

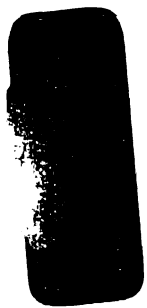
CATIE  
ST  
RT-3

# Selección y manejo de fuentes semilleras en América Central y República Dominicana

**CATIE**



**PROSEFOR**



C817

Serie Técnica. Reuniones Técnicas No.3

RECIBIDO

# Selección y manejo de fuentes semilleras en América Central y República Dominicana

---

Luis Fernando Jara  
Compilador

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE  
Programa de Investigación  
Proyecto de Semillas Forestales - PROSEFOR

Turrialba, Costa Rica  
1998

CATIE  
ST  
RT-3

El CATIE es una asociación civil, sin fines de lucro, autónoma, de carácter internacional, cuya misión es mejorar el bienestar de la humanidad, aplicando la investigación científica y la enseñanza de postgrado al desarrollo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. El Centro está integrado por miembros regulares y miembros adherentes. Entre los miembros regulares se encuentran: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

El Proyecto Semillas Forestales - PROSEFOR, promueve y apoya la capacitación y asistencia técnica a las instituciones forestales de América Central, Panamá y República Dominicana. Su objetivo general es el de mejorar la calidad física y genética de las semillas y garantizar su suministro continuo para los programas de reforestación en la región. Es financiado por el Gobierno de Dinamarca y ejecutado por el CATIE en coordinación con las autoridades forestales de cada país.

- © 1998, Danida Forest Seed Centre, DFSC, Humlebaek, Dinamarca  
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.  
CATIE, Turrialba, Costa Rica.

634.9562

J37 Jara, Luis Fernando, comp.

Selección y manejo de fuentes semilleras en América Central y República Dominicana / Luis Fernando Jara, comp. -- Turrialba, C. R. : CATIE. Proyecto de Semillas Forestales, 1998.

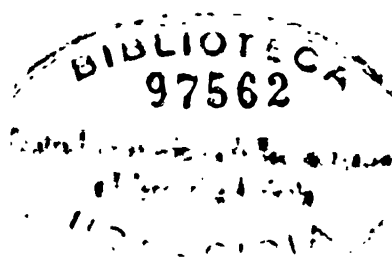
85 p. ; 27 cm. -- (Serie Técnica. Reuniones Técnicas / CATIE ; no. 3)

ISBN 9977-57-315-8

1. Semillas forestales -- América Central - Congresos, conferencias, etc. 2. Semillas forestales -- República Dominicana - América Central - Congresos, conferencias, etc 3. Semillas forestales -- Fitomejoramiento -- Congresos, conferencias, etc. I CATIE II. Título III. Serie

Foto portada: Fuente semillera de cedro (*Cedrela odorata*) en la finca Azahualpa, Sonsonate, El Salvador.  
Foto: L.F. Jara.

Esta publicación es financiada por el Gobierno de Dinamarca, por intermedio del Ministerio de Relaciones Exteriores y su Programa de Asistencia Técnica, Danida, mediante el PROSEFOR del CATIE.



## **CONTENIDO**

	<b>PAGINA</b>
<b>PRESENTACION</b>	<b>V</b>
<b>LA VARIACION NATURAL COMO BASE PARA EL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL</b> Francisco Mesén	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION AL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL</b> Jonathan Cornelius	<b>9</b>
<b>IDENTIFICACION Y SELECCION DE FUENTES SEMILLERAS</b> Luis Fernando Jara	<b>23</b>
<b>ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE FUENTES SEMILLERAS</b> Francisco Mesén	<b>31</b>
<b>CLASIFICACION DE FUENTES DE PRODUCCION DE SEMILLAS FORESTALES</b> Francisco Mesén	<b>47</b>
<b>SISTEMA DE REGISTRO NACIONAL DE FUENTES SEMILLERAS</b> Luis Fernando Jara	<b>51</b>
<b>PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE SEMILLAS DE ESPECIES FORESTALES EN AMERICA CENTRAL.</b> Luis Fernando Jara	<b>57</b>
<b>CALCULO DE AREAS PARA PRODUCCION DE SEMILLAS FORESTALES</b> Luis Fernando Jara	<b>81</b>



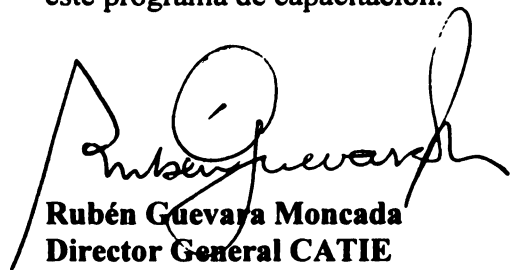
## **Presentación**

El Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR) del CATIE, ha impartido durante los últimos cinco años, alrededor de 31 cursos cortos sobre selección y manejo de fuentes semilleras a personal técnico y profesional, como también a productores y propietarios de los bosques donde están ubicadas las fuentes. Estos eventos se realizaron en primera instancia, a un nivel regional, con el fin de capacitar a personal técnico de los siete países de América Central y República Dominicana y posteriormente con el apoyo de este personal, se impartieron los cursos nacionales, algunos de ellos a nivel local para determinados grupos de productores.

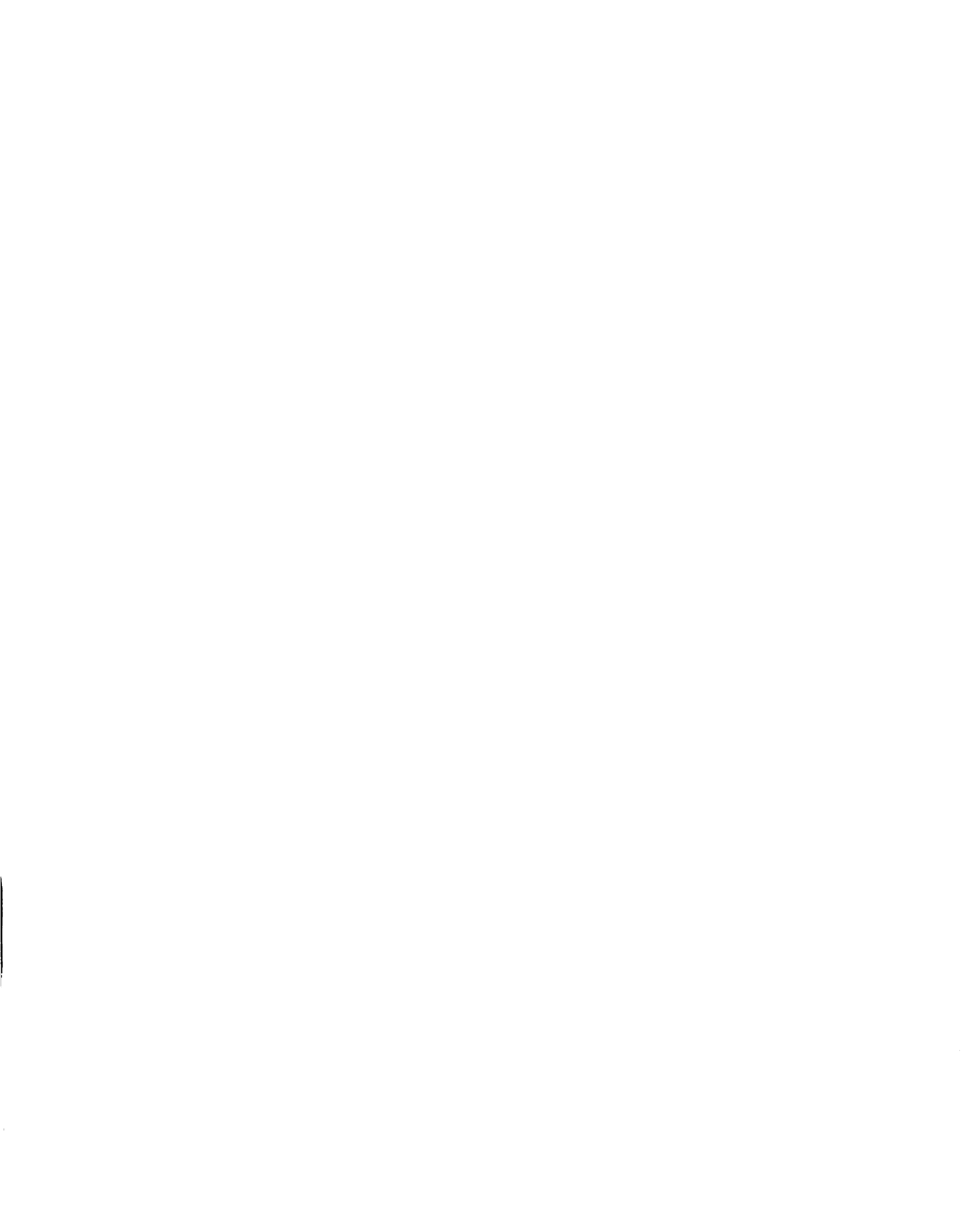
A pesar de este esfuerzo, han surgido nuevos propietarios que están interesados en la producción de semillas y han solicitado programar más cursos de este tipo para la segunda fase del Proyecto. En cada evento se distribuye entre los participantes las memorias sobre las conferencias así como material de consulta permanente.

Este manual compila los resúmenes de las conferencias más relevantes que se han incluido en los cursos. Contempla una breve descripción sobre lo que es el mejoramiento genético y su importancia para el sector forestal de la región. Presenta los conceptos y principios básicos para la selección y manejo de fuentes semilleras y una clasificación de fuentes semilleras con base en la calidad genética y prácticas de manejo. Además, destaca la relevancia de establecer un registro nacional de fuentes semilleras y por último muestra información sobre producción y rendimiento de semillas forestales en la región.

Con este documento, los técnicos forestales, productores y propietarios de fuentes semilleras de América Central y República Dominicana, que no han tenido la oportunidad de asistir a los cursos, podrán tener acceso a los principales tópicos que se han impartido en este programa de capacitación.



**Rubén Guevara Moncada**  
**Director General CATIE**





# LA VARIACION NATURAL COMO BASE PARA EL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL

*Francisco Mesén<sup>1</sup>*

## INTRODUCCION

Aldabra es una pequeña isla perdida en el Océano Indico, 400 km al norte de Madagascar. Gran variedad de aves llegaron a Aldabra desde las costas africanas y se han reproducido ampliamente, ante la abundancia de alimento y la ausencia de depredadores felinos y otros, que posiblemente han encontrado dificultades para ingresar a la isla. Una de estas aves es el rascón (*Dryolimnas* spp.), un ave pequeña, de patas largas y plumaje marrón. En Africa, el rascón depende de sus alas para escapar de sus enemigos con rapidez; en Aldabra, sin embargo, ante la ausencia de enemigos, los rascones no necesitan volar y por tanto han perdido esta capacidad por completo, siendo ahora una especie de hábitos terrestres. Este cambio fue de beneficio para esta especie, ya que el vuelo exige una gran cantidad de energía. De hecho, los rascones de Aldabra alcanzan mayores tamaños que sus parientes africanos, y se han adaptado perfectamente a su nuevo ambiente (Attenborough 1984).

Al igual que el rascón, otras especies animales y vegetales tienen la capacidad de cambiar para sacar el mejor provecho de ambientes o condiciones específicas donde se están desarrollando. No son formas invariables. Este hecho, tan obvio hoy en día, fue sin embargo, objeto de críticas severas cuando Charles Darwin lo expuso por primera vez en 1859, en su obra "El Origen de las Especies". Hay dos puntos esenciales en el trabajo de Darwin, que revolucionaron por completo las creencias existentes en aquella época: i) las formas vivientes no son constantes, sino que continuamente dan origen a formas diferentes, algunas de las cuales se adaptan mejor para sobrevivir y reproducirse. A esto Darwin lo llamó "la sobrevivencia del más apto", refiriéndose a la capacidad de un individuo para dejar descendencia. Si dos poblaciones se desarrollan aisladamente una de la otra, después de muchas generaciones pueden mostrar grandes diferencias entre sí e incluso perder la capacidad de cruzarse entre ellas, dando origen a dos especies biológicas diferentes; y ii) sólo los cambios genéticos son heredables; los intentos que se hacían en aquella época por producir ratas de cola corta cortándole la cola a los padres tuvieron que ser descontinuados!

Los árboles forestales no son la excepción a estas reglas de la naturaleza. Aún más, los forestales contamos con la ventaja de que la mayoría de los árboles, al contrario de muchos cultivos agrícolas y razas animales, no han sido manipulados en forma intensa por el hombre. Por lo tanto, existe en la naturaleza una inmensa variabilidad que se puede aprovechar. Sin embargo, puesto que hay variabilidad que no es transmitida a la descendencia, como se vio antes, es necesario entender las formas y

---

<sup>1</sup> Genetista Forestal, PROSEFOR

causas de la variabilidad natural para hacer uso de la variación que sí es heredable, es decir, la variación genética. Asimismo, se debe utilizar esa variación racionalmente, para no perjudicar su uso por parte de las generaciones venideras.

## **CLASES Y CAUSAS DE VARIACION**

A lo largo de las poblaciones de una especie, se pueden encontrar tres clases principales de variación: i) la variación en desarrollo, que se manifiesta en las diferencias de edad entre los árboles; ii) la variación ambiental, que ocurre por diferencias de suelo, clima y factores bióticos, que no afectan por igual a todos los árboles y iii) la variación genética, que resulta por diferencias en los códigos genéticos que los individuos heredan de sus dos progenitores y que los diferencian de individuos de especies diferentes o de otros individuos de la misma especie. Por ejemplo, se puede diferenciar fácilmente entre un árbol de laurel y uno de pochote, así como también se puede ver que dos árboles de laurel de la misma madre, de la misma edad, que crecen en igualdad de condiciones, pueden presentar diferencias marcadas en cuanto a rectitud, forma de ramificación y muchas otras características. Esta es la forma de variación que interesa al mejorador, ya que de ella depende que los cambios observados puedan ser transmitidos a la descendencia. Si no existe variación genética en la población, no se puede hacer mejoramiento genético.

Es fácil observar que existe variación entre especies, poblaciones e individuos; la parte más difícil es determinar qué proporción de la variación total es controlada genéticamente, ya que en la naturaleza las tres causas de variación ocurren simultáneamente, con frecuencia siguiendo patrones muy complicados. Al observar un rodal, nada se puede decir acerca de la magnitud de la variación genética. Lo que se ve es el efecto de las tres formas de variación actuando conjuntamente en el individuo; a esto se le llama el fenotipo del árbol. Una de las formas de que dispone el mejorador para tratar de cuantificar la variación genética es el ensayo de campo. En un ensayo bien diseñado, todos los individuos se plantan al mismo tiempo, eliminando así la variación debida al desarrollo. Asimismo, se controla al máximo la variación debida a diferencias ambientales, lo cual permite una cuantificación más eficiente de la variación genética.

## **EL MECANISMO DE LA HERENCIA**

Para llevar a cabo programas de mejoramiento genético es necesario comprender las causas y la naturaleza de la variación genética. Por tal motivo, es importante repasar algunos de los principios básicos sobre los mecanismos de transmisión de características de padres a hijos.

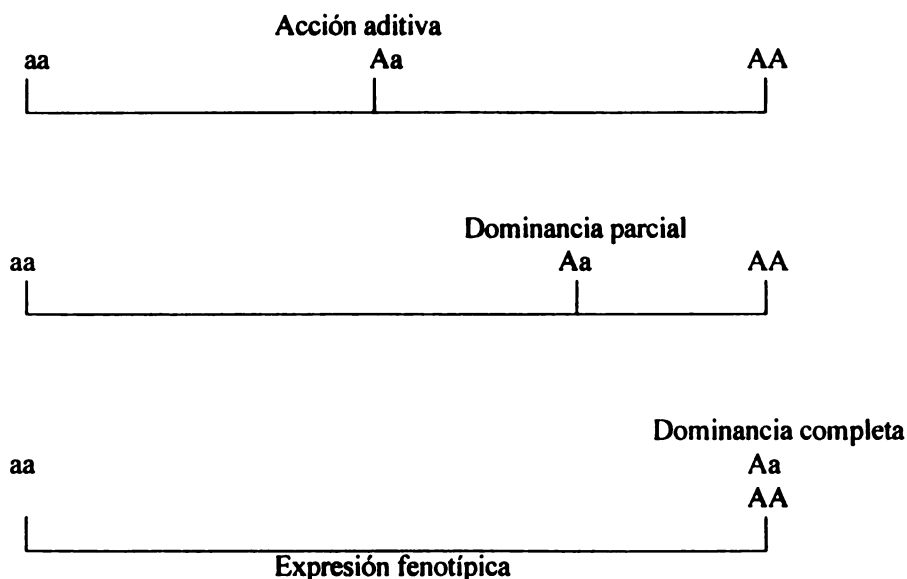
Todas las células vivas de un organismo se componen básicamente de una pared celular, un fluido llamado citoplasma y un núcleo rodeado por el citoplasma. El núcleo

es de particular interés porque en él se encuentran los cromosomas, los cuales encierran la mayor parte de la información genética que se transmitirá de generación a generación. Cada célula posee dos juegos de cromosomas homólogos, cada juego proveniente de uno de los padres. El número de cromosomas es generalmente constante en todas las células del individuo y en todos los individuos de una especie. Químicamente los cromosomas están compuestos por ácido desoxirribonucleico (ADN) y una cubierta proteica. Los genes, que son la unidad básica de la herencia, son secuencias de bases orgánicas que se ubican linealmente a lo largo de la molécula de ADN. Una de las características únicas del ADN es su capacidad de replicarse por sí mismo. De esta manera, las células pueden dividirse y producir crecimiento en los individuos, manteniendo siempre el mismo juego de genes y cromosomas. Este proceso de división celular se conoce como mitosis.

Cuando los árboles llegan al período de floración, ocurre un proceso de división celular llamado meiosis. Este es un proceso reductivo porque el número de cromosomas de los gametos resultantes (óvulos o granos de polen) es exactamente la mitad del de las células vegetativas. El proceso de meiosis inicia con la replicación del ADN y el apareamiento de cromosomas homólogos. Este es un proceso clave para producir variabilidad, porque los cromosomas homólogos, uno de cada padre, se rompen e intercambian segmentos equivalentes. Una vez que se cumple este proceso de recombinación, los cromosomas homólogos emigran a polos opuestos de la célula de manera aleatoria y se forman dos células hijas, cada una con una mezcla de genes maternos y paternos. Posteriormente los cromosomas se dividen nuevamente y generan cuatro células gaméticas, cada una con la mitad del número cromosómico original. Cuando los gametos se unen durante la fertilización, se genera un cigoto que contendrá el mismo número de cromosomas que sus padres, pero una combinación de genes completamente nueva.

Los genes son las unidades básicas de la herencia. Cada gene puede estar representado en la población por una o más formas alternativas, llamadas alelos. Gregorio Mendel (1809-1884) definió por primera vez los mecanismos básicos de la herencia. En sus trabajos con guisantes, la textura de éstos estaba controlada por un gene con dos alelos. Un alelo (A) producía semillas de textura lisa y el otro (a) producía semillas de textura rugosa. El alelo 'A' era dominante sobre 'a', de manera que la combinación 'AA' o 'Aa' producía semillas de textura lisa, y sólo la combinación 'aa' producía semillas de textura rugosa. Este es un tipo de herencia conocida como 'acción genética dominante', es decir, un alelo (en este caso, 'A'), enmascara por completo la expresión del otro ('a'). En muchos casos, sin embargo, la combinación 'Aa' produce una condición intermedia a ambos padres, lo cual se conoce como 'acción genética aditiva'. También es posible que una característica esté más influenciada por un alelo que por el otro, en cuyo caso la acción genética se conoce como 'dominancia parcial'.

El siguiente diagrama ilustra los diversos tipos de acción genética:



Cuando una característica está controlada por un solo gene, la descendencia puede ser ubicada fácilmente dentro de grupos perfectamente definidos, como ocurría con los guisantes de Mendel. En estos casos se dice que la característica muestra una variación discontinua. La mayoría de las características de importancia económica en árboles, sin embargo, están influenciadas por gran cantidad de genes diferentes, ubicados en distintas secciones de los cromosomas y que, además, interactúan entre sí. Por ejemplo, el crecimiento en volumen de un árbol está afectado por una gran cantidad de genes que influyen el tipo de sistema radical del árbol, el tamaño y arquitectura de la copa, la capacidad fotosintética, la capacidad de absorción de agua y nutrientes, etc., etc. Esto hace que al evaluar alguna de estas características en los árboles, no se obtengan grupos claramente definidos, sino toda una gama de variación, desde árboles suprimidos hasta árboles dominantes, conocida como variación continúa. Las características de este tipo son las que interesan al mejorador. En la práctica, lo que se hace es seleccionar aquella proporción de la población que reúna los individuos más sobresalientes, y utilizarlos como progenitores de las generaciones siguientes.

Es importante considerar que la variación genética de tipo aditivo es la de mayor utilidad en programas de mejoramiento que utilizan métodos sexuales<sup>2</sup>, ya que esta variación estará representada en la descendencia. El mejorador no puede controlar los otros tipos de variación, porque esta ocurre debido a combinaciones genéticas

---

<sup>2</sup> A través de técnicas clonales es posible aprovechar tanto la variación aditiva como las otras formas de variación genética.

específicas que pueden romperse aleatoriamente durante el proceso de meiosis. Por lo tanto, es importante concentrar los esfuerzos de mejoramiento en aquellas características que se sabe están bajo un mayor control genético aditivo, tales como la forma del fuste, la tendencia a la bifurcación y los hábitos de ramificación. Las características cuantitativas, como volumen, generalmente están bajo menor control genético aditivo, por lo cual la selección para estas características no es tan efectiva.

## **LAS FUERZAS EVOLUTIVAS**

La gran variabilidad que se observa en rodales naturales es el resultado de las fuerzas evolutivas. Son cuatro fuerzas diferentes que causan variabilidad: mutación, migración, deriva genética y selección natural. Las dos primeras tienden a aumentar la variabilidad dentro de poblaciones, mientras que las dos últimas tienden a reducirla.

