

PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENETICO-INFOR

AVANCES Y PROYECCIONES

Presentado en el Seminario: Investigación Forestal, "Definiendo caminos para el siglo XXI".

[Faint, illegible text]

Ing. For. Patricio R. Parra S.
Ing. For. M^a Paz Molina B.
División Silvicultura

Octubre 1995

INDICE

- 1.0 Introducción**
- 2.0 Líneas de Investigación del Programa de Mejoramiento Genético-INFOR**
- 3.0 Avance de la Investigación en Especies Nativas**
- 4.0 Necesidades de Investigación en Especies Nativas**
- 5.0 Avance de la Investigación en Especies Exóticas**
- 5.1. Resultados obtenidos del Proyecto de Mejora Genética de Eucalyptus**
- 5.2 Resultados a Futuro del Proyecto de Mejora Genética del Eucalyptus**
- 6.0 Beneficios generales de un Programa de Mejoramiento Genético Forestal**
- 7.0 Bibliografía**

1.0 INTRODUCCION

En 1962, el Instituto Forestal (INFOR) inicia un programa de Introducción de Especies el cual, sirvió de base para implementar las primeras líneas de investigación de mejoramiento genético. Directamente de este programa se desarrollan las primeras investigaciones con *Pinus radiata*, *Eucalyptus* sp. y *Acacia* sp., dentro de las especies exóticas de rápido crecimiento. También durante la segunda mitad de los años 80 se inician los estudios de mejoramiento genético con especies nativas como son: *Prosopis tamarugo*, *Prosopis chilensis* y *Nothofagus alpina*.

Posteriormente en 1988 se define la estrategia de mejoramiento genético en especies del género *Eucalyptus* debido a sus aptitudes para crecer en una gran amplitud de sitios, como respuesta a la necesidad de diversificar las especies cultivadas en el país, mejorar la calidad y adaptabilidad de los bosques y a la creciente demanda mundial por productos forestales, particularmente por madera de fibra corta para la industria de pulpa y papel.

Este proyecto, como la mayoría de los estudios de mejoramiento genético tienen un denominador común, que es aumentar la producción y calidad de las futuras plantaciones en el país con el fin de asegurar la competitividad de la industria nacional en los mercados mundiales y de lograr la incorporación de terrenos marginales a la productividad.

Una vez agotadas las posibilidades que ofrece la silvicultura, surge el mejoramiento genético como la única opción para lograr el máximo de productividad a través de la selección y reproducción de aquellos individuos que presentan características sobresalientes, previa comprobación de transmitir a su descendencia las características por las cuales fueron elegidos (volumen, densidad de la madera, resistencia al frío, resistencia a la sequía, resistencia a plagas, etc.) (CONAF, 1992). Si estos caracteres son heredables será posible un aumento de la productividad y mediante selecciones recurrentes este aumento podrá ser sostenido en el mediano y largo plazo. Estas ganancias podrán obtenerse a menor plazo, aún cuando las características seleccionadas no tengan una alta heredabilidad, con el desarrollo de técnicas para propagar a los individuos vegetativamente.

En el presente trabajo se dan a conocer las áreas de investigación y los resultados más importantes obtenidos en el Programa de Mejoramiento Genético de INFOR. Asimismo, se enuncian las proyecciones y/o necesidades de investigación sobre la materia.

2.0 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO-INFOR

El desarrollo de líneas de investigación en mejoramiento genético nace como una consecuencia lógica del programa de introducción de especies desarrollado entre la IV y la XI Regiones, que incluye, principalmente, especies de los géneros *Eucalyptus* y *Populus* dentro de las Latifoliadas y del género *Pinus* en el caso de las Coníferas.

La necesidad de desarrollar un programa de mejoramiento genético surge en gran parte, de las señales generadas por el mercado, lo cual está respaldado por la importancia y proyección que tienen en la economía del país. Es por ello, que INFOR fortalece su accionar en las siguientes líneas de investigación:

- 1.- Mejoramiento Genético de Especies Exóticas
- 2.- Mejoramiento Genético de Especies Nativas, principalmente las de interés productivo.
- 3.- Investigaciones orientadas a la preservación de especies nativas amenazadas
- 4.- Mejoramiento Genético por métodos no convencionales a través de la Biotecnología (Genética Molecular e Ingeniería Genética entre otros.)

Sin embargo, cuando se debe tomar la decisión, en la elección de las especies forestales a mejorar se evidencian tres niveles:

a) Especies de alto valor comercial actual:

Este grupo está principalmente representado por *Pinus radiata* y algunas especies del género *Eucalyptus*. La productividad y los niveles de rentabilidad alcanzado por estas especies han conducido a invertir cada vez más en programas de mejoramiento genético.

b) Especies potencialmente valiosas

El bosque nativo constituye una riqueza patrimonial enorme; tiene un excelente potencial económico y presenta una alta variabilidad genética natural in situ. Esta realidad unida a la permanente selección negativa que ha estado sometido el bosque natural hacen de extrema urgencia la incorporación de estas especies a un programa de mejoramiento genético con una estrategia definida y coordinada con todos los entes de investigación del país.

