionales.

Se han también contemplados los resultados de proyectos FPTA y LIA ejecutados por instituciones externas y relacionados, directamente o indirectamente a actividades de mejoramiento genético de especies de *Eucalyptus* y *Pinus*. Considerando los informes finales de estos proyectos como fuente de información, se han revisado 11 documentos.

Tomando en cuenta el volumen y la variedad de información alcanzados en el transcurso de estas dos décadas, los avances se sintetizaron por: (i) grupo de especies, (ii) tendencias por hallazgo científico y su alcance y (iii) descripción resumida de los productos tecnológicos obtenidos. Dado la amplitud del período considerado, los resultados y la discusión, tendrán un grado relativamente alto de simplificación y generalización.

La contextualización de estos avances a nivel nacional se realiza en la discusión, a través de una comparación con los logros de otras instituciones nacionales (públicas y privadas) involucradas en tareas de mejoramiento

genético y se esboza también una comparación con los avances y las tendencias registradas a nivel regional e internacional.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Especies estudiadas

Se han estudiado 32 especies de *Eucalyptus* y 3 de *Pinus*. Seis especies de *Eucalyptus* (*E. grandis*, *E. globulus*, *E. dunnii*, *E. maidenni*, *E. saligna* y *E. tereticornis*) han contado con programa de mejoramiento genético entero mientras que para *Pinus* este número se reduce a una (*P. taeda*).

3.2. Estrategias implementadas

Las estrategias implementadas han obedecido a una serie de principios rectores dictados por consideraciones científicas y económicas.

Desde el punto de vista científico, se ha aplicado una metodología clásica relativamente sencilla, de uso bastante generalizado a nivel internacional, basada en la evaluación y selección recurrente en poblaciones de mejora y en poblaciones de producción de polinización abierta. En la figura 1, se presenta un esquema de las etapas de un ciclo de mejora por selección recurrente. Existen actualmente especies de *Eucalyptus* con dos ciclos de mejora (*E. grandis* y *E. globulus*).

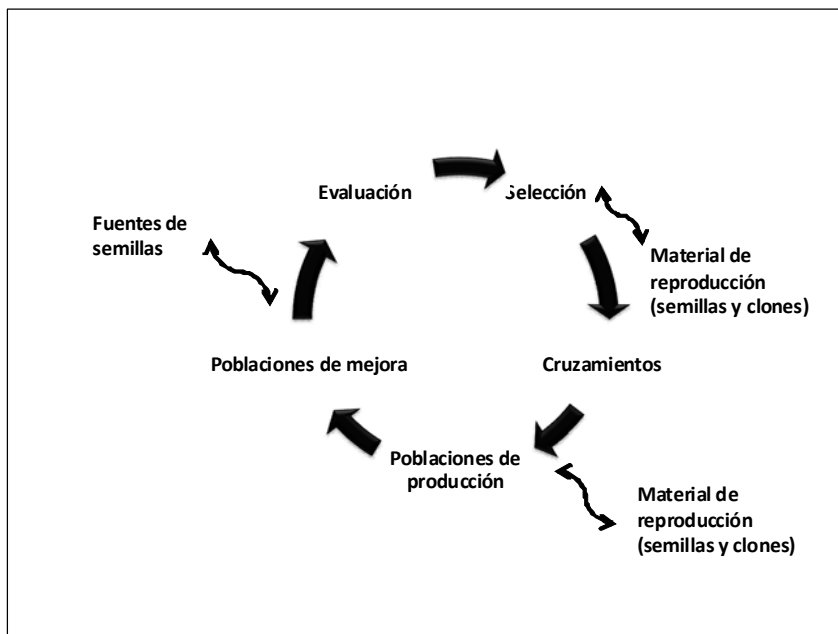


Fig.1. Esquema de un ciclo de mejora por selección recurrente

En el caso específico de los programas del INIA, las poblaciones de mejora y de producción se han establecido por dos vías: (i) selección masal de árboles plus en plantaciones locales y (ii) introducciones desde el país de origen de *Eucalyptus* (Australia) y desde el país de origen (EE.UU) más otros países con programas de mejoramiento avanzados (Sud África) en el caso de *Pinus*, apuntando a la constitución de una base genética la más amplia posible., implantadas en por los menos tres sitios ecológicamente contrastante.

Las poblaciones de mejora son constituidas por pruebas de introducción y evaluación de especies, pruebas de orígenes y procedencias, pruebas de progenies y tests clonales. Estas poblaciones son implantadas preferentemente en por los menos tres sitios ecológicamente contrastantes con la participación y el apoyo

logístico de empresas y productores. Los huertos semilleros, huertos y bancos clonales constituyen las poblaciones de mejora y son instalados por razones estratégicas en predios del INIA. En las figuras 2 y 3, se presentan las principales etapas de los programas de mejoramiento genético de *Eucalyptus* y *Pinus*, asumiendo el despliegue de las actividades sobre un ciclo de mejora. En la tabla 1, se resumen los principales tipos de selección aplicados a los distintos materiales de reproducción, los tipos de ensayos y los cruzamientos aplicados.