**Las mutaciones.** Estas constituyen la fuerza creativa básica del proceso evolutivo. Son cambios heredables en la constitución genética de un organismo y ocurren al azar y en bajas proporciones. La mayoría de las mutaciones son perjudiciales para el organismo y son eliminadas rápidamente de la población a través de la selección natural. Sin embargo, algunas pueden ser beneficiosas y darle al organismo una ventaja comparativa. De hecho, las mutaciones son la fuente original de toda la variación genética; a lo largo de millones de años y miles de generaciones, las mutaciones han generado toda la variación natural que se observa hoy en día. Una mutación de tipo recesivo puede pasar inadvertida y mantenerse en la población a lo largo de las generaciones, pero puede volverse importante en forma especial ante cambios ambientales. Por ejemplo, algunos árboles pueden poseer resistencia natural a un insecto, pero esta ventaja no será aparente si el insecto no está presente en el sitio. Si se presenta un ataque, la mutación anteriormente inútil puede volverse de gran valor adaptativo para los individuos que la posean.

**La migración.** Esta es otra de las fuerzas evolutivas que tiende a incrementar la variabilidad de las poblaciones. Es el flujo de alelos de una población a otra de la misma especie, en la cual pueden estar ausentes o presentes en proporciones diferentes. La migración puede ocurrir por varias causas, pero las más comunes son el movimiento de polen, semillas o plantas de un sitio a otro. Como ya se explicó, dos poblaciones que crecen separadamente tienden a diferenciarse, mediante el efecto selectivo del ambiente sobre ciertos genotipos en cada sitio. Sin embargo, el flujo de genes entre dos poblaciones separadas tiende a mantener la misma frecuencia de genes en ambas poblaciones y por lo tanto, su efecto es opuesto al de la selección natural.

En ocasiones, el flujo de genes ocurre entre especies diferentes mediante hibridación. Cuando se produce un híbrido, puede que este no esté tan adaptado para competir con la especie original, pero algunas veces encuentra un nicho apropiado y puede permanecer en la población, intercambiando sus genes con la especie predominante. Este tipo de migración se conoce como 'introgresión' y es también una de las fuerzas que tienden a crear variabilidad en las poblaciones.

**La deriva genética.** Esta fuerza es un mecanismo complejo que opera mediante fluctuaciones aleatorias en las frecuencias alélicas de una población, por causas diferentes a la presión de selección. Las frecuencias de alelos en una población en equilibrio normalmente serían similares de generación en generación. Sin embargo, cuando ocurre deriva genética, sólo cierta proporción de la población pasa sus alelos a la descendencia, creando 'desorden' en la población. El efecto de la deriva genética puede ser insignificante en poblaciones grandes, pero su importancia aumenta en poblaciones que han reducido dramáticamente de tamaño, por ejemplo, por catástrofes naturales o por la deforestación excesiva. Es posible que este fenómeno esté operando en muchas poblaciones de la región, donde la deforestación masiva ha reducido dramáticamente el tamaño de muchas poblaciones.

**La selección natural.** Es una de las fuerzas que tiende a reducir la variabilidad dentro de poblaciones y a aumentarla entre poblaciones. Es un proceso que favorece a los individuos más aptos para sobrevivir y reproducirse en un ambiente particular. A este fenómeno Darwin lo llamó 'la sobrevivencia del más apto'. Sin embargo, es necesario entender que esta 'aptitud' se refiere básicamente a la habilidad del individuo para transmitir sus genes a la siguiente generación. No basta con producir grandes cantidades de semillas, si muy pocas de ellas serán capaces de establecerse y llegar a la fase adulta. La aptitud, por lo tanto, es una combinación de prolificidad del individuo y adaptabilidad de la descendencia. La selección natural actúa mayormente favoreciendo características que tienen algún valor adaptativo, y generalmente guarda poca relación con la apariencia del individuo.

Es difícil evaluar los efectos de la selección natural porque hay muchos factores que afectan la habilidad de un individuo para crecer y reproducirse. Cada característica tiene su propio valor selectivo, y las adaptaciones creadas por un factor pueden afectar otros factores tanto positiva como negativamente. En general, se dice que la selección natural favorece la formación de poblaciones altamente adaptadas a su ambiente, y en este sentido, tienden a estimular la diferenciación entre poblaciones diferentes.

**La selección artificial.** Además de las fuerzas naturales, el ser humano contribuye a modificar los patrones de variación que se encuentran en la naturaleza. En realidad, la ciencia del mejoramiento genético se basa en producir cambios en las poblaciones mediante un proceso de selección. En este sentido, el mejoramiento genético tiende a imitar y a acelerar el proceso de selección natural, pero con énfasis en ciertas características de importancia económica, que normalmente no son afectadas por la selección natural. Por ejemplo, no hay razón para que la naturaleza seleccione árboles de fuste recto (excepto si esta estuviera asociada a otra característica de valor adaptativo), pero es una de las características de mayor interés desde el punto de vista económico. Afortunadamente, existe suficiente variación en la naturaleza para estas características, que le permiten al mejorador seleccionar individuos superiores al promedio, tanto en adaptabilidad como en otros rasgos de importancia puramente comercial.

Así como el ser humano puede orientar la selección en un sentido, también puede producir selección negativa, o más comúnmente conocida como selección disgénica. Por ejemplo, si se talan los mejores individuos de una población y se dejan los peores como progenitores de la siguiente generación, se están modificando las frecuencias alélicas y por lo tanto se produce un retroceso en el proceso de selección. Este aspecto es de gran importancia práctica y desafortunadamente, muy común en programas de recolección de semilla. Los procesos de deforestación masiva han creado poblaciones disgénicas en muchas especies, y si este aspecto es descuidado, se estará incurriendo en un proceso de selección negativa.

Es necesario también tener en cuenta que el mejoramiento genético implica necesariamente una reducción de la base genética de las poblaciones. El punto clave en mejoramiento genético es conducir este proceso de tal manera que produzca ganancias efectivas en las generaciones siguientes, pero que permita continuar con el proceso de mejoramiento en forma sostenible. Se debe mantener una base genética amplia a la cual se pueda recurrir en cualquier momento para introducir nueva variación en la población de mejoramiento, ante cambios en los requerimientos del mercado, en las condiciones ambientales o ante efectos patológicos imprevistos.

#### **LITERATURA CITADA**

**Attenborough, D.** 1984. *The Living Planet*. London, William Collins. 320 p.

**Cornelius, J.P.** 1991. La variación genética. *In* Manual sobre mejoramiento genético forestal con referencia especial a América Central (Cornelius, J.P.; Mesén, J.F.; Corea, E., Eds.). Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, CATIE, Turrialba. pp. 11-23.

**Willan, R.L.; Olesen, K.; Barner, H.** 1989. Natural variation as a basis for tree improvement. Humlebæk, Denmark. Danida Forest Seed Centre. Lecture Note No. A-3. 13 p.

**Zobel, B.; Talbert, J.** 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. New York. Wiley, 505 p.





## **INTRODUCCION AL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL**

*Jonathan Cornelius*<sup>3</sup>

### **INTRODUCCION**

El mejoramiento genético forestal se define como el proceso de identificación y desarrollo de poblaciones genéticamente superiores de especies forestales, y el uso de estas poblaciones como fuentes de semilla (u otro material propagativo) para establecer plantaciones mejoradas.

El término "poblaciones genéticamente superiores" se refiere a poblaciones con características genéticas tales que la semilla o el material vegetativo procedente de ellas produzca árboles mejores en cuanto a una o más características relacionadas con la cantidad o calidad del producto final. El punto de comparación es, por lo general, la fuente de semilla utilizada comercialmente.

La identificación de poblaciones genéticamente superiores se refiere al reconocimiento de los rodales o zonas que produzcan semilla de la mejor calidad genética posible. El desarrollo de poblaciones trata de la formación de poblaciones genéticamente superiores, como las que se generan cuando se establecen huertos semilleros mediante injertos procedentes de árboles de calidad genética superior. El desarrollo de poblaciones superiores es un proceso dinámico, debido a que siempre es posible eliminar material inferior o introducir nuevo material genético, como respuesta a los continuos cambios del medio ambiente y de las necesidades de la sociedad.

### **OBJETIVOS DEL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL**

El principal objetivo del mejoramiento genético forestal es aumentar la productividad y mejorar la calidad de los árboles que integran los sistemas (agro)forestales. Los objetivos específicos de un programa de mejoramiento normalmente se formulan como metas, y están conformados por definiciones claras de cuáles características serán mejoradas y en qué grado. Las metas adoptadas dependen de factores, tales como la importancia de la especie, sus características, los recursos disponibles y el estado de avance de la tecnología y la capacidad técnica del personal dentro de la institución. De acuerdo con el objetivo general, casi todo programa busca

---

<sup>3</sup> Genetista CATIE

mejorar alguna característica relacionada con la productividad, tal como el diámetro del árbol a una edad específica, altura, o volumen del árbol individual. Frecuentemente, los objetivos específicos incluyen también el mejoramiento de la forma del árbol, por ejemplo en cuanto a reducir el grosor de las ramas, la tendencia a bifurcarse o la producción de fustes torcidos. Sin embargo, casi cualquier rasgo de los árboles muestra variación genética y, por lo tanto ofrece la posibilidad de ser mejorado si las circunstancias justifican tal acción.

## **BASE CIENTIFICA DEL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL**

La apariencia de un árbol (el fenotipo) es el resultado de la acción conjunta de su constitución genética (el genotipo) y del ambiente en donde se ha desarrollado. Resulta entonces que las diferencias que observamos entre los árboles de una especie (variación fenotípica) tienen dos orígenes: la variación causada por diferencias ambientales (variación ambiental) y la variación causada por diferencias genéticas (variación genética).

La existencia de variación genética es indispensable para el mejoramiento genético forestal. Dicha variación posibilita que, a través de selección, podamos modificar positivamente (mejorar) las características promedio de una población. **Si no hay variación genética no se puede hacer mejoramiento genético.**

Generalmente, la variación genética y la variación ambiental se presentan, en forma simultánea y sus efectos sobre los árboles se mezclan. Por ejemplo, árboles con un excelente genotipo para crecimiento, plantados en un suelo pobre, pueden crecer más lentamente que los árboles de regular calidad genética plantados en un suelo fértil. **Por esta razón, nada puede decirse del valor genético de un árbol basándose únicamente en su apariencia.**

Uno de los problemas básicos del mejoramiento genético forestal es, por lo tanto, el poder reconocer la variación genética y separarla de la variación ambiental.

## **METODOLOGIA Y ELEMENTOS DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL**

El método básico para distinguir la variación genética de la variación ambiental, e identificar procedencias, familias o individuos superiores, es el experimento de campo: **la única manera que existe actualmente de comparar y estimar la calidad genética de procedencias, familias o clones es plantar y evaluar el material en un experimento replicado y aleatorizado apropiadamente.**

La mayoría de los programas empiezan con pruebas de procedencias. El objetivo de estas pruebas es la identificación de las procedencias mejores dentro de una especie. Esta información se utiliza para:

- Seleccionar las fuentes de semilla para plantaciones comerciales inmediatas.
- Establecer rodales y/o plantaciones semilleras con las mejores procedencias. Dichos rodales o plantaciones consisten en rodales de buena calidad fenotípica, la cual se mejora mediante uno o más aclareos.
- Determinar dónde se debería seleccionar árboles plus.

La segunda fase puede ser la selección de árboles plus. Estos son árboles de excelente calidad fenotípica, seleccionados normalmente mediante una exploración meticulosa en bosques naturales o plantaciones. Se supone que una proporción de su superioridad es heredable, y será transmitida a la descendencia (progenie). Para aprovechar esta superioridad, se establecen huertos semilleros, los cuales consisten por lo general de injertos de los árboles plus. Los huertos semilleros no son experimentos, sino plantaciones manejadas intensivamente para la producción de semilla, en las cuales se registra y mantiene cuidadosamente la identidad de los injertos. A la vez, se establecen pruebas de descendencias, con el fin de probar la calidad genética de los árboles incluidos en el huerto. Con base en los resultados de las pruebas, se aclarea el huerto, dejando únicamente los clones superiores para la producción de semilla mejorada.

Los árboles superiores se pueden aprovechar también mediante clonación. Usando enraizamiento de material juvenil, se puede producir económicamente clones para plantaciones operacionales. Este método ofrece las ganancias genéticas más grandes y rápidas que se pueden lograr en una generación, ya que toda la superioridad genética del árbol original está incorporada en los propágulos.

Al terminar estas fases, se ha concluido una generación de mejoramiento. Sin embargo, el mejoramiento no se detiene después de una sola generación. Al igual que con cultivos agrícolas como maíz o café, con árboles forestales se puede, con cuidado, seguir mejorando más en cada generación. En los países más avanzados en el campo de la genética forestal, ya están en producción huertos semilleros de segunda y hasta tercera generación.

## **BENEFICIOS DEL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL**

Hasta cierto punto, los beneficios de mejorar la cantidad o calidad del producto son obvios. Sin embargo, es importante destacar que un aumento en productividad puede ser aprovechado de varias maneras, por ejemplo, en una reducción del turno, en

una menor área plantada (en el caso de plantaciones industriales establecidas con el fin de producir una cantidad relativamente constante cada año), o bien en una mayor productividad en la misma área. También el rápido crecimiento inicial puede reducir los costos durante la fase de establecimiento. Por otra parte, el mejoramiento de la calidad del producto puede reducir los costos operacionales; árboles más rectos son más fáciles de transportar y de procesar.

Otro punto fundamental de la rentabilidad del mejoramiento genético es que, a diferencia de otras inversiones forestales, el incremento en retornos, debido a una generación de mejoramiento, se sigue aprovechando a perpetuidad en generaciones sucesivas de plantaciones operacionales, sin gastos adicionales. Asimismo, la concentración y el control del proceso de producción de semilla en huertos semilleros reduce los gastos de recolección de semilla, brinda mayor confiabilidad en la producción de semilla - muy importante para fines de planificación - y permite mejorar su calidad fisiológica.

La rentabilidad de programas de mejoramiento genético forestal ha sido ampliamente demostrada, tanto en el caso industrial (Swofford y Smith 1972; Porterfield *et al.* 1975; N.C.S.U. 1983; Reilly y Nikles 1977) como en el caso no industrial (Hamilton *et al.* 1995). Además, en el contexto centramericano es importante tomar en cuenta no solo los retornos financieros, sino también el papel fundamental del mejoramiento en cuanto al estímulo a la reforestación, componente tan importante de un desarrollo integral y sostenible.

## **LIMITACIONES DEL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL**

Además de conocer las ventajas y beneficios del mejoramiento genético forestal, es importante reconocer también sus limitaciones. El desconocimiento de éstas puede crear falsas expectativas que resulten en el establecimiento de planes y programas inapropiados.

### **Las condiciones ambientales**

El comportamiento de un árbol depende no solamente de su constitución genética, sino también de las condiciones ambientales que lo afectan. Al igual que un árbol no mejorado, si se planta un árbol mejorado en un lugar no apropiado, no crecerá bien. De la misma manera, un árbol que demuestra superioridad genética en un ambiente en particular puede crecer mal en un ambiente diferente. El término "genéticamente superior" carece de sentido sin referirse a un sitio o conjunto de condiciones ambientales particulares.

### **El manejo silvicultural**

Propiamente dicho, el manejo silvicultural también constituye una parte muy importante de las condiciones ambientales que afectan una plantación. Para que el potencial genético se manifieste al máximo, es necesario una silvicultura adecuada. El mejoramiento genético no es una panacea para todos los problemas forestales (Zobel y Talbert, 1984).

### **El estado de la tecnología y la falta de conocimiento**

Aunque el mejoramiento genético forestal ha avanzado considerablemente en las últimas décadas, hay todavía vacíos de conocimiento. Por ejemplo, el mapeo genético de las especies forestales apenas ha comenzado, y la ingeniería genética ha sido aplicada en muy pocos casos (ej. Shin *et al.* 1994 y otros citados en Haines 1994). Otras áreas de conocimiento parcial incluyen el enraizamiento de material adulto, la relación entre comportamiento juvenil y adulto, y la biología reproductiva y estructura genética de varias especies, especialmente en el caso de las especies tropicales. Otro factor que dificulta el proceso de mejoramiento es la incertidumbre sobre los mercados futuros. Tal vez las características de interés hoy en día, podrían cambiar en el futuro.

### **La naturaleza de los árboles**

Los árboles son organismos grandes, de vida larga, y con un largo ciclo reproductivo. Se necesitan áreas extensas para los experimentos de campo. Estos no pueden generar resultados definitivos hasta por lo menos la edad del primer raleo. Por lo tanto, el mejoramiento forestal tiende a ser más costoso que el mejoramiento de cultivos anuales.

### **Limitaciones inherentes**

Hay limitaciones que resultan de la misma naturaleza del mejoramiento genético forestal. Por ejemplo, la contribución del mejoramiento a una silvicultura basada en la regeneración natural se limita a un mejoramiento gradual mediante la selección de buenos árboles madres como semilleros. Sin la posibilidad de plantar, no se justifica una manipulación genética más intensiva.

## **ESTADO DE AVANCE DEL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL**

En el cuadro 1.1 se resumen algunos puntos importantes del desarrollo del mejoramiento genético forestal. Esta no es una disciplina nueva; sin embargo, es evidente que se han logrado avances significativos en las últimas cuatro décadas. Una descripción más completa del estado de avance del mejoramiento genético forestal se puede encontrar en Kanowski (1993).

Los países más avanzados en el campo del mejoramiento genético forestal son aquellos que combinan suficientes recursos técnicos y económicos con un clima que favorece el crecimiento rápido y los turnos cortos. La velocidad de avance es inversamente proporcional a la edad de madurez sexual de la especie. Entre los países más avanzados están: Australia, Brasil, Colombia, Congo, Estados Unidos, Nueva Zelanda, Sur Africa y Zimbabwe. En general, se puede decir que en todos los países donde las plantaciones forestales desempeñan un papel importante en la economía, existen programas de mejoramiento genético bien desarrollados. El mejoramiento genético forestal está reconocido como un componente elemental, integral y necesario de una buena silvicultura.

Sin embargo, en un sentido, el mejoramiento genético forestal todavía está en su infancia. Casi todas las poblaciones mejoradas en uso operacional hoy en día se pueden reconocer como poblaciones esencialmente silvestres, poco diferentes de sus antepasados de los bosques naturales. Aunque ha habido grandes cambios en términos de productividad, las especies forestales, a diferencia de muchos cultivos agrícolas, todavía no están domesticadas. Por lo tanto, en el mejoramiento genético forestal, hay retos y oportunidades que no se presentan en el mejoramiento genético de cultivos agrícolas.

**Cuadro 1.1. Algunos eventos importantes en el desarrollo del mejoramiento genético forestal**

Fecha	País	Actividad
1570	Japón	Se realizaron recolecciones controladas, propagación vegetativa de árboles superiores y producción de cultivares de <i>Cryptomeria japonica</i> (Toda 1974).
1760	Francia	Duhamel du Monceau, en busca de mástiles rectos para la fuerza naval francesa, inició el establecimiento de ensayos de procedencias de <i>Pinus sylvestris</i> (Bouvarel 1986).
1888	Alemania	Krömmelbein trabajó con huertos semilleros de <i>Larix</i> (Schmidt y Stern, 1974).
1930	Dinamarca	Se realizaron trabajos de polinización controlada en <i>Larix</i> (Zobely Talbert 1988).
1953	Australia	Se establecieron los primeros huertos semilleros de <i>P. elliotii</i> (Eldridge 1974).
1967	Australia	Los huertos semilleros de <i>P. elliotii</i> empezaron a suplir las necesidades de semilla (Eldridge 1974).
1970	EE.UU.	Los huertos semilleros clonales de la Cooperativa de la Universidad del Estado de Carolina del Norte produjeron semilla para aproximadamente 100 millones de plántulas de <i>Pinus spp.</i> (Schreiner 1974).
1976	Congo	Se establecieron las primeras plantaciones clonales de híbridos de <i>Eucalyptus spp.</i> (Chaperon y Quillet 1978).
1976	Brasil	Con base en los métodos desarrollados en el Congo, Aracruz Florestal empezó a desarrollar su programa de selección clonal de <i>E. grandis</i> .
1986	Congo	Se informó de un aumento de 200% en producción de volumen en pie de híbridos de <i>Eucalyptus spp.</i> debido al uso de clones altamente seleccionados (Martin 1986).
1989	Brasil	Se informó de una producción de hasta 70 m <sup>3</sup> /ha <sup>-1</sup> /año <sup>-1</sup> a los 7 años de edad con los mejores clones de <i>E. grandis</i> de Aracruz Florestal.

## ESTADO DE AVANCE DEL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL EN AMERICA CENTRAL

Históricamente, varias organizaciones han estado involucradas en el mejoramiento genético forestal en América Central.

El CATIE estableció su primer ensayo de procedencias en 1968. Hoy día, la Institución está activa en el mejoramiento genético forestal en Centroamérica y la

República Dominicana, a través de tres proyectos: el Proyecto Mejoramiento Genético Forestal (huertos semilleros, ensayos clonales y de descendencias y procedencias, exploración y caracterización de recursos genéticos de caoba); PROSEFOR (rodales semilleros y distribución de semilla forestal); Proyecto MADELEÑA (rodales semilleros y ensayos de procedencias).

ESNACIFOR (Escuela Nacional de Ciencias Forestales) de Honduras empezó las actividades de mejoramiento genético con ensayos de procedencias de *Pinus caribaea* y *P. oocarpa* en 1975. En 1987 hubo un aumento en la actividad con el inicio del CONSEFORH (Conservación y Mejoramiento de los Recursos Forestales de Honduras, implementado a través de ESNACIFOR y ODA (Administración Británica para el Desarrollo en Ultramar)). Proyecto Bilateral (Honduras-Gran Bretaña) Dicho proyecto ha desarrollado huertos semilleros de plántulas de una gama amplia de especies nativas y exóticas, tales como *Albizia guachapele*, *Bombacopsis quinata*, *Eucalyptus citriodora*, *E. grandis*, *Leucaena salvadorensis*, *P. caribaea* y *P. tecunumanii*.

El Banco de Semillas Forestales, Nicaragua (IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales) - DANIDA (Agencia Danesa para Desarrollo Internacional)) inició recientemente un programa de establecimiento de huertos y rodales semilleros, el cual abarcará 28 especies nativas y exóticas (Urbina *et al.* 1992).

Desde su fundación en 1980, CAMCORE (Cooperativa de Recursos de Coníferas de Centroamérica y México, con sede en la Universidad de Carolina del Norte), y sus miembros en los países centroamericanos, han seleccionado cientos de árboles plus de *Pinus*, y han hecho una gran contribución a la conservación de genes en dicho género. Entre 1990-1992, CAMCORE implementó un proyecto de conservación y mejoramiento genético de seis especies latifoliadas nativas de la región, usando, en cooperación con el CATIE, tecnología de enraizamiento de estacas juveniles y también selección de árboles plus y establecimiento de huertos semilleros de plántulas.