En los últimos años, se han desarrollado gran cantidad de estudios referidos a aspectos silvícolas y de manejo que han dejado en evidencia que el bosque nativo posee especies altamente productivas.

Sin desmedro de considerar otras especies, las pertenecientes al género **Nothofagus** como son: **Nothofagus alpina** (Rauli), **Nothofagus pumilio** (Lenga), **Nothofagus obliqua** (Roble) y **Nothofagus dombeyi** (Coigüe) son de alto valor productivo debido a la excelente calidad de su madera, variedad de productos y precios de mercado.

Dentro de este grupo de especies, "potencialmente valiosas" también se pueden mencionar otras especies exóticas importantes de rápido crecimiento y adaptabilidad que por el valor de su madera, producción de pulpa y / o producción frutícola representan otras alternativas de producción. Entre ellas se destacan algunas especies del género **Juglans**, **Prunus** y **Castanea** (Loewe, 1994). También se indican como promisorias a **Pseudotsuga menziesii** (Pino oregón), **Picea sitchensis** (Sitka) y **Sequoia sempervirens** (Sequoia). (Grosse, 1994). Además se vislumbran como potencialmente valiosas a algunas especies no tradicionales pertenecientes a los géneros **Acacia**, **Populus**, **Salix**, **Pinus** y **Eucalyptus**, como respuesta a la necesidad de diversificar las especies cultivadas en el país.

c) Especies con valor desconocido en relación al estado actual del conocimiento de la tecnología

En este grupo es necesario considerar el valor de existencia de especies nativas, de poco valor comercial actual, pero que sin embargo pueden tenerlo en el futuro ya sea por si mismas o a través de la formación de híbridos e incluso la combinación de genes.

De particular importancia, considerar aquellas especies clasificadas en peligro y vulnerables que se incluyen en los géneros **Nothofagus**, **Beilschmiedia**, **Araucaria**, **Austrocedrus**, **Fitzroya**, **Persea**, **Polylepis** y **Prosopis**, cuya diversidad intraespecífica se ha reducido notablemente. (Benoit, 1989).

Actualmente existen escasos antecedentes de las especies amenazadas o en peligro de extinción sobre todo en el aspecto biológico, ecológico y reproductivo.

3.0 AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN EN ESPECIES NATIVAS

A partir de 1985, el INFOR inicia la línea de investigación en mejoramiento genético con especies nativas mediante la instalación de dos ensayos de procedencias y progenies a objeto de lograr la incorporación de terrenos marginales a la productividad y propender a su maximización. El primer ensayo de **Prosopis tamarugo** (Tamarugo) y **Prosopis chilensis** (Algarrobo) fue establecido en la zona árida del país, I Región y el segundo un ensayo de **Caesalpinia spinosa** (Tara), en el secano interior de la V Región.

Posteriormente en 1992 y 1993 se instalan ensayos de procedencias de **Nothofagus alpina** (Raulí) en la VIII Región y **Beilschmiedia berteroana** (Belloto del sur) en la VII Región respectivamente, ambos con el objeto de establecer diferencias de crecimiento.

Durante el año 1995 se determinaron Áreas Productoras de Semillas de *Nothofagus alpina* (Rauli) en sectores de frío y además se seleccionaron rodales dentro de los cuales se extrajo la semilla de árboles seleccionados en un número aproximado de 135. Posteriormente, se establecerán ensayos de progenies y se iniciará el desarrollo de una estrategia que considera: obtención de parámetros genéticos, reproducción sexual y asexual, estudios de biología reproductiva y polinización controlada.

Esos últimos años, la importancia del bosque nativo está dado por su enorme potencialidad en lo que dice relación con su incorporación cada vez más activa a la economía del país, lo cual debe estar acorde al desarrollo científico y tecnológico del Sector Forestal. Esto no sólo significa la utilización sustentable del bosque, sino además incrementarlo con material genético de calidad.

4.0 NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN EN ESPECIES NATIVAS

En atención a lo expuesto, es necesario desarrollar investigación con los siguientes objetivos:

- 1.- Definir y poner en marcha una estrategia nacional de mejoramiento genético en especies nativas.
- 2.- Desarrollar programas tendientes a conocer la diversidad y adaptación de las especies a distintas condiciones de sitio.
3. Desarrollar programas de conservación de la diversidad genética.
- 4.- Desarrollar programas de silvicultura y de manejo intensivo que permitan aumentar la productividad y calidad de las futuras plantaciones.
- 5.- Implementar técnicas y condiciones de enriquecimiento para bosques naturales degradados.
- 6.- Determinar las procedencias naturales de las especies nativas a objeto de crear áreas productoras de semillas fundamentales para la formación de huertos semilleros y huertos clonales.
- 7.- Desarrollar métodos de propagación vegetativa a través de la técnica del injertos y enraizamiento de estaquillas.
- 8.- Desarrollar técnicas de cultivo in vitro de fenotipos seleccionados.

