



### El futuro del *Pinus leiophylla* como una especie para plantación<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(Nota del editor: Esta es una versión abreviada de un artículo mas completo que será publicado en Inglés por Camcore en el *Southern Hemisphere Forestry Journal*)

#### Introducción

*Pinus leiophylla* es común en la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur del oeste y sur de México así como en la parte central del país donde se presenta a través del Gran Eje Volcánico (Figura 1). Es un árbol de mediano a grande, cuya altura varía de 15 a 35 m y que normalmente se encuentra entre los 2200 y 2700 metros de altitud en áreas con estaciones secas bien definidas. *Pinus leiophylla* ocasionalmente forma rodales puros pero mas a menudo se encuentra en asociación con otros pinos y robles en suelos arenosos a franco arcillosos con acidez de moderada a neutra. Como muchos de los pinos mexicanos, la especie ha evolucionado para sobrevivir

los incendios. Comúnmente produce rebrotes epicórmicos a lo largo del tallo principal y exhibe rebrotes de acículas en la copa aún después de incendios de moderada intensidad. Localmente el *P. leiophylla* se usa para extraer resina y su madera para construcción (Perry 1991, Eguiluz-Piedra 1978).

La especie no ha sido ensayada ampliamente como exótica, con la excepción de Sur Africa. Los resultados de muchos ensayos realizados allí sugieren que tiene crecimiento y propiedades de la madera aceptables, es moderadamente tolerante a las heladas y a la sequía pero en general no es satisfactoria como especie para plantación por la forma pobre del fuste (Poynton 1977). Sin embargo, Look

(1950) y Perry (1991) mencionan que poblaciones de la especie existentes en México exhiben diferencias marcadas en la forma del tallo que van desde tallos muy torcidos a muy rectos, a su vez Poynton (1977) manifiesta la urgencia de hacer mas selección y ensayos para identificar fuentes superiores de semilla.

De 1987 a 1990, Camcore efectuó colectas de semillas de 309 árboles madres en 11 procedencias de *Pinus leiophylla* en el norte, centro y sur de México para conservación ex situ y establecimiento de ensayos (Camcore 2005).

Ensayos de procedencias/progenie se plantaron en múltiples sitios en Brasil y Sur Africa. En vista de la importancia (Continúa en la página 4)

### Rentabilidad del mejoramiento genético forestal

Como cualquier otra actividad, el mejoramiento genético forestal debe considerar los tres elementos básicos que fundamentan la sostenibilidad: ambiente, sociedad y economía. Cualquiera de estos tres que falte, hará fracasar la actividad en el largo plazo. Este artículo resalta la importancia del aspecto económico orientado hacia las plantaciones forestales.

La forma como el mejoramiento genético forestal contribuye al incremento de la competitividad de las empresas de productos forestales es mediante el mejoramiento de la calidad, costos y oportunidad en el abastecimiento de materia prima a sus plantas industriales. En la industria el costo total de la madera está compuesto por el valor de la madera en pie, el cual incluye los costos de establecimiento y mantenimiento de las

plantaciones, los costos de cosecha y transporte, y los costos administrativos. En países como Brasil, con gran desarrollo forestal, en algunos casos el costo de la madera representa el 30% de los costos totales en la producción de pulpa. Por lo tanto, la reducción de costos en la materia prima forestal tiene un impacto económico grande para la industria.

La mayor contribución del mejoramiento genético se da por el incremento en la producción de volumen de madera por hectárea en las plantaciones, reduciendo el costo de producción por metro cúbico o tonelada de madera en pie. Otras variables que también pueden ser manejadas a través del mejoramiento genético con un efecto importante en la reducción del costo de la madera en pie son la resistencia a enfermedades y la rectitud del

fuste. Adicionalmente, árboles de mejor calidad genética con mayor uniformidad que aquellos no mejorados, también ayudarán a reducir los costos de manejo y cosecha en las plantaciones. Materia prima mas uniforme tiene un efecto importante en los costos de manufactura, reduciendo el consumo de insumos químicos y energía en las plantas productoras de pulpa por ejemplo. En la industria del aserrío, fustes mas rectos aumentan la eficiencia de la planta en la utilización de la materia prima, reduciendo los costos de la madera aserrada.

