

# MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL INTA PARA *Pinus taeda* Y *P. elliottii*. ESTRATEGIAS DE DESARROLLO Y METAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE ALTA CALIDAD.

María Elena Gauchat y Gustavo Hernán Rodríguez

EEA Montecarlo. INTA. Av. El Libertador 2472. Montecarlo (3384), Misiones. Correo electrónico [forestmc@ceel.com.ar](mailto:forestmc@ceel.com.ar)

## INTRODUCCIÓN

El INTA, desde principios de la década del 60 desarrolla su actividad en investigación forestal, principalmente en especies exóticas, iniciada con la instalación de parcelas introductorias de especies del género *Pinus* (Rodríguez, 1998). Los resultados de estas experiencias constatan la adaptabilidad de *Pinus taeda*, *P.elliottii* y revelan el potencial de otras especies como *P. caribaea* y *P. oocarpa* (Fahler et. al, 1985).

Posteriormente, a fines del mismo decenio se distribuyen redes de ensayos de orígenes y procedencias para *Pinus taeda* y *P. elliottii*. Encontrándose en los 20 sitios ensayados, diferencias significativas en crecimiento, entre orígenes de *Pinus taeda*, caracterizadas por una variación clinal con gradientes de norte a sur y del interior a la costa. Recomendándose, para una mayor producción en volumen, independientemente de otras características, el uso de orígenes de la región sur del área de distribución natural, es decir la península de Florida, las regiones cercanas al Golfo de México y al litoral atlántico en Georgia y Carolina del sur. Para el caso de *P. elliottii* determina una variación discontinua, sin precisar un área definida (Barrett, 1974).

En 1970, el INTA implanta en la región los primeros huertos semilleros clonales para estas especies, con material seleccionado localmente. En el caso de los huertos de *P. taeda*, sus progenies presentan buenas cualidades en forma y crecimientos inferiores a los mejores orígenes geográficos (Marcó, com. pers.).

En la década del 80, se continúan con los estudios de variación geográfica instalándose redes de ensayos de procedencias en *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. taeda* y *P. elliottii*. En *P. caribaea*, se determina la superioridad volumétrica de las variedades *bahamensis* y *hondurensis* junto a la existencia de variación entre orígenes para la variedad continental (Fahler, et. al 1986). En *P. oocarpa* no se hallan diferencias significativas entre tratamientos (Rodríguez, 1989). En *P. taeda* se destacan en crecimiento los orígenes Livingston y Washington (Louisiana) y Marion (Florida) en todos los sitios probados, mientras que en *P. elliottii* se concluye que es mayor la variación dentro que entre orígenes (Rodríguez, 1991).

Cumplidas las distintas etapas del mejoramiento genético inicial para especies exóticas, el INTA, en un esfuerzo compartido con numerosas entidades privadas y públicas ha desarrollado, en *P. taeda* y *Pinus elliottii* programas de mejoramiento específicos (Rodríguez, 2002). Estos programas se implementan a partir de 1991 con actividades tendientes a la conformación de huertos semilleros de alta calidad, a fin de transferir estos beneficios a los productores. Las cuales se intensifican notablemente desde 1997, cuando pasan a formar parte del Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA-BIRF), a través de su Programa de Producción de Material de Propagación Mejorado.

Este trabajo tiene por objetivo presentar el estado actual de los principales componentes y actividades de estos programas de mejoramiento genético y particularmente las vinculadas con la producción de semilla en el presente y a corto plazo.