- 9.- Determinar diferencias de crecimiento de especies nativas mediante el establecimiento de ensayos de procedencias y progenies.
- 10.- Determinar la variabilidad de los caracteres de interés de las especies nativas.
- 11.- Generar bancos de conservación in situ de germoplasma a modo de poseer la máxima diversidad de muchas especies valiosas, especialmente aquellas clasificadas en peligro y vulnerables.

5.0 AVANCE DE LA INVESTIGACIÓN EN ESPECIES EXÓTICAS

La importancia de los resultados obtenidos con los ensayos iniciales de Introducción de Especies en 1962 fueron complementados con estudios de variabilidad de las especies más promisorias. Es así como en 1966, se inicia la instalación de ensayos de procedencias con *Populus euroamericana* y *E. delegatensis*. En 1968 con *Pseudotsuga menziesii*, *E. regnans* (1969), *E. Obliqua* (1970), *Pinus contorta* (1971), *E. globulus* y *E. nitens* (1981), *E. camaldulensis* y *E. fastigata* (1984), *E. resinífera* y *E. viminalis* (1987), *Casuarina* sp.(1988) y *Sequoia* sp. (1989). Estos ensayos fueron establecidos en una gran variedad de sitios que abarcan desde la IV a XI Regiones (INFOR, 1990 e INFOR, 1992).

El reconocimiento a la importante herramienta que es el mejoramiento genético se inicia en 1968 cuando por mandato gubernamental INFOR lleva a cabo los primeros estudios en *Pinus radiata* definiéndose para ello una serie de proyectos: "Aumento de la productividad de los bosques de Pino Insigne por medio del Mejoramiento Genético" (Smith,1970), en esta etapa se seleccionan los primeros árboles plus de la especie en distintos rodales existentes en el país. En 1972 se define un "Programa de Mejoramiento Genético de *Pinus radiata* D. Don", que sirve de base para la definición de una estrategia de mejora (INFOR, 1972).

Con posterioridad se desarrollan una serie de estudios específicos para el conocimiento de la especie:

- "Gravedad Específica y Mejoramiento Genético de la madera de Pino insignie" (Alfaro, 1974)
- "Rodal semillero de Pilpilco. Evaluación del método. Comportamiento de la polinización" (Zahradnik,1974).
- "Primera experiencia masiva de injertación en Pino insignie en Chile" (Smith,1976)
- "Proyecto de instalación de un huerto semillero de Pino insignie para abastecer de semilla en las provincias de Valparaíso y Santiago" (Smith,1976).

A partir del año 1976, en base a la experiencia adquirida en el país se crea la Cooperativa de Mejoramiento Genético con el objetivo de acrecentar la calidad genética de los bosques productivos. Actualmente esta entidad agrupa a las principales Empresas Forestales, CONAF, Universidad Austral e INFOR. Debido a las tendencias de la industria, los mayores esfuerzos de mejoramiento genético se han dirigido principalmente a **Pinus radiata**.

En este periodo se han establecido huertos semilleros y huertos clonales en las distintas empresas. Se realizan estudios de fenología y se depura la técnica de la polinización controlada como, asimismo las técnicas de reproducción asexual.

Este es un claro ejemplo de que las bondades de esta técnica y el conocimiento de las potencialidades de una especie atraen las inversiones privadas hacia un área que como la investigación, no se consideraba en el presupuesto de ninguna empresa forestal en años anteriores.

En 1988, el INFOR define en primera instancia la estrategia de mejoramiento genético en especies del género **Eucalyptus**, a través de un proyecto solventado por la CORFO, el cual es complementado y fortalecido en 1992, al poner en marcha el proyecto de "Mejora Genética del Eucalyptus en Chile", financiado por FONDEF (Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico) y la participación de las principales empresas del Sector Forestal. Paralelamente a la experiencia adquirida, equipamiento, desarrollo de una estrategia y capacitación profesional que proporcionan estos Proyectos, allanan el camino para la profundización y actividad de estudios de mejoramiento genético a un sinnúmero de especies nativas y exóticas no tradicionales con un interesante potencial productivo.

Por la importancia del proyecto los principales resultados y sus proyecciones se detallarán en el punto 5.1 y 5.2.

En 1992 se establecen ensayos de procedencias de especies del género **Acacia** en la VIII y IX Regiones y durante 1993 ensayos de procedencias de **Pinus ponderosa** y **Pseudotsuga menziesii** en Aysén XI Región.

Finalmente estos últimos años, en 1994 y 1995 se establecen diversos ensayos de procedencias de especies no tradicionales a objeto de encontrar nuevas alternativas productivas para el sector forestal. Las especies ensayadas en la V y VII Regiones son las siguientes: **Juglans regia** (Nogal común), **Juglans hindissi** (Nogal californiano), **Pinus pinea** (Pino piñonero) y **Ceratonia siliqua** (Algarrobo europeo).

5.1. Resultados Proyecto de Mejoramiento Genético del Eucalyptus en Chile (INFOR-FONDEF)

Entre las especies introducidas al país, las pertenecientes al género **Eucalyptus** merecen una consideración especial puesto que actualmente se lleva a cabo, por parte de INFOR, un importante y vasto programa de mejoramiento genético, que involucra directamente a las Empresas Forestales, Cooperativa de Mejoramiento Genético y Pequeños y Medianos Propietarios.