El OFI (Instituto Forestal de Oxford), con el apoyo de la ODA, desempeña un papel muy importante en la exploración y diseminación de los recursos genéticos de coníferas y algunas latifoliadas de América Central. Actualmente continúa trabajando fuertemente en la región, mediante varios proyectos de exploración y recolección de recursos genéticos forestales y estudios básicos de genética de poblaciones.

Además, existen empresas privadas con fuertes programas de mejoramiento, particularmente de la especie *Gmelina arborea* (ej. Ston Forestal (Costa Rica), Los Nacientes (Costa Rica) y Reforestadora Simpson (Guatemala)).

En conclusión, la actividad en el campo del mejoramiento genético forestal en la región centroamericana ha crecido en los últimos años. En Costa Rica, Honduras y Nicaragua, ya se está en el proceso de establecer huertos semilleros capaces de



abastecer de semilla mejorada a proyectos nacionales de reforestación, mientras en la región en general, existen rodales semilleros para algunas especies. Sin embargo, hay una necesidad obvia de aumentar y coordinar las actividades de mejoramiento genético forestal en toda la región y poner suficiente atención a los aspectos genéticos durante la planificación de proyectos de reforestación.

## **EL PAPEL DEL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL EN AMERICA CENTRAL**

América Central está en medio de una grave crisis ambiental, de la cual la deforestación constituye a la vez un componente y una causa. Aún así, la demanda por madera y otros productos forestales sigue aumentando. La reforestación es esencial para satisfacer esta demanda y aliviar la presión sobre los bosques naturales que aún quedan en la región. Es preciso un aumento masivo en la tasa de reforestación. Actualmente se observan algunas indicaciones de una mayor consciencia sobre esta necesidad entre los gobiernos y las autoridades forestales de la zona. En Costa Rica, se estima que la tasa de reforestación actual es de aproximadamente 5 000 ha anuales. Es de esperar que todos los países de la región puedan igualar y superar este ejemplo en los próximos años. Sin embargo, la experiencia nos dice que si no se utiliza semilla de calidad genética **adecuada**, tales esfuerzos estarán destinados, en gran parte, al fracaso. De la misma manera, si la semilla no proviene de la **mejor fuente disponible**, se perderá una proporción importante de la productividad potencial de las plantaciones.

Los pobres resultados obtenidos como consecuencia de la mala calidad genética del material utilizado, desmotivan gravemente la reforestación. Al contrario, la provisión y utilización de material de excelente calidad genética estimulan y promueven la reforestación.

## **FUENTES DE INFORMACION**

### *Textos:*

- ◆ Técnicas de Mejoramiento Genético de Arboles Forestales por Zobel y Talbert es el texto más completo en español sobre el tema (ver referencias).
- ◆ Manual Sobre Investigaciones de Especies y Procedencias con Referencia Especial a los Trópicos (Burley y Wood (1979));
- ◆ Domestication of tropical trees for timber and non-timber products (Leakey y Newton (eds.) 1994);
- ◆ Experimental design and analysis for use in tree improvement (Williams y Matheson, s.f.);
- ◆ Handbook of quantitative forest genetics (Fins, Friedman y Brotschol, eds. 1992);

- ◆ Successful tree breeding with index selection (Cotterill y Dean 1990);
- ◆ Tree breeding: principles and strategies (Namkoong, Kang y Brouard 1988);
- ◆ A philosophy of breeding strategy for tropical forest trees (Namkoong, Barnes y Burley 1980);
- ◆ Introduction to quantitative genetics in forestry (Namkoong 1979); Clonal Forestry Vol. 1 y 2 (Ahuja y Libby 1993 y 1993a);
- ◆ Eucalypt domestication and breeding (Eldridge *et al.* 1993);
- ◆ Tree improvement of multipurpose species (Glover y Adams, eds. 1990);
- ◆ Introduction to forest genetics (Wright 1976).

*Revistas científicas y técnicas (publican artículos relevantes)*

- ◆ Australian Forestry Research;
- ◆ Boletín sobre Recursos Genéticos Forestales de la FAO,
- ◆ Commonwealth Forestry Review,
- ◆ Forest Science,
- ◆ New Zealand Journal of Forest Science,
- ◆ South African Forestry Journal,
- ◆ Southern Journal of Applied Forestry, y
- ◆ Unasyva (español)
- ◆ Las revistas "Forest Genetics", "Silvae Genetica" y "Mejoramiento Genético y Semillas Forestales", publicado por el CATIE, a nivel regional. Contiene información sobre trabajos en los campos de recursos genéticos y semillas forestales, particularmente en América Central (únicas dedicadas exclusivamente a la genética forestal).

*Otros fuentes importantes de información:*

- ◆ Actas de conferencias, particularmente de los grupos de trabajo IUFRO S2.02-08 (Procedencias de especies tropicales) y S2.03-01 (Mejoramiento de especies tropicales).

*Institutos:* (Publican documentos de relevancia sobre el mejoramiento genético de especies tropicales).

- ◆ Instituto Forestal de Oxford (Inglaterra),
- ◆ DANIDA (Dinamarca),
- ◆ CAMCORE (Estados Unidos).
- ◆ Instituto de Ecología Terrestre (Edimburgo, Escocia)

## REFERENCIAS

- Ahuja, M.R. y Libby, W.J. 1993. Clonal forestry I. Genetics and biotechnology. Springer, 277 pp.
- Ahuja, M.R. y Libby, W.J. 1993a. Clonal forestry II. Conservation and application. Springer, 240 pp.
- Bouvarel, P. 1986. L'amélioration génétique des arbres forestiers:essai d'une histoire. *Revue Forestière Française*, número spécial: amélioration génétique des arbres forestiers, pp.7-11.
- Burdon, R.D. 1990. Summing up. *In*: 'Breeding tropical trees: population structure and genetic improvement strategies in clonal and seedling forestry. [Proc. IUFRO conference, Pattaya, Thailand, November 1988] [Gibson, G.L., Griffin, A.R. y Matheson, A.C. eds]. Oxford Forestry Institute, Oxford, Reino Unido and Winrock International, Arlington, Virginia, E.U.A. Pp. 490-497.
- Burley, J.; Wood, P.J. 1979. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. *Tropical Forestry Papers No. 10A 233p. & 10B. 64p.*
- Cotterill, P.P. y Dean, C.A. 1990. Successful tree breeding with index selection. CSIRO, Australia, 80 pp. *in* Chaperon, H.; Quillet, G. 1978. Results of studies on the use of Eucalyptus cuttings *in* Congo-Brazzaville. p.1040-1059 *In* Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees [Proceedings (Vol. 2) Joint I.U.F.R.O. Workshop, working parties S2.02-08 (Tropical Species Provenances), S2.03-01 (Breeding Tropical Species), Brisbane, Queensland, Australia] [Nikles, D.G., Burley, J. y R.D. Barnes, eds]. Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, Reino Unido, dos volúmenes, 1066 p.
- Eldridge, K.; Davidson, J.; Harwood, C.;Wyk, G. van. 1993. Eucalypt domestication and breeding. Oxford, Clarendon Press. 288 pp.
- Eldridge, K.G. 1974. Forest tree improvement in Australia. *In* Forest tree breeding in the world [Toda, R., ed.]. Ryookiti Toda (publisher), Government Forest Experiment Station, Japan, P.170-180.
- Fins, L.; Friedman, S.T.; Brotschol, J.V. (eds.). 1992. Handbook of quantitative forest genetics. Dordrecht (Netherlands), Kluwer Academic Publishers. 403pp.
- Glover, N. y Adams, N. (eds.) 1990. Tree improvement of multipurpose species. Winrock Institute for Agricultural Development. Multipurpose tree species network technical series, Vol. 2., 112 p.

- Haines, R. 1994. Biotechnology in forest tree improvement. FAO Forestry paper No.118, 230 pp.
- Hamilton, C.; Chandler, L.; Brodie, A. y Cornelius, J.P. 1995. A financial analysis of a *Gmelina arborea* tree improvement programme in Hojanca, Costa Rica (in prep.).
- Kanowski, P.J. 1993. Forest genetics and tree breeding. Plant breeding abstracts 63 (6): 717-726.
- Leakey, R.R.B. y Newton, A.C. (Eds.). 1994. Domestication of tropical trees for timber and non-timber products. Paris, UNESCO, MAB Digest 17, 94 p.
- Martin, M. 1986. L'utilisation des clones. *Revue Forestière Française*, numéro spécial: amélioration génétique des arbres forestiers, pp.81-88.
- NCSU. 1983. 27th Annual Report, North Carolina State University-Industry Cooperative Tree Improvement Program. Cooperative programs, School of Forest Resources, North Carolina State University, 130p.
- Namkoong, G. Introduction to quantitative genetics in forestry. USDA Forest Service. Technical Bulletin 1588.
- Namkoong, G.; Barnes, R.D.; Burley, J. 1980. A Philosophy of Breeding Strategy for Tropical Forest Trees. Commonwealth Forestry Institute. Tropical Forestry Papers No. 16, 67p.
- Namkoong, G.; Kang, H.C.; Brouard, J.S. 1988. Tree breeding: principles and strategies. Springer, 180 pp.
- Porterfield, R.L.; Zobel, B.J.; Ledig, F.T. 1975. Evaluating the efficiency of tree improvement programs. *Silvae Genetica*, 24 (2-3): 22-44.
- Reilly, J.J.; Nikles, D.G. 1977. Analysing costs and benefits of tree improvement: *Pinus caribaea*. In Proceedings, 3rd World Consultation on Forest Tree Breeding, 21-26 March, 1977, Canberra, Australia, pp. 1099-1124.
- Schmidt, W.; Stern, K. 1974. Forstgenetik und Forstpflanzen- züchtung in Deutschland. In Forest tree breeding in the world [Toda, R., ed]. Ryookiti Toda (publisher), Government Forest Experiment Station, Japan, pp. 24-29.
- Schreiner, E.J. 1974. Tree breeding in United States forestry practice. In Forest tree breeding in the world [Toda, R. ed.]. Ryookiti Toda (publisher), Government Forest Experiment Station, Japan, pp 190-201.

**Shin, D-I; Podila, G.K.; Huang, Y.; Karnowsky, D.F.** 1994. Transgenic larch expressing genes for herbicide resistance and insect tolerance. *Can. J. For. Res.* 24: 2059-2067.

**Swofford, T.F. y Smith, O.D.** 1972. An economic evaluation of tree improvement on the southern national forests. U.S.D.A. For. Serv. South. Reg. Publ. No. 10.

**Toda, R.** 1974. Notes on the Japanese State Government Forest Tree Breeding Project. *In* Forest tree breeding in the world [Toda, R., ed.]. Ryookiti Toda (publisher), Government Forest Experiment Station, Japan, pp161-169.

**Williams, E.R. y Matheson, A.C.** s.f. Experimental design and analysis for use in tree improvement. CSIRO, Australia 174 pp.

**Wright, J.W.** 1976. Introduction to forest genetics. New York, Academic Press, 463 pp.

**Zobel, B. y Talbert, J.** 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Mexico, D.F. Limusa. 545p.



## **IDENTIFICACION Y SELECCION DE FUENTES SEMILLERAS**

*Luis Fernando Jara*<sup>4</sup>

### **INTRODUCCION**

Para el desarrollo de la actividad reforestadora de cualquier país, es indispensable contar con semilla de alta calidad genética y con una garantía de suministro oportuno y permanente. Es así como las grandes empresas en algunos países tropicales iniciaron sus programas de plantaciones masivas, con semilla de rodales previamente, identificados seleccionados y manejados adecuadamente, obteniendo una productividad moderada y buen rendimiento económico.

Barner (1973) define un rodal semillero como un grupo de árboles de la misma especie que es mejorado mediante la remoción o tumba de individuos indeseables y manejado para estimular la producción de semilla pronta y abundante. En algunos casos, un rodal proveniente de plantación puede tener el doble propósito de producir madera para aserrío y para semilla.

Zobel y Talbert (1984) ofrecen otra definición de rodal semillero más aplicable a bosque natural "grupo de árboles de la misma especie o grupo de especies donde predominan individuos fenotípicamente o de conformación aceptable o deseable en cuanto a forma, vigor y sanidad, el cual se maneja técnicamente para aumentar y sostener la producción de semilla en calidad y cantidad".

Los rodales semilleros pueden formarse a partir de plantaciones establecidas, de bosque natural o establecerse desde el primer año para ese único propósito. Estos deben de considerarse siempre como una medida transitoria para producir semilla de mejor calidad genética a corto plazo, mientras se da tiempo para establecer otras formas más avanzadas de producción, como lo son los huertos semilleros de clones o familias debidamente probadas.

### **IMPORTANCIA DE LOS RODALES SEMILLEROS**

La identificación de las mejores fuentes de semillas y su evaluación y selección, forman uno de los principales componentes de cualquier programa de semillas forestales. Todo programa de reforestación debe considerar esta etapa fundamental, con el propósito de obtener el material genético a corto plazo mientras los programas de mejoramiento aportan los resultados para establecer sistemas más avanzados y

---

<sup>4</sup> Asistente Técnico, PROSEFOR

sofisticados, que suministren semillas de mayor calidad y productividad. Los rodales semilleros se constituyen como una herramienta básica para la inmediata y futura (mediano plazo) utilización de material para proyectos de reforestación, extensión e investigación, cuyas metas en el corto plazo, no permiten esperar los sistemas más productivos y avanzados. A corto plazo, suministran material de mejor calidad genética que el promedio de las plantaciones existentes o de donde tradicionalmente se realizan las recolecciones comerciales.

Lo anterior, implica una mejora a corto plazo de la calidad de las plantaciones y de sus rendimientos en términos de biomasa y por ende económicos. A largo plazo, se pueden constituir en una base genética amplia y punto de partida para los programas de mejoramiento de las principales especies utilizadas para reforestación comercial.

La garantía que obtiene el usuario de la semilla o reforestador, al utilizar material de una fuente reconocida, es de gran importancia puesto que ésta ha sido seleccionada previamente mediante comparación con otras fuentes y manejada de tal forma que asegura una mejora sobre el promedio existente y su adaptación a sitios de plantación con condiciones similares a las del rodal.

Por último, el aspecto económico juega un papel determinante: se concentran las operaciones de recolección en un área pequeña y accesible, que permite aumentar los rendimientos y por consiguiente, reduce los costos de recolección y procesamiento, y facilita la organización y control de la actividad .

## **FASES DE UN PROGRAMA DE RODALES SEMILLEROS**

Todo programa de rodales semilleros consta de las siguientes fases:

- Identificación y selección
- Manejo y mantenimiento
- Establecimiento o instalación
- Registro y producción

Para efectos de esta presentación, se tratará sólo la fase de identificación y selección.

### **IDENTIFICACION Y SELECCION**

Esta fase es de carácter continuo a través de la existencia del programa de rodales semilleros. Las fuentes semilleras serán identificadas, seleccionadas, mejoradas o descartadas dependiendo del nivel y progreso del mejoramiento genético requerido para las diferentes especies. Por esta razón, es importante iniciar la fase en los primeros estados del programa de semillas, aún si no se dispone de toda la información requerida (Lauridsen y Olesen 1994). El objetivo inmediato es encontrar fuentes semilleras para



cubrir adecuadamente la demanda actual de semilla, en relación con la cantidad y hasta donde sea posible, con la calidad genética.

La exploraciones de fuentes de semillas se deben hacer tanto en bosques plantados como en bosques naturales mixtos. Generalmente sucede, que los primeros rodales seleccionados no reúnen todas las condiciones deseables, pero con el tiempo, entrarán otras de mejor calidad y producción. Por ello, es importante reconocer y registrar el estado de las fuentes identificadas para su futuro mejoramiento.

Aún, si se cuenta con rodales suficientes para cubrir toda la demanda actual, se deben realizar nuevas exploraciones y selecciones, de tal forma que las mejores fuentes en un momento dado pueden sustituirse por otras aún mejores.

## **PASOS EN EL PROCESO DE IDENTIFICACION DE FUENTES SEMILLERAS**

### **1.- Trabajo de oficina que implica:**

#### **a.- Cuantificación y localización de áreas de plantación**

El primer paso es agrupar y compilar la información disponible sobre los proyectos de reforestación nacional, tanto del sector gubernamental como del sector privado, por lo menos para los primeros cinco años. Se debe obtener información sobre la tasa anual de reforestación, período de plantación, y empresas o entidades dedicadas a la reforestación.

Otros factores importantes que se deben tener en cuenta en este paso son:

- Selección de especies para plantación
- Priorización de especies de acuerdo con objetivos de plantación
- Comparación de áreas productoras de semillas y áreas potenciales para reforestación
- Revisión de pruebas y ensayos de investigación forestal dentro de áreas semilleras y de reforestación.

#### **b.- Cuantificación y localización de la demanda de semilla**

Factores a considerar para la cuantificación:

- Area anual de plantación por especie o grupo de especies
- Densidad de plantación
- Porcentaje de replante

Además, es conveniente agregar al cálculo, un porcentaje de pérdidas por selección y pérdidas en vivero (50%), el porcentaje de germinación de las semillas, y considerar las variaciones que existen en las cosechas de año a año.

Por otro lado, la cantidad de semilla necesaria en un momento dependerá también de la habilidad de los recolectores y del equipo disponible.

Una vez estimada la demanda e identificadas las fuentes semilleras disponibles se llega a las siguientes situaciones: algunas fuentes semilleras han sido utilizadas (dentro o fuera del país); se requiere identificar nuevas fuentes (dentro o fuera del país); es necesario establecer nuevas fuentes semilleras en algunas regiones.

c.- Localización de áreas potenciales de producción de semillas

Pasos a seguir:

- Obtener información sobre las instituciones relacionadas con el sector forestal, especialmente aquellas que manejen y/o posean bosques y/o plantaciones forestales.
- Mapear las fuentes semilleras (naturales o plantadas) de cada una de las especies actualmente en uso, en cartas a escala 1:50.000 y estimar su capacidad de producción.
- Ubicar cada una de las fuentes semilleras nuevas y potenciales, en mapas a escala 1:50.000 y estimar su capacidad de producción.

d.- Identificación y cuantificación de los proveedores y fuentes internacionales

En algunas casos, se ha determinado mediante pruebas de investigación, que fuentes externas han demostrado superioridad tanto en crecimiento como en desarrollo general, por lo que se hace necesario importar material para los programas de reforestación.

La importación de semillas se justifica, si las metas de plantación son muy modestas, si no existen condiciones favorables para la producción ante una severa contaminación de las fuentes locales con polen de fenotipos inferiores y que es incontrolable.

De este material importado, se debe obtener la mayor cantidad de información posible en relación con la fuente semillera. Si no es factible visitar estas fuentes, se hace necesario establecer contactos directos con las firmas de proveedores que ofrezcan mejores garantías.

e.- Balance entre la oferta y la demanda actual

Mucha inversión de tiempo y de dinero se evita, si las exploraciones de fuentes semilleras cubren la demanda requerida de semillas. A pesar de que la producción potencial inicial es apenas una estimación muy aproximada, se puede hacer un intento de relacionar esta oferta potencial con la demanda a nivel regional y

nacional y obtener una idea de las necesidades complementarias o de los excedentes para exportación.

## **2.- Exploración e identificación en el campo que contempla:**

- Visita y descripción de la fuentes semilleras candidatas
- Selección final de rodales semilleros
- Visita y descripción de las fuentes seleccionadas
- Repetir el proceso las veces que sea necesario

## **CRITERIOS BASICOS PARA LA IDENTIFICACION DE FUENTES SEMILLERAS**

En las visitas y evaluaciones de campo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos básicos:

### **1.- Accesibilidad:**

La ubicación de rodales semilleros con acceso por carreteras en mal estado o inaccesibles, juega un papel importante en tiempo, recursos, supervisión y administración. Sin embargo, la exploración no se debe limitar a sitios cercanos al Banco de Semillas o estaciones de investigación, sino también cubrir las áreas que permitan suplir los requerimientos de semillas, talvez dejando a un lado aquellas fuentes sin acceso. Este aspecto es el de mayor peso en la determinación del costo final de la semilla.

### **2.- Estado general del rodal:**

Se deben de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- No haber sido sometidos a aprovechamiento selectivo
- Libres de plagas y enfermedades
- Ubicados en sitios de moderada a alta fertilidad
- Demostrar capacidad para producir semilla
- No muy viejos o degradados

### **3.- Número de árboles y tamaño de la fuente:**

El tamaño de la fuente puede variar de acuerdo a las necesidades de semilla, pero el número de árboles no puede ser inferior a 30/ha y puede llegar hasta 150 o más. En pequeños rodales, existe el inconveniente de que los árboles pueden estar relacionados o emparentados entre sí.

Los rodales de gran extensión pueden producir suficiente semilla, pero son difíciles de supervisar y administrar y pueden tener mucha variabilidad en su terreno, lo que implicaría subdividir el área.

Los árboles de muchas especies tropicales dispersos en el bosque natural, se pueden constituir en fuentes semilleras siempre y cuando se ubiquen bajo las mismas condiciones ambientales y existan límites naturales que las aislen de otras. Estos límites afectan también el tamaño de la fuente.

Para el caso de especies en vías de extinción, los pequeños grupos de árboles deben considerarse con el fin de asegurar el recurso genético. Estos pequeños grupos no se deben catalogar como rodales semilleros candidatos, pero se deben registrar como fuente de conservación y tomar las medidas para su protección.

#### **4.- Floración y fructificación:**

La floración y fructificación de los árboles en el bosque natural generalmente son abundantes; pero en plantaciones, especialmente de exóticas, el desarrollo de las flores debe examinarse cuidadosamente, ya que el sitio puede ser adecuado para la producción de madera, pero no para la producción de flores y semillas.

En los rodales de donde se ha recolectado semilla con anterioridad, generalmente se tiene registrado los volúmenes de cosecha, los cuales servirán como referencia para estimar la cosecha en otras fuentes de la misma especie y con un número similar de árboles.

#### **5.- Apariencia fenotípica:**

Algunas características de los árboles, tales como forma de fuste, hábito de ramificación, dirección de la fibra, densidad básica, entre otras, son de alta heredabilidad (la habilidad de los padres para transmitir sus características a su descendencia). Si se tienen varios rodales de una misma especie, se debe seleccionar aquella con las mejores características; si sólo existe una fuente disponible, se le deben practicar raleos para obtener semilla con algún grado de mejora.

Se debe dar prioridad a los rodales con buenas características de alta heredabilidad; el crecimiento y vigor dependen en gran medida del ambiente donde crecen y por consiguiente, tienen baja heredabilidad. Estas características heredables dependen del producto final que se pretende obtener de la plantación y difiere de especie a especie.