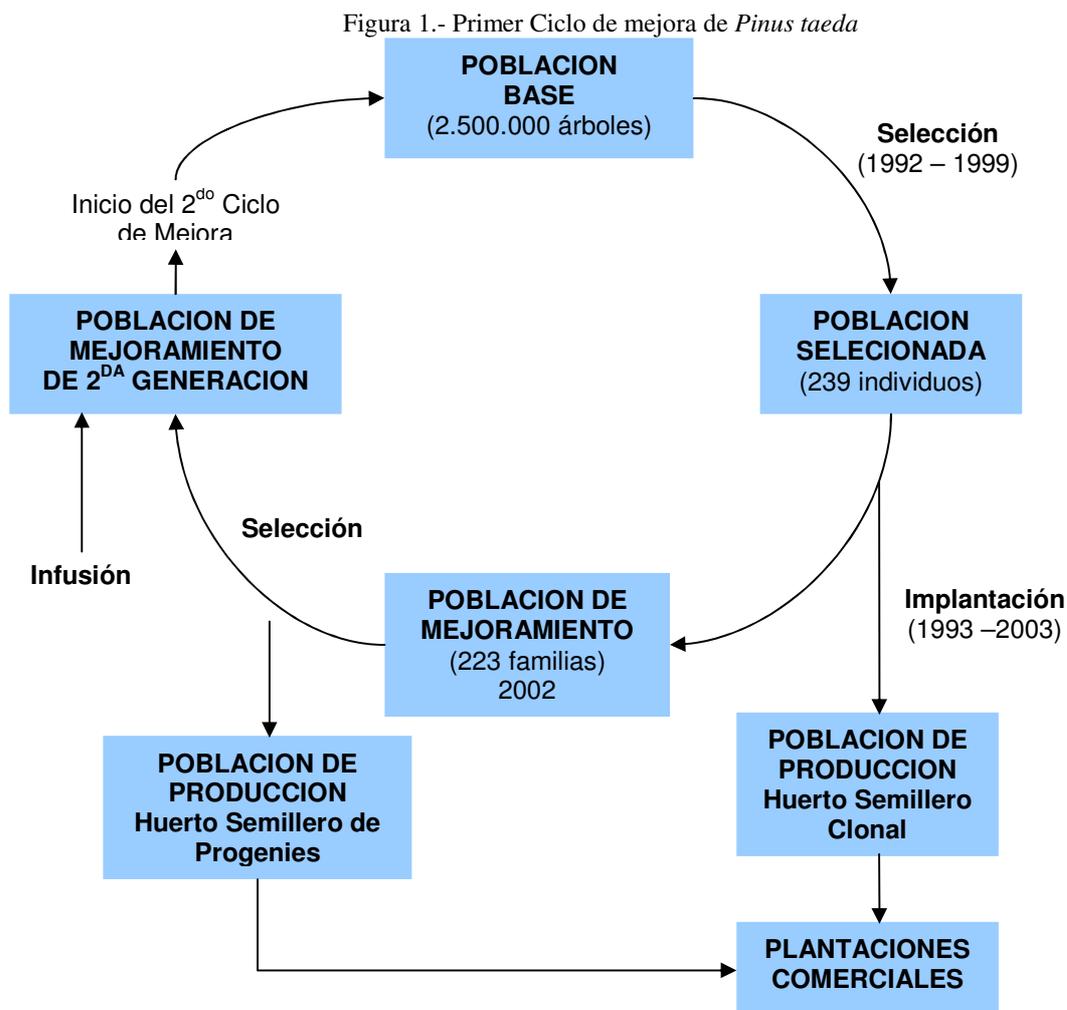
## PROGRAMAS VIGENTES

Desde 1990 los trabajos en mejoramiento genético para *Pinus elliottii* y *P. taeda* se diferenciaron en dos programas, ambos basados en selección recurrente, en los que se aprovecha la variación entre orígenes para el caso de *P. taeda* y en *Pinus elliottii* se explota la variación individual. Estos programas presentan las siguientes particularidades: bajo costo, flexibilidad, ganancias genéticas considerables y el uso de tecnologías sencillas basadas en cruzamientos de polinización abierta en pruebas a campo. (White, 1998, Rodríguez, 1998).

### *Pinus taeda*

Los componentes que forman parte de esta estrategia, apuntan a la estimación de parámetros genéticos, tales como heredabilidad y cuantificación de interacciones genotipo-ambiente. Y, por otro lado, a la predicción de valores genotípicos y al ordenamiento de los genotipos involucrados en el programa.

Se diagramó un programa con los siguientes objetivos: 1.- implementación del primer ciclo de mejoramiento genético, 2.- desarrollo de una población base que aumente los recursos genéticos disponibles de la especie en el largo plazo. A continuación, se detallan las conformaciones de las diferentes poblaciones integrantes del programa (figura 1).