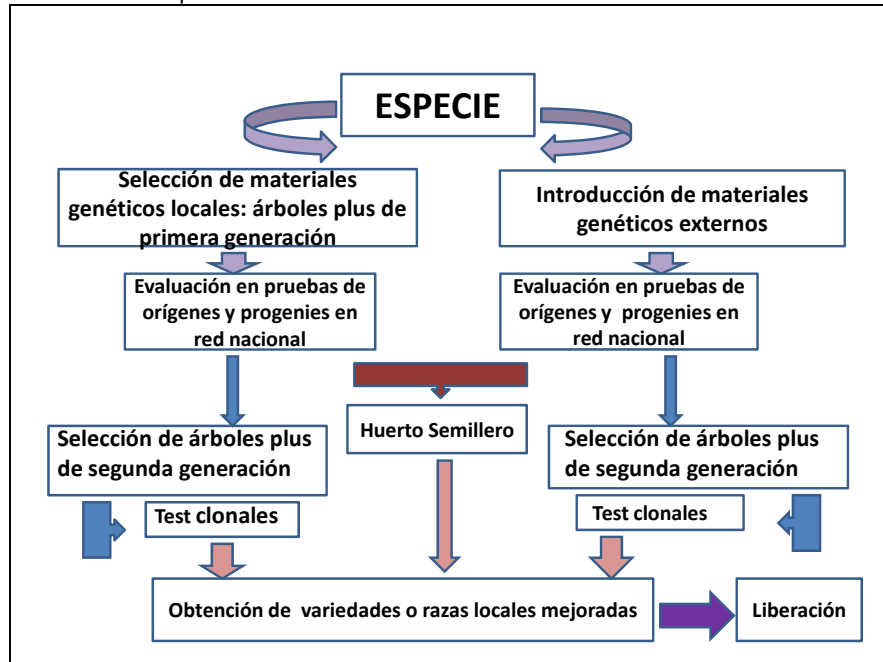


Fig. 2. Esquema de las principales etapas del programa de mejoramiento genético de *Eucalyptus*

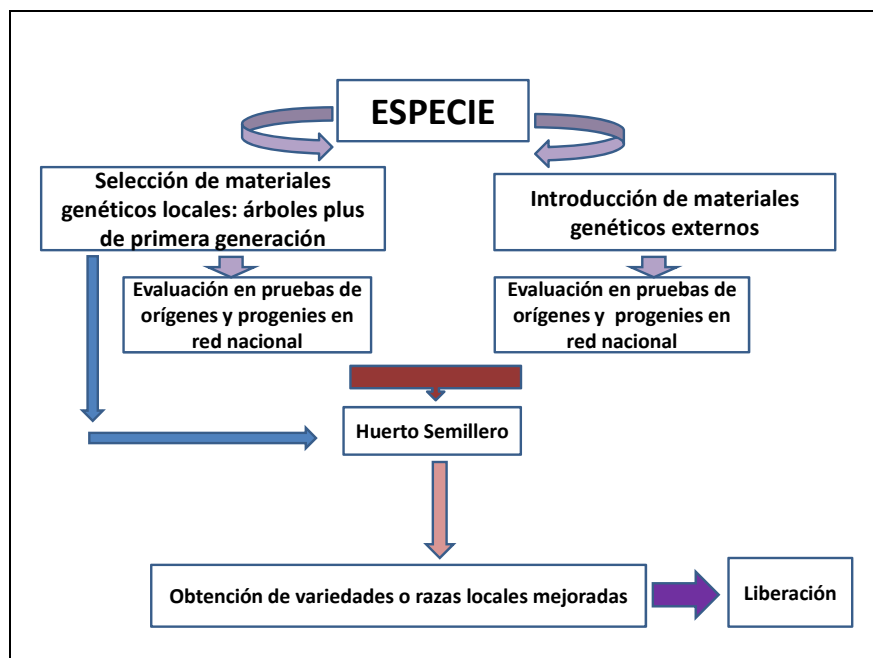


Fig.3. Esquema de las principales etapas del mejoramiento genético de *Pinus*

Tabla 1. Métodos de selección aplicados en los programas de mejoramiento genético de *Eucalyptus* y *Pinus* del INIA

Método de selección	Material genético de base	Tipo de ensayo	Cruzamientos
Masal en plantaciones	Rodales	Ninguno	No
Recurrente	Árboles	Orígenes y procedencias Procedencias y progenies	Abiertos
Individuos dentro de familias de medio-hermanos	Árboles	Progenies	Abiertos
Familias de medio-hermanos	Árboles	Progenies	Abiertos
Clonal	Clones	Test clonales <i>in vitro</i> y <i>in situ</i>	No

Desde el punto de vista económico, se apuntó al balance entre la respuesta a un amplio abanico de usuarios con diferentes intereses (madera para pulpa, madera para aserrado y energía), la cobertura de diferentes zonas ecológicas del país y el uso eficiente de los recursos humanos y financieros disponibles.

Los objetivos de mejoramiento y su priorización fueron orientados a la satisfacción de requerimientos del sector forestal. Esto significa la búsqueda de requerimientos básicos comunes de adaptabilidad al sitio y de buena productividad. Traducidos en términos de características biológicas, esto implica la consideración en primer lugar de criterio de selección por sobrevivencia, crecimiento, forma y sanidad.

Según la especie y el fin de uso priorizado, el ángulo de inserción de ramas, el tamaño de copa, las características de la madera fueron otros criterios incorporados posteriormente en diferentes etapas del programa de mejoramiento genético. La tolerancia a estreses abióticos y abióticos prevaleció en los escenarios de los últimos años.

3.3. Acciones

Existe actualmente un banco de germoplasma activo en INIA-Tacuarembó y un banco de conservación de largo plazo en INIA-La Estanzuela. El banco activo cuenta con 2014 accesiones de *Eucalyptus* y 266 de *Pinus*. El banco de conservación de largo plazo incluye a la fecha 135 accesiones de *Eucalyptus*. Existen también 3 bancos clonales (1 *in vitro* y 2 *ex situ*) de *E. grandis*, con un total de 80 accesiones.