Así mismo la calidad de la materia prima tiene un efecto importante en la calidad del producto final y en el proceso de transformación de la misma. Propiedades de la madera que tienen alta heredabilidad y pueden ser controladas genéticamente como su (Continúa en la página 5)

#### En este ejemplar:

<b>El futuro del <i>Pinus leiophylla</i> como una especie para plantación</b>	<b>1</b>
<b>Rentabilidad del mejoramiento genético forestal</b>	<b>1</b>
<b>Carta del Director del Programa Camcore</b>	<b>2</b>
<b>Colectas, procesamiento y almacenamiento de semillas</b>	<b>3</b>
<b>Propagación vegetativa de <i>Gmelina arborea</i> por miembros de Camcore</b>	<b>6</b>



Plantación de *Pinus leiophylla* de 12 años de edad en Sur Africa



Astillas de madera, materia prima de plantaciones forestales mejoradas genéticamente para la producción de pulpa en planta industrial en Richards Bay, Sur Africa.



## Carta del Director del programa Camcore



Yo quiero resumir el estado actual de algunas de estas iniciativas por parte de nuestros grupos de trabajo para mantener bien informados a los investigadores y amigos en México y Centroamérica.



Población de *P. oocarpa* en el estado de Chihuahua, México a los 26° 09' de latitud Norte.



*Gmelina moluccana*, especie forestal con alto potencial para plantaciones en Indonesia

Esperamos que el 2008 sea un año muy interesante para Camcore. Primero, un nuevo miembro activo se ha unido a nuestro programa desde Mozambique (Chikweti Forests). Segundo, tenemos planes de realizar nuestro encuentro anual en Indonesia durante las dos últimas semanas de Octubre. Tercero, estamos desarrollando varias iniciativas de investigación en Camcore, las cuales arrojarán resultados útiles para todos nuestros miembros. Yo quiero resumir el estado actual de algunas de estas iniciativas por parte de nuestros grupos de trabajo para mantener bien informados a los investigadores y amigos en México y Centroamérica.

### Conservación

1. Estamos próximos a completar un estudio de diversidad genética de *Pinus oocarpa* usando marcadores microsatelitales que incluye 50 poblaciones de la especie desde el norte de México hasta la parte central de Nicaragua. Cuando lo terminemos, el estudio brindará la información mas actualizada sobre la historia evolutiva de la especie y nos permitirá entender mejor cómo conservar mejor las poblaciones amenazadas de la especie. El estudio de diversidad genética de *P. oocarpa* se desarrolla en colaboración con el Servicio Forestal de los Estados Unidos, en Placerville, California.
2. También estamos evaluando la diversidad genética de *Gmelina arborea* utilizando marcadores microsatelitales. Este proyecto es con Temasek, una firma sin ánimo de lucro en Singapur.
3. Continuamos con nuestro trabajo de conservación de las especies del género *Tsuga* en los EUA. Nuestros miembros en Brasil y Chile están actualmente produciendo las plántulas como parte de nuestro esfuerzo de conservación *ex situ*.
4. Estamos empezando a trabajar para hacer un levantamiento del estado de conservación de las poblaciones naturales de *Pinus taeda* en el sur de los Estados Unidos. La meta es determinar qué tanto material genético se ha perdido debido al desarrollo de las áreas residenciales. El proyecto es parcialmente financiado por la Fundación Weyerhaeuser.