#### **6.- Tendencia de las fuentes:**

Este aspecto es de gran importancia en el proceso de exploración e identificación de fuentes. Es necesario conocer, en la medida de las posibilidades, al propietario del bosque, para determinar su interés y participación en el manejo

posterior que se le debe dar a la fuente. Si el propietario no está interesado en la producción de semillas, deben escogerse otras fuentes.

Las fuentes localizadas en terrenos de estaciones experimentales, parques nacionales, reservas naturales del estado, son adecuadas por cuanto garantizan su continuidad, puede practicarse el manejo necesario y realizar la cosecha en el momento oportuno.

En cuanto a las fuentes en terrenos privados, se deben seleccionar preferiblemente aquellas cuyos propietarios tengan relación directa con el bosque, empresas reforestadoras, industrias de transformación, productores de agua y energía, entre otras, ya que también pueden asegurar una continuidad y se facilita realizar el manejo.

### **DESCRIPCION Y CROQUIS DE LAS FUENTES CANDIDATAS:**

Cuando una fuente ha sido escogida como fuente semillera candidata, se debe elaborar un croquis y su descripción. Se debe obtener información sobre el origen de la semilla del rodal (plantación).

La localización del rodal en mapas debe estar a dos niveles: uno a nivel nacional (escala 1:500.000) y otro a nivel local (1:50.000). El croquis debe indicar el acceso al sitio, partiendo de una carretera nacional de primer o segundo orden.

El croquis debe contener suficiente información, para que cualquier persona interesada en conocer la fuente, pueda visitarla sin mayores inconvenientes. Este debe incluir:

- Puntos de referencia claros y destacados (caseríos, pueblos, ferrocarril, carreteras, ríos, templos, etc.)
- Distancia en kilómetros del Banco de Semillas
- Indicar la dirección del Norte.
- Las límites naturales como ríos, carreteras, cultivos, etc deben dibujarse.
- Nombre de los técnicos que levantaron la información.
- Nombre, dirección y teléfono del propietario.

### **LITERATURA CITADA**

**Barner, H.** 1973. Classification of sources for procurement of forest reproductive material. Report FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement. Kenya, pp 110-138

**Lauridsen, E.B.; Olesen, K.** 1994. Identificación, establecimiento y manejo de fuentes semilleras. Danida Forest Seed Centre. Lecture Note B-2. Denmark. 20 p.

**Zobel, B.; Talbert, J.** 1984. Applied Forest Tree Improvement. New York. Wiley. 505 p.



## **ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE FUENTES SEMILLERAS**

*Francisco Mesén<sup>5</sup>*

### **INTRODUCCION**

El éxito de cualquier plantación forestal depende de tres factores fundamentales: i) la combinación correcta de la especie con el sitio de plantación, ii) el uso de germoplasma de la mejor calidad genética posible y iii) la aplicación de técnicas silviculturales apropiadas. Una falla en alguno de estos componentes implica una falla en el desempeño de la plantación. Ciertos problemas de índole ambiental pueden ser corregidos, por ejemplo, mediante fertilización, encalado, construcción de drenajes, etc. Los problemas genéticos, por su parte, sólo pueden ser corregidos sustituyendo la plantación, de ahí que este componente debe recibir especial consideración.

Hay varias posibilidades abiertas a los forestales para el mejoramiento de la calidad genética de la semilla, de diversa complejidad y tiempo de ejecución. La decisión del tipo de estrategia a seguir depende básicamente de la naturaleza e importancia de la especie y de la capacidad técnica y económica disponible. Dentro del esquema tradicional de mejoramiento por métodos sexuales, las mayores ganancias genéticas se obtienen mediante el desarrollo de huertos semilleros comprobados genéticamente, a través de ensayos de progenies en los sitios potenciales de plantación. Por su parte, la propagación vegetativa y la selección clonal ofrecen los medios para lograr las mayores ganancias genéticas en el menor tiempo posible. Para las condiciones de la región, es claro que la mayoría de los programas estarán basados inicialmente en fuentes tradicionales de producción de semilla, por lo cual este será el énfasis del presente documento. Si desea información sobre programas de silvicultura clonal el lector es referido a Davis *et al.* (1988), Leakey *et al.* (1990), Leakey y Mesén (1991), Mesén *et al.* (1992) y Zobel y Talbert (1984).

### **ARBOLES SEMILLEROS**

Esta ha sido una opción muy utilizada por programas jóvenes o para especies que, por su baja tasa de plantación anual, no ameritan esfuerzos mayores. Consiste en seleccionar y marcar fenotipos sobresalientes, ya sea en plantaciones o en el bosque natural, y coleccionar su semilla para el establecimiento de plantaciones. Puesto que en estas condiciones las heredabilidades son bajas, las ganancias genéticas también lo son, sobre todo si se selecciona en bosques naturales donde existe un

---

<sup>5</sup> Genetista Forestal, PROSEFOR/CATIE

fuerte componente de variación ambiental. Además, la selección está basada en el árbol madre únicamente, y no hay control sobre los progenitores masculinos.

Cuando la selección se realiza en plantaciones homogéneas, es posible lograr ganancias mayores, sobre todo en características de adaptabilidad, forma del fuste y posiblemente características de crecimiento, debido a que es en estos casos, donde la variación fenotípica refleja más fielmente la variación genotípica. También es posible lograr ganancias en tolerancia a insectos y enfermedades si se seleccionan individuos sanos en rodales fuertemente infectados (Newton *et al.* 1993,a).

Mediante selección de árboles plus en el bosque natural se han logrado ganancias importantes en características de forma y crecimiento, por ejemplo, con *Vochysia guatemalensis* en Costa Rica (Cornelius y Masís 1994). Asimismo, con *Gmelina arborea* se lograron ganancias hasta de 12% en cuanto a forma del fuste, cuando se seleccionó en plantaciones (Cornelius y Hernández 1995). La selección de árboles plus es más estricta que una selección de árboles semilleros, pero estos ejemplos demuestran el potencial de una buena selección.

En la estrategia de árboles semilleros se deben cumplir dos requisitos fundamentales: i) el número de árboles a recolectar no debe ser menor de 15 (preferiblemente mayor), para garantizar un mínimo de variabilidad genética y reducir los riesgos de endogamia en generaciones futuras. Para algunas especies muy prolíficas y de semilla pequeña, las necesidades de semilla pueden ser cubiertas con la cosecha de unos pocos árboles, pero aun así se deben utilizar al menos 15, recolectando menor cantidad de cada árbol. Muchos problemas se han presentado por iniciar grandes plantaciones a partir de fuentes de semilla que provengan de uno o pocos árboles originales. En estos casos, la poca variabilidad genética de las poblaciones reduce sus posibilidades de adaptación ante la aparición de nuevas plagas o enfermedades o ante cambios ambientales, y limita su utilización en condiciones ecológicas diferentes; ii) debe haber una selección estricta de los árboles semilleros, y utilizar únicamente aquellos que cumplan con todos los requisitos preestablecidos. Para especies maderables típicas, un árbol semillero es aquel de condición dominante o codominante, de fuste recto y cilíndrico, sin bifurcaciones, de ramas más delgadas que el promedio de los árboles vecinos, sano y vigoroso. Estas características son generales, y obviamente podrán variar de acuerdo a la naturaleza de la especie y los objetivos de la plantación.

Desde el punto de vista práctico, una limitante de los árboles semilleros como fuente de semilla, es el alto costo y la baja eficiencia de la recolección, ya que normalmente los árboles semilleros están localizados a grandes distancias unos de otros, y es necesario desplazar todo el personal y el equipo de sitio en sitio para recolectar de un solo árbol cada vez.

Con algunas especies es posible localizar suficientes árboles semilleros dentro de un área más o menos definida, lo cual reduce los costos de recolección al concentrar esta operación en un solo sitio. Este tipo de fuente presenta problemas de índole genético, similares a los mencionados anteriormente, relacionados con la baja



heredabilidad y la falta de control sobre el progenitor masculino, y posiblemente la ganancia se reduzca como consecuencia de un menor diferencial de selección. Para algunas especies sin embargo, puede ser la única alternativa a corto plazo.

## **PLANTACIONES SELECCIONADAS**

Otra estrategia para la producción de semilla es coleccionar de rodales con características superiores al promedio, ya sea en plantaciones o en el bosque natural. Estos reciben diferentes nombres, por ejemplo, 'rodales plus' (Faulkner 1962) o 'rodales seleccionados' (Barner *et al.* 1988). Estos últimos autores lo definen como un rodal superior a la media dentro de la unidad ecológica particular, natural o plantado, y que en algunos casos requerirá de la eliminación de algunos árboles inferiores. Dichas áreas deben poseer un área mínima de una ha y una densidad tal que permita obtener un mínimo de 75 árboles por hectárea, con al menos un 50% de estos dentro de las categorías de 'árboles aceptables'.

No existe mucha información sobre la ganancia genética que puede esperarse de este tipo de unidades de recolección. Es de suponer que la selección del rodal por su superioridad sobre otros rodales dentro de la misma zona ecológica, y la eliminación de los peores árboles, resulte en ganancias en adaptabilidad y otras características objeto de selección.

Cuando las condiciones lo permitan, una forma de mejorar aun más la calidad genética de la semilla producida, es realizar una depuración más estricta para dejar únicamente los mejores árboles, tanto dentro del rodal como en los alrededores, lo cual da origen al rodal semillero típico.

## **RODALES SEMILLEROS**

El rodal semillero es una de las fuentes de producción de semillas más utilizadas y sus características, establecimiento y manejo han sido ampliamente documentados (Barner *et al.* 1988, Hughes y Robbins 1982, Mesén 1994a, Palmberg 1980, Salazar y Boshier 1989, Zobel y Talbert 1984). Su utilidad radica en una serie de atributos que los hacen muy importantes, sobre todo para programas jóvenes que no tienen otras fuentes más avanzadas de producción. Entre estos se pueden destacar la capacidad de producir semilla de mejor calidad genética a muy corto plazo, la posibilidad de desarrollar razas locales adaptadas al sitio de introducción y la concentración de operaciones de recolección en una sola área, entre otros.

El desarrollo de rodales semilleros implica la selección de plantaciones o rodales naturales de calidad fenotípica superior al promedio dentro de la zona ecológica en cuestión, el mejoramiento del rodal mediante la remoción de individuos inferiores y la adopción de medidas para reducir la contaminación con polen de árboles inferiores.

Un rodal con potencial es aquel que presenta características fenotípicas y densidad tales que permitan obtener 75 a 150 árboles morfológicamente adecuados por hectárea y estar en capacidad de producción de semilla (Mesén 1994). Considerando que el rodal destaca por su superioridad fenotípica, y suponiendo que se origina de una plantación con una densidad inicial de 1111-1600 árboles por hectárea, hay suficiente potencial de selección para dejar únicamente los mejores individuos. De esta manera se pretende asegurar la calidad fenotípica de ambos progenitores, lo cual implica una ganancia genética mayor con respecto a las fuentes anteriores. Sin embargo, puesto que los rodales semilleros generalmente no están respaldados por pruebas de progenies, la semilla producida por el rodal debe utilizarse para reforestación en la misma zona o en zonas de características climáticas y edáficas similares, hasta tanto no se realicen pruebas que indiquen su buena adaptación y comportamiento en otras zonas.

En plantaciones homogéneas la selección resulta más efectiva, ya que la reducción del componente de variación ambiental resulta en un aumento en la heredabilidad y por ende, en la ganancia genética.

El rodal debe tener un área mínima de 1 ha, y preferiblemente deben buscarse áreas mayores, ya que en rodales pequeños es difícil lograr un aislamiento efectivo (Quijada 1980; Zobel y Talbert 1984). El tamaño, sin embargo, dependerá también de las necesidades de semilla, del tipo de semilla y de la producción por árbol. Con algunas especies de semilla pequeña y abundante (e.g. *Eucalyptus*), es probable que un rodal de 1 ha o menos supla toda la demanda de semilla.

Los rodales densos (más de 400 árboles ha<sup>-1</sup>) son los mejores para el establecimiento de rodales semilleros, ya que permiten una mayor intensidad de selección en forma dirigida (Hughes y Robbins 1982). En rodales viejos ya raleados, generalmente es difícil conocer el historial de manejo silvicultural y existe la posibilidad de que los mejores individuos hayan sido extraídos.

La edad del rodal no es tan crítica; no obstante, los árboles deben ser lo suficientemente jóvenes para poder desarrollar copas grandes y vigorosas después de los aclareos, pero de edad suficiente para producir semilla y haber expresado las características fenotípicas por las cuales se está seleccionando. En algunos casos puede ser conveniente iniciar el manejo del rodal a edades juveniles, cuando aún no se ha iniciado la producción de semilla. Esto tiene las ventajas de que existe un mejor control del proceso de selección y se favorece la formación de copas adecuadas en los árboles remanentes, pero obviamente se retrasa el inicio de la obtención de semilla. Puede ser una opción cuando no existan otros rodales adecuados o como una acción complementaria al establecimiento de otros rodales de la misma especie.

Si el rodal presenta problemas serios de acceso, especialmente durante la época de cosecha de semillas, es mejor desecharlo aunque presente buenas características fenotípicas (Salazar y Boshier 1992). Por otro lado, no se debe seleccionar un rodal únicamente por encontrarse cerca de la sede y contar con mejor

acceso que otros rodales de superior calidad. Asimismo, es importante considerar la anuencia del dueño a manejar el rodal y su disposición de conservarlo por varios años.

Los mejores rodales se desarrollan a partir de plantaciones, ya que los árboles generalmente son de la misma edad y han estado sometidos a condiciones climáticas y de manejo similares. Por lo tanto, la selección fenotípica es más efectiva ya que se ajusta con mayor propiedad a la variación genotípica. Cuando se seleccione en plantaciones es de gran importancia conocer la base genética del rodal, para evitar aquellos que descienden de pocos árboles. Esto es particularmente importante en especies de semilla pequeña (e.g. *Eucalyptus*), ya que semilla de unos pocos árboles es suficiente para establecer grandes áreas de plantación. Asimismo, es importante conocer con certeza el origen<sup>1</sup> y la procedencia<sup>2</sup> de la semilla que se utilizó para establecer la plantación.

También es posible establecer rodales semilleros en bosques naturales. Esta modalidad tiene dos limitaciones principales: i) para muchas especies, principalmente en zonas degradadas, no existen rodales con la densidad y extensión adecuadas que permitan ajustarse a los requerimientos básicos exigidos para establecer rodales semilleros, y ii) los árboles son generalmente de edades e historiales diferentes, por lo cual, gran parte de la variación observable es ambiental o cronológica. En estos casos, la variación fenotípica guarda poca relación con la variación genotípica y en consecuencia, la selección es menos efectiva. Esta opción es apropiada para ciertas especies que forman rodales homogéneos en áreas extensas, por ejemplo, los pinares en América Central y algunas latifoliadas como *Alnus acuminata*, *Cordia alliodora* y *Vochysia guatemalensis*.

Algunos tipos de unidades experimentales también permiten su conversión en rodales semilleros. Este es un tipo de rodal semillero poco deseable, ya que generalmente el número de árboles es demasiado pequeño y el rodal resultante tiene una distribución inapropiada (por la eliminación de tratamientos completos). Tienen la ventaja de que, si se ha utilizado un diseño experimental apropiado, la variación fenotípica es un buen reflejo de la variación genotípica, lo cual resulta en una selección efectiva. En ocasiones, los ensayos adquieren gran importancia como representantes de poblaciones únicas que han desaparecido en su ambiente natural.

## **Evaluación de los rodales**

Se requiere sólo un poco de familiaridad con la especie para decidir, después de un simple recorrido por el rodal, si este tiene potencial para convertirse en fuente

---

<sup>1</sup> El origen se refiere al área geográfica dentro del rango de distribución natural de la especie donde crecieron los árboles progenitores.

<sup>2</sup> La procedencia (o fuente de semilla) es un término no taxonómico que se refiere a un área geográfica limitada donde crecieron los árboles progenitores, dentro de la cual se esperan modificaciones de la constitución genética de los árboles como respuesta a las condiciones locales particulares del sitio. La procedencia puede ser nativa (en cuyo caso coincide con el origen) o introducida (procedencia derivada). Cuando se transfiere semilla entre zonas o países, lo que cambia en cada caso es la procedencia; el origen sigue siendo el mismo.

semillera o si debe desecharse inmediatamente. No tiene caso realizar una evaluación detallada en un rodal de mala calidad para finalmente llegar a la misma conclusión.

Un rodal de interés para una especie industrial típica es aquel que, además de cumplir con los requisitos mencionados anteriormente, presenta un alto porcentaje de árboles sanos y vigorosos, rectos, sin bifurcaciones y con ramas delgadas y horizontales. Estos criterios son generales; sin embargo, su importancia relativa puede variar dependiendo de la especie y de los productos finales esperados (ver Palmberg 1980). Por ejemplo, la forma del fuste no es relevante en especies para producción de leña, pero sí la capacidad de rebrote y la producción de ejes múltiples.

Una vez que se haya decidido que el rodal tiene posibilidades de ser convertido en fuente semillera, es conveniente realizar algunas evaluaciones sencillas para determinar su verdadero potencial y permitir la comparación con otros rodales de la misma especie. Dependiendo del área del rodal, su densidad y la topografía del sitio se debe delimitar una o más parcelas de área conocida, normalmente una por cada subdivisión importante en el rodal. En rodales que no siguen una distribución en hileras, la parcela circular es la más fácil de establecer. Una vez que se decide la ubicación aproximada de la parcela, se elige un árbol como eje central. Aquí se ubica una persona con una cinta métrica o una cuerda marcada, y otra persona va llevando el otro extremo de la cinta y evaluando todos los árboles que se encuentren dentro del círculo. Se considera apropiada una parcela de 18 m de radio (aproximadamente 1000 m<sup>2</sup>). Puede ser más fácil establecer una parcela rectangular (e.g. 25 x 40 m, 20 x 50 m) si la plantación sigue una distribución en hileras fácilmente reconocibles.

A cada árbol de la parcela se le mide el dap y se le da una calificación por forma, de la manera siguiente:

- 1) **Arboles excelentes:** dominantes o codominantes, rectos, sin bifurcaciones, de ramas más delgadas y horizontales que el promedio, sanos y vigorosos. Conformarán la población final del rodal semillero.
- 2) **Arboles buenos:** dominantes o codominantes, sin bifurcaciones, con sinuosidades leves en el fuste o malas características de ramificación. Algunos o todos podrían permanecer en el rodal si no hay suficientes en la categoría anterior.
- 3) **Arboles inaceptables:** suprimidos, enfermos y/o con defectos importantes en el fuste y/o las copas. Todos deben ser eliminados del rodal.

Se sabe que los rasgos cualitativos como forma del fuste, bifurcación y características de las ramas generalmente están bajo mayor control genético que los rasgos cuantitativos, como volumen (Barnes *et al.* 1980), de manera que la selección deberá hacer énfasis en estos rasgos que normalmente muestran mayor heredabilidad (Hughes y Robbins 1982).

Conociendo el número de árboles aceptables (clases 1 y 2) en la parcela de 1000 m<sup>2</sup>, se puede estimar el número por hectárea (multiplicando el número de árboles en la parcela por 10) y determinar si el rodal cumple con el requisito de número mínimo de árboles aceptables por hectárea para ser clasificado como Rodal Semillero o como Fuente Seleccionada.

La mayoría de los sistemas de calificación de árboles superiores consideran una serie de variables separadas como bifurcación, fuste muy sinuoso, presencia de plagas y/o enfermedades, tallo quebrado y otras, todas las cuales resultan independientemente en rechazo del árbol. Es más lógico agrupar los árboles que presentan uno o más de estos defectos en una sola categoría de 'árboles inaceptables', como se propuso anteriormente, lo cual simplifica y facilita grandemente el proceso de evaluación.

Es importante la medición del dap y de la altura promedio, porque proporciona una indicación de la tasa de crecimiento de los árboles en ese sitio. El dap se puede utilizar como criterio adicional de selección en caso de que haya que decidir entre árboles de características similares.

A partir de la evaluación del rodal, también se pueden derivar recomendaciones acerca del número y tipo de árboles que se deben eliminar para alcanzar la densidad final deseada.

## **Manejo de los rodales**

### ***Aclareos***

El mejoramiento del rodal implica la eliminación de todos los individuos de la clase 3 y tantos de la clase 2 como sea necesario para lograr la densidad final deseada. En un rodal con suficientes árboles de la clase 1 (75-150 ha<sup>-1</sup>), se eliminarán todos los individuos de las clases 2 y 3. La época y el cuidado que se tenga al momento de realizar los aclareos en el rodal semillero, son de gran importancia. La época del aclareo determina cuándo se puede iniciar la cosecha de semillas del rodal. La primera cosecha comercial es aquella que resulta únicamente del cruzamiento entre los árboles seleccionados. Si existen árboles inferiores dentro del rodal al momento de la polinización de la semilla, la calidad de la misma se reducirá aún si no se cosecha semilla de esos árboles. La forma de realizar el aclareo es también importante porque un aclareo descuidado puede causar daños severos e irreversibles a los árboles remanentes, que reduzcan su capacidad de producción de semilla. Para efectuar los aclareos, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- i) La copa de los árboles remanentes se debe liberar al menos tres lados, aunque esto implique la eliminación de otros árboles seleccionados.

- ii) Si hay áreas dentro del rodal que sólo contienen árboles de la clase 3, se deben eliminar todos aunque se formen grandes claros.
- iii) Dado que los rasgos cuantitativos generalmente muestran baja heredabilidad, es recomendable concentrar la selección primero en las características de forma, eliminando árboles bifurcados, sinuosos, de ramas gruesas y ascendentes y de baja capacidad de autopoda. Una vez realizado esto, se marca un segundo raleo dirigido a mejorar la distribución de los árboles y el espaciamiento.
- iv) Puesto que el aclareo es mucho más fuerte que un aclareo silvicultural típico, es importante considerar el riesgo de volcamiento por viento si se abre la plantación en forma drástica en una sola intervención. Los aclareos se pueden realizar en dos o tres etapas, a lo largo de un período de dos o más años. En rodales que ya han sido raleados, es posible que una sola intervención sea suficiente para obtener la densidad final deseada.