3.4. Criterios de selección

Para asegurar una base común de mejoramiento genético compartida y aceptable para diferentes fines de uso (madera para aserrado, madera para pulpa y madera para energía), el crecimiento (medido a través del DAP, altura e incremento medio anual) y la rectitud del fuste fueron los criterios de selección priorizados para el conjunto de las especies y en los diferentes ciclos de generación. Esta regla se aplicó tanto en el ranking entre individuos como en el ranking entre familias. A estos dos criterios, se sumó la sanidad ponderada fenotípicamente en las poblaciones de primera generación y cuantitativamente en las de segunda generación y criterios adicionales de ángulo de inserción de ramas, grosor de ramas, forma de copa y características de la madera.

La densidad fue inicialmente la principal característica de la madera contemplada; se aplicó inicialmente como criterio de ranking, directo e indirecto, para el manejo selectivo de los huertos semilleros de primera generación. Su uso se generalizó posteriormente en las poblaciones de mejora, al igual que la incorporación de otras

características más específicas (contenido de lignina, rendimiento en pulpa, longitud de fibra, rajado, modulo de elasticidad, velocidad acústica medida por FAKoPP etc.).

La capacidad de enraizamiento por encima de 50% fue utilizada como criterio de selección excluyente en el ranking de los clones obtenidos a partir de los árboles plus de primera y segunda generación.

3.5. Red de ensayos

La red de ensayos instalada en el trascurso de estas dos décadas incluye 106 ensayos de *Eucalyptus* y 22 ensayos de *Pinus*. La cobertura es nacional, enfocada a las zonas de prioridad forestal definidas en la Ley 15.939 (Zonas 2, 7, 8 y 9). Por razones de logísticas, las zonas 7 y 9 fueron las más atendidas por su cercanía geográfica a la sede del programa de investigación forestal del INIA en Tacuarembó.

3.6. Herramientas de apoyo desarrolladas

Las herramientas de apoyo a las actividades de mejoramiento genético se han desarrollado en biotecnología y en cierta medida en biología de la reproducción, fisiología y ecofisiología.

El desarrollo de protocolos de macro y micropropagación ha permitido el establecimiento de bloques fundación para *E. grandis* y la liberación de líneas de clones. Se han desarrollado también actividades en macro y micropropagación de *E. globulus*. En genómica, se han prospectado aplicaciones para la identificación de clones selectos, comprobando a lo largo de este período, metodologías de uso de isoenzimas, de RAPD y últimamente de microsatélites para fingerprinting.

En biología de la reproducción, se han realizado algunos trabajos de observaciones fenológicas y de estimación de la tasa de endogamia en poblaciones de mejora de *Eucalyptus*. En fisiología, se han realizado estudios comparativos del desarrollo radicular de plantas producidas por semilla y por estacas. En ecofisiología, se han iniciado trabajos sobre estrés híbrido. Estos trabajos se han básicamente orientado a las especies con mayores avances en los programas de mejoramiento genético, o sea *E. grandis* en primer lugar y *E. globulus* en segundo lugar.

3.7. Principales resultados

En estas dos décadas se han logrado cuatro grandes categorías de resultados: (i) información sobre comportamiento de especies, orígenes y procedencias, (ii) conocimiento sobre los parámetros genéticos de los materiales genéticos de base, (iii) desarrollo de protocolos y herramientas de apoyo y (iv) obtención de productos tecnológicos.

Los resultados obtenidos constituyen insumos para la retroalimentación de las propias actividades de investigación y para la mejora de la producción. La información y el conocimiento generados han sido canalizadas a través de publicaciones, actividades de difusión y transferencia y docencia y los productos tecnológicos (semillas y materiales vegetativos) puestos a disposición de los productores a través de los canales correspondientes.

3.7.1. Información sobre comportamiento de especies, orígenes y procedencias

Los resultados sobre comportamiento de especies, orígenes y procedencias han permitido la comprobación de patrones de comportamiento por zonas ecológicas, observados, en primera instancia, empíricamente por las especies más plantadas en el país (*E. grandis*, *E. globulus* y *P. taeda*) y aportado elementos de información nuevos para otras (*E. benthamii*, *E. camaldulensis*, *E. dunnii*, *E. maidenii*, *E. saligna* y *E. tereticornis*).

Con relación al comportamiento de orígenes y procedencias, diferentes estudios basados en características de sobrevivencias, de volumen, de diámetro a la altura de pecho y de tolerancia a factores abióticos y bióticos con

sus respectivas correlaciones han permitido confirmar la regla básica de la importancia de la elección de una buena fuente de semilla y la necesidad de comprobar previamente todo nuevo material de reproducción introducido en el país antes de su utilización a gran escala. Esta regla ha sido reportada desde décadas en múltiples publicaciones internacionales para otros países.

Se han identificado las mejores fuentes de semillas australianas para las principales especies plantadas de *Eucalyptus* y para *Pinus taeda* (EE.UU y Sud África). Esta información ha perdido en cierta medida su relevancia en el caso de *Eucalyptus* frente al avance en los programas nacionales de mejoramiento genético y a la disponibilidad hoy en día de materiales locales mejorados.