### Caracterización de especies

1. Estamos próximos a terminar el proyecto para evaluar la calidad de la madera de los pinos de México en muchos países. Los miembros de Camcore nos han enviado mas de 3,500 muestras de madera para determinar la densidad, características de las fibras, propiedades químicas y el ángulo de las microfibrillas. Los resultados indicarán el verdadero potencial de los pinos de México y Centroamérica en comparación con los controles o testigos comerciales de *P. taeda* y *P. radiata*.
2. Hemos iniciado un segundo estudio mas pequeño para estudiar la densidad de 7 latifoliadas tropicales que incluyen: *Gmelina arborea*, *Gmelina moluccana*, *Acacia mangium*, *Pachira quinata*, *Hibiscus simillis*, *Tectona grandis* y *Sterculia apetala*.
3. Hemos iniciado una evaluación de resistencia a las heladas de muchos de los pinos de México y Centroamérica. Sembraremos semillas en el invernadero y después de varios meses, el tejido de las plántulas será sometido a pruebas de congelación. El primer objetivo es determinar cuales especies pueden servir como buenos padres para resistencia a las heladas en cruces híbridos de pino. El segundo objetivo es determinar como el ambiente altera la resistencia en el tiempo.
4. Vamos a trabajar en colaboración con el Departamento de Ciencias de la Madera y el Papel en la Universidad (NCSU) para determinar el potencial de los pinos mexicanos para bio-energía (etanol).
5. Estamos trabajando en colaboración con Biodiversidad Internacional en Roma, Italia y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Cali, Colombia para determinar cómo las fluctuaciones climáticas podrían afectar las futuras áreas de plantación de *P. tecunumanii* y *P. patula* en Brasil, Colombia y Sur Africa. El primer artículo científico sobre los resultados será publicado en el 2008.

### Híbridos de Pino

Los primeros seis ensayos de híbridos de pino fueron plantados en el campo a finales del 2007 y más estudios serán plantados en el 2008. La meta es plantar el máximo número posible de estudios para determinar cuales híbridos muestran el mayor potencial.

Camcore y Forbirc (Consortio de Investigación en Biotecnología Forestal) en NCSU están trabajando juntos para encontrar marcadores SNP específicos para usar en la verificación de los cruces híbridos de pino. El nuevo método de verificación debería ofrecer una forma barata y rápida para confirmar que el "supuesto híbrido" es realmente un híbrido auténtico.

Nuestra habilidad para ejecutar estos proyectos de investigación tan importantes muestra el valor de Camcore y los beneficios de trabajar juntos.

Les deseo a todos un exitoso 2008.

Sinceramente,

**Bill Dvorak**

Director

## Colectas, procesamiento y almacenamiento de semillas



Diferencia entre conos y semillas de *P. herrerae* (izquierda), *P. maximartinezii* (centro) y *P. patula* (derecha)



Colecta conos *P. tecunumanii* en Chiapas, México



Uso de animales para cargar conos durante largas jornadas de colecta en el campo



Procesamiento de conos para extracción y limpieza de semillas de pino

### Colectas, procesamiento y almacenamiento de semillas.

Como se indicó en el ejemplar anterior, Camcore ha venido colectando semillas en rodales naturales con propósitos de conservación y mejoramiento genético por cerca de 30 años. A la fecha el programa a realizado colectas en cerca de 400 procedencias de 25 especies de coníferas (pinos) en México y Centroamérica, 62 procedencias de *Eucalyptus urophylla* en 7 islas de Indonesia, 34 procedencias de *Gmelina arborea* en el sureste asiático, y 52 procedencias de 11 especies de latifoliadas en Centroamérica. En los últimos 4 años se han colectado también semillas de dos especies del género *Tsuga* (*Tsuga caroliniana* y *Tsuga canadensis*) en la zona de los montes Apalaches al este de los Estados Unidos con propósitos de conservación *ex situ*. Con las semillas colectadas se han establecido más de 1000 bancos de conservación y ensayos de progenie, y se han desarrollado estudios científicos de resistencia a enfermedades, biodiversidad y tolerancia a las heladas.

El primer paso es localizar poblaciones de interés, lo que hacemos a través de exploraciones y discusiones con los forestales locales y los propietarios de la tierra. Una vez se ha definido el área, se requiere mucho trabajo para coordinar la colecta de semillas en el campo. Se trabaja conjuntamente con instituciones oficiales de los países, con quienes se hace la planificación de las colectas, la consecución de los permisos, certificados fitosanitarios y demás documentos legales requeridos por las autoridades fitosanitarias de cada país. En ocasiones se nos presta apoyo logístico y un funcionario de la institución nos acompaña en la colecta. Cuando esto no es posible, se nos ayuda a establecer contacto con algún habitante de la zona o propietario del predio.