### *Población de selección*

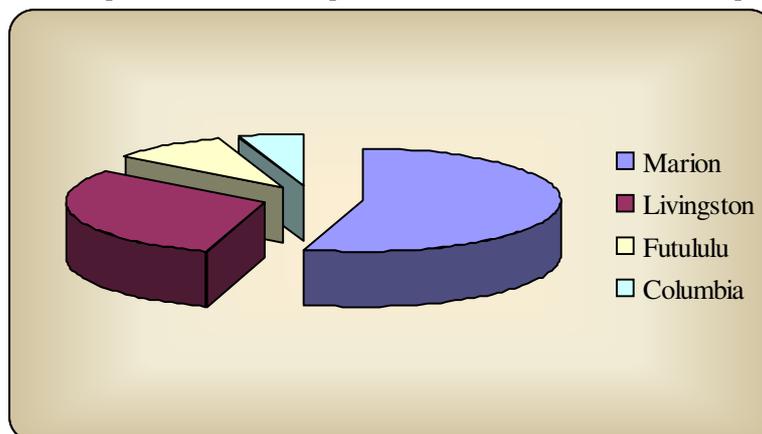
En el año 1992, la E.E.A. Montecarlo, en un trabajo conjunto con empresas pertenecientes a los Consorcios Forestales Misiones y Corrientes Norte, efectuó un relevamiento de plantaciones de *Pinus taeda* de orígenes conocidos y realizó selecciones fenotípicas identificando individuos sobresalientes.

Inicialmente, dichas selecciones se realizaron en rodales de origen Marion, ya que existían mayores superficies establecidas, y dichas plantaciones alcanzaban edades mínimas de selección. Luego, se prosiguió con orígenes como Livingston, Columbia y Futululu.

Como resultado de este proceso, se obtuvieron 130 selecciones de orígenes conocidos (figura 2), en campos de empresas como: LIPSIA S.A., Pto. Laharrague S.A., A. Larguía e Hijos, Gruber Hnos. y Ernesto Reig.

En el año 2000, fueron cedidos por Bosques del Plata 39 selectos identificados por la empresa en diferentes campos durante 1996, para que integren la población de selección del Programa de Mejoramiento Genético de la especie. El 46 % eran de estas selecciones eran de origen desconocido y el resto pertenecían a orígenes Livingston, Madison y Marion.

Figura 2.- Composición inicial de la población de selección de *Pinus taeda* por origen



Paralelamente, la E.E.A. Famaillá, localizada en Tucumán, realizó selecciones fenotípicas en plantaciones comerciales ubicadas en la provincia, obteniendo como resultado 70 selecciones de origen desconocido, que contribuyeron también, a la conformación de la población de selección.

En resumen, con el aporte de empresas y el INTA, en conjunto, se han logrado, 239 selecciones.

Conjuntamente con estas selecciones, se realizó una introducción de 10 progenies de U.S.A. procedentes de Livingston Parish, Mississippi, Jackson Parish, y norte de Louisiana. También se introdujeron semillas provenientes de dos Huertos Semilleros americanos, uno, Atlantic C. Plain y otro, de segunda generación de selecciones de Carolina del Sur y Georgia.

Respecto de los criterios de selección utilizados, se concentraron en caracteres volumétricos y especialmente en rectitud de fuste. En una etapa posterior, se comenzó con la caracterización de la densidad de madera de la población seleccionada, para mayor conocimiento de la misma. Como primeros resultados, fueron encontrados, para las muestras procesadas, valores que superan a los hallados en estudios preliminares realizados en la región para la especie (Pereyra, 2000).

### *Población de mejora*

Esta población permite estudiar los niveles de variabilidad presentes en una población dada y estimar parámetros genéticos, cuyo conocimiento permite avanzar en el mejoramiento de una especie.

Durante los años 2000 y 2001 se realizaron las cosechas de semilla de aquellos individuos que conformaban la población de selección local y las introducciones de las progenies desde E.E.U.U., con el objeto de instalar los ensayos de progenie correspondientes.

En Octubre de 2001, se comenzó con el proceso de viverización de 223 progenies que permitieron instalar, desde julio a octubre del año 2002, 7 ensayos distribuidos en las provincias de Misiones y Corrientes (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Detalle de ubicación de los ensayos pertenecientes a la red.