3.7.2. Parámetros genéticos

Heredabilidad

La heredabilidad ha sido evaluada para diferentes especies, diferentes caracteres y para diferentes edades. En concordancia con la literatura disponible, en el caso de *Eucalyptus*, se han registrado valores bajos a moderados entre 0 y 1, que han permitido, hechas las ponderaciones relativas a cada ensayo en particular, predecir las probabilidades de éxito de las actividades de selección llevadas a cabo. Cabe destacar los avances logrados en especies de *Eucalyptus* comparados a los registrados en el caso de *Pinus*. Se ha comprobado también en condiciones locales que este parámetro no es fijo y depende de: (i) la amplitud de la base genética de las poblaciones de mejora, (ii) las condiciones ambientales, y (iii) la edad de los materiales genéticos considerados.

Correlaciones entre caracteres

Las correlaciones entre caracteres se han establecidos para diferentes especies, para diferentes edades y para ensayos establecidos en por los menos dos zonas ecológicas. Los resultados obtenidos se enmarcaron dentro de lo esperable, de acuerdo a la bibliografía regional e internacional, detectándose correlaciones tanto positivas (altura/DaP) como negativa (velocidad de crecimiento/densidad de madera). En la figura 4, se presenta una síntesis de los casos de figura susceptibles de ser observados

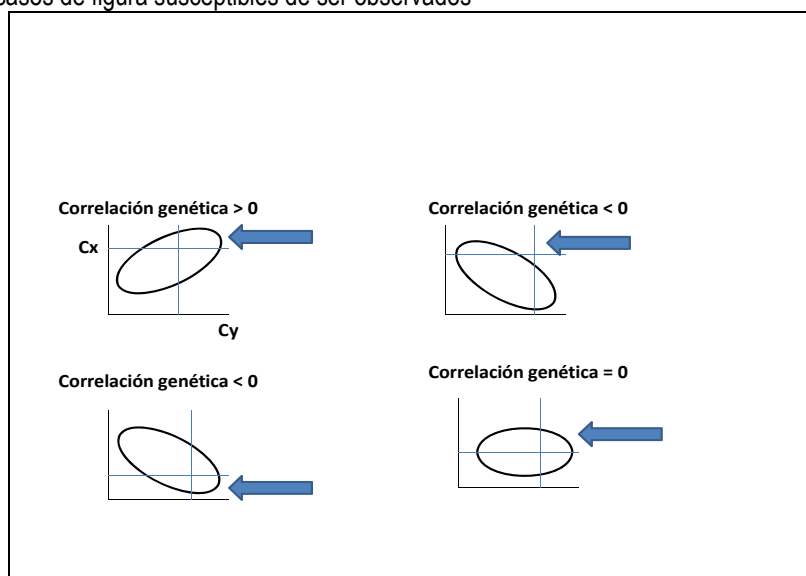


Fig. 4. Casos de correlaciones entre caracteres y sus consecuencias sobre las actividades de selección

Correlaciones juvenil-adulto

Estas correlaciones se han establecido para algunas especies de *Eucalyptus* y para características de crecimiento y sanidad. Se han también enmarcado dentro de lo esperable (correlaciones positivas para crecimiento en altura y DaP por ejemplo).

Correlaciones genotipo-ambiente

Estas correlaciones se han establecido para diferentes especies, resultando por lo general significativamente a muy significativamente positivas. Estos datos son importantes al reflejar características propias de los ambientes locales y al implicar tomas de decisión específicas sobre estrategias de mejoramiento genético. Han servido de insumo para las actividades de mejoramiento genético en el transcurso de las dos décadas pasadas y tienen todavía vigencia para el diseño de estrategias avanzadas para los próximos años. En la figura 5, se presenta los posibles casos de correlaciones genéticas y ambientales para dos caracteres dados.

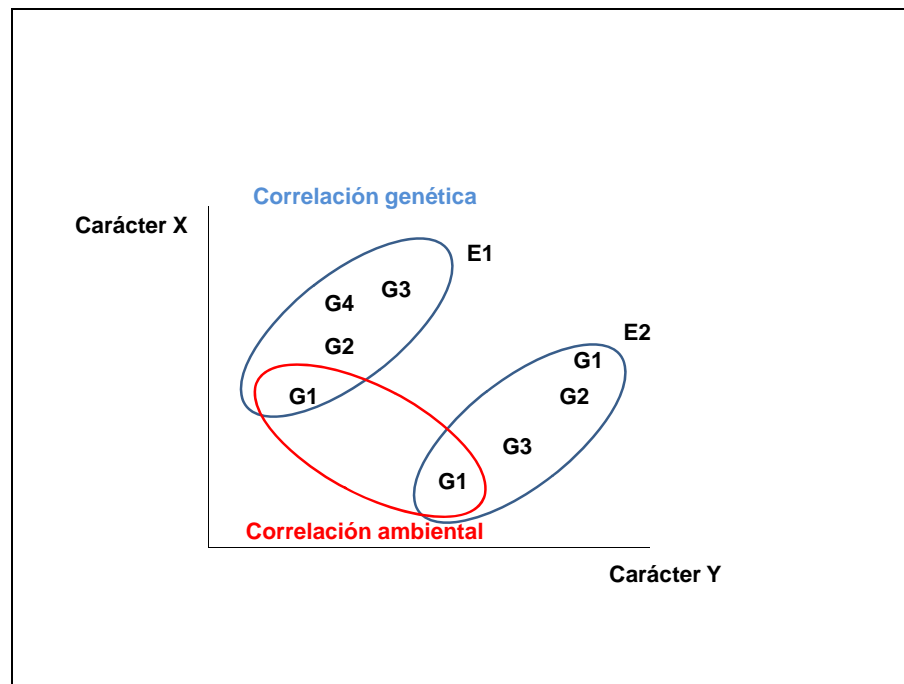


Fig.5. Correlaciones genéticas (G) y ambientales (E) para dos caracteres dados (X, Y)

Ganancias genéticas

Los niveles de ganancia genética para la productividad se han situado en promedio en los siguientes rangos:

- para fuentes de semillas identificadas por procedencia: 20 a 30%
- para huertos semilleros: 5 a 15%
- para variedades clonales: 10 a 20 %.