La fenología y el ciclo biológico de las especies es diferente, aspecto que se tiene en cuenta para realizar la colecta en el momento oportuno. Por ejemplo, el período de colectas de conos de *P. maximinoi* desde Guerrero en México hasta el norte de Nicaragua se extiende desde la última semana de marzo hasta la segunda o tercera de abril. En cambio, las colectas de *P. caribaea* en Honduras y Nicaragua se realizan a principios de junio cuando las escamas empiezan a tornarse marrón. Para la realización de la colecta, se tiene el cuidado que la compañía contratista cuando es del caso, emplee escaladores de árboles con experiencia y utilicen el equipo de seguridad adecuado. Elmer Gutiérrez quien es el coordinador de campo, y Mauro Gómez quien es el escalador de árboles de Camcore en Centroamérica realizan todas las colectas de semillas asignadas los primeros días de cada año.

Una vez en el sitio, se siguen las normas que se tienen establecidas en Camcore para la selección de árboles dentro del rodal y la toma de datos en el campo, las cuales se describieron brevemente en el ejemplar anterior. La idea es coleccionar semillas de suficientes árboles bien distribuidos y distanciados en el rodal para que el genotipo de la población quede bien representado. Además, se seleccionan árboles con buenas características fenotípicas (sanos, fuste recto no bifurcado, ramas delgadas con buen ángulo de inserción y buen crecimiento en volumen) que reflejen potenciales genotipos superiores, los cuales serán verificados posteriormente en ensayos de procedencias/progenie en el campo. Aunque se sabe que el número de semillas por cono varía de acuerdo a la especie, como regla general siempre se trata de coleccionar un mínimo de 100 conos por árbol con el

objetivo de obtener un mínimo de 2000 semillas por familia. Son colectas científicas, no comerciales, realizadas en pequeñas cantidades donde el propósito es obtener semilla suficiente para plantar varios estudios genéticos. En el informe de la colecta quedan consignados los datos del rodal y de los árboles a los cuales se les colectó semilla. Dentro de esta descripción se registra el estado actual de conservación de la población con base en criterios y normas adoptadas internacionalmente.

En el caso de los pinos, los conos colectados de cada árbol se guardan en bolsas de tela, manteniendo la identidad por árbol madre durante todo el proceso para conservar el pedigríe. Cuando la colecta va a durar varios días, los conos se extraen de las bolsas y se airean en la noche para evitar excesos de humedad y proliferación de hongos. En el campo, ocasionalmente se utilizan burros para cargar los conos colectados. El transporte entre pueblos o ciudades se hace en una camioneta con un contenedor ventilado. En el sitio de procesamiento, se colocan los conos en bandejas de madera y malla donde son secados al aire bajo techo por varios días para que abran y liberen las semillas. Las semillas son separadas de los conos y guardadas en bolsas plásticas para ser despachadas a Camcore en Raleigh.

En Raleigh se hacen pruebas de germinación y se almacenan las semillas con un contenido de humedad que varía entre el 6% y 10% en un cuarto frío a 4°C promedio. Las semillas son almacenadas en bolsas plásticas selladas, identificadas con los datos del lote por familia en etiquetas de papel.

Estas semillas son luego asignadas a varios ensayos genéticos que se diseñan para los miembros del programa, a quienes se les despachan con las familias y procedencias requeridas para los ensayos.



Global partners for the future of our forests



**Figura 1.** Localización de los 13 sitios de colecta de Camcore (numerados 1 – 13) y las otras 22 procedencias de *P. leiophylla* identificadas por varios autores en México. El modelo climático FloraMap™ delineó dos zonas climáticas distintas 1 y 2 (a y b) en México donde ocurre la especie.



Plantación de 12 años de edad de *P. leiophylla* en Sur Africa. Especie con potencial para híbridos con *P. patula*.

Todas las procedencias de Michoacán en México central fueron significativamente mejores que las poblaciones de Oaxaca en el sur de México, las cuales a su vez fueron superiores a aquellas de Durango en el norte de México.



Plantación de 14 años de edad de *Pinus leiophylla* en Chile.