Empresa	Ubicación
INTA E.E.A. Montecarlo	San Antonio, Misiones
LIPSIA S.A.	Wanda, Misiones
INTA E.E.A. Cerro Azul	Cerro Azul, Misiones
Bosques del Plata	Ituzaingó, Corrientes
Forestal Las Marías	Virasoro, Corrientes
DRT Investments LLC	Concepción, Corrientes
Forestal Argentina S.A.	Paso de los Libres, Corrientes

El diseño empleado para la instalación de los mismos, fue del tipo Bloques incompletos alfa látice, con arreglo fila columna. Las parcelas fueron de árbol único, con 15 repeticiones por sitio.

La evaluación de los ensayos de progenie instalados, permitirá ralea los huertos semilleros clonales ya instalados, garantizando una mayor ganancia genética. Y, por otro lado, se constituirá en fuente de selección para el próximo ciclo de mejora.

### *Poblaciones de producción*

Los Huertos Semilleros son las poblaciones de producción más comúnmente utilizadas en los programas de mejora. Los huertos son esenciales para la producción de semilla de alta calidad genética, ya que la semilla se origina de árboles superiores, seleccionados ya sea de poblaciones naturales, plantaciones o ensayos genéticos de programas de generaciones avanzadas (Ipinza Carmona y Vergara Lagos, 1998).

Paralelamente a las actividades de selección, se instalaron hasta la fecha, en el Campo Anexo Manuel Belgrano, propiedad de INTA E.E.A. Montecarlo en San Antonio (Mnes.), 12 hectáreas de Huertos Semilleros Clonales (HSC) y una réplica localizada en campos de INTA E.E.A. Cerro Azul.

Estos HSC comenzaron a instalarse en el año 1993, con las primeras selecciones de origen Marion (21 selectos), que se multiplicaron vía injertos. Este huerto tiene una superficie de 1 ha., y en la actualidad ha iniciado su producción de semilla.

En forma subsiguiente, se fueron adicionaron año tras año superficies con nuevas selecciones generando distintas conformaciones de huertos. En los últimos años (2001 - 2003), se

han implantado 3 ha. con clones origen Marion y 5 ha. con clones de diferentes orígenes y procedencias (Livingston, Columbia, Futululu).

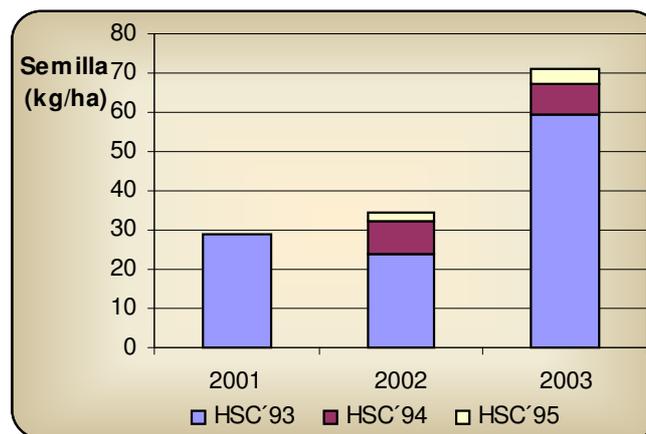
Estos huertos fueron objeto de estudios fenológicos con el objetivo de ajustar una metodología para determinar la existencia de clones precoces, la producción de estructuras femeninas y masculinas y el solapamiento de la formación de la nube polínica con el estado de receptividad de las flores femeninas.

### **Oferta de semilla**

Las poblaciones de producción descritas anteriormente, ubicadas tanto en San Antonio como en Cerro Azul, estarán en plena producción a partir del año 2010 y se estima que la producción de semilla alcanzará los 1.000 kilogramos, lo que significa una potencialidad de 14.000 hectáreas de plantación.

Actualmente, la curva de oferta de Semilla de *Pinus taeda* desde HSC está en progresivo ascenso. En la figura 3, se puede observar la evolución de la producción de semillas de las tres primeras conformaciones instaladas en San Antonio. Los datos graficados muestran las primeras campañas de cosecha. Se esperan aumentos considerables cuando se incorporen a la producción los huertos instalados a partir del 2001.