Existen todavía algunas interrogantes sobre estas ganancias por el grado de imprecisión relativo en su evaluación, debido a la edad de los ensayos en las poblaciones de mejora y a la falta, en primer lugar, de umbrales de producción claramente establecidos por especie, zona y paquete de manejo y, en segundo lugar, de umbrales definidos por el sector industrial para diferentes características de la madera. Tampoco existe información suficiente de respaldo para la ponderación de estos umbrales desde el punto de vista económico.

Sin embargo, estas ganancias son relativamente altas y, al ser acumulativas (en la medida en que el programa de mejoramiento genético es desarrollado sobre un ciclo completo y en que los materiales de reproducción genética son seleccionados sucesivamente a partir de la fase precedente), representan valores del orden de 35 a 65%.

Según algunos estudios económicos, una simple ganancia del orden de 5% en producción rentabilizaría en promedio un programa de mejoramiento genético complejo y costoso, por lo cual esta actividad es eminentemente rentable. Exige sin embargo equipos estables, bien capacitadas y trabajando de acuerdo a planes de largo plazo bien madurados.

Ciclos por generación

Ciclos generacionales de 5 años se han comprobado como viables para tres especies de *Eucalyptus* (*E. grandis*, *E. globulus* y *E. maidenii*). Esta característica de las poblaciones de producción es reforzada por la observación de floración temprana en árboles de 1 a 3 años y por la viabilidad de los lotes de semillas cosechados.

3.7.3. Herramientas y protocolos

Herramientas para macropropagación

Se ha establecido un protocolo de producción de *E. grandis* por estacas que sirve tanto para el establecimiento de bloques fundación, jardines y bancos clonales a partir de pies madres como para la viabilización de la forestación clonal a gran escala.

Herramientas para micropropagación

Se ha desarrollado un protocolo de micropropagación *in vitro* de *E. grandis* con sus diferentes etapas (introducción, multiplicación, elongación y enraizamiento). Este protocolo sirve para la producción de pies madre, el establecimiento de bloques fundación, banco clonales y jardines clonales y para el rescate de genotipos de interés para los programas de mejoramiento genético.

3.7.4. Liberación de variedades

El programa cuenta actualmente con un total de cinco variedades sintéticas de polinización abierta de *Eucalyptus* y de treinta líneas de clones de *E. grandis*. A la fecha, se estima que la superficie teóricamente plantada con material mejorado del INIA supera, hoy en día, las 40.000 ha.

3.7.5. Certificación de semilla mejorada

En colaboración con INASE y con diferentes actores del sector, se ha diseñado un esquema nacional de certificación de semilla forestal. En este marco legal, se han liberado 3 variedades sintéticas de polinización abierta de *Eucalyptus*.

3.8. Comparación con las tendencias a niveles nacional e internacional

Las actividades de mejoramiento genético del INIA han iniciado casi simultáneamente que las de algunas empresas forestales del medio. El denominador común ha sido el trabajo sobre las mismas especies y la aplicación de metodología científicas prácticamente idénticas.

Sin embargo, las actividades del INIA se han distinguido por: (i) su proceso de identificación y priorización de las líneas de investigación, con una amplia participación de diferentes actores del sector, (ii) la cobertura de diferentes zonas ecológicas del país, (iii) su búsqueda de respuestas tecnológicas para diferentes usuarios (pequeños, medianos y grandes productores) y diferentes fines de usos (pulpa, madera aserrada e energía) y (iv) una asignación reducida de recursos financieros y humanos.

A nivel internacional, existen programas de mejoramiento genético de *Eucalyptus* y *Pinus* con diferentes orientaciones y grados de avances. En estas dos décadas, se destaca el liderazgo de Brasil como país de introducción sobre todo de especies de *Eucalyptus* con notables avances en diferentes frentes del conocimiento (clonación, hibridación, genómica, ecofisiología y modelación). Australia sobresale por su carácter de país de origen de *Eucalyptus* con estudios consolidados sobre patrones de variación genética de las especies de mayor importancia para la industria.

En *Pinus*, EE.UU lidera en modelos de institucionalidad con las más antiguas cooperativas de mejoramiento genético en funcionamiento, con la participación activa del sector empresarial y del sector académico. África del Sur se posiciona por los mayores avances en ciclos de mejora de *P. taeda*, con huertos semilleros de segunda generación.

4. CONCLUSIONES

El uso de materiales de reproducción forestal en el Uruguay ha evolucionado en las dos últimas décadas desde material genético prácticamente sin identificación de origen y con estrecha base genética hasta materiales con grados progresivos de ganancias genética tanto por vía sexual(semillas) como por vía vegetativa (clones). Los mayores avances tecnológicos se han registrado en las especies del género *Eucalyptus*, con la generalización de la forestación clonal a nivel del país, siendo los avances en *Pinus* relativamente modestos, sin logro destacable en propagación vegetativa.