## El futuro del *Pinus leiophylla* como una especie para plantación (Viene de la página 1)

de ubicar la especie exitosamente en el sitio adecuado en plantaciones forestales con exóticas. Camcore evaluó la ubicación de los ensayos de campo usando el software FloraMap™, un programa desarrollado para diferenciar patrones climáticos en sitios de colectas de semillas en rangos naturales prediciendo donde debería sobrevivir el germoplasma en otras regiones del mundo (Jones y Gladkov 1999).

El estudio tuvo varios objetivos. Primero, determinar procedencias de *Pinus leiophylla* con adaptación y productividad adecuadas, y calidad del fuste útil para programas de plantaciones comerciales. Segundo, reportar el uso de FloraMap™ para predecir con mayor precisión donde subgrupos de procedencias de *P. leiophylla* deberían ser plantados como exóticos en el futuro.

### RESULTADOS

#### Zonas climáticas Del *P. leiophylla* en México

FloraMap™ delineó el rango geográfico de *P. leiophylla* en dos amplias zonas climáticas; un clima seco templado en el noroeste de México, primeramente cubriendo Durango y Chihuahua (región 1) y un clima subtemplado/subtropical mas húmedo en las partes centro y suroeste del país (región 2) (Figura 1). La región 2b está caracterizada por estaciones secas bien definidas y temperaturas de congelación poco frecuentes.

#### Productividad, Supervivencia y Forma de Fuste

El crecimiento promedio de la mejor procedencia de *P. leiophylla* varió entre 5 y 19 m<sup>3</sup>/ha/año a través de 11 de los ensayos mas viejos evaluados a edades de 8 a 9 años. En Sur Africa, en general, *P. leiophylla* se tornó competitivo con los lotes control de *P. patula* a medida que los sitios fueron mas fríos y mas secos.

El desempeño de las procedencias para el volumen fue muy consistente a través de ensayos y países. Todas las procedencias de Michoacán en México central fueron significativamente mejores que las poblaciones de Oaxaca en el sur de México, las cuales a su vez fueron superiores a aquellas de Durango en el norte de México. La procedencia de Ario de Rosales de Michoacán fue la población mas productiva de *P. leiophylla* en la serie de ensayos.

Diferencias de supervivencia en las fuentes de rápido crecimiento de Michoacán y las fuentes de lento crecimiento de Durango en estos mismos tres ensayos fueron biológica y estadísticamente significativas ( $\alpha = 0.05$ ). En las localidades de alta elevación de Langvies y Cransmoor donde las heladas fuertes durante el invierno son comunes, la supervivencia de rápido crecimiento de La Pinalosa, fuente de Michoacán varió del 2

al 7% contra el 74 a 91% de supervivencia para las poblaciones del norte de *P. leiophylla*.

### DISCUSIÓN

*P. leiophylla* es una especie de calidad intermedia para plantaciones forestales. Exhibe un crecimiento medio, tolerancia al frío y la sequía por encima del promedio, y forma del fuste por debajo del promedio cuando se compara con especies comerciales como el *P. patula*. Generalmente tiene madera con menor densidad que especies comerciales como el *P. patula* y el *P. elliottii*, pero todavía cae dentro de los límites del grado de madera estructural requeridos en Sur Africa (Malan 2005). Su atributo mas grande es su habilidad para rebrotar después de los incendios, lo cual sugiere que sería una especie muy fácil de propagar vegetativamente, pero las actividades de mejoramiento genético podrían alargarse por su ciclo reproductivo de tres años (Perry 1991).

En nuestra opinión, el mejor futuro del *P. leiophylla* como especie para plantación es en los pastizales secos con estaciones secas del sur de Africa donde incendios frecuentes son comunes. El mejor escenario sería el desarrollo clonal de híbridos que combinen el rápido crecimiento y las buenas propiedades de la madera del *P. patula* con la alta resistencia al fuego y al cáncer del pino del *P. leiophylla*. Hemos visto el desarrollo de híbridos naturales entre ambas especies cuando se colectó semilla de *P. leiophylla* en un ensayo rodeado por *P. patula* en Jessivale, Sur Africa. Trabajo reciente con marcadores moleculares muestra ahora que *P. patula* y *P. leiophylla* están genéticamente mucho mas cercanamente relacionados que lo que hasta el momento se pensaba (Gernandt *et al.* 2005, Price *et al.* 1998) lo cual podría explicar las observaciones de hibridación en el campo.