### ***Aislamiento***

El aislamiento total del rodal de fuentes contaminantes de polen es casi imposible de lograr, pero se pueden tomar medidas para reducir la contaminación a niveles mínimos. Posibilidades para mejorar el aislamiento, dependiendo de la situación: i) eliminar árboles inferiores de la misma especie o de especies que puedan hibridar que se encuentren a menos de 500 m del rodal; ii) dejar una franja de dilución de polen en el rodal, donde también se eliminen los fenotipos inferiores, pero no se utiliza para recolección de semilla. Los árboles de esta franja aportan polen al rodal y sirven como barrera física contra polen contaminante de áreas no manejadas. La franja debe tener un ancho mínimo de 100 m; iii) establecer una zona de dilución de polen alrededor del rodal, que pueda mantenerse limpia o plantarse con otra especie forestal de rápido crecimiento, que no hibridice con la especie del rodal.

Los rodales grandes, de forma aproximadamente circular o cuadrada, pueden ser aislados más efectivamente que los rodales pequeños. Por lo tanto, un rodal grande es preferible que una serie de rodales pequeños dentro de una misma zona (Hughes y Robbins 1982).

### **HUERTOS SEMILLEROS**

Los huertos semilleros pueden ser de dos tipos, dependiendo del tipo de material utilizado para su establecimiento: *huertos semilleros clonales (HSC)* o *huertos semilleros de plántulas (HSP)*. El proceso para establecer un huerto se inicia con la selección de árboles con características fenotípicas sobresalientes (denominados *árboles plus*), en proporción de un árbol seleccionado entre varios miles de árboles evaluados. Normalmente se utilizarán entre 40 y 70 árboles fenotípicamente superiores para el establecimiento del huerto.

## **Huertos Semilleros Clonales**

Para establecer el Huerto Semillero Clonal, se obtienen propágulos vegetativos de los árboles plus y se establecen juntos en una área que favorezca una pronta y abundante floración y fructificación de la especie, que se encuentre lo suficientemente aislada de árboles de la misma especie o de otras especies que puedan hibridizar con la especie del huerto y que facilite la recolección de semilla. La forma tradicional de propagar los árboles es mediante injertos, con material obtenido de la copa de los árboles, ya que esto acelera la producción de semilla. Cuando la especie lo permite, una forma sencilla es obtener estacones leñosos de la copa para posterior enraizamiento. Cada propágulo vegetativo obtenido del árbol plus recibe el nombre de *ramet*, y el conjunto de ramets obtenidos de un mismo árbol conforman un *clon*. El número de ramets necesarios de cada árbol plus depende del tamaño del huerto, del número de árboles seleccionados y del espaciamiento previsto de los ramets en el huerto; por ejemplo, si se dispone de 50 árboles plus para establecer un huerto a un espaciamiento inicial de 5 x 5 m, se necesitan 400 ramets por hectárea de huerto, es decir, ocho ramets de cada árbol seleccionado por hectárea. A un espaciamiento de 5 x 8 m se necesitan 250 ramets por hectárea, lo que equivale a cinco ramets de cada árbol por hectárea.

### ***Espaciamientos***

El espaciamiento entre ramets en el huerto dependerá del hábito de crecimiento de la especie en particular y del nivel de información genética y biológica disponible sobre los clones. Si carece de esta información, como sucede en un huerto de primera generación, se debería utilizar un espaciamiento pequeño, por ejemplo 5 x 5 m o 5 x 8 m, que permita aclareos de depuración. Con base en la información de los ensayos genéticos y el desempeño de los clones en el huerto, normalmente se extraerá entre un 50 y un 60% de los clones iniciales, para terminar con un espaciamiento aproximado de 5 x 10 m u 8 x 10 m. Si se va a establecer un huerto únicamente con material comprobado, se podría utilizar el espaciamiento final desde un inicio (e.g. 8 x 10 m o 10 x 10 m), ya que no sería necesario realizar aclareos severos en el huerto.

### ***Diseños***

Existen muchos diseños posibles para establecer un huerto, pero entre los más comunes están el diseño completamente al azar (con restricciones por adyacencia), el diseño sistemático y el diseño de bloques completos al azar (BCA). En cualquier caso se requiere una distancia de al menos 20 m entre ramets del mismo clon.

En el diseño completamente al azar, los clones se ubican aleatoriamente en toda el área disponible para el huerto, con la única restricción de adyacencia mencionada anteriormente. Este tipo de distribución aleatoria con restricciones

requiere de un programa de cómputo, ya que es sumamente difícil realizarlo manualmente.

El diseño sistemático es una alternativa cuando no se tiene acceso a programas de cómputo, ya que es fácil de realizar manualmente. Los clones se distribuyen secuencialmente a lo largo del área del huerto, dejando las líneas de separación necesarias entre ramets del mismo clon, como se muestra en el ejemplo siguiente para 11 clones:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8
6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5
3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2

Este diseño tiene la desventaja de las "vecindades repetitivas", es decir que cada ramet siempre queda rodeado por ramets de los mismos clones, lo cual limita el rango de posibles cruzamientos dentro del huerto y puede crear problemas de distribución después de los aclareos.

En el diseño de BCA los clones se distribuyen aleatoriamente, pero no a lo largo de toda el área, sino en grupos que generalmente contienen un ramet de cada clon. Cada uno de estos grupos constituye un bloque. El huerto tendrá tantos bloques como sean necesarios para completar el área.

El diseño de BCA es de los más utilizados actualmente por sus múltiples ventajas: la aleatorización se puede realizar fácilmente sin necesidad de programas de cómputo; los bloques pueden adquirir formas diversas para ajustarse al área del huerto y si no se dispone de todos los ramets necesarios para la totalidad del huerto, como sucede generalmente, se pueden establecer sólo algunos bloques e ir ampliando el huerto conforme se disponga de más material. Esto facilita el manejo y mantenimiento del huerto, al concentrar estas actividades únicamente en los bloques establecidos y no en la totalidad del área, como sería necesario desde un inicio en el caso del diseño completamente al azar.

Cualquiera que sea el diseño, tanto a nivel de campo como de oficina, se requiere una identificación exacta y permanente de cada ramet.

### **La comprobación genética**

Para comprobar la calidad genética de los árboles plus se debe recolectar su semilla, producir plántulas y establecerlas juntas para comparar su comportamiento; este tipo de comprobación se conoce como *ensayo de progenies, de descendencias o de familias*. El ensayo de progenies consiste normalmente de 5 a 12 Bloques Completos al Azar con parcelas de 1 a 6 árboles por familia, y se utilizan espaciamientos normales de plantación en un sitio representativo de la zona de



reforestación. Se diferencian de una plantación normal en que se mantiene un control estricto de la ubicación de cada familia dentro del sitio y se utiliza un diseño experimental apropiado que asegure que las diferencias entre familias son mayormente una expresión de sus diferencias genéticas.

En algunos casos, el ensayo de progenies no se establece con semilla originada de los árboles plus originales, sino con semilla producida por los clones del huerto. Esta prueba es tan válida e incluso más precisa que la anterior, pero obviamente retrasa la obtención de resultados, puesto que hay que esperar a que el huerto entre en producción.

### ***Evaluación y selección***

Una vez que el ensayo de progenies alcance una edad suficiente (dependiendo de la especie y los objetivos de la plantación), se evalúan las familias por diversas características de importancia económica y se ordenan de mejor a peor. De esta manera se pueden identificar las mejores familias, o indirectamente, los mejores árboles plus. Estos árboles plus que han demostrado su superioridad genética en los ensayos de progenies pasan a denominarse *árboles élite*. La información generada por los ensayos de progenies se utiliza para seleccionar los mejores clones del huerto clonal, es decir, los clones originados de los árboles élite, y eliminar el resto. Este proceso de eliminación de los clones genéticamente inferiores en el huerto clonal se denomina *aclareo genético* o *aclareo de depuración* y una vez que se lleva a cabo, el huerto se denomina *Huerto Semillero (Clonal) Genéticamente Comprobado*. Normalmente deberá haber un mínimo de 20 clones finales en el huerto.

### **Huertos Semilleros de Plántulas**

El huerto semillero de plántulas es el área resultante después de los aclareos de depuración de un ensayo de progenies. Una vez que los ensayos de progenies hayan servido su propósito principal, que es la evaluación genética de los árboles plus, pueden ser sometidos a aclareos de depuración, que idealmente deben llevarse a cabo a través de un índice combinado de selección. Alternativamente, un método aceptable es la selección a dos niveles: un primer nivel donde se eliminan las peores familias, dejando sólo las parcelas de las mejores familias, y un segundo nivel donde se eliminan los peores árboles dentro de cada familia, para dejar únicamente el mejor árbol por familia. Normalmente deberá quedar un mínimo de 20 familias en el huerto.

Una vez realizado el aclareo, el ensayo pasa a denominarse igualmente *Huerto Semillero (de Plántulas) Genéticamente Comprobado*.

Existe una variante donde se utilizan parcelas de un solo árbol por familia, repetidas 10 o más veces en forma aleatoria dentro del sitio, con el cuidado de mantener una adecuada separación entre árboles de la misma familia, como en el caso de los huertos clonales. Este tipo de ensayo se conoce como Banco de Conservación, e igualmente puede convertirse en HSP después de la eliminación de las familias

inferiores. Esta es una opción atractiva para especies de semilla pequeña y alta producción por árbol, que no requieren huertos extensos. Un ensayo de este tipo para 50 familias y 10 repeticiones, utilizando un espaciamiento de 3 x 3 m, requiere únicamente 4500 m<sup>2</sup>.

El uso de semilla certificada *per se* no garantiza superioridad en cualquier sitio. La semilla certificada debe utilizarse en la misma zona ecológica o en zonas ecológicas similares a aquella donde está establecido el huerto, a menos que exista el respaldo de ensayos genéticos establecidos en la nueva zona de introducción. También se debe recordar que el buen manejo silvicultural es parte esencial en el éxito de las plantaciones.

### **Selección de sitios**

El criterio principal a la hora de seleccionar el sitio para el huerto, es que el ambiente favorezca una producción temprana y abundante de semilla, ya que no todos los sitios son favorables para la floración y fructificación. Diferentes especies tienen diferentes requerimientos, lo cual impide dar recomendaciones específicas. Sin embargo, como reglas generales se deben evitar sitios nubosos o neblinosos, ya que la abundancia de luz es vital para estimular una alta producción de semilla; así como áreas de vientos fuertes que puedan deformar los árboles o causar la caída prematura de flores o semillas. Se deben considerar los siguientes criterios adicionales: i) el área seleccionada debe permitir un diseño tan cuadrado como sea posible, desechando terrenos angostos y alargados; ii) se deben seleccionar sitios planos o con pendientes moderadas, que faciliten el manejo y la recolección; iii) se deben seleccionar terrenos con buen drenaje y iv) el huerto debe tener fácil acceso para visitas, observación frecuente y facilitar las recolecciones.

La capacidad para elegir los mejores sitios es una de las ventajas de los huertos clonales, ya que aquí no interesa el desempeño fenotípico. En el caso de los huertos de plántulas no existe tanta flexibilidad, ya que el objetivo central en este caso es la evaluación de la progenie en sitios actuales o potenciales de reforestación. La conversión de los ensayos de progenies en huertos semilleros sólo es factible si el sitio donde fueron establecidos es también adecuado para la producción de semilla. En algunos casos la especie no florece o no fructifica en los sitios de plantación, y en estos casos no es posible la opción del huerto semillero de plántulas.

### **Manejo de los huertos**

Es difícil generalizar acerca del manejo del huerto, ya que cada especie tiene necesidades diferentes y en muchos casos, no se conocen las técnicas específicas. Lo que sí aplica para cualquier huerto es que son áreas de gran valor, que requieren de cuidados continuos para protegerlas contra incendios, daños causados por el hombre o animales, ataques de enfermedades y plagas, etc. Asimismo, requieren de prácticas

de limpieza, fertilización, podas, etc., que aseguren una producción pronta y abundante de semilla, fácil de recolectar, durante periodos prolongados.

En relación al aislamiento, se deben eliminar árboles inferiores de la misma especie o de especies que puedan hibridizar en un radio de 1 Km o alternativamente, establecer una 'zona de dilución de polen' alrededor del huerto de menos de 100 m de ancho, la cual se puede mantener limpia o plantarse con otra especie forestal de rápido crecimiento, que no hibridice con la especie del rodal.

La elección de una buena vegetación de cobertura entre las hileras de árboles del huerto ayuda a reducir los costos de limpieza, disminuir la erosión, facilitar la cosecha y mejorar la apariencia del huerto. Se deben seleccionar plantas que no causen efectos alelopáticos a los árboles del huerto, que no enreden y que no crezcan o se extiendan demasiado como para que se conviertan en un problema. Algunas especies de leguminosas (e.g. *Arachys* sp.) poseen muchas características deseables y además aportan nitrógeno al suelo. Es conveniente mantener el terreno libre de vegetación a lo largo de las hileras de árboles, o en un círculo alrededor de cada árbol, para facilitar la recolección.

En cuanto a podas, hay básicamente dos razones para realizarlas: para eliminar ramas bajas que dificulten el acceso al huerto o la recolección de semillas y, en el caso de huertos establecidos por injertos, para quitar "ramas inferiores", es decir, aquellas que se originen del patrón y no de la yema seleccionada.

Finalmente, en algunos casos puede ser necesario realizar aclareos puramente silviculturales en el huerto (diferentes de los aclareos de depuración genética), para abrir espacios para el desarrollo de las copas o para remover clones o individuos de floración atípica, de escasa fructificación o aquellos que muestren problemas de adaptabilidad al sitio o susceptibilidad a insectos, enfermedades u otros factores.

### **Protección de áreas de producción de semilla**

La protección de los huertos y otras fuentes semilleras involucra una serie de medidas para evitar daños a los árboles o a la semilla. Si es necesario, se debe cercar el área para evitar el acceso de ganado. Si existe peligro de incendios, se debe mantener una barrera cortafuego en la época seca, de por lo menos tres metros de ancho alrededor de la fuente semillera; asimismo, se debe mantener el área libre de malezas y residuos para evitar la propagación del fuego. La limpieza permanente también facilita las labores dentro del área y la cosecha de semillas.

### **Fertilización**

No es posible generalizar acerca de las necesidades de fertilización, porque las condiciones edáficas y climáticas particulares del sitio, así como la especie involucrada, influyen sobre la respuesta de los árboles a los fertilizantes. Además,

para la mayoría de las especies forestales tropicales, no existe información acerca de dosis, épocas y tipo de fertilizantes a utilizar. Gran parte de los trabajos en fertilización han sido desarrollados para huertos semilleros en otras regiones, por lo cual no se pueden hacer extrapolaciones confiables. Sin embargo, para una gran cantidad de especies, se sabe que la aplicación de fósforo promueve la floración, especialmente en latifoliadas (Greenwood 1977; Hattemer *et al.* 1977; Jett y Finger 1973; Steinbrenner *et al.* 1960; van Buijtenen *et al.* 1971; Zobel y Talbert 1984). El efecto del nitrógeno es controversial; algunos autores han informado que dosis bajas generalmente promueven la floración, mientras que dosis altas la reducen (van Buijtenen *et al.* 1971). En otros casos, se ha sugerido aplicar fertilizantes de fórmula completa en las etapas de crecimiento vegetativo y fertilizantes nitrogenados posteriormente para estimular una buena producción de flores (Lambeth 1992).

Parece haber mayor consenso en cuanto a la época de fertilización, la cual generalmente se recomienda justo antes de la iniciación de la yemas florales (Lambeth 1992; Zobel y Talbert 1984).

La necesidad de fertilización deberá decidirse en cada caso en particular, basada en muestreos del suelo, tratando básicamente de eliminar deficiencias que puedan afectar el crecimiento, vigor y capacidad de floración y fructificación de los árboles del rodal.

## **Registros**

Se deben mantener registros detallados de los huertos y los rodales, que permitan llevar un control preciso de las operaciones y suministrar información completa a los usuarios de las semillas. Se deben mantener formularios con información botánica, climática y geográfica del sitio, detalles del área y del propietario; un registro de recolecciones y almacenamiento, con información sobre el número de árboles recolectados, métodos, estado de los frutos/semillas, cantidad recolectada y resultados de los análisis de las semillas; un registro de observaciones fenológicas, con observaciones sobre foliación, floración y fructificación y hojas de historial, donde se anoten todas las actividades realizadas, así como la observación de eventos naturales relevantes. En el caso de los huertos también se deberá tener información sobre los árboles madre, la composición del huerto, métodos y detalles del sistema de propagación y mapas detallados con la ubicación de los clones o familias.

## **LITERATURA CITADA**

**Barnes, RD.; Gibson, GL.; Bardley, MA.** 1980. Variation and genotype environment interaction in international provenance trials of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and its implications for population improvement and productivity of fast growing species. *In. Proc.*

- IUFRO Symposium on Genetic Improvement and Productivity of Fast Growing Species*, Aguas de Sao Paulo, Brazil, August 1980. 20 p.
- Barner, H.; Olesen, K.; Wellendorf, H. (Comp.).** 1988. Classification and selection of seed sources. Danida Forest Seed Centre, Lecture Note No. B.1. 33 p.
- Cornelius, J.; Masís J.** 1994. Avances en el mejoramiento genético de *Vochysia guatemalensis*. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales, 9:11-15.
- Cornelius, J.; Hernández, M.** 1995. Variación genética en crecimiento y rectitud del fuste en *Gmelina arborea* en Costa Rica. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales, 10:9-12.
- Davis, TD.; Haissig, BE. y Sankhla, N. (eds).** 1988. Adventitious Root Formation in Cuttings. BE Dioscorides Press, Portland, Oregon. 315 p.
- Faulkner, R.** 1962. Seed stands in Britain and their better management. Quart. J. For. 56(1):8-22.
- Greenwood, MS.** 1977. Seed orchard fertilization: optimizing time and rate of ammonium nitrate application for grafted Loblolly pine. *14th South For. Tree Imp. Conf.*, Gainesville, Fla. pp. 164-169.
- Hattemer, HH.; Andersson, E.; Tamm, CO.** 1977. Effects of spacing and fertilization on four grafted clones of Scots pine. *Stud. For. Suec.* 141:1-31.
- Hughes, CE.; Robbins, AMJ.** 1982. Seed stand establishment procedures for *Pinus oocarpa* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in the natural forests of Central America. *Commonw. For. Rev.* 61(2):107-113.
- Jett, JB.; Finger, G.** 1973. Stimulation of flowering in Sweetgum. 12th South For. Tree Imp. Conf., Baton Rouge, La. pp. 111-117.
- Lambeth, CC.** 1992. Huertos semilleros. In Cornelius JP, Mesén F y Corea E (Eds) Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal con Referencia Especial a América Central. Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 103-128.
- Leakey, RRB.; Mesén, F.; Tchoundjeu, Z.; Longman, KA.; Dick, JMcP.; Newton, A.; Matin, A.; Grace, J.; Munro, RC.; Mutoka, PN.** 1990. Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonwealth Forestry Review* 69(3):247-257.
- Leakey, RRB.; Mesén, F.** (1991) Propagación vegetativa de especies forestales: enraizamiento de estacas suculentas. In Cornelius JP, Mesén F y Corea E (eds) Manual sobre Mejoramiento Genético con referencia especial a América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp 113-133.
- Mesén F, Leakey, RRB, Newton, AC.** 1992. Hacia el desarrollo de técnicas de silvicultura clonal para el pequeño finquero. *El Chasqui* 28:6-18.

- Mesén, F. 1994.** Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales. *In* Memorias, I Curso Nacional sobre Selección, Clasificación y Manejo de Fuentes Semilleras, PROSEFOR-ONS-MIRENEM, 11-13 de mayo, 1994, San Carlos, Costa Rica. pp. 45-49.
- Mesén, F. 1994a.** Establecimiento y manejo de rodales semilleros. *In* Memorias, I Curso Nacional sobre Selección, Clasificación y Manejo de Fuentes Semilleras, PROSEFOR-ONS-MIRENEM, 11-13 de mayo, 1994, San Carlos, Costa Rica. pp. 33-44.
- Newton, AC.; Baker, P.; Ramnarine, S.; Mesén, F.; Leakey, RRB.** 1993. The mahogany shoot-borer: prospects for control. *Forest Ecology and Management* 57:301-328.
- Newton, AC.; Leakey, RRB.; Mesén, F.** 1993a. Genetic variation in mahoganies: its importance, capture and utilization. *Biodiversity and Conservation* 2:114-126.
- Palmberg, C.** 1980. Selection and management of seed stands: hardwoods. *FAO Forestry Papers No. 20: 122-123.*
- Quijada, RN.** 1980. Selection of forest trees. *FAO Forestry Papers No. 20: 124-130.*
- Salazar, R.; Boshier, DH.** 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies prioritarias en América Central. *CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico No. 20. 80 p.*
- Steinbrenner, EC.; Duffield, JW.; Campbell, RK.** 1960. Increased cone production of young Douglas-fir following nitrogen and phosphorus fertilization. *Jour. For.,* 58(11):105-110.
- Van Buijtenen, JP.; Donovan, GA.; Long, EM.; Robinson, JF.; Woessner, RA.** 1971 *Introduction to practical forest tree improvement. Texas Forest Service, Circular 207, 17 p.*
- Zobel, B.; Talbert, J.** 1984. *Applied Forest Tree Improvement. New York. Wiley. 505*

## **CLASIFICACION DE FUENTES DE PRODUCCION DE SEMILLAS FORESTALES**

*Francisco Mesén<sup>6</sup>*

### **INTRODUCCION**

Ante el incremento en los programas de plantación de especies forestales en los países de la región y la implementación de sistemas de incentivos a la reforestación, es evidente la necesidad de un sistema de ordenamiento de la producción y utilización de semillas forestales. El fin último de tal ordenamiento es asegurar que el usuario conozca con certeza lo que está recibiendo por su dinero, y no imponer reglas rígidas sobre lo que se puede o no comercializar.

Como un primer paso en este proceso, es necesario conocer los recursos para producción de semilla de buena calidad con que cuenta cada país. Esto permitirá dirigir los esfuerzos hacia el mejoramiento de fuentes semilleras existentes, así como planificar el establecimiento de otras áreas de producción. Dentro de este marco, una de las actividades que desarrolla PROSEFOR conjuntamente con los Centros de Semillas de los países miembros, es el establecimiento de un **Registro Nacional de Fuentes Semilleras**, el cual ofrecerá una descripción detallada del tipo y características de las fuentes semilleras existentes en el país.

Hay varios tipos de fuentes semilleras, desde rodales no manejados hasta huertos semilleros de generaciones avanzadas, genéticamente comprobados. Entre estos extremos existe una gama muy amplia de posibles fuentes semilleras, con diferente potencial en cuanto a calidad genética de la semilla producida. Sin embargo, es posible agrupar estos tipos de fuentes en cinco categorías principales. Este documento presenta sugerencias sobre una posible clasificación de fuentes de producción de semillas, como un primer avance con miras a estandarizar el sistema a nivel de los países de la región.