De acuerdo a los ensayos de Introducción de Especies y evaluaciones posteriores, se definieron para Chile una gran variedad de especies exóticas utilizables en el país. Las pertenecientes al género *Eucalyptus* en lo referente a adaptabilidad, rapidez de crecimiento, calidad y variedad de productos se tomaron en las de mayor interés.

Sin embargo, el proceso no termina con la elección de una especie, sino que continua con elevar los niveles productivos y la elaboración de estrategias de comercialización. Por este motivo, actualmente se está trabajando en la selección genética de procedencias, progenies (familias) e incluso individuos para distintas especies del género según la zona edafoclimática adecuada para su desarrollo.

El proyecto de mejora genética de *Eucalyptus* tiene una duración de 4 años (1992-1996) y a la fecha se han obtenido los siguientes resultados:

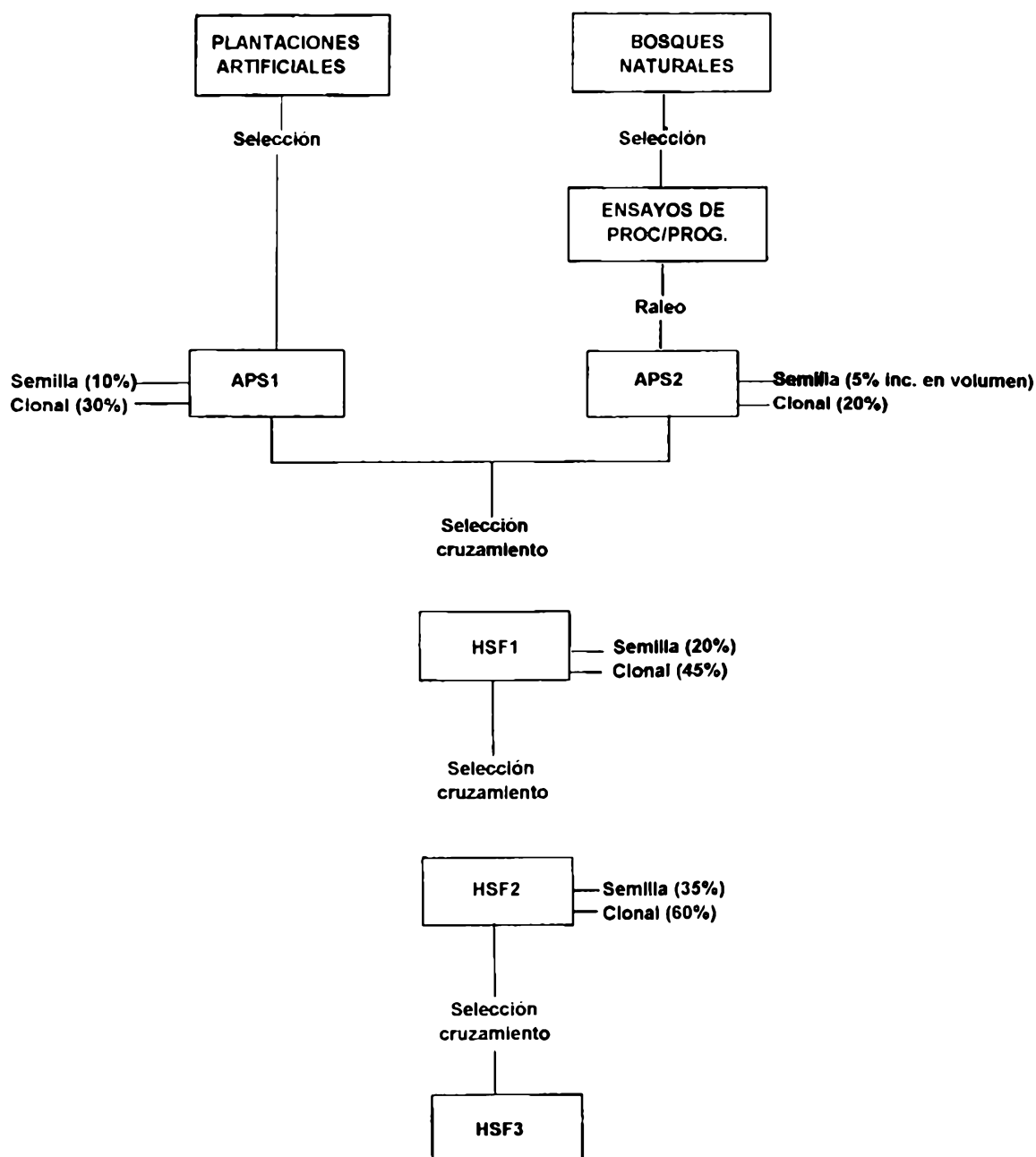
1.- Creación y Ampliación de la Base Genética en especies del Género *Eucalyptus*

El primer paso en esta selección depurada ha sido la introducción de colecciones de la distribución natural de distintas especies desde Australia. Estas colecciones se han obtenido de progenies (una madre) que están perfectamente identificadas en su lugar de origen y la cual corresponde a un individuo seleccionado por sus características fenotípicas. Esta labor se ha efectuado en *Eucalyptus globulus* ssp *globulus*, *E. camaldulensis*, *E. nitens*, *E. delegatensis*, *E. sideroxylon*, *E. cladocalyx* y *E. viminalis*. Para probar el efecto sitio, se han establecido ensayos en distintos lugares, afines con los requerimientos ambientales de las especies. Es así como actualmente existen aproximadamente 30 ensayos de procedencias y progenies entre la IV y XI Regiones.