Los programas de mejoramiento genético del INIA han sido participe de estos cambios tecnológicos, a la par de otras instituciones públicas y privadas. Sus aportes han consistido en (i) información sobre comportamiento de especies, origen y procedencias de interés, (ii) generación de conocimiento sobre parámetros genéticos de los materiales de base, (iii) desarrollo de protocolos y herramientas de apoyo para el mejoramiento genético y (iv) obtención de productos tecnológicos (variedades de semillas mejoradas y clones).

El desafío en mejoramiento genético para los próximos años consiste en dar respuestas adecuadas y en plazos razonables a una demanda cada vez más compleja. Además de alta productividad y calidad de madera, habrá que sumar la necesidad de adaptación de las plantaciones a cambios ambientales frecuentes y de gran intensidad. Esto implica el manejo de listado de criterios de selección cada vez más extensos y ciclos de generación de mejora cada vez más reducidos para el desarrollo de variedades forestales polivalentes, adaptables a ambientes variados y cambiantes y, dotadas de una diversificad genética suficiente.

Estos escenarios plantean la importancia de los estudios económicos para la priorización de los criterios de selección y la importación de la modelación para una mejor comprensión de los factores ambientales. En un marco de generalización y extensión de los programas de mejoramiento genético, surge también la importancia de un manejo y conservación sostenible a mediano y largo plazo de los recursos genéticos forestales, incluidos los de las especies sin interés económico bien definido en la actualidad.

5. REFERENCIAS

(Materiales producidos por INIA)

5.1. *Eucalyptus*

Balmelli.G; Resquín, F. 1998 Alternativas forestales para sombra y abrigo en basalto. En: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto. Serie Técnica N° 102. INIA, Montevideo. Uruguay. pp. 357-367

Balmelli, G.; Resquin, F 2000. Evaluación de especies de *Eucalyptus* al 5º año. Serie Técnica INIA 114 INIA.

Balmelli, G.; Marroni, V.; Altier, N. y García, R. 2004. Potencial del Mejoramiento Genético para el manejo de enfermedades en *Eucalyptus globulus*. Serie Técnica N° 143. INIA. 44p.

- Balmelli, G. y Resquín, F. 2005. Evaluación de fuentes de semilla comercial de *Eucalyptus grandis*. Serie Actividades de Difusión N° 416. pp. 4-8.
- Balmelli, G. 2006. Comportamiento relativo de la semilla de *Eucalyptus globulus* producida por INIA. Serie Actividades de Difusión N° 462. INIA. pp. 33-36.
- Bennadji, Z.; 1992 a. Anteproyecto de Estructura del Programa Forestal del INIA. 17 p. INIA. Documento Interno. INIA Uruguay.
- Bennadji, Z.; Balmelli, G.; Carriquiry, J.; 1992 b. Proyectos de Investigación del Plan Operativo de Mediano Plazo del INIA (1992-1996). Documentos Internos. INIA-Uruguay.
- Bennadji, Z.; 1996. Clonación de especies de *Eucalyptus*. Jornada Forestal. pp. V-1 V-6. INIA- Tacuarembó. Uruguay.
- Bennadji, Z.; 1996. Cloning of *Eucalyptus* species. Forestry Field Day. pp. V- V-6. INIA- Tacuarembó. Uruguay.
- Bennadji, Z.; Methol, R.; Trujillo, L.; Resquin, F.; 1997. Eucalyptus tree improvement research lines of the INIA National Forestry Program) (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) . Uruguay. IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts. pp. 253- 255. Salvador, Brasil. 22-29 August, 1997.
- Bennadji, Z.; Resquin, F. Trujillo, I.; 1997 a. Proyecto de mejoramiento genético de especies del género *Eucalyptus*. Plan Indicativo de Mediano Plazo 1997-2001. Documento interno. 32 p.
- Bennadji, Z.; Methol, R.; Trujillo, L.; Resquin, F.; 1997 b. Líneas de investigación en mejoramiento genético de *Eucalyptus* del Programa Nacional Forestal del INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). Uruguay. IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts. pp. 253-255. Salvador, Brazil. 22-29 August, 1997.
- Bennadji, Z.; Trujillo, L.; Resquin, F.; Methol, R.; 1997 c. Estrategia de transformación de una población genética de *Eucalyptus grandis* en huerto semillero. Estudio de caso en Uruguay. IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts. pp. 170-175. Salvador, Brazil, 1997.
- Bennadji, Z.; Uetsuki, Y.; Dalera, O.; 1998. Propagación vegetativa de especies de *Eucalyptus*. Seminario Internacional "Mejoramiento genético de especies forestales- Logros y perspectivas". pp. 72-78. En: Serie de Actividades de Difusión N° 157. INIA- Tacuarembó- Uruguay.
- Bennadji, Z.; 1999 a. Análisis del sector productor y consumidor de semillas forestales en Uruguay. En: II Simposio sobre avances 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 b. Estrategias de producción de semilla mejorada de especies de *Eucalyptus* en el Uruguay. Póster 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.; 2000. Management and Conservation of Forest Genetic Resources in Uruguay: Role of the National Research Institutions. Poster. XXI IUFRO World Congress 2000, 7-12 August 2000. Kuala Lumpur. Malaysia. Vol. 3. pp 505.