### **CLASIFICACION DE FUENTES SEMILLERAS**

Conforme se avanza en el proceso de mejoramiento genético de una especie, se logran ganancias genéticas cada vez mayores. La semilla recolectada de un rodal natural no manejado, generalmente dará origen a plantaciones de inferior calidad que la semilla procedente de huertos semilleros genéticamente comprobados (bajo condiciones de sitio y manejo apropiados en ambos casos).

No se puede garantizar el comportamiento de los árboles cuando se obtiene semilla de una fuente desarrollada bajo condiciones ecológicas y/o edáficas diferentes al

---

<sup>6</sup> Genetista Forestal, PROSEFOR

sitio de plantación, no importa qué tan mejorada sea dicha fuente. La única excepción a esto es el caso de fuentes semilleras que tengan el respaldo de pruebas genéticas establecidas en el sitio donde se realiza la reforestación. El descuido al seleccionar la fuente semillera ha sido una de las principales causas del fracaso en muchos programas de reforestación.

Bajo estos principios, se sugiere la siguiente clasificación de fuentes semilleras, categorizadas de mayor a menor ganancia genética potencial.

### **1. Huerto Semillero Genéticamente Comprobado (HSC)**

Un huerto semillero es una plantación de clones o progenies que han sido seleccionados intensivamente con base en ciertas características de importancia económica, aisladas o manejadas para reducir contaminación de polen de árboles inferiores y manejada intensivamente para aumentar la producción de semilla y facilitar su recolección. El Huerto Semillero Genéticamente Comprobado es aquel que tiene el respaldo de pruebas de progenies establecidas y evaluadas en los sitios potenciales de plantación, y que ha sido sometido a los aclareos genéticos necesarios para conservar únicamente los clones o individuos que han demostrado su superioridad.

Además, este tipo de fuente semillera deberá cumplir con los demás requisitos básicos de un huerto semillero, en cuanto a método de selección de árboles, área, diseño, número mínimo de ramets (o individuos), número mínimo de clones (o familias) y distribución de los ramets (o individuos) dentro del huerto.

### **2. Huerto Semillero No Comprobado (HSNC)**

Este es un huerto similar al anterior, pero que no ha sido sometido a aclareos genéticos, ya sea por la ausencia de ensayos genéticos o por la corta edad de los ensayos. Aunque este huerto no tiene el respaldo de pruebas genéticas, la alta intensidad de selección a que han sido sometidos los padres, garantiza una ganancia genética superior a la de otros tipos de fuente semillera, tales como los rodales semilleros y las fuentes selectas o identificadas. Por ese motivo se ubica dentro de una categoría superior.

Un Huerto Semillero No Comprobado puede pasar a la categoría anterior si se llevan a cabo los aclareos genéticos respectivos.

### **3. Rodales Semilleros (RS)**

Los Rodales Semilleros pueden ser rodales plantados o naturales, aislados o manejados para reducir contaminación de polen de árboles inferiores y que han sido sometidos a aclareos de mejoramiento para dejar de 75 a 200 árboles por hectárea con características fenotípicas apropiadas (ver Sección 3).



El Rodal Semillero debe tener una base genética suficientemente amplia; se deben descartar plantaciones originadas con semilla de unos pocos árboles. También se requiere que, al menos un 50% de los árboles del rodal, haya alcanzado el estado de fructificación. El Rodal Semillero debe tener un área mínima de una ha; grupos más pequeños o árboles en hileras NO pueden ser considerados como rodales semilleros.

Los Rodales Semilleros pueden ser desarrollados a partir de:

- rodales naturales
- plantaciones comerciales
- plantaciones piloto, parcelas de validación
- algunos tipos de ensayos genéticos, como las pruebas de procedencias.

Una de las diferencias principales a nivel genético entre los rodales semilleros y los huertos semilleros, es la intensidad de selección: en los rodales semilleros, los árboles finales han sido seleccionados a una intensidad de 1:10 - 1:20, mientras que en el caso de los huertos, cada árbol ha sido seleccionado entre varios miles de árboles evaluados. Por esta razón, si la selección se ha realizado con base en las mismas características fenotípicas, el huerto siempre producirá mayor ganancia genética que el rodal semillero. Los rodales semilleros NO pueden pasar a las categorías anteriores.

#### **4. Fuentes Seleccionadas (FS)**

Estas son rodales que no cumplen con uno o varios de los requisitos establecidos para los Rodales Semilleros, principalmente porque presentan problemas de aislamiento, porque contienen menos de 75 árboles aceptables por hectárea o porque aún no han sido sometidos a los aclareos de depuración (contienen más de 200 árboles por hectárea). Aún así, para ser aceptados dentro de esta categoría, deben poseer una base genética amplia, un área mínima de una ha e igualmente, una densidad tal que permita obtener un mínimo de 75 árboles por hectárea, con al menos un 50% de estos dentro de las categorías de 'árboles aceptables' (ver Sección 3).

Las áreas que se encuentren en esta categoría por problemas de aislamiento o porque aún no han recibido los aclareos necesarios (pero cumplen con el requisito de número mínimo de árboles aceptables por hectárea), pueden pasar a la categoría de Rodal Semillero si se llevan a cabo las acciones correspondientes.

#### **5. Fuentes Identificadas (FI)**

Las Fuentes Identificadas son grupos de árboles que por su baja densidad, por ocupar poca área y/o porque no contienen el número suficiente de árboles aceptables por hectárea, no clasifican dentro de la categoría anterior, pero deben utilizarse temporalmente ante la ausencia de fuentes más avanzadas.

En este grupo se encuentran típicamente:

- parcelas experimentales representadas por un número limitado de individuos,
- pequeños bloques de plantación,
- ensayos genéticos o silviculturales de poca extensión,
- especies del bosque natural que por su naturaleza o debido a la eliminación de bosques, ocurren a bajas densidades o no alcanzan el número mínimo de árboles aceptables por hectárea.

No hay que olvidar los peligros de una reducción excesiva de la base genética del material. Como requisito mínimo, las recolecciones de semilla deberían realizarse de al menos 20 árboles, desechando aquellas fuentes que no permitan cumplir con este requisito. Es de esperar que para una especie prioritaria, este tipo de fuentes sea reemplazado rápidamente por fuentes más avanzadas, que garanticen mejor calidad genética del material.

## **SISTEMA DE REGISTRO NACIONAL DE FUENTES SEMILLERAS**

*Luis Fernando Jara<sup>7</sup>*

### **INTRODUCCION**

En las dos últimas décadas la reforestación ha tomado gran auge, como una opción para recuperar las áreas boscosas perdidas por la intervención antrópica y como una medida para contrarrestar el dióxido de carbono producto de la quema continua de grandes áreas de bosque tropical y de la utilización de combustibles fósiles. Existe, aparentemente, voluntad política de algunos países, financiamiento económico, áreas potenciales para reforestar, necesidad de productos forestales y una gran demanda de leña y carbón en todo el mundo. Sin embargo, aún no se ha hecho realidad tan esperado sueño debido a factores políticos, económicos, sociales y técnicos. Entre éstos últimos encontramos un componente primordial y de trascendental importancia para el desarrollo adecuado de las plantaciones: la semilla forestal o material reproductivo forestal.

En nuestro medio, hablar de semilla forestal mejorada es un tema relativamente nuevo y no se le ha dado la relevancia que merece. Muchos de los proyectos de reforestación en la región tropical han fracasado por la baja calidad física de la semilla, inadecuada selección de la procedencia y baja calidad genética del material utilizado (base genética estrecha, semilla de árboles no seleccionados), entre otras causas técnicas.

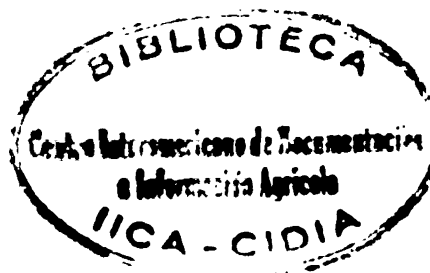
En la mayoría de los países tropicales, el registro y la certificación de semillas y en general de material reproductivo vegetal ha sido canalizado con todo esfuerzo hacia especies agrícolas, especialmente a granos básicos, café, caña, cacao, entre los más destacados. Aún más, en algunos países como El Salvador, existen compañías privadas que han sido autorizadas por el Gobierno para que certifiquen semillas de granos básicos.

Las especies forestales no han entrado en esta etapa de registro ni de certificación, posiblemente por su poca participación dentro del PIB y porque la actividad reforestadora apenas está madurando.

Hace seis años en América Central, se dio comienzo al Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR) del CATIE cuyo objetivo central es el mejoramiento del abastecimiento y de la calidad física y genética del material reproductivo forestal que se utiliza en América Central y República Dominicana para los diversos programas de reforestación.

---

<sup>7</sup> Asistente Técnico, PROSEFOR



Una de las metas del PROSEFOR es la creación y puesta en marcha de los Registros Nacionales de Fuentes Semilleras en cada uno de los países de la región, en los cuales se describen las mejores fuentes de cada país una vez hayan completado el proceso de identificación (exploración), evaluación, selección, clasificación, manejo e inscripción.

## **PERSPECTIVAS**

Con las recientes políticas forestales formuladas en muchos países tropicales (Planes de Acción Forestal), la promulgación de nuevas leyes forestales y las leyes de incentivos económicos y fiscales para la reforestación que existen (Costa Rica, Colombia, Panamá, Guatemala, Chile, Brasil, entre otros), se espera que dentro de un corto plazo se incremente sustancialmente la demanda por semilla de alta calidad física y genética.

Por ejemplo, la estimación de áreas para plantación en América Central y República Dominicana entre 1987 y 1992, basada en los planes de acción forestal disponibles, ascendió a 170.000 ha, siendo una tercera parte para el año 1992. Estas cifras son relevantes y de consideración para el desarrollo del sector forestal regional, teniendo en cuenta que el área total reforestada en la región no supera las 300.000 ha. No obstante, no se logró cumplir con estas metas anuales debido a implicaciones económicas, sociales, políticas y técnicas (Jara 1995a).

Tomando la cifra de las 170.000 ha de plantaciones, la cantidad de semilla que se hubiera requerido para cumplir con estas metas se estimó que podría llegar a 70 toneladas en el mismo período (Danida 1991). Esta cantidad es elevada para la capacidad de operación, recolección y almacenamiento de los bancos de semillas forestales de las instituciones, aparte de no disponer de procedimientos ni criterios objetivos para la selección de fuentes semilleras que cumplan con parámetros mínimos de calidad.

## **EL REGISTRO NACIONAL DE FUENTES SEMILLERAS**

Este registro no es un listado y archivo de las fuentes semilleras seleccionadas e inscritas por sus propietarios o por el Gobierno, y quienes están interesados en la producción y comercialización de la semilla que cosechen de la misma.

Los principales objetivos de crear y mantener un registro nacional de fuentes semilleras son:

- Tener un inventario nacional y la información pertinente de cada una de las mejores fuentes semilleras.

- Facilitar al usuario de la semilla su obtención y utilización.
- Garantizar a los reforestadores material genético de mejor calidad para una zona biogeográfica dada.

Este listado de fuentes semilleras incluye una numeración de cada fuente; será única, invariable y consecutiva, de tal forma que la fuente tendrá siempre un mismo número. En caso de que desaparezca la fuente, el número no se volverá a utilizar. Y si se llegara a reemplazar por otra plantación, se le asignaría un nuevo número, por cuanto el material genético es diferente al originalmente establecido.

El listado contiene además, el nombre científico de la especie, la procedencia y/o origen (sitio, municipio/cantón, departamento/provincia), la clasificación según su calidad genética (Mesén 1995), el nombre del propietario y el área total. Cada fuente además, posee en forma separada un formulario sobre descripción de la fuente, en donde se incluye información taxonómica, geográfica, climática y silvicultural (tipo, densidad, intervención, grado de aislamiento, entre otros)(ver formulario sobre descripción de fuentes semilleras).

El registro nacional es creado y manejado por los Centros y Bancos de Semillas Forestales u Oficinas Nacionales de Semillas, dependiendo de la denominación en cada país. Es deseable que el registro sea de la responsabilidad de una entidad gubernamental, la cual deberá tener un criterio imparcial para ingresar o para rechazar la inscripción de fuentes por parte del sector privado o del mismo Gobierno.

## **PROCESOS PARA ESTABLECER EL REGISTRO**

En primera instancia, el Banco de Semillas debe establecer, criterios claros y objetivos, las especies que está interesado en registrar con base en el programa nacional de reforestación o demanda de material vegetal forestal. Una vez definidas las especies, se debe anunciar al público en general sobre el interés que tiene el Banco por recolectar y producir semilla de las especies determinadas, para así recibir información sobre fuentes candidatas para entrar en el proceso de identificación, evaluación y selección.

Los propietarios de las plantaciones o bosques naturales que estén interesados en producir y registrar sus fuentes, se comunicarán con el Banco de Semillas para que éste practique una visita a la fuente y determine su posibilidad de entrar en el proceso de evaluación. Los criterios para determinar si está en condiciones de ser incluida o no, son presentadas por Jara (1995).

En caso de no llenar los requerimientos técnicos básicos, se le informará de inmediato al propietario; si cumple con las normas establecidas, entra en el proceso de evaluación y selección, que está explicado por Jara (1995) y Mesén (1995) respectivamente. En esta fase se completan los formularios de evaluación de calidad y

de descripción de fuentes semilleras. La evaluación y calificación servirá para aplicar un criterio objetivo y comparar con otras fuentes de la misma especie dentro y entre zonas biogeográficas.

Para ingresar al registro, el propietario deberá manifestar su interés mediante solicitud al Banco de Semillas, el cual lo inscribirá y le asignará el número correspondiente. Este proceso es continuo, ya que a medida que se establezcan nuevas plantaciones, se ingresarán mejores fuentes al registro, convirtiéndolo en un sistema dinámico que cada vez incluirá el material reproductivo forestal de mejor calidad.

Periódicamente, el Banco de Semillas deberá publicar en los diarios de mayor circulación nacional, avisos alusivos al registro nacional, indicando las fuentes inscritas hasta la fecha, como también las novedades presentadas como aquellas que desaparecen y las que ingresan. Este aspecto es muy importante, ya que es una de las formas de hacer conocer al público en general y particularmente a los usuarios de las semillas, sobre el nuevo material genético con calidad garantizada.

## **FUENTES SELECCIONADAS**

Las fuentes seleccionadas se clasifican dentro de las siguientes categorías (Mesén, 1995):

- Huerto semillero genéticamente comprobado (HSGC)
- Huerto semillero no comprobado (HSNC)
- Rodal semillero (RS)
- Fuente seleccionada (FS)
- Fuente identificada (FI)

El orden está presentado en forma descendente, de la mejor calidad genética (HSGC) a la menor calidad (FI), pero esta última a su vez mejor que el promedio de la región sin selección. Las características de cada una de estas categorías está ampliamente explicada por Mesén, (1995).

## **VENTAJAS DEL REGISTRO**

Se pueden resumir de la siguiente forma:

- ◆ Mantiene la identidad de la semilla y del material vegetativo, lo que permite volver a utilizar el material dependiendo de sus resultados.
- ◆ Asegura al usuario la semilla y la calidad de la misma, ya que este no puede observar las diferencias genéticas a simple vista; estas se notarán a largo plazo.

- ◆ Además de la procedencia, informa sobre las características que se han mejorado.
- ◆ Uniformiza la información general (formulario) y los precios dentro de las mismas categorías.

## **DESVENTAJAS DEL REGISTRO**

Se pueden resumir así:

- ◆ El proceso de control es oneroso, ya que implica visitas periódicas en el momento de la cosecha. Es imposible controlar el 100 % de todo el proceso desde la recolección hasta que las plantas llegan a su destino. Existirá algún tipo de fraude con el origen. Los costos del servicio de control serán cubiertos por los mismos productores.
- ◆ Se puede convertir en un sistema burocrático si no existe la institución ágil y con legislación clara y objetiva.
- ◆ Hay que uniformizar formularios, cuando no es costumbre hacerlo.
- ◆ Por ser un sistema extenso, puede atrasar la recolección y distribución de las semillas. Esto puede ser crítico para ciertas especies cuya semilla es de corta viabilidad o que requieren de condiciones especiales para su procesamiento y/o almacenamiento.

## **CONCLUSION**

Es importante tener en todos los países un registro con líneas comunes, sencillo y voluntario que contenga los elementos necesarios para su identidad y descripción.

## **REFERENCIAS**

- DANIDA.** 1991. Apoyo a la producción de semillas forestales en América Central. Informe de análisis, febrero de 1991. Uso oficial, Danida ref. No. 104, América Central. 41 p.
- Jara, L.F.** 1995. Identificación y selección de fuentes semilleras. Curso nacional Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. CONIF - CATIE - PROSEFOR. Bogotá, Colombia. Junio 27 a 30 de 1995.

**Jara, L.F. 1995a.** Objetivos y proyecciones del PROSEFOR. Curso nacional Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. CMG-BSF - CATIE - PROSEFOR. La Leona, León, Nicaragua. Marzo 20 - 24 de 1995. p: 1- 10

**Mesén, F. 1995.** Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales. Curso nacional sobre identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. CONIF - CATIE - PROSEFOR. Bogotá, Colombia. Junio 27 a 30 de 1995.



## **PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE SEMILLAS DE ESPECIES FORESTALES EN AMERICA CENTRAL**

*Luis Fernando Jara N.<sup>1</sup>*

### **INTRODUCCION**

El Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR) del CATIE tiene como objetivo general mejorar la calidad física y genética de las semillas forestales que se utilizan en los programas de reforestación en América Central y República Dominicana. Una de las estrategias para cumplir con este objetivo, es apoyar la formación de grupos o asociaciones de productores de semillas forestales del sector privado principalmente, para que se organicen e incorporen al proceso de mejoramiento y comercialización de este insumo en la región.

Para ello, el PROSEFOR ha realizado una serie de seminarios informativos y de preparación para la conformación de estos grupos, en los cuales han surgido dudas e interrogantes sobre la bondad técnica y económica, para tomar la decisión de incorporarse al proceso de comercialización de las semillas. Algunas de estas incógnitas se relacionan con el desconocimiento, tanto de los productores como de PROSEFOR sobre: la producción de semillas por individuo o por unidad de área, sobre los rendimientos y costos de recolección y procesamiento; calidad física y fisiológica de las semillas y sobre la fijación de los precios de venta del producto, entre los más destacados.

Atendiendo a estas demandas de carácter técnico y económico, el PROSEFOR consideró relevante realizar un estudio indicativo para valorar la producción de frutos y semillas y los rendimientos de recolección y procesamiento de las especies prioritarias para América Central. Este estudio permitirá satisfacer en gran medida, las solicitudes de los productores y contribuirá al conocimiento sobre estos aspectos.

Este estudio indicativo es de carácter exploratorio y los resultados son, preliminares y de avance, ya que únicamente se cuenta con información de dos años. El proyecto pretende continuar el muestreo por dos años más, y de esta forma obtener información más confiable y determinar las fluctuaciones anuales en producción y rendimiento.

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la producción y los rendimientos de recolección y procesamiento de semillas de especies forestales tropicales prioritarias para América Central.

---

<sup>1</sup> Asistente Técnico, PROSEFOR - CATIE, Turrialba, Costa Rica

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

El estudio cubre 17 especies forestales sobre las cuales pretende lograr los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la producción de semillas en fuentes semilleras seleccionadas en El Salvador, Guatemala y Costa Rica.
- Estimar los rendimientos de mano de obra para la recolección y procesamiento de las semillas.
- Establecer las relaciones entre fruto fresco y semilla seca y limpia después del procesamiento.

## **METODOLOGIA DE TRABAJO**

### **1.- Selección de especies**

Las 17 especies seleccionadas se encuentran dentro de un listado de treinta especies prioritarias, seleccionadas bajo el criterio de mayor demanda de semillas en América Central y República Dominicana. Los nombres de las especies y la localización geográfica de los sitios se describen en el Cuadro 1.

### **2.- Sitios de recolección**

Se realizó un total de 34 muestreos en diferentes sitios: en El Salvador (7), Guatemala (17) y Costa Rica (10). Para *E. citriodora*, *T. grandis*, *A. jorullensis*, *S. macrophylla*, *C. lusitanica*, *P. tecunumanii*, *P. oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. pseudostrobus*, *C. odorata* y *T. rosea*, se muestreó más de un sitio bajo diferentes condiciones ambientales en El Salvador y Guatemala. Además se tomó información por dos años para las especies y sitios *E. camaldulensis* (Tihuilocoyo), *E. citriodora* (Sta. Bárbara) y *T. grandis* (Talcualuya) todas en El Salvador. Las características climáticas y geográficas de los sitios de muestreo e información sobre las fuentes semilleras, se presentan en el Cuadro 2.

Nueve de los rodales muestreados son plantaciones y 25 son bosques naturales; solamente diez de las fuentes han sido manejadas técnicamente para su mejoramiento y producción de semillas. Según la clasificación de fuentes semilleras de PROSEFOR (Mesén 1994), 24 fuentes (70.6%) corresponden a fuentes identificadas (F.I.), 8 (23.5%) a fuentes seleccionadas (F.S.) y solamente 2 (5.9%) corresponden a la mejor calidad de rodales semilleros (R.S.).