### REFERENCIAS

- Camcore (2005) *Pinus leiophylla*: A case study of the conservation & development of a minor tree species. Camcore Annual Report, College of Natural Resources, North Carolina State University. Raleigh, NC. 16-17
- Domisse EJ (1994) Thermomechanical pulping (TMP) and chemithermomechanical pulping (CTMP) of South African Grown pine species. A comparative study. MS. Thesis. University of Stellenbosch, Stellenbosch, South Africa. 175 pp.
- Eguiluz-Piedra T. (1978). Ensayo de intergración de los conocimientos sobre el genero *Pinus* en México. MS. Thesis. Universidad Autonoma Chapingo, Chapingo, Mexico. 623 pp.
- Gernandt DS, López GG, Garcia SA and Liston A (2005) Phylogeny and classification of pines. *TAXON* 54(1):29-42.
- Jones PG, and Gladkov A (1999) FloraMap™. Version 1. A computer tool for predicting the distribution of plants and other organisms in the wild. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Loock EEM (1950) The Pines of Mexico and British Honduras. The Government Printer. Pretoria. South Africa. 237 p.
- Malan FS 2005. Brief investigation of the wood quality of *Pinus leiophylla* grown at Spitzkop. KLF Research Report 6/2005. Nelspruit, South Africa 19 pp.
- Perry JP Jr. (1991) *The Pines of Mexico and Central America*. Timber Press Inc. 231 pp.
- Poynton RJ (1977) *Tree planting in Southern Africa. Vol. 1. The Pines*. S. A. Forestry Research Institute. Department of Forestry. Republic of South Africa. 576 pp.

## Rentabilidad del mejoramiento genético forestal

(Viene de la página 1)

densidad, han mostrado tener alta correlación con un mayor rendimiento en fibras en unos casos, y mejores propiedades mecánicas de la madera en otros.

Las ganancias logradas con el mejoramiento genético en términos de volumen, rectitud del fuste, resistencia a enfermedades, propiedades de la madera y adaptabilidad de las especies a condiciones extremas de temperatura y sequía se justifican siempre y cuando los beneficios económicos de las mismas sean mayores que los costos en que se incurre durante el desarrollo de dicho programa por parte del inversionista forestal. Incrementando la tasa de crecimiento de los árboles, se puede reducir la cantidad de tierra requerida para producir la misma cantidad de madera, lo cual representa ahorros en los costos de capital, los impuestos sobre la propiedad y los costos administrativos.

Adicionalmente, rotaciones más cortas permiten aplicar en forma más rápida los resultados encontrados de la investigación forestal, así como oportunidades más frecuentes para cambiar el uso de la tierra por plantaciones más productivas.

En varios estudios desarrollados para evaluar la rentabilidad del mejoramiento genético forestal se ha encontrado que los programas más rentables son aquellos que trabajan con especies con: productos de alto valor comercial, áreas grandes de plantación, rotaciones cortas, características genéticas variables de alto valor económico, alta producción de semillas en corto tiempo y facilidad para polinización controlada para el establecimiento de los ensayos de progenie. El mejoramiento genético forestal es una inversión, pues una vez se produce la semilla mejorada, la misma se

constituye en patrimonio de la empresa del cual se va a beneficiar para siempre.

Muchos de estos estudios han sido desarrollados con *Pinus taeda* en el sur de los Estados Unidos, donde ya se han cumplido y evaluado dos ciclos de mejoramiento genético con ganancias en volumen hasta del 29%. Talbert et. al (1985) calcularon tasas internas de retorno reales (TIR) entre el 17% y el 19% para la especie en esta región al cumplirse el primer ciclo de mejoramiento. Davis (1967) concluyó que con incrementos en volumen del 2.5% al 5.0% sobre árboles no mejorados se justifica la inversión en un programa de mejoramiento genético de la especie. Perry y Wang (1958) llegaron a una conclusión similar, señalando que un incremento en volumen del 2% a la edad de 25 años justifica la inversión para producir semillas mejoradas genéticamente.