- Bennadji, Z.; Sanguinetti, G.; Cardozo, R.; 2000. Implementación del Primer Programa Experimental de Certificación de Semillas de Especies de Uso Forestal en el Uruguay. Póster. XVII Seminario Panamericano de Semillas. 20-22 de noviembre, Punta del Este Uruguay. p.158.
- Bennadji, Z.; Sanguinetti, G.; Cardozo, R.; 2001. Implementación del primer programa piloto de certificación de semillas mejoradas de especies de uso forestal en el Uruguay. *En*: Simposio Internacional IUFRO "Desarrollando el Eucalipto del Futuro". Valdivia (Chile). 10-15 de septiembre de 2001. 8 p. Actas en CD-ROM.
- Bennadji, Z.; De Mello, C.; Trujillo, I.; Maruyama, T.; 2002. Propagación vegetativa de especies del género *Eucalyptus*. Serie Aftercare Forestal INIA-JICA. Publicación N° 9. INIA-Tacuarembó. 37 p.
- Bennadji, Z.; Trujillo, I.; De Mello, C.; Maruyama, T.; 2002. Estado actual de los bancos clonal de *Eucalyptus grandis* del Programa Nacional Forestal del INIA. Serie Aftercare Forestal INIA-JICA. Publicación N° 12. INIA-Tacuarembó. 9 p.
- Bennadji, Z.; Sanguinetti, G.; Cardozo, R.; 2002. Certificación de Semilla de Especies Forestales en el Uruguay: Caso de *Eucalyptus grandis*. Serie Aftercare Forestal INIA-JICA. Publicación N° 7. INIA-Tacuarembó. 8 p.
- Bennadji, Z.; 2005. Resultados del ejercicio de prospección tecnológica del sector forestal Plan Estratégico 2007-2011. INIA-Tacuarembó. Documento interno. 4 p.
- Bennadji, Z. 2006 a. Mesa Tecnológica de la Madera: el camino hacia la sistematización de la prospección de la demanda tecnológica del sector forestal. Revista INIA N° 6. Marzo de 2006. pp. 26-29.
- Bennadji, 2006 b. Situación actual de la cadena de la Madera en el Uruguay. Documento interno INIA. 22 p.
- Bennadji 2006 c. Fundamentación de los resultados de la prospección de la demanda tecnológica del sector Forestal. Plan Estratégico INIA 2007-2011. Documento interno. 11 p.
- Bennadji, Z.; Balmelli, G.; Resquin, F.; Trujillo, I.; 2007. Obtención de materiales de reproducción mejorados y certificados de especies del género *Eucalyptus*. Proyecto PIMP 2007-2011. Documento interno. 25 p.
- Cubbage, W.F.; Waer, D. N.; Bennadji, Z. 2006. Economic Prospects and Policy Framework of Forest Biotechnology in the Southern U.S.A. and South America. C.G. Williams (ed.) Landscapes, Genomics and Transgenic Conifers, 191-207. Springer. Printed in the Netherlands.
- De Mello, C.; Tabuchi, K.; Bennadji, Z.; Maruyama, T.; 2002. Macropropagación de *Eucalyptus grandis*. Serie Aftercare INIA-JICA. Publicación N° 10. INIA Tacuarembó. 13 p.
- De Mello, J.C.; Balmelli, G.; Bennadji, Z.; Methol, R.; García, R.; Uetsuki, Y.; Maruyama, T.; 2001. Selección de arboles plus de *Eucalyptus grandis* por crecimiento, forma y características de la madera en el INIA Uruguay. *En*: Simposio Internacional IUFRO: Desarrollando el Eucalipto del Futuro, Valdivia, Chile. Actas. En CD.
- De Mello, J.C.; Balmelli, G.; Bennadji, Z.; García, R.; Uetsuki, Y.; Maruyama, T. 2002. Metodología para la selección de árboles plus de *Eucalyptus grandis* por crecimiento, forma y características de la madera. INIA Tacuarembó. 13 p. (Serie Aftercare Forestal INIA-JICA 2)
- De Mello, J.C.; Iizuka, K.; Bennadji, Z.; Balmelli, G. y Uetsuki, Y. 2002. Evaluación de características de la madera en *Eucalyptus grandis*. INIA Tacuarembó. 13 p. (Serie Aftercare Forestal INIA-JICA 3)