### 3.- Metodología

#### 1.- Producción de frutos y semillas.

En cada uno de los rodales seleccionadas, se procedió, en primera instancia, a tomar toda la información general del sitio y sobre el rodal utilizando los formularios elaborados para este propósito. Posteriormente, se levantó información de una o dos parcelas de 1.000 m<sup>2</sup>, dependiendo de la variabilidad del terreno, para determinar los siguientes parámetros:

**Cuadro 1. Lista de especies forestales y localización de los sitios.**

Nombre Científico	Nombre común	Sitio	Municipio ó Cantón	Depto./ ó Provincia	País
1. <i>Alnus jorullensis</i>	Jaúl	Prusia	Oreamuno	Cartago	Costa Rica
2. ""	Aliso	Fca. Caleras	Tecpán	Chimaltenango	Guatemala
3. ""	Aliso	Parc. Pachalli	Santiago	Sacatepéquez	Guatemala
4. ""	Jaúl	Rcho.Redondo	Goicoechea	San José	Costa Rica
5. <i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Fca. El Tesoro	Obero, Masagua	Escuintla	Guatemala
6. ""	Cedro	Fca. Villa Mélida	Obero, Masagua	Escuintla	Guatemala
7. <i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Bribri	Talamanca	Limón	Costa Rica
8. <i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	Coris	Cartago	Cartago	Costa Rica
9. ""	Ciprés	Prusia	Oreamuno	Cartago	Costa Rica
10. <i>Eucalyptus citriodora</i>	Eucalipto	Hacienda. Sta.Bárbara	Olocuilta	La Paz	El Salvador
11. ""	Eucalipto	Hacienda El Sunza	Izalco	Sonsonate	El Salvador
12. <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto	Hacienda Tihuilocoyo	Santiago	La Paz	El Salvador
13. <i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto	Charrara	Paraiso	Cartago	Costa Rica
14. <i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Santa Cruz	Tamarindo	Guanacaste	Costa Rica
15. <i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Nicoya	Nicoya	Guanacaste	Costa Rica
16. ""	Leucaena	Hda. El Jícaro	Izalco	Sonsonate	El Salvador
17. <i>Pinus maximinoi</i>	Pino	Fca. Los Martínez	San Raimundo	Guatemala	Guatemala
18. ""	Pino	Fca. Sta. Fé Ocaña	S.J. Saca- tepéquez	Guatemala	Guatemala
19. <i>Pinus oocarpa</i>	Pino ocote	El Pinalón	San Pedro Pinula	Jalapa	Guatemala
20. <i>Pinus oocarpa</i>	Pino ocote	La Brea	Quezada	Jalapa	Guatemala
21. <i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino	----	Tecpán	Chimaltenango	Guatemala
22. ""	Pino	----	Alaska	Totonicapán	Guatemala
23. <i>Pinus tecunumanii</i>	Pino	Fca. Chuacús	San Jerónimo	Baja Verapaz	Guatemala
24. ""	Pino	Fca. San Jerónimo	San Jerónimo	Baja Verapaz	Guatemala

Nombre Científico	Nombre común	Sitio	Municipio ó Cantón	Depto./ ó Provincia	País
25. <i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	Sardinal	Puntarenas	Puntarenas	Costa Rica
26. <i>Swietenia humilis</i>	Caoba	Las Camelias	Río Bravo	Suchitepéquez	Guatemala
27. <i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	Sta. Rosa	Liberia	Guanacaste	Costa Rica
28. <i>Tabebuia rosea</i>	Roble	Fca. Villa Mérida	Obero, Masagua	Escuintla	Guatemala
29. ""	Roble	Fca. Anabella	Las Guacas Masagua	Escuintla	Guatemala
30. <i>Tectona grandis</i>	Teca	Hda. Talcualhuya	San Juan Opico	La Libertad	El Salvador
31. ""	Teca	Hda. Santa Teresa	Armenia	Sonsonate	El Salvador
32. ""	Teca	Hda. El Sunza	Izalco	Sonsonate	El Salvador
33. ""	Teca	Fca. Las Tecas	Cuyotenango	Suchitepéquez	Guatemala
34. ""	Teca	Fca. Albertina	San Andrés Villaseca	Retalhuleu	Guatemala

Cuadro 2.- Descripción general de las fuentes semilleras.

Fuente semillera	Sitio	Zona vida	Altitud (msnm)	Long. (° ' )	Latit. (° ' )	Precip. (mm/año)	Temp. (° C)	Tipo rodal *	Edad (años)	Area (ha)	Densidad (arb/ha)	Número raleos	Clasificación
<i>Alnus jorullensis</i>	Prusia	bh-MB	2650	83 53	9 58	1516	15.1	P	--	0.5	251	1	F.I.
"	Fca. Caleras	--	2500	90 59	14 48	--	--	N	--	1.0	260	0	F.I.
"	Parc. Pechalli	--	2160	90 39	14 38	--	--	N	--	0.3	120	0	F.I.
"	Rcho.Redondo	Bh-MB	1780	83 57	9 57	2497	16.0	N	--	--	161	0	F.I.
<i>Cedrela odorata</i>	Fca. El Tesoro	--	35	90 46	14 01	--	--	N	--	--	Dispersos	0	F.I.
"	Fca. Villa Mérida	--	35	90 48	14 01	--	--	N	--	--	Dispersos	0	F.I.
<i>Cordia alliodora</i>	Bribri	bmh-t	60	82 54	9 33	2771	26.0	AF	--	200	90	0	F.I.
<i>Cupressus lusitanica</i>	Coris	bh-P	1440	83 59	9 52	1329	19.8	P	--	0.6	292	3	F.S.
"	Prusia	bh-MB	2650	83 53	9 58	1516	15.1	P	--	0.5	1111	0	F.I.
<i>Eucalyptus citriodora</i>	Hacienda. Sta. Bárbara	bh-t	380	89 07	13 33	1969	26.5	P	17	0.5	270	3	R.S.
"	Hacienda El Surza	bh-PM	600	89 34	13 45	2274	24.2	P	14	2.5	240	3	F.S.
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Hacienda Tihuilocoyo	bh-T	20	88 58	13 27	1727	26.8	P	10	2.0	250	3	F.S.
<i>Eucalyptus deglupta</i>	Charrara	bh-PM	700	83 48	9 49	1926	21.0	P	--	1.0	480	1	F.I.
<i>Glinclidia sepium</i>	Santa Cruz	bh-T	10	85 51	10 18	1882	27.5	N	15	5.0	210	0	F.I.
<i>Leucaena leucocephala</i>	Nicoya	bmh-T	160	85 27	10 09	2232	26.0	Cerco	13	200 m	3 ml	0	F.I.
"	Hda. El Jicaro	bh-ST	700	89 46	14 00	1853	28.0	P	5	2.5	1180	1	F.S.
<i>Pinus maximinoi</i>	Fca. Los Martínez	bh-S	1800	90 36	14 45	1100	18.5	N	--	6.0	245	0	F.I.
"	Fca. Sta. Fé Ocaña	bh-S	1460	90 42	14 43	1349	23.0	N	--	8.0	170	0	F.I.
<i>Pinus oocarpa</i>	San Pedro Pinula	--	1115	90 03	14 10	1100	25.0	N	--	6.0	200	0	F.I.
"	La Brea	--	1350	89 57	14 39	1100	25.0	N	--	4.0	150	0	F.I.
<i>Pinus pseudostrobus</i>	Tecpán	Bh-MB	2170	91 00	14 45	1300	16.0	N	--	--	190	0	F.I.
"	Alaska	Bmh-M	2785	91 16	14 50	2500	10.0	N	--	--	80	0	F.I.
<i>Pinus tecunmanii</i>	Fca. Chuacús	bh-S	1850	90 16	14 59	1500	21.0	N	--	44.0	120	2	R.S.

Fuente Semillera	Sitio	Zona vida	Altitud (msnm)	Long. (°')	Lat. (°')	Precip. (mm/año)	Temp. (° C)	Tipo rodal *	Edad (años)	Area (ha)	Densidad (arb/ha)	Número raleos	Clasificación
<i>Pinus tecunumanii</i>	Fca. San Jerónimo	bmh-S	1650	90 05	15 01	1500	17.9	N	--	2.0	230	0	F.S.
<i>Swietenia macrophylla</i>	Sardinal	bh-T	70	84 50	10 07	2274	24.0	N	--	--	8-10	0	F.I.
<i>Swietenia humilis</i>	Las Camelias	bh-ST	100	91 20	14 23	2016	27.5	P	45	0.5	Dispersos	0	F.I.
<i>Swietenia macrophylla</i>	Sta. Rosa	bhT	366	85 86	10 53	1839	24.5	N	--	--	Dispersos	0	F.I.
<i>Tabebuia rosea</i>	Fca. Villa Mérida	bmh-S	35	90 48	14 01	--	--	N	--	--	Dispersos	0	F.I.
"	Fca. Anabella	bmh-S	37	90 52	14 03	--	--	N	--	--	Dispersos	0	F.I.
<i>Tectona grandis</i>	Hda. Takushuya	bh-ST	400	89 20	13 56	1753	23.8	P	15	4.6	240	0	F.S.
"	Hda. Santa Teresa	bh-ST	470	89 28	13 46	1672	23.8	P	19	2.5	590	1	F.S.
"	Hda. El Sunza	bh-PM	600	89 34	13 45	2274	24.2	P	14	2.5	240	3	F.S.
"	Fca. Las Tecas	bmh-S	140	91 23	14 25	--	--	P	17	5.0	265	0	F.I.
"	Fca. Albertina	bmh-S	100	91 35	14 23	--	--	P	5	0.6	370	1	F.I.

\* P: plantado; N: Natural

- Calificación de árboles por categoría 1, 2 ó 3 según PROSEFOR (Mesén 1994).
- Árboles susceptibles de ser escalados por operarios.
- Número total de árboles (densidad por unidad de área).

En cada parcela fueron seleccionados cinco árboles en Costa Rica y diez en El Salvador y Guatemala. Los árboles debían ser dominantes, vigorosos, con abundantes frutos y semillas maduras y con altura y diámetro similares. A cada árbol se le tomó la siguiente información:

- Altura total (m) tomada con hipsómetro (con aprox. 0.2m).
- Diámetro a la altura del pecho (dap) tomado con cinta diamétrica (con aprox. 0.1 cm).
- Diámetro medio de la proyección de la copa sobre el suelo en sentido N-S y E-O (con aprox. A 0.1 m).

Para la recolección de los frutos, se empleó un escalador y dos asistentes. Para ascender al árbol, el escalador utilizó escalera de manila en El Salvador y manilas y espuelas en Costa Rica y Guatemala; y se utilizó una tijera podadora de extensión para cortar las ramas y/o frutos de la copa. Sobre la base del árbol se extendió un plástico negro para coleccionar las ramas con los frutos cortados. De las ramas se cortaron los frutos maduros y en proceso de maduración; se retiraron hojas, ramas gruesas y delgadas.

Se recolectaron todos los frutos y/o semillas de cada árbol accesibles al escalador en forma individual y en el campo se pesaron en balanza con aproximación a 0.1 kg. Los frutos y/o semillas fueron transportados en sacos de lona para su procesamiento al Banco de Semillas del Servicio Forestal de El Salvador, Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) de Guatemala y al Banco de Semillas Forestales del CATIE (BSFC) en Costa Rica. En la mayoría de los casos, se dejó entre un 20 a un 25% de frutos en el árbol.

Las semillas fueron secadas al ambiente y a pleno sol; las de aliso y caoba, bajo sombra. Después de separar los frutos y la basura, se pesó la semilla limpia y seca en balanza de precisión con aproximación al 0.01 kg.

El paso siguiente fue analizar otras variables:

- Producción de frutos por árbol.
- Producción de semillas limpias y secas por árbol.
- Área de proyección de la copa.
- Relación de peso fruto/semilla seca y limpia.
- Cálculo del coeficiente de variación (%) para cada variable.

## 2.- Rendimiento de recolección y procesamiento.

Para el caso de El Salvador, se contrató un equipo de dos operarios de la región, con algún grado de destreza en escalamiento de árboles, para recolectar frutos/semillas de cada fuente seleccionada. Al final de la jornada normal de trabajo, se pesaron en balanza con aproximación a 0.1 kg todos los frutos/semillas libres de ramas y hojas recolectados de los árboles en conjunto. Esta tarea se repitió durante tres días consecutivos, con los mismos operarios y siempre dentro de la fuente delimitada. En Guatemala y Costa Rica se realizó esta actividad con dos operarios del BANSEFOR y del BSFC respectivamente.

Se registró el tiempo que tomó un operario para el secado y limpieza manual diariamente. Al final del procesamiento (de 4 a 30 días), se pesó la semilla seca y limpia, se totalizó el tiempo del operario y se almacenó la semilla en el respectivo Banco.

En oficina se complementó la información realizando los siguientes cálculos:

- Rendimiento de recolección de frutos/semilla (kg/h/d).
- Rendimiento de procesamiento de semilla (kg/h/d).

## 4.- Resultados

### 1.- Producción de semillas.

***Alnus jorullensis*:** El Cuadro 3 muestra la producción de frutos y semillas promedio por árbol para el jaúl o aliso en cuatro sitios en Costa Rica y Guatemala. No se observó diferencia significativa entre las fuentes de cada país, a pesar de estar en condiciones ambientales y densidades distintas. Sin embargo, se nota una clara tendencia de mayor producción en las fuentes de Costa Rica, debido al mayor tamaño de los árboles. La producción promedio por árbol de semilla limpia y seca osciló entre 51 y 79 g, inferior a la encontrada por Murillo *et al.* (1993) quienes realizaron una estimación de producción de semilla de un rodal semillero de jaúl, y lograron 250 g de semilla completa por árbol, entre árboles dominantes y fértiles. En esta especie se requiere recolectar entre 13 y 23 kg de frutos para obtener un kg de semilla limpia y seca. Se observa además, alta variación en la producción de frutos entre árboles dentro de cada uno de los sitios.

***Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*:** El Cuadro 4 resume los resultados de producción para estas dos especies. El *C. odorata* mostró alta variación entre los sitios, a pesar de que ambos son bosques naturales dispersos en una misma región. Se observó que la variación se debe principalmente al tamaño de los árboles seleccionados, ya que la Finca El Tesoro tiene árboles con mayor diámetro y área de copa promedio. También se observó alta variación entre los árboles dentro de las dos sitios. Un árbol produce entre 0.5 y 1.8 de semilla limpia y seca y para obtener un kg se requiere de 20 kg de frutos.



**Cuadro 3.- Producción de frutos y semillas de *A. jorullensis* en Costa Rica y Guatemala.**

Especie	Sitio	dap (cm)	Altura total (m)	Peso frutos (kg/árbol)	Peso semillas (kg/árbol)	Relación fruto/sem.	Producción semilla (kg/ha)
<i>Alnus jorullensis</i> C.V. (%)	<u>Costa Rica:</u> Prusia	51.2	33.8	9.8	0.79	12.48	100.0
		20.9	9.0	57.5			
"	Rancho Redondo	64.1	34.4	8.9	0.62	13.30	50.0
		27.4	15.5	50.7			
"	<u>Guatemala:</u> Parc. Pachalli	23.9	11.3	11.1	0.53	20.91	30.0
		15.8	14.1	74.4	61.3		
"	Fca. Caleras	31.9	18.9	11.8	0.51	23.22	70.0
		24.1	21.4	47.5	55.3		

La producción de *C. alliodora* fué de 1.3 kg/árbol, similar a las reportadas por Salazar y Boshier (1989) entre 0.3 y 2.0 kg/árbol/año. Se necesitan casi 8 kg de frutos para obtener un kg de semilla limpia y seca.

**Cuadro 4.- Producción de frutos y semillas de *C. odorata* y *C. alliodora* en Guatemala y Costa Rica.**

Especie	Sitio (Procedencia)	dap (cm)	Altura total (m)	Área de copa (m <sup>2</sup> )	Peso frutos (kg/arb)	Peso semillas (kg/arb)	Relación fruto/sem
<i>Cedrela odorata</i> C.V.(%)	<u>Guatemala:</u> Fca. El Tesoro	45.28	17.1	130.1	33.32	1.73	19.3
		20.5	17.3	60.0	95.3	116.2	
"	<u>Guatemala:</u> Fca. Villa Mérida	37.04	17.1	77.1	10.27	0.46	22.3
		15.5	14.3	23.0	55.0	47.9	
<i>Cordia alliodora</i> CV (%)	<u>Costa Rica:</u> Bribri	45.3	31.8	156.4	9.8	1.30	7.5
		15.3	11.1	40.9	46.7	53.4	

*Cupressus lusitanica*: Existen diferencias altamente significativas entre las dos fuentes estudiadas: Coris produjo menos semillas debido posiblemente a ser una plantación de menor edad y crecimiento (Cuadro 5). Esta fuente llegó a producir casi 400 g de semilla seca y limpia por árbol y se requiere recolectar 12 kg de frutos verdes para obtener un kg de semilla limpia y seca. En Prusia la producción fue mayor (610g/árbol) y requiere recolectar 30 kg de frutos para obtener un kg de semilla limpia y seca. Estos resultados son similares a los de Salazar y Boshier (1989) de 500 g/árbol/año.

**Cuadro 5: Producción de frutos y semilla de *Cupressus lusitanica* en Costa Rica.**

Especie	Sitio	dap (cm)	Altura total (m)	Peso frutos (kg/árbol)	Peso se millas (kg/árbol)	Relación fruto/sem.	Producción semilla (kg/ha)
<i>Cupressus lusitanica</i> C.V. (%)	Prusia	52.67	17.47	18.84	0.61	30.1	75.0
		11.1	15.0	30.7			
""	Coris	31.24	25.75	4.73	0.39	12.1	60.0
		13.7	16.1	57.1			

*Eucalyptus citriodora*, *E. camaldulensis* y *E. deglupta*: Un resumen de los resultados de producción de frutos y semillas se presenta en el Cuadro 6 para las tres especies. A pesar de haber seleccionado árboles relativamente similares en tamaño, con coeficientes de variación bajos, el área de copa y la producción de frutos y semillas, tienen en la mayoría de los casos alto grado de variación entre árboles de la misma especie y en el mismo sitio.

*E. citriodora*: Presentó alta variación tanto entre árboles como entre años de recolección; para el caso de El Sunza la producción bajó en 50% entre 1994 y 1997 a pesar de tener una producción similar de frutos; mientras que en Sta. Bárbara la producción se mantuvo relativamente estable. Para recolectar un kg de semilla limpia y seca, se requiere en promedio 38 kg de frutos.

*E. camaldulensis*: La producción se mantuvo relativamente similar entre los dos años de muestreo, llegando a obtenerse un promedio de 1.6 kg de semilla limpia y seca por árbol.

*E. deglupta*: Existe información para un solo año, presentando una producción por árbol de 0.7 kg y se requieren 41 kg de frutos para lograr un kg de semilla limpia y seca. Los resultados de producción obtenidos para esta última especie son similares con los de Salazar y Boshier (1989) de 0.1 a 0.7 kg/árbol/año. Para *E. camaldulensis*, el mismo autor muestra una producción de 0.1 a 0.5 kg/árbol muy inferior a lo encontrado en este estudio.

Para *E. grandis*, Filho y Kageyama (1984) reportan entre 0.42 y 0.67 kg/árbol en Areas de Producción Semilleras (APS) en Brasil, sobre registros tomados durante seis años consecutivos y con una relación de fruto a semilla limpia y seca de 14.5 a 1.0.

**Cuadro 6: Producción de semillas y frutos de tres especies de *Eucalyptus* en El Salvador y Costa Rica.**

Especie (año)	Sitio	dap (cm)	Altura total (m)	Area de copa (m <sup>2</sup> )	Peso Frutos (kg/árb.)	Peso semillas (kg/árb)	Relación fruto/semilla
<i>E. citriodora</i> (1994) C.V (%)	<u>El Salvador:</u> El Sunza	22.7	18.8	23.3	20.9	0.70	31.1
		14.1	10.2	42.4	10.8	11.5	
<i>E. citriodora</i> (1997) C.V (%)	El Sunza	24.4	21.5	33.0	18.1	0.35	51.5
		9.7	15.1	33.7	26.7	57.2	
<i>E. citriodora</i> (1994) C.V (%)	Santa Barbara	24.5	18.8	35.2	17.6	0.7	26.1
		11.3	6.3	19.0	27.0	20.9	
<i>E. citriodora</i> (1997) C.V (%)	Santa Barbara	27.5	22.9	40.1	24.3	0.61	39.8
		8.34	12.0	32.0	39.9	36.5	
<i>E. camaldulensis</i> (1994) C.V. (%)	Tihuilocoyo	34.3	28.0	48.3	18.5	1.7	10.1
		6.7	14.4	26.3	64.6	47.9	
<i>E. camaldulensis</i> (1997) C.V. (%)	Tihuilocoyo	40.6	29.5	117.4	13.8	1.52	9.1
			9.24	16.1	35.3	61.6	
<i>E. deglupta</i> C.V. (%)	<u>Costa Rica:</u> Charrara	48.4	34.0	113.1	25.5	0.7	41.1
		11.7	10.2	39.5	48.5	52.9	

*Gliricida sepium* y *Leucaena leucocephala*: En *G. sepium* se determinó una producción media de 0.2 kg/árbol de semilla, cifra similar a la de Salazar y Boshier (1989) y Salazar (1988) citado por CATIE (1991). Sumberg citado por CATIE (1991) presenta rendimientos de 0.01 kg/árbol en un huerto semillero en Ibadan, Nigeria, con una densidad de 2500 arb/ha, a partir de árboles establecidos por estacas de 1.5m. Se requiere recolectar 35 kg de vainas para obtener un kg de semilla.(Cuadro 7), similar a lo recomendado por CATIE (1991) de 1000 vainas para un kg de semilla.

La producción de semilla por árbol de *L. leucocephala* de Nicoya (Costa Rica) fue de 3.4 kg/árbol, superior a la mencionada por Salazar y Boshier (1989) de tan solo 0.1 a 0.4 kg/árbol/año y por CATIE (1991a) de 0.5 a 1.5 kg/árbol de semilla limpia. Esto se debe posiblemente a que son árboles de un cerco vivo donde recibe sol en el 75% de la copa, y existe menor competencia por nutrientes y agua.

En la plantación de 5 años de edad de la misma especie en El Jícaro, con un raleo y 1110 árboles/ha, la producción fue de 0.49 kg/árbol (Cuadro 7); además, la semilla fue atacada por hongos (*Fusarium*) lo cual influyó en la cosecha.

**Cuadro 7: Producción de semilla de *G. sepium* y *L. leucocephala* en Costa Rica y El Salvador.**

Especie	Sitio	dap (cm)	Altura total (m)	Area de copa (m <sup>2</sup> )	Peso frutos (kg/árb.)	Peso semillas (kg/árb)	Relación fruto/semilla
<i>G. sepium</i>	<u>Costa Rica:</u> Santa Cruz	10.0	7.0	33.9	5.0	0.2	35.1
C.V. (%)		22.0	13.3	29.5	43.9	62.0	
<i>L. leucocephala</i>	Nicoya	29.4	10.8	105.1	7.9	3.4	23.1
C.V. (%)		8.6	11.6	26.1	32.0	32.5	
<i>L. leucocephala</i>	<u>El Salvador:</u> El Jícaro	8.0	9.6	8.2	1.7	0.49	3.5
C.V. (%)		17.5	16.1	41.9	57.9	53.7	

*Pinus maximinoi*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*: En *P. maximinoi* la producción de semilla limpia y seca y la relación de estróbilos-semilla fue similar entre los sitios: se necesita un promedio de 145 kg de estróbilos para obtener un kg de semilla. Sin embargo, los coeficientes de variación indicaron alta variación de la producción entre árboles dentro de cada sitio. La producción por área fue similar entre los dos sitios en bosque natural (3.07 y 2.98 kg/ha).