El programa general de mejoramiento genético del *Eucalyptus* establecido por el Instituto Forestal se encuentra señalado en la figura N° 1, en él aparece la secuencia de obtención de ganancias genéticas para diferentes generaciones de mejora, tanto en el corto como en el mediano y largo plazo. El principio, se basa en la selección de individuos en poblaciones naturales de la especie, y el posterior establecimiento de poblaciones base (ensayos de procedencias y progenies), las que constituirán el material genético puesto a resguardo y a partir del cual se hacen las pruebas genéticas para la selección de familias o individuos con determinada característica productiva. Estas poblaciones base pueden ser dinámicas en especies como el *E. globulus*, donde es factible la selección de individuos en plantaciones artificiales (comerciales o ensayos existentes) que enriquecen la gama genética con la adaptabilidad.

Las etapas sucesivas son de una selección más estricta, a la vez que requieren de una intensificación del trabajo (Creación de Areas Productoras de Semillas) y el desarrollo de técnicas apropiadas de propagación vegetativa (Huertos semilleros clonales, plantaciones clonales, etc.).

ESQUEMA CON LA SECUENCIA DE OBTENCION DE GANANCIAS GENETICAS PARA DIFERENTES GENERACIONES DE MEJORA.



- APS1 :** Area Productora de Semillas originada a partir de los ensayos de introducción de especies y de las plantaciones artificiales en el país
- APS2 :** Area Productora de Semillas originada a partir de los ensayos de procedencias y progenies
- CLONAL de APS2 :** Plantación clonal a partir de APS2.
- CLONAL de APS1 :** Plantación clonal a partir de APS1
- HSF1 :** Huerto semillero de primera generación
- HSF2 :** Huerto semillero de segunda generación
- CLONAL de HSF1:** Plantación clonal a partir de HSF1
- CLONAL de HSF2:** Plantación clonal a partir de HSF2

El tipo de selección utilizado en este programa corresponde al denominado de Selección Recurrente el cual se basa en la alimentación constante con nuevos genotipos, los que provienen de nuevas selecciones en otras poblaciones, como huertos semilleros de semillas o clonales, individuos generados a partir de polinización controlada, etc. También se incluye el establecimiento de poblaciones con un grado de selección cada vez más elevado que permita obtener una población de producción depurada.

La primera especie seleccionada en el programa de mejoramiento genético fue **Eucalyptus globulus**, se reconoce como una especie ampliamente difundida en Chile dado que presenta características muy interesantes en lo referente a adaptabilidad, calidad de la madera (alta capacidad calorífica y alta densidad), rapidez de crecimiento, producción de aceites y capacidad de retoñación, entre otras.

En el año 1988, se adquirió una importante colección de la distribución natural de esta especie en Australia (Gardiner and Crawford, 1988), constituida por 215 progenies y 35 procedencias. A partir de 1989, se establecieron cuatro ensayos de procedencias y progenies (poblaciones base) en cuatro zonas del país; a estos ensayos se agregaron como testigos progenies de **E. globulus** actualmente denominados de raza local por ser individuos provenientes de semillas de antiguas plantaciones establecidas en el país.

Con posterioridad en el año 1993, se amplió esta base genética de acuerdo a los resultados en los ensayos previamente establecidos. El total de las progenies introducidas señalan a esta base genética, como una de las mayores fuera del lugar de origen, Australia.

Actualmente en el país, las grandes plantaciones que se establecen son para la producción de fibra corta, dado que el rango en que varía la densidad de la madera de esta especie es siempre aceptable para estos fines. El uso de la madera como aserrable está más restringido dado que falta un mayor desarrollo de técnicas de aserrio y secado obteniéndose productos de calidad deficiente o de alto costo. Las plantaciones de mayor edad se destinan a la producción de chapas a través del desfoliado y debobinado, técnicas que se encuentran adecuadamente desarrolladas por las empresas forestales.

Para los pequeños propietarios los bosquetes de **E. globulus** constituye una atractiva fuente de ingresos por la venta de metros ruma para la producción de pulpa o para combustible.

Además, como posee una alta capacidad de retoñación, se disminuye al mínimo el costo de reposición. A este respecto, hoy en día se hacen evaluaciones para definir las mejores técnicas en el manejo de los retoños y tocones (clareos, raleos, fertilizaciones, etc.) según los productos que se quieran obtener.