Figura 3.- Producción inicial de Semilla de *P. taeda* en San Antonio



Por otra parte, para atender satisfactoriamente la demanda actual de semilla, se implementaron instrumentos de carácter provisional, ya que serán reemplazados una vez que los huertos semilleros alcancen su plena producción. Estas áreas productoras de semilla garantizan un mínimo de ganancia genética frente a fuentes desconocidas.

A continuación se describen las acciones más relevantes dentro de este esquema de trabajo.

### **Áreas Productoras de Semillas**

En 1998, se habilitaron dos A.P.S. de *Pinus taeda* de orígenes, Livingston y Columbia, conocidos por su superioridad en calidad de fuste. Las mismas tienen aproximadamente 5 ha. cada una y la densidad final se estima en unos 100 - 120 árboles por hectárea. Están ubicadas en el departamento Iguazú sobre la ruta 19 distantes 30 kilómetros, aproximadamente, de la ciudad de Wanda en propiedades de la empresa LIPSIA S.A.

La metodología utilizada para su establecimiento, respondió a selecciones y raleos sucesivos en rodales previamente identificados, por sus características de crecimiento, accesibilidad, etc. Respecto de los criterios utilizados para las selecciones, fueron considerados los siguientes caracteres fenotípicos:

- Crecimiento: fueron seleccionados aquellos árboles pertenecientes al estrato dominante y codominante cuyos valores de diámetro a la altura del pecho y altura, eran superiores a las medias del rodal.
- Forma: evaluada a través de la rectitud de fuste, ausencia de bifurcaciones y características de copa, como amplitud y tipo de ramificaciones.

Con el objeto de reducir la contaminación desde fuentes polínicas indeseables; se dejó una zona de amortiguación alrededor de las superficies delimitadas como APS.

La producción potencial de esta superficie (10 ha.) alcanza los 250 kilogramos de semilla, cantidad que permitiría forestar unas 3.500 hectáreas. Las cosechas de estos rodales se han realizado desde 1999, con intensidades variables en función de la demanda.

### *Ensayos de Productividad*

Con el objetivo de evaluar y comparar la productividad de diferentes materiales comerciales disponibles en la región, provenientes básicamente de áreas productoras de semilla en el año 2000, fueron instalados 3 ensayos en diferentes sitios de Misiones y Corrientes. Los mismos fueron localizados en propiedades de las empresas: SELVA S.R.L. (código: I050, Delicia km. 33, Ruta Pcial. 18, Dpto. Eldorado), Pindó Forestal (código: I052, Campo Cruz de Malta, Istueta, Dpto. Iguazú) y Bosques del Plata (código: I051, Campo Plantaciones Mesopotámicas, Gdor. Virasoro).

Se probaron bajo un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones y parcelas de medición de 36 plantas (Gauchat y otros, 2003), nueve fuentes semilleras, correspondiendo a cuatro huertos semilleros extranjeros, uno local y cuatro APS locales, cuyos detalles se aprecian en el Cuadro 2.

Cuadro 2.- Tratamientos probados en ensayos

Código Tratam	Origen – Procedencia	Grado de Mejora	Empresa - Propietario	Localización
1	Marion – Pto. Iguazú	HSC 1.0	Alto Paraná S.A.	Puerto Libertad, Dpto Iguazú.
2	Marion – Eldorado	APS	Alto Paraná S.A.	Delicia Km. 22, Dpto. Eldorado
3	“Futululu” – Eldorado	APS	Ernesto Reig	Cnia. Delicia Ruta 12, Dpto. Eldorado.
4	Marion – Montecarlo	APS	Pto. Laharrague S.A.	Pto. Laharrague, Dpto. Montecarlo
5	Livingston – Montecarlo	APS	Alejandro Largaña e hijos	Mato quemado, Cnia. Caraguatay, Dpto. Montecarlo
6	Livingston – Louisiana*	HSC 1.0		Livingston Parish, Louisiana, USA
7	Marion – Marion County**	HSC 1.5		Marion County, Florida, USA.
8	Marion – Gulf Hammock***	HSC 1.0		Gulf Hammock, Florida, USA
9	Futululu	HSC 1.5		Futululu, Kwazulu/Natal, Sudáfrica

Referencias:

\* Huerto de primera generación compuesto por 19 clones y 202 rametos. Todos los padres que conforman este huerto son de los condados de Washington (10%) y Livingston (90%). Mejora de volumen estimada sobre los rodales comerciales de la zona de origen es de 15 – 20 %.