- Goto, Y. 2001. Determination of genetic similarity and identification (fingerprint) of *Eucalyptus grandis* plus trees by RAPDs. Informe interno. 4p.
- Lemos, J.; Goto, Y.; Trujillo, I.; Maruyama, T. 2002. Metodología para la identificación de clones de *Eucalyptus grandis* mediante el método RAPD (ADN polimórfico amplificado al azar). 22 p. (Serie Aftercare Forestal INIA-JICA 13)
- Resquin, F., Balmelli, G. D.1999. Evaluación de especies y orígenes de *Eucalyptus* al 5to año I. Serie Técnica 106 INIA.
- Resquin, F. 2002. Evaluación de varios orígenes de *E. globulus* para la producción de celulosa. En: Seminario Forestal: Mejoramiento Genético, Silvicultura y Sanidad de *E.globulus* en la región Sureste. INIA Tacuarembó; INIA Las Brujas. p. 26-36. (Serie Actividades de Difusión 289)
- Resquin, F. 2003. Del árbol al papel: ¿qué características tienen las especies de *Eucalyptus* plantadas en el Uruguay para la producción de celulosa? El País Agropecuario, no. 100, p. 49-51.
- Resquin, F. 2003. Evaluación de varias fuentes de semilla de *Eucalyptus dunnii*. En Seminario "Avances en investigación y transferencia de tecnología en zona de prioridad forestal 8". Serie de Actividades de Difusión 321. pp. 21-24.
- Resquin, F.; De Mello, J.; Fariña, I. 2004. Caracterización de la celulosa de especies del género *Eucalyptus* plantadas en Uruguay. En: Seminario Aportes a la producción de pulpa de celulosa a partir de *Eucalyptus*. p. 1-45. (Serie de Actividades de Difusión 374)
- Resquin, F.; Balmelli, G. *Eucalyptus globulus*: Importancia de la elección de la fuente de semilla. Revista INIA Uruguay. No. 3 – Junio 2005 pp. 26 -29
- Resquin, F.; De Mello, J. 2005. Propiedades pulperas de *E.globulus* y *E.grandis* en las diferentes zonas de prioridad forestal. Forestal: Revista de la Sociedad de Productores Forestales, v. 8, no. 26, p. 23- 26.
- Resquin, F.; De Mello, J.; Fariña, I. Mieres, J.; Assandri, L. 2005. Caracterización de la celulosa de especies del género *Eucalyptus* plantadas en Uruguay. Montevideo: INIA. 82 p. (Serie Técnica 152)
- Trujillo, M.I. 2000. Técnicas de clonación. Forestal: Revista de la Sociedad de Productores Forestales, no. 14, p. 11-12.
- Trujillo, M.I. 2000. Técnicas de clonación en *E. grandis*. En: Revista Plan Agropecuario
- Trujillo, I.; Maruyama, T.; De Melo, J.C.; Bennadji, C.; Uetsuki, Y; Lemos, J.; Balmelli; G. 2001. Resultados preliminares de técnicas de propagación vegetativa en el programa de mejoramiento genético de *Eucalyptus grandis* en el INIA-Uruguay. En: Simposio Internacional IUFRO "Desarrollando el Eucalipto del Futuro". Valdivia (Chile). 10-15 de setiembre de 2001. Póster.
- Trujillo, I; Lemos, J.; Bennadji, Z.; Maruyama; T.; 2002. Micropropagación de *Eucalyptus grandis*. Serie Aftercare INIA-JICA. Publicación N°11. INIA- Tacuarembó. 13 p.
- Trujillo, M.I. 2003. Clonación y mejoramiento genético. Avances en *E. grandis*. En: Avances de investigación y transferencia de tecnología en zona de prioridad forestal 8. INIA Tacuarembó. p. 17-20. (Serie Actividades de Difusión 321)
- Trujillo, M.I. 2005. Micropropagación de genotipos selectos de *Eucalyptus grandis*: una herramienta para el mejoramiento genético de la especie. Revista INIA, no. 4, p. 26-28.

Trujillo, M.I. 2005. Propagación vegetativa. En: Avances en propagación vegetativa para el género *Eucalyptus*. INIA Tacuarembó. p. 1-18. (Serie Actividades de Difusión 425)

Uetsuki, Y. 2001. Cooperación en el proyecto de producción de semilla forestal mejorada en el Uruguay. El País Agropecuario, v. 7, no. 82, p. 25-28.

5.2. *Pinus*

Bennadji, Z.; Balmelli, G.; Carriquiry, J.; 1992 b. Proyectos de Investigación del Plan Operativo de Mediano Plazo del INIA (1992-1996). Documentos Internos. INIA-Uruguay.

Bennadji, Z.; Methol, R.; 1997. Proyecto de mejoramiento genético de especies del género *Pinus*. Plan Indicativo Mediano Plazo 1997-2001. Documento Interno. INIA-tacuarembó. 27 p.

Bennadji, Z.; 2005. Resultados del ejercicio de prospección tecnológica del sector forestal Plan Estratégico 2007-2011. INIA-Tacuarembó. Documento interno. 4 p.

Bennadji, Z. 2006 a. Mesa Tecnológica de la Madera: el camino hacia la sistematización de la prospección de la demanda tecnológica del sector forestal. Revista INIA N° 6. Marzo de 2006. pp. 26-29.

Bennadji, Z. 2006 b. Situación actual de la cadena de la Madera en el Uruguay. Documento interno INIA. 22 p.

Bennadji, Z. 2006 c. Fundamentación de los resultados de la prospección de la demanda tecnológica del sector Forestal. Plan Estratégico INIA 2007-2011. Documento interno. 11 p.

Bennadji, Z. Balmelli, G.; Resquin, F. 2007. Obtención de materiales de reproducción mejorados de especies del género *Pinus*. Proyecto PIMP 2007-2011. Documento interno. 13 p.

Cattaneo, M; Methol, R. 2004. Desarrollo de una raza local de *Pinus taeda*: Avances en Investigación. Serie Técnica 146. INIA Tacuarembó. 50 p.

Methol, R., Resquin, F. 2001. Evaluación de procedencias de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* al 5to año. En: "Seminario de Actualización en Tecnología Forestal para Areniscas de Tacuarembó y Rivera". Serie Técnica 123 INIA. pp 97-101.

Methol, R. 2003. Ensayos de procedencias de *P. taeda* en suelos 8 de la zona de Arévalo (Cerro Largo). En: Avances en Investigación y Transferencia de Tecnología en Zona de Prioridad Forestal 8. Serie Actividades de Difusión No. 321. INIA – Tacuarembó. pp. 25-26

Resquin, F. 2004. Resultados de ensayos de especies y fuentes de semilla de *Pinus*. Serie de Actividades de Difusión 389. 21 p. INIA Tacuarembó. Diciembre 2004