Por mucho tiempo el cultivo del eucalipto fue considerado de tipo rústico. Sin embargo, actualmente se realizan fuertes inversiones en fertilización, trabajo intensivo del suelo y control de maleza, obteniéndose un alto rendimiento productivo que justifica la inversión realizada. Evaluaciones económicas hechas por INFOR hablan de Tasas Internas de Retorno (TIR) que superan el 16% y pudiendo llegar a 22% en el caso de los mejores sitios. Cabe señalar que estas evaluaciones se realizaron sin considerar el uso de semilla mejorada.

Pero, *E. globulus* presenta una gran limitante que es su baja resistencia al frío, por lo tanto, queda marginado de ser establecido en grandes extensiones de aptitud forestal localizadas en latitudes superiores a la VIII Región o sectores precordilleranos, por ello surge como alternativa la utilización de *E. nitens* constituyéndose en una especie de alta productividad además de tener características de densidad apropiadas para la elaboración de pulpa. Con el fin de suplir esta deficiencia de *E. globulus* se introdujeron al país 2 importantes colecciones una de ellas corresponde a *E. globulus* a partir de progenies ubicadas en lugares de altura en Tasmania y otra amplia de toda la distribución natural de *E. nitens* (1989).

El esquema de mejoramiento para *E. nitens* se basa en el mismo de *E. globulus*, sin embargo la variación estaría en que la base de selección de individuos, además de ser volumen y forma de fuste incluirá la característica de densidad de la madera, la cual es menor que en el caso de *E. globulus*.

Durante el presente año, se está en proceso de ampliación de la base genética de *E. nitens*, pero ahora restringida sólo a las procedencias que tuvieron los mejores resultados en los ensayos establecidos en 1990.

En la presente área de estudio del programa de mejoramiento genético se introdujeron además amplias colecciones de la distribución natural de especies alternativas como son: *E. camaldulensis* adaptado a condiciones más áridas al igual que *E. cladocalyx* y *E. sideroxylon*, especies cuyos principal objetivo de producción son recursos dendroenergéticos, forraje, polines y protección y recuperación de áreas degradadas.

Por otra parte también se introdujeron *E. delegatensis* por ser una especie de buen crecimiento, adaptabilidad a altas pluviometrias y alto valor de semillas, y *E. viminalis* que se constituye en una de las especies del género más adaptadas al frío y con características pulpables interesantes.

2.- Transformación de Ensayos de Procedencias y Progenies en Áreas Productoras de Semillas.

Esta técnica constituye un método de obtención de semilla mejorada de corto plazo. Actualmente han sido convertidos dos ensayos de *E. nitens*, uno en la VIII Región y otro en la X. La formación de áreas productoras es una interesante fuente de ingreso sobretudo de especies cuyo valor de la semilla es alto, como el caso de *E. nitens*. Por otra parte este producto está garantizado porque se cuenta con la experiencia e infraestructura, como para certificar adecuadamente la calidad genética y germinación de la semilla.

La gran cantidad de ensayos establecidos por INFOR, en su mayoría llegado el momento de finalizada la recolección de información, tanto genética como productiva, serán transformados en áreas productoras de semillas o huertos semilleros dependiendo del tipo de selección (fenotípica o genotípica respectivamente) de individuos o familias.

Cabe señalar que no todos los ensayos serán transformados a áreas productoras de semillas porque sin duda, es importante mantener una base genética de resguardo, es decir un "pool" genético de las especies por posibles genes de interés en el futuro.

3.- Micropropagación

Respecto a genética cuantitativa, se han obtenido parámetros genéticos como valores de heredabilidad para la mayoría de las especies. Estos antecedentes revisten especial importancia cuando debe decidirse la estrategia de propagación para determinada especie o individuo de una especie. Es así, que cuando la heredabilidad para determinada característica es baja, lo adecuado es conseguir su propagación por vía vegetativa.

Dentro de las principales ventajas de esta técnica se encuentra la multiplicación masiva de clones de individuos selectos, además la obtención de individuos denominados "limpios" los cuales están libres de virus que pudieran ocasionar mutaciones importantes. Esta última característica, la presencia de virus, ha sido más frecuente en especies agrícolas sin embargo no se descarta su presencia en especies forestales.

Mediante la técnica de micropropagación de árboles selectos de los ensayos de progenie se han determinado protocolos de desinfección y producción y elongación de brotes para las especies más atractivas del programa: *E. globulus*, *E. nitens* y *E. camaldulensis*.

4.- Macropropagación

Se afirma que todos los métodos de reproducción vegetativa son aplicables en alguna medida a los eucaliptos, pero el que concita la mayor atención es el enraizamiento de estacas, debido fundamentalmente al gran número de descendientes que se puede obtener a partir de un ortet, a su menor costo en relación a otras técnicas (micropropagación) y por requerir menos laboriosidad y evitar los problemas de incompatibilidad de los injertos.