Para otras especies de rápido crecimiento como el *P. caribaea* en Australia, Reilly y Nikles (1977) calcularon una TIR entre el 14% y el 19%. Para especies con crecimiento más lento como el Spruce en Canadá, Carlisle y Teich (1971) enseñan una TIR variando entre el 6.3 y el 6.9%. Fins y Moore (1985), muestran una TIR entre el 4% y 5% para el Western Larch en la parte norte del estado de Idaho en los EUA.

Pequeños propietarios con inversiones en plantaciones forestales que no tienen capital para invertir en estos programas deberían comprar semillas mejoradas a compañías productoras de dichas semillas, aún así tengan que pagar mayores precios por la misma. McKeand et al. (2006) enseñan cómo propietarios de tierra forestal no industriales en el sur de los EUA podrían pagar cantidades adicionales de dinero por semillas de *Pinus taeda* con diferentes grados de mejoramiento genético para diferentes regímenes de manejo de sus plantaciones.

El mejoramiento genético forestal ha mostrado ser una inversión altamente rentable en diferentes países, razón por la cual las empresas forestales más importantes del mundo con integración vertical continúan trabajando activamente en sus programas con eucaliptos, pinos y otras especies forestales.

Todos los miembros del programa en 11 países diferentes adelantan estrategias de mejoramiento genético bajo la asesoría permanente de los profesionales especialistas de Camcore, en la Universidad Estatal de Carolina del Norte. El avance científico y tecnológico en varias prácticas forestales tales como la polinización controlada en masa, los injertos de copa, el enraizamiento de estacas, la embriogénesis somática y la criopreservación hacen cada día más atractivo el mejoramiento genético forestal para el inversionista.

### REFERENCIAS

- Byram, T.D., T.J. Mullin, T.L. White, J.P. van Buijtenen. 2005. The Future of Tree Improvement in the Southeastern United States: Alternative Visions for the Next Decade. SJAF 29(2) 2005. Society of American Foresters.
- Carlisle, A. and A.H. Teich. 1978. Analysing benefits and costs of tree-breeding programmes. *Unasylva* 30 (119-120):34-37.
- Davis, L.S. 1967. Investments in Loblolly Pine Clonal Seed Orchards: Production Costs and Economic Potential. *Journal of Forestry*. 65(12): 882-887.
- Fins, L. and James E. Moore. 1984. Economic Analysis of a Tree Improvement Program for Western Larch. *Journal of Forestry* 82(11):675-679.
- Li, Bailian, Steve McKeand, and Robert Weir. 1999. Tree Improvement and Sustainable Forestry – Impact of Two Cycles of Loblolly Pine Breeding in the U.S.A. *Forest Genetics* 6: 229-234.
- McKeand, S.E., Robert C. Abt, H.Lee Allen, Bailian Lee, and Glenn P. Catts. 2006. (In Press). What are the Best Loblolly Pine Genotypes Worth to Landowners? *Journal of Forestry*.
- Reilly J. J. and Nikles D. G. 1977. Analyzing benefits and costs of tree improvement: *Pinus caribaea*. pp. 1099–1124. In: Brown A. G. and Palmberg C. M. (Eds) Proceedings of Third World Consultation on Forest Tree Breeding. Canberra, Australia.
- Talbert, J.T., R.J. Weir, and R.D. Arnold. 1985. Costs and Benefits of a Mature First-Generation Loblolly Pine Tree Improvement Program. *Journal of Forestry* 83(3):162-166.