\*\* Huerto compuesto por 28 clones y 185 rametos. Cuyos padres son del condado de Marion. Mejora de volumen estimada sobre lotes comerciales de la zona de origen está entre 10 – 20 %.

\*\*\* Huerto constituido por 48 clones y 400 rametos. Los padres que componen este huerto son de los condados de Marion (55%), Dixie (17%), Jefferson (19%) y Nassau (6%). Mejora de volumen estimada es de 15 % sobre los lotes comerciales de la zona de origen.

La sobrevivencia fue evaluada al primer y al tercer año, en los tres ensayos. Como así también, fueron realizadas las mediciones correspondientes a diámetro a la altura de pecho (DAP) y altura total para observar la existencia de alguna tendencia en el comportamiento de los materiales en los diferentes sitios de instalación.

Resultados obtenidos al tercer año en esta experiencia (Gauchat, 2003), muestran que: los tratamientos 1 (HSC Pto. Libertad) y 2 (APS Delicia km 22) se destacaron por su crecimiento en todos los sitios. Coincidentemente, el tratamiento de menor crecimiento en los tres sitios fue el 6, material de HSC 1.0, origen Livingston, proveniente de Louisiana, USA. La sobrevivencia promedio en todos los ensayos alcanzó el 95%.

Es para destacar que no se han encontrado tendencias claras que evidencien un mayor crecimiento de las fuentes semilleras externas sobre las locales.

#### *Próximas acciones*

Se prevé la instalación de una nueva red de ensayos incluyendo los materiales provenientes de los huertos semilleros de INTA (instalados entre 1993 y 1995), con el objetivo de evaluar la productividad, características de forma y propiedades de la madera.

#### ***Pinus elliottii***

Se parte de un consistente programa de primera generación de carácter cooperativo (inicialmente 14 participantes entre empresas privadas y Estaciones Experimentales Agropecuarias de INTA), que reúne 329 familias de polinización abierta que cubren el rango nativo de distribución junto a algunas procedencias sudafricanas. Lo componen más de 20.000 árboles, provenientes de 16 ensayos distribuidos en la región mesopotámica y la provincia del Chaco, correspondientes a diferentes series no emparentadas (selecciones de la Universidad de Florida, Servicio Forestal de EE.UU., Zimbabwe y locales), lo que garantiza una base genética amplia y diversa.

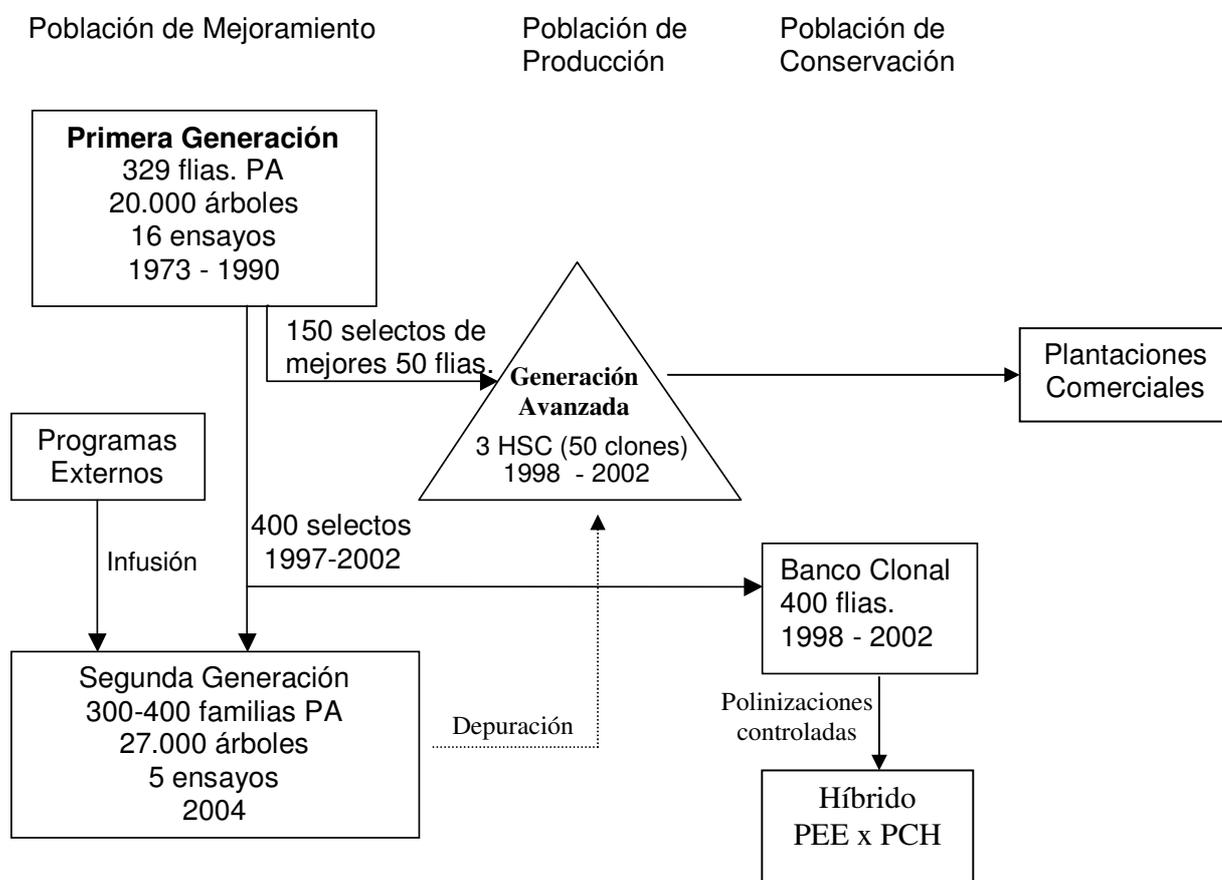
La estrategia del programa contempla los siguientes supuestos:

- 1- la especie mantendrá su importancia en las próximas décadas por su forma, plasticidad, posibilidades de producción de resina y su necesidad para la producción del híbrido inter específico, PEE x PCH;
- 2- se continuarán estableciendo plantaciones con plantines provenientes de semillas;
- 3- se contarán con los recursos suficientes para su implementación;
- 4.- las correlaciones genéticas entre volumen, rectitud de fuste, bifurcación, densidad de la madera y producción de resina no justifican la generación de múltiples poblaciones, en una primera etapa.

Para estructurar el programa se ordenaron todos los genotipos por volumen basados en los valores de mejora obtenidos con "BLP" (análisis de mejor predicción lineal), 11 ensayos se depuraron eliminando las familias e individuos inferiores, luego de las selecciones genotípicas (con valores de mejora) y fenotípicas (control a campo). A las evaluaciones ya realizadas, se ha iniciado la caracterización tecnológica de la madera de las progenies sobresalientes. A partir de estos materiales se están conformando las distintas poblaciones del programa, que básicamente son tres: población de mejoramiento, población de conservación y la población de producción.

Las poblaciones son simples, con funciones específicas, inicialmente de polinización abierta (PA), luego con polinización controlada, antes de pasar a la tercera generación y de costo moderado (Figura 4).

Figura 4.- Esquema del programa de mejora genética para *P. elliottii* var. *elliottii* (Adaptado de White, 1998)



La población de mejoramiento (F2), cuya función es mantener una amplia base genética y recombinar los materiales para avanzar en mayores ganancias, estará compuesta por 300 a 400 progenies provenientes de selecciones adelantadas de los mejores árboles de la primera generación. Actualmente se ha obtenido semilla de aproximadamente 60 % de los selectos, la que se ha decidido viverizar e iniciar en el 2004, la instalación de los ensayos de progenies F2 (el resto de los selectos es de baja o nula fructificación). Se continuará con la cosecha de semilla en años sucesivos hasta alcanzar un 80% de las progenies y se completarán las necesidades con introducciones desde otros programas (infusión). Estos ensayos de progenies podrán ser transformados en el largo plazo en huertos semilleros de progenies.

La población de conservación reúne los 400 genotipos más destacados con el objeto de asegurar su disponibilidad ante eventuales contingencias (incendios, plagas, mercado, etc.) y necesidades de experimentación (reposiciones, polinizaciones controladas, etc.). Cada genotipo está representado por 4 rametos, implantados en parcelas cuadradas. Se estima que durante el año 2004 se completará su instalación. Este banco clonal instalado en el Campo Anexo Manuel Belgrano (San Antonio, Mnes.), será intensamente aprovechado para la producción del híbrido PEE x PCH.