En *P. oocarpa*, la relación de estróbilos-semilla, para el sitio de San Pedro Pinula es de 313:1 y para La Brea 229:1 kg, para un promedio de 271 kg de estróbilos necesarios para obtener un kg de semilla seca y limpia. Los promedios de producción por árbol variaron entre 0.06 y 0.12 kg; sin embargo, la producción en la fuente con alta densidad fue mayor, debido a que los árboles eran de mayor altura y mayor volumen de copa.

Para *P. pseudostrobus* se observó alta variabilidad entre y dentro de los dos sitios con relación a producción de estróbilos y semillas, a pesar de haberse muestreado árboles de tamaño similar. La procedencia Alaska ha sido sometida a desrrames y extracción de leña y además, se localiza a mayor altitud, lo cual puede haber afectado la producción. Esta fue mayor en Tecpán superando a Alaska en más de un 100 %. Se puede decir que un árbol puede producir en promedio 40 kg de frutos que representan un promedio de casi 0.5 kg de semilla limpia y seca; la relación de fruto a semilla es del orden de 80:1 en promedio. El tamaño de los estróbilos y la semilla de Alaska (mayor altitud) tiende a ser más pequeña.

Se puede apreciar que en *P. tecunumanii*, no existe mucha variación en la producción de semilla por árbol entre sitios, pero sí entre árboles dentro de cada sitio. En la Finca

Chuacús es necesario coleccionar 318.5 kilogramos de estróbilos húmedos para obtener un kg de semilla limpia y seca, mientras que en la Finca. San Jerónimo se necesitan 252.7 kg en peso húmedo de estróbilos, en un bosque mixto con *P. maximinoi* y *Liquidambar styraciflua*. En esta especie en particular, los estróbilos eran pequeños y contenían un máximo de 60 semillas/cono según el muestreo. Sin embargo, la mayoría de semillas de cada estróbilo estaban vacías.

Cuadro 8: Producción de semillas y frutos de tres especies de *Pinus* en Guatemala.

Especie	Sitio	dap (cm)	Altura total (m)	Area de copa (m <sup>2</sup> )	Peso frutos (kg/arb)	Peso semillas (kg/arb)	Relación frutos/semilla
<i>Pinus tecunumanii</i>	Finca Chuacús,	55.66	32.06	113.7	12.42	0.04	
C.V. (%)		16.4	11.2	43.3	60.3	55.8	318.4
""	Fca. San Jerónimo.	59.23	31.15	114.0	11.90	0.05	
		22.8	10.8	39.6	62.9	75.5	252.6
<i>Pinus oocarpa</i>	San Pedro, Pinula	39.49	21.98	86.39	39.49	0.13	
C.V. (%)		10.9	14.7	60.8	42.4	68.9	313.5
""	La Brea	34.89	14.98	59.50	12.26	0.05	
		17.9	18.5	33.8	63.1	31.9	228.9
<i>Pinus pseudostrabus</i>	Tecpán	42.6	20.4	188.5	52.9	0.75	
C.V. (%)		16.3	9.9	16.2	88.2	77.2	70.6
""	Alaska	57.4	21.4	107.9	23.5	0.16	
		17.3	5.7	58.3	12.44	106.0	146.9
<i>Pinus maximinoi</i>	Fca. Los Martínez	58.20	24.50	100.7	14.18	0.09	
C.V. (%)		17.7	9.0	33.0	47.9	45.8	157.5
""	Fca. Sta Fé Ocaña,	52.28	24.30	143.4	9.44	0.08	
		18.8	10.8	42.3	64.8	55.5	133.1

*Swietenia macrophylla*, *S. humilis* y *Tabebuia rosea*: Los árboles de caoba (*S. macrophylla*) están dispersos en los dos sitios y las copas reciben luz permanente. Se obtuvo una producción muy variable entre las dos procedencias debido posiblemente a diferencia en altitud; sin embargo, la relación fruto/semilla se mantuvo relativamente constante; de 40 kg de frutos se obtiene un kg de semilla (Cuadro 9).

La *S. humilis* en Guatemala, presentó menor producción que la *S. macrophylla* debido probablemente al menor tamaño del fruto y semilla; además proviene de una región con estación seca marcada. Para obtener un kg de semilla limpia y seca se necesita recolectar casi 23 kg de frutos verdes. Para las dos especies se observó alta variación

en la producción de frutos y semillas a pesar de que los árboles tenían dimensiones similares.

En el caso de *T. rosea*, hubo poca diferencia entre las fuentes analizadas, posiblemente por encontrarse en condiciones similares de sitio y conformadas por árboles con dimensiones semejantes; además, se trata de árboles dispersos con buena exposición a la luz. La producción media alcanzó 1.2 kg/árbol de semilla y se necesita alrededor de 12 kg de vainas para obtener un kg de semilla (Cuadro 9).

**Cuadro 9: Producción de semillas de *S. macrophylla*, *S. humilis* y *T. rosea* en Costa Rica y Guatemala.**

Especie	Sitio	dap (cm)	Altura total (m)	Area de copa (m <sup>2</sup> )	Peso Frutos (kg/árb.)	Peso semillas (kg/árb)	Relación fruto/semilla
<i>Swietenia macrophylla</i> C.V. (%)	<u>Costa Rica:</u> Sardinal	62.8	19.4	--	138.3	4.2	37.1
		6.8	15.2		24.5	53.1	
"	Santo Rosa	51.7	12.8		37.9	0.48	42.9
		19.1	18.0		52.7		
<i>S. humilis</i> C.V. (%)	<u>Guatemala:</u> Las Camelias	-	-	-	51.0	2.2	-
					34.0	59.3	23.1
<i>Tabebuia rosea</i> C.V. (%)	Fca. Anabella	44.24	18.5	117.3	12.55	1.32	9.5
		23.7	18.8	29.5	46.9	69.9	
"	Fca. Villa Mérida	45.94	17.5	144.2	15.90	1.10	14.5
		13.7	12.0	30.6	48.6	56.9	

*Tectona grandis*: En la Hda. Talcualhuya se realizaron muestreos en los años 1994 y 1997 y se aprecia variación en la producción, lo cual se pudo deber a cambios en las condiciones ambientales cada año. Los demás sitios en El Salvador, produjeron cantidad similar de semillas por árbol oscilando entre 2.5 y 4.2 kg de semilla por árbol (Cuadro 10). En los sitios de Guatemala, la producción fue inferior, especialmente en La Albertina, debido a su edad de 5 años.

La semilla de teca recolectada, casi no contenía humedad y la relación fruto/semilla fue muy cercana a 1. Esta especie tuvo, de moderada a alta variación, entre árboles de la misma edad en relación con la producción de frutos y semillas. Se presentaron variaciones entre los sitios debido a la densidad, edad y manejo de los rodales. Aparentemente, a mayor edad y densidad, mayor producción (Cuadro 10). El rodal de Talcualhuya fue raleado tardíamente y en Santa Teresa sólo se había realizado un raleo. Sin embargo, la producción presentada fué superior a la de Salazar y Boshier (1989) y Chávez y Quesada (1993) de 2.0 y 1.5 kg/árbol/año respectivamente.

**Cuadro 10: Producción de semillas de *T. grandis* en El Salvador y Guatemala.**

Especie	Sitio	dap (cm)	Altura total (m)	Area de copa (m <sup>2</sup> )	Peso frutos (kg/arb)	Peso semillas (kg/arb)	Relación frutos semilla
<i>T. grandis</i> (1994) C.V. (%)	<u>El Salvador:</u> Hda. Talcualhuya	25.1	20.0	28.7	2.2	1.8	1.21
		10.2	8.4	16.6	26.4	32.0	
<i>T. grandis</i> (1997) C.V. (%)	Hda. Talcualhuya	28.1	21.4	43.4	6.9	4.1	1.71
		16.8	11.6	31.8	36.7	22.6	
"	Santa Teresa	35.5	21.0	34.2	5.1	4.2	1.21
		5.3	7.2	10.4	24.7	25.1	
"	El Sunza	32.1	22.8	45.7	6.9	3.9	1.91
		13.74	9.7	17.9	52.8	55.9	
"	Tihuilocoyo	26.6	17.8	61.4	4.6	2.6	1.78
		11.6	11.1	25.8	31.3	21.8	
"	<u>Guatemala:</u> Fca. Albertina	18.83	13.3	27.2	1.28	0.69	1.86
		6.7	4.3	15.8	34.4	35.4	
"	Fca. Las Tecas	29.1	22.2	79.9	3.42	1.52	2.25
		8.5	5.4	25.1	60.9	53.5	

En general, las variaciones presentadas se deben a factores tales como: posición del árbol en el bosque, cantidad de luz recibida por la copa, área de copa, aislamiento, madurez de los frutos, de cosechas anteriores, calidad de los frutos, época de cosecha y estado fisiológico de cada árbol.

Sin embargo, estas cifras pueden dar una idea de lo que un árbol de una especie puede producir bajo ciertas condiciones ambientales, a una edad determinada y con ciertas prácticas de manejo silvicultural.

## 2.- Rendimientos de recolección.

### Costa Rica

La mano de obra para recolectar y procesar las especies en este país, fue de carácter especializado, ya que fueron los operarios del BSFC. Esto implica supuestamente un mayor rendimiento, mejor utilización de los equipos de ascenso y de aplicación de las medidas de seguridad. Para las seis especies cosechadas, el

personal recolector no logró obtener semilla de más de dos árboles por día, debido a su desplazamiento diario desde el CATIE hasta el rodal; esto redujo sustancialmente la jornada efectiva de trabajo. A pesar de que los árboles seleccionados para este propósito fueron de dimensiones similares, se determinó también alta variabilidad en la cantidad de frutos recolectados cada día.

El Cuadro 7 resume los resultados de los rendimientos de mano de obra en recolección en frutos y semillas de las seis especies. Para los dos sitios de *A. jorullensis* las jornadas de trabajo fueron similares; aparte de la diferencia en distancia a los rodales, se presentaron lluvias en el sitio de Prusia durante la cosecha. Los rendimientos estuvieron entre 9 y 11 kg de frutos/h/d que corresponden a 430 y 770 g/h/d de semilla limpia y seca. Esto quiere decir que se requiere de casi un jornal para recolectar un kg de semilla limpia y seca de jaúl. Resultados similares se observan para el ciprés entre 9.5 y 15.7 kg/h/d de frutos que representan 0.65 kg/h/d de semilla.

Los rendimientos del laurel fueron bajos, comparativamente con las demás especies nativas, debido al tamaño de su semilla; árboles muy grandes y al tiempo requerido para seleccionar los individuos con mayor cantidad de semilla madura. De un total de casi 100 kg de frutos cosechados de 10 árboles, se logró rendimientos de recolección de 8.2 kg/h/d de frutos y de 1.1 kg/h/d de semilla limpia y seca. En Colombia, utilizando espuelas para el ascenso de árboles de laurel, corta con podadora de extensión y captación de material en lona sobre el suelo, se obtuvieron rendimientos de hasta 4 kg/hr de frutos (Cortés 1990).

En *E. deglupta* la jornada de trabajo fue de 3.3 h/d, y un rendimiento de 12.7 kg/h/d de frutos y 0.32 kg/h/d de semilla seca y limpia. Esto quiere decir, que para recolectar un kg de semilla seca y limpia de esta especie se requiere un poco más de tres jornales de operario calificado. Su desplazamiento desde el CATIE toma 2 horas (ida y regreso).

Para *Leucaena*, sólo se recolectó entre un 75 y 80% de la semilla de los árboles. Se obtuvo una producción total de 39.5 kg de frutos en dos días, para un rendimiento de 6.6 kg/h/d de frutos, que corresponden a 2.8 kg/h/d de semilla limpia y seca. La jornada de trabajo fue de 3.5 h/d similar a la registrada en Santa Cruz para la especie *Gliricidia sepium*. Para ésta especie se logró recolectar un total de 50 kg de frutos, equivalentes a 1.8 kg de semilla seca y limpia de 10 árboles y un rendimiento de 16.7 kg/h/d de fruto y 0.6 kg/h/d de semilla limpia y seca. Durante el proceso se notó un fuerte ataque de un barrenador, el cual fue identificado por el Proyecto Manejo Integrado de Plagas (MIP) del CATIE como *Acanthoscelides* cf *puellus* de la familia Bruchidae, orden Coleoptera. Este insecto coloca sus huevos dentro de la semilla y sus larvas destruyen el embrión.

El caso de la caoba, por su tamaño y facilidad de recolección el rendimiento fue mayor. Se obtuvo para los dos sitios entre 72 y 95 kg/h/d de frutos que representaron 2.45 y 6.42 kg/h/d de semilla seca y pura, respectivamente. Esto equivale a decir, que un jornal puede recolectar en promedio de 4.5 kg de semilla pura por día.



**Cuadro 11.- Rendimientos de mano de obra para la recolección de semillas de siete especies forestales en Costa Rica.**

Especie	Sitio	Producción total		Rendimiento en recolección		
		Frutos (kg)	Semilla (kg)	Frutos (k/h/d)	Semilla (k/h/d)	Jornada (hr/d)
<i>Alnus jorullensis</i>	Prusia	98.7	6.9	11.0	0.77	4.4
" "	Rancho Redondo	82.5	3.9	9.2	0.43	4.5
<i>Cordia alliodora</i>	Bribí	97.9	13.0	8.2	1.10	3.1
<i>Cupressus lusitanica</i>	Prusia	188.4	6.1	15.7	0.51	3.1
" "	Coris	47.6	3.7	9.5	0.75	4.1
<i>Eucalyptus deglupta</i>	Charrara	70.3	1.8	12.7	0.32	3.3
<i>Gliricidia sepium</i>	Santa Cruz	50.0	1.8	16.7	0.60	3.5
<i>Leucaena leucocephala</i>	Nicoya	39.5	17.0	6.6	2.80	3.5
<i>Swietenia macrophylla</i>	Sta. Rosa	379.0	25.7	94.8	6.42	6.92
" "	Sardinal	718.0	24.5	71.8	2.45	3.3

#### El Salvador

Los operarios que realizaron la recolección y procesamiento eran del mismo sitio y concedores de los árboles de eucalipto y teca. Durante los tres días de muestreo, se les asesoró sobre la utilización del equipo mínimo de ascenso, y las medidas de seguridad. Los rendimientos variaron relativamente, en la medida de la jornada de trabajo y el tamaño de los árboles seleccionados para recolección. En la Hacienda. El Sunza laboraron dos equipos de dos operarios, mientras que en los otros sólo uno. Se notó diferencias marcadas de las jornadas de trabajo en cada región.

El Cuadro 12 muestra los resultados resumidos de los rendimientos de mano de obra en la recolección para cuatro especies en cinco sitios de El Salvador. Para *E. citriodora* se realizaron muestreos en 1994 y 1997 en dos sitios; los rendimientos oscilan entre 16 y 30 kg/h/d de frutos (promedio de 23 kg/h/d) que corresponden entre 290 y 430 g/h/d de semilla procesada. Las variaciones se deben a una mayor jornada de trabajo en 1994 que en 1997. Sin embargo, los rendimientos de recolección de frutos y la jornada de trabajo en 1994 fueron similares entre ambos sitios (22 kg/h/d y 6.3 hr/d), mientras que el rendimiento en la semilla fue relativamente diferente.

Para *E. camaldulensis* también se recopiló información por dos años para el mismo sitio, con un promedio de 8 kg/h/d de frutos que representaron 1.1 kg/h/d de semillas, con la misma jornada de trabajo.

En la Hacienda El Jícaro, en la plantación de *L. leucocephala* con 1.100 arb/ha, el rendimiento fue de 13 kg/h/d de vainas que representaron 2.7 kg/h/d de semilla con 4 horas de jornada diaria, cifras superiores a las de Costa Rica donde los árboles se encuentran en cerco vivo.

Con *T. grandis* en la Hda. Talcualhuya se obtuvieron rendimientos variables en dos años de recolección, debido posiblemente a que en 1996 se realizó un tercer raleo posibilitando mayor amplitud de la copa y mayor producción por árbol (Cuadro 10). El promedio de recolección fue de 5.5 kg/h/d de frutos que produjeron 3.7 kg/h/d de semilla limpia. Los otros sitios presentaron rendimientos similares (Cuadro 12).

**Cuadro 12.- Rendimiento en la recolección de frutos para tres especies forestales en El Salvador.**

Especie	Sitio	Producción Total (kg)		Rendimiento en recolección		
		Frutos (kg)	Semilla (kg)	Frutos (kg/h/d)	Semilla (kg/h/d)	Jornada (hr/d)
<i>Eucalyptus citriodora</i> (94)	Hda. Santa Bárbara	135.0	2.61	22.5	0.43	6.5
<i>Eucalyptus citriodora</i> (97)	Hda. Santa Bárbara	97.5	2.10	16.3	0.35	4.0
<i>Eucalyptus citriodora</i> (94)	Hda. El Sunza	257.4	5.28	21.5	0.37	6.1
<i>Eucalyptus citriodora</i> (97)	Hda. El Sunza	177.0	1.75	29.5	0.29	4.0
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (94)	Hda. Tihuilocoyo	55.2	6.30	6.5	1.23	4.0
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (97)	Hda. Tihuilocoyo	64.7	6.85	10.8	1.14	4.0
<i>Leucaena Leucocephala</i>	Hda. El Jícaro	80.0	16.0	13.3	2.70	4.0
<i>Tectona grandis</i> (94)	Hda. Talcualhuya	18.8	17.0	3.1	2.80	6.0
<i>Tectona grandis</i> (97)	Hda. Talcualhuya	48.8	48.5	8.1	4.75	4.0
<i>Tectona grandis</i>	Hda. Tihuilocoyo	42.0	9.5	7.0	1.58	4.0
<i>Tectona grandis</i>	Hda. Santa Teresa	27.7	23.9	4.6	4.00	6.7
<i>Tectona grandis</i>	Hda. El Sunza	43.7	25.5	7.3	4.25	4.0

## Guatemala

Los rendimientos para cuatro especies de *Pinus* es muy variable (Cuadro 13); no solamente son afectados por la jornada diaria de trabajo, sino por las mismas características de las fuentes y su accesibilidad. En *P. maximinoi*, con la misma jornada de trabajo para ambos sitios, presentó alta variación oscilando entre 1.0 y 1.4 kg/h/d de estróbilos que corresponden a 0.10 y 0.15 g/h/d de semilla. *P. oocarpa* también mostró alta variación; para recolectar un kg de semilla del sitio San Pedro Pinula, se requieren cinco jornales. El otro sitio (La Brea) se caracterizó por menor producción y rendimientos: se necesitan casi 30 jornales para recolectar un kg de semilla.

Para las especies *P. pseudostrobus* y *P. tecunumanii*, las jornadas de trabajo fueron muy variables (hasta del 80%) lo cual incidió en la producción y rendimientos de recolección. Los frutos grandes y pesados de la primera especie hizo que los rendimientos fueran altos (entre 32.7 y 81.5 kg/h/d) pero representa muy poca cantidad de semilla procesada (0.21 y 0.98 kg/h/d). Algo similar ocurre en *P. tecunumanii* donde el tamaño de la semilla también es pequeño, con rendimientos entre 50 y 84 g/h/d.

**Cuadro 13.- Rendimientos de mano de obra para recolección de semillas de cuatro especies forestales en Guatemala.**

ESPECIE	SITIO	PRODUCCION TOTAL		RENDIMIENTO EN RECOLECCION		
		Frutos (kg)	Semilla (kg)	Frutos (kg/h/d)	Semilla (kg/h/d)	Jornada (hr/d)
<i>Pinus maximinoi</i>	Fca. Los Martínez	226.9	1.40	25.21	0.155	5.2
""	Fca. Sta Fé Ocaña	94.4	0.97	10.49	0.108	4.7
<i>Pinus oocarpa</i>	San Pedro Pinula	296.3	1.76	32.92	0.196	4.4
""	La Brea	134.8	0.59	14.98	0.065	4.6
<i>Pinus pseudostrobus</i>	Tecpán	733.2	8.78	81.50	0.976	4.9
""	Alaska	294.4	1.95	32.70	0.216	2.8
<i>Pinus tecunumanii</i>	Fca. Chuacus	209.2	0.43	23.24	0.048	3.6
""	Fca. San Jerónimo	190.4	0.75	21.16	0.084	5.7

### 3. Rendimientos de procesamiento.

Este proceso fue sencillo; realmente no demanda mucha mano de obra, pero si cuidado y personal en los cambios bruscos de clima. En El Salvador, el procesamiento de los frutos recolectados por los operarios se evaluó en cada una de las haciendas y realizó allí mismo. Para los frutos recolectados en las fuentes de Costa Rica y Guatemala, se tomaron de la recolección realizada por los funcionarios del BSFC y BANSEFOR y procesados allí mismo.

El Cuadro 14 muestra un resumen de la mano de obra para el secado y limpieza de la semilla de las doce especies forestales. Los rendimientos son muy variados, pero con un mayor uso de mano de obra en especies con semillas más pequeñas, como *E. deglupta*, *A. jorullensis*, *C. alliodora*, *L. leucocephala* y *G. sepium* o frutos muy grandes como la caoba. La cantidad de frutos procesados son cifras indicadoras y no absolutas, ya que dependen de muchas variables del sitio y del tipo de semilla.

El rendimiento está más en función del tiempo de secado que del tiempo de mano de obra para mover y revolver los frutos. A su vez el tiempo de secado depende de las condiciones ambientales del sitio en el momento del secado. En general requirió más tiempo de secado las especies de Costa Rica que las de El Salvador y Guatemala, debido a la alta humedad relativa (90% promedio) en CATIE, Turrialba donde se encuentra el BSFC (Cuadro 14). Además, los estróbilos de las coníferas tardan mucho en abrir bajo las condiciones de ciudad de Guatemala.

Para la teca específicamente, existe un reporte de rendimiento para la extracción del endocarpio de semilla colectada del suelo de 8 kg/h/d, sin contar el proceso de secado (Chaves y Quesada 1993).

**Cuadro 14.- Rendimiento de mano de obra para procesamiento de semillas de trece especies forestales en El Salvador y Costa Rica.**

Especie	Sitio	Cantidad Procesada de frutos (kg)	Días Secado	Rendimiento en procesamiento de frutos	
				Tiempo Total (h/d)	kg/h/d
<i>Alnus jorullensis</