La producción masiva de clones de eucaliptos para ser utilizadas en forma operacional en plantaciones, aún no es una realidad en Chile. La mayoría de los esfuerzos se concentran, a nivel nacional, en el desarrollo de protocolos que permitan obtener adecuadas tasas de enraizamiento en estacas de individuos seleccionados de *E. globulus* y *E. nitens* principalmente.

Se reconoce que sólo una pequeña proporción de los individuos posee una capacidad de enraizamiento apropiada para la propagación masiva por estacas, trabajándose en la identificación de ellos y en el desarrollo de técnicas de rejuvenecimiento que permitan su adecuada propagación (Ipinza, 1992).

En el futuro, se espera que se identifiquen individuos apropiados para ser propagados mediante estaquillado y que se desarrollen protocolos o metodologías específicas para optimizar el rendimiento de cada clon. EL uso de la propagación en cascada permitirá aumentar rápidamente el número de rametos por clon y establecer un programa masivo y operacional de producción de propágulos para establecer en ensayos clonales y posteriormente en plantaciones.

El uso de las técnicas de enraizamiento ha generado resultados impresionantes y muy conocidos en eucaliptos tropicales; pero también se han establecido, aunque en menor cantidad, programas operativos de producción de plantas con eucaliptos de zonas templadas, entre los cuales se destacan los desarrollados en España y Portugal con *E. globulus*.

A modo de resumen, en los avances y proyecciones del área de propagación vegetativa se puede decir que a nivel nacional se ha trabajado intensamente en la injertación de *E. globulus* y *E. nitens*. Los principales problemas que se presentan son de incompatibilidad, que también es una capacidad genética, y la constitución química del eucalipto, es decir la presencia de gran cantidad de fenoles que contribuyen al fracaso de los injertos por la oxidación precoz de las púas. Superar esta dificultad es fundamental para el establecimiento de huertos semilleros de alta ganancia genética y huertos de generación avanzada, específicos para determinados rasgos de mejora.

Otro problema muy común es el control adecuado de las variables ambientales en que tienen que producirse, por un lado, la unión de los injertos y por otro el desarrollo de raíces en el estaquillado. Para solucionar este problema el INFOR instaló un invernadero de alta tecnología en la ciudad de Concepción con fines de investigación y una posterior producción operacional.

Una vez superadas las dificultades, los resultados son muy auspiciosos debido a que según antecedentes obtenidos de importantes empresas forestales extranjeras, en el proyecto a corto plazo (10 años), bajo el programa de propagación clonal (macro y micropropagación), habrán ganancias del orden del 30%, esto puede considerarse una estimación mínima. Reciente resultados con *Eucalyptus globulus* en Australia han determinado ganancias en volumen de 30% como mínimo. Esto se traduce en rendimientos netos pulpables por hectárea que exceden las ganancias en volumen. La selección y la mejora propiamente tal, considera las variables densidad de la madera y el rendimiento de la celulosa (Kg de celulosa/m³ de madera)

De acuerdo a antecedentes obtenidos en España (Provincia de Huelva) la puesta en marcha de la Multiplicación Clonal con el empleo de los mejores clones adaptados a los distintos ambientes del área de plantación llevará a ganancias económicas suficientes para pagar la inversión en este programa con el sólo aumento de entre 2 a 5% de ganancia genética en crecimiento volumétrico (Revista Montes N° 37, 1994).

5.2 RESULTADOS A FUTURO DEL PROYECTO DE MEJORA GENÉTICA

Los principales resultados que se esperan de este proyecto a futuro son los siguientes:

1.- Producción de Semillas y/o Huertos Semilleros

- Establecer áreas productoras de semillas y/o huertos semilleros
- Puesta en marcha de la producción de semillas en los ensayos de progenie
- Comercialización de semilla seleccionada y/o mejorada con control genético de calidad. Posibilitará la generación de nuevas empresas de certificación de semillas o material vegetativo.

2.- Macropropagación

- Realizar propagación clonal de individuos selectos y/o mejorados mediante el perfeccionamiento de la técnica de propagación vegetativa y de la silvicultura clonal. Conformación de plantaciones industriales.

3.- Huertos semilleros y/o clonales

- Conformar huertos clonales de producción de semillas mediante el perfeccionamiento de la técnica de injerto.
- Establecer huertos semilleros de alta ganancia genética y huertos de generación avanzada, específicos para determinados rasgos de mejora.

4.- Polinización Controlada

- Crear nuevas variedades adaptados a zonas específicas o que tengan los mejores atributos de a lo menos dos especies, mediante la técnica de la hibridación y la polinización controlada de individuos selectos.
- Creación de un banco de polen

5.- Micropropagación

- Desarrollo de protocolos de cultivo in vitro para individuos selectos.