*Familia de P. tecunumanii de procedencia Montecristo en el Salvador afectada por Diplodia en ensayo en Argentina. A través de la selección de genotipos resistentes se reduce el riesgo de las enfermedades en especies forestales.*



*Arboles de P. patula de la procedencia Oaxaca en México susceptibles a las heladas en Sur África. La selección genética permite reducir pérdidas económicas por efecto de factores bióticos y abióticos.*

*Todos los miembros del programa en 11 países diferentes adelantan estrategias de mejoramiento genético bajo la asesoría permanente de los profesionales especialistas en Camcore, en la Universidad Estatal de Carolina del Norte.*



*Toma de muestras para medir la densidad de la madera, propiedad de alta heredabilidad e importancia económica.*


Camcore  
3200 Faucette Drive  
1110 Grinnells Lab  
Raleigh, NC 27695  
USA

Tel: (919) 515-6424  
Fax: (919) 515-6430  
Email: info@camcore.org  
dvorak@ncsu.edu  
jllopez@ncsu.edu  
egutierrez@guate.net.gt



**Estamos en Internet!**  
**Nuestra página es:**  
**www.camcore.org**

**Serie de artículos sobre conservación y ensayos genéticos de Camcore en el anterior, este, y próximos tres números del boletín.**

<b>Ejemplar anterior: Selección de especies, poblaciones y árboles.</b>	2007 - 4
<b>Este ejemplar: Colectas, procesamiento y almacenamiento de semillas.</b>	<b>2008 - 1</b>
<b>Establecimiento de ensayos de campo y bancos de conservación.</b>	
<b>Mantenimiento y mediciones de ensayos genéticos.</b>	2008 - 3
<b>Análisis y uso de los datos de crecimiento de los ensayos genéticos.</b>	2008 - 4

**Propagación vegetativa de *Gmelina arborea* por miembros de Camcore**

Tres de los miembros de Camcore tienen plantaciones comerciales de *Gmelina arborea* que manejan para obtener materia prima para pulpa, tableros y madera aserrada. Son ellos Pizano en Colombia, Smurfit Cartón de Venezuela en Venezuela y Sumalindo en Indonesia. Las tres empresas desarrollan sus programas de mejoramiento genético forestal con la especie buscando plantaciones de mejor calidad y materia prima de menor costo. Las ganancias genéticas obtenidas en sus ensayos son trasladadas a su programa operacional mediante el uso de material genético superior propagado vegetativamente.

Las empresas han hecho un gran esfuerzo para desarrollar los protocolos de enraizamiento de estacas, ensayando varias técnicas con el ánimo de encontrar la forma mas eficiente desde el punto de vista técnico y económico de producir este material en el

vivero.

Se trabaja operacionalmente con estacas obtenidas de jardines clonales y de plantas madres en camas de arena. En el segundo caso, el material colectado son miniestacas, que por su condición juvenil ofrece ventajas de enraizamiento alto, rápido, y buena conformación de raíz. Bajo condiciones propias de enraizamiento, las miniestacas usualmente arrojan porcentajes por encima del 70% y un porción alta de las mismas producen raíces en menos de 20 días. Las miniestacas también ofrecen potencialmente ventajas para reducir los problemas de topofisis que se presentan frecuentemente en muchas plantaciones con la especie, la cual se manifiesta por la curvatura en la base del tallo de los árboles. Esto es algo que actualmente los forestales de estas compañías están investigando.

La producción de estacas

enraizadas a partir de jardines clonales normalmente toma un mínimo de cuatro meses en el vivero antes que las plantas puedan ser llevadas al campo para plantación. Los rebrotes en el jardín se colectan a los 40 días de haber hecho el corte de la planta madre, y se toman del tercio superior de la copa. Luego las estacas obtenidas de los rebrotes se siembran en el módulo de enraizamiento, el cual tiene un porcentaje de sombra del 60%, y un sistema de riego intermitente por microaspersión. Allí permanecen durante 35 días expuestas a condiciones de temperatura y humedad altas que favorecen el enraizamiento rápido, el cual se estimula con el uso del ácido indolbutírico aplicado a la base de la estaca. Finalmente, las estacas enraizadas que salen del módulo son lignificadas a la intemperie durante 50 días, luego de lo cual son plantadas en el campo.



*Plantas madres de G. arborea en camas de arena en Pizano, Colombia utilizadas para producir miniestacas enraizadas para plantación.*



*Minisetos en cultivo hidropónico de Smurfit Kappa Cartón de Venezuela para propagación vegetativa de estacas de G. arborea.*