La población de producción tiene el único objetivo de producir material mejorado para plantación comercial. Se establecieron 12 ha de huertos semilleros clonales de generación avanzada con las 50 selecciones superiores, multiplicados por injertos apicales.

#### *Producción de semilla*

Para el abastecimiento de semilla en el corto plazo en *P. elliottii*, se intensificaron y optimizaron los trabajos de cosecha en las 6 ha de los huertos semilleros clonales de primera generación disponibles en la Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul y el Campo Anexo C. R. Victoria. Estos huertos implantados en 1970, con 30 clones selectos locales, en una densidad de 100 rametos/ha (10 m x 10 m), vieron incrementada su producción de semilla entre 50 y 100 % en los últimos años, obteniéndose una producción promedio superior a los 200kg/ha/año. Sus progenies se destacan por su buena forma, básicamente por la rectitud del fuste y desarrollo de copa.

Para el suministro de semilla a mediano plazo, se han implantado en el Campo Anexo M. Belgrano y la EEA Cerro Azul aproximadamente 12 ha de huertos semilleros clonales generación avanzada, constituidos por individuos superiores genéticamente de las 50 mejores familias del programa. Estos materiales han presentado una baja interacción genotipo-ambiente por lo que su uso es apropiado para toda la mesopotamia y potencialmente extensible a otras regiones del país. A partir de 2010, y luego de la depuración de los huertos a partir de la información de los ensayos de progenies de segunda generación, se dispondrá progresivamente de semilla que permitirá forestar aproximadamente 12.000 ha, con el material de mayor calidad genética disponible en la región y que brindará una ganancia en volumen de madera superior al 20 % respecto de los materiales locales actualmente empleados.

## **BIBLIOGRAFIA**

- BARRETT, W. H. 1974. Variación geográfica en *Pinus elliottii* Engelm. y *P. taeda* L. II Cinco años de crecimiento en el nordeste argentino. IDIA Suplemento Forestal N° 8, pp. 18 – 39.
- FAHLER, J. C. 1985. Evaluación de especies del género *Pinus* en Cerro Azul, provincia de Misiones. Datos analizados a los 4, 10 y 14 años de edad. Informe Técnico n° 43. INTA E.E.A. Misiones.
- FAHLER, J. C. 1986. Comportamiento de variedades y orígenes de *Pinus caribaea* en tres sitios diferentes del nordeste argentino. Datos analizados a los 4 años de edad. Informe Técnico n° 48. INTA E.E.A. Misiones.
- GAUCHAT, M. E.; Alegranza, D.; Rodríguez, G. H. 2003. Productividad de Fuentes Semilleras Comerciales Locales y Externas de *P. taeda* en el NEA. Resultados al tercer año. En 10ª Jornadas Técnicas Forestales. 25, 26 y 27 de Setiembre de 2003. Eldorado. Misiones, Argentina.
- IPINZA CARMONA, R. y VERGARA LAGOS, R. 1998. Diseño de Huertos Semilleros. En: Curso de Mejora Genética Forestal Operativa, Sgo. de Chile, Apuntes N° 1, 16 –21 de noviembre de 1998, pp 129 – 148.

RODRIGUEZ, G. H. 1989. Informe técnico Anual. INTA, E.E.A. Montecarlo.

RODRIGUEZ, G. H. 1991. Informe técnico Anual. INTA, E.E.A. Montecarlo.

RODRIGUEZ, G. H. 1998. I Programa mejoramiento genético de *Pinus taeda*. II Programa mejoramiento genético de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. En: Informe de actividades y resultados 1995-1998. Area Forestal. INTA Montecarlo. Publicación Miscelánea N° 3, pp 5-6.

RODRIGUEZ, G. H. 2002. Poblaciones de producción en los programas de mejoramiento genético de INTA para pinos en Misiones. XIII Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas y V Reunión de Extensión. UNNE. Corrientes.

WHITE, T. L. 1998. Estrategia de mejoramiento: *Pinus elliottii*. INTA Montecarlo. Informe de consultoría, 32 p.