6.0 BENEFICIOS GENERALES DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL

La mejora genética de árboles puede beneficiar a la producción forestal en base a dos efectos :

Efecto Ingreso:

- 1.- Mayor rendimiento (m³/ha/año)
- 2.- Mayor densidad
- 3.- Incorporación de nuevas áreas a la producción forestal, principalmente terrenos improductivos. Introducción de especies y procedencias adaptadas a condiciones extremas.
- 4.- Obtención de productos con mayor valor agregado
- 5.- Proceso industrial con mejores rendimientos (mejor calidad y homogeneidad de materia prima)

Efecto Costo:

- 1.- Menor densidad de plantación (árb/ha). Se obtendría igual volumen con menos individuos.
- 2.- Mayor prendimiento de la plantación. Se asegura una mejor calidad de plantas asociadas a calidad genética y a la intensificación en la producción de ellas y de su establecimiento.
- 3.- Mayores rendimientos en labores de manejo y cosecha de los bosques
- 4.- Disminución de la rotación en plantaciones
- 5.- Disminución de la densidad final. Menor superficie final para un mismo volumen.

Transferencia de resultados y productos

- 1.- Generación de Antecedentes sobre métodos de reproducción sexual y asexual de las especies consideradas
- 2.- Producción de semilla mejorada y certificada
- 3.- Producción de propágulos
- 4.- Transferencia tecnológica de métodos de propagación vegetativa
- 5.- Material de propagación sexual o asexual para ampliaciones de bases genéticas en los programas llevados a cabo por empresas u otras entidades de investigación
- 6.- Banco de polen
- 7.- Información permanente de los resultados alcanzados a través de publicaciones científicas, documentos técnicos, seminarios y exposiciones.

Impacto de los resultados

- 1.- Del punto de vista económico, mejora los niveles productivos del proceso de producción de madera en pie, las industrias de madera aserrada y pulpa, y repercute en el mercado interno de los productos.

- 2.- Amplia mercados de bajas exigencias tecnológicas como son la leña y las trozas de uso industrial.
- 3.- La menor rotación y costo de producción permiten que entren, con mayor interés al proceso productivo, medianos y pequeños propietarios.
- 4.- El establecimiento de bosquetes dendroenergéticos en las zonas marginales solucionará necesidades básicas de un importante porcentaje de la población
- 5.- Detención de la erosión en suelos en proceso de degradación al ser utilizados con plantaciones de doble propósito: productivo y de protección.
- 6.- Los programas de mejora genética contribuyen al desarrollo tecnológico del país, al generar una serie de innovaciones tecnológicas que tienen un efecto multiplicador importante.
- 7.- La realización de un Programa de Mejora Genética de algunas especies de interés económico permitirá dar inicio a nuevas líneas de investigación y de transferencia de tecnología al sector productivo.

7.0 BIBLIOGRAFÍA

ALFARO, C. Y MORENO, H. 1974. Gravedad específica y mejoramiento genético de la madera de pino insigne. División Forestal, Instituto Forestal. Santiago - Chile 19 p.

BENOIT C., I. 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile (primera parte). Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 85-86p.

CONAF. 1992. Programa Nacional de Mejora Genética de las Especies de Eucalipto para Chile. Chile Forestal, Documento Técnico N° 64, Agosto de 1992, Santiago, Chile. 8 pág.

GARDINER, CRAIG Y D. CRAWFORD. 1988. Seed Collection of *Eucalyptus globulus* subsp. *globulus* Labill. for Tree Improvement Purposes. Australian Tree Seed Centre CSIRO Division of Forestry and Forest Products, Canberra, Australia.

GROSSE W., H. 1994. Algunas especies forestales promisorias para Chile. División Regional, Instituto Forestal. En: Taller Diversificación y Silvicultura. Fundación Chile-Grupo silvícola-Conaf. 69-91p.

INFOR. 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Santiago, Chile. Gerencia de Desarrollo, CORFO AF 86/32. 167 pág.

INFOR. 1990. Localización y Diseño de Parcelas de Introducción de Especies Forestales 1962-1974. Documento técnico de circulación interna. 145 pág.

INFOR. 1992. Ubicación y Descripción de las Parcela Experimentales Establecidas por la División Silvicultura 1981-1990. Manual N° 2. 163 pág.

IPINZA, R. Y B. GUTIERREZ. 1992. Resultados preliminares de un Ensayo de Enraizamiento de Estaquillas de *Eucalyptus globulus ssp globulus*. Ciencia e Investigación Forestal 6(1) Junio 1992. Instituto Forestal. Santiago, Chile.

LOEWE M., V. 1994. La arboricultura: Una nueva alternativa productiva para el sector Forestal. División Silvicultura, Instituto Forestal. En: Taller Diversificación y Silvicultura. Fundación Chile-Grupo silvícola-Conaf. 29-68p.

SMITH V., N. 1976. Primera experiencia masiva de injertación en pino insigne (*Pinus radiata* D. Don.) en Chile. Departamento Genética y Mejoramiento, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 17p.

SMITH V., N. 1976. Proyecto de instalación de un huerto semillero de pino insigne para abastecer de semilla en las provincias de Valparaíso y Santiago, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 17p.

SMITH V., N. 1970. Aumento de la productividad de los bosques de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) por medio del mejoramiento genético. (informe de avance). Departamento Forestal, Instituto Forestal. Santiago - Chile. 45p.

ZAHRADNIK G., M. 1974. Rodal semillero de Pilpilco. Evaluación del método. Comportamiento de la polinización. División Forestal, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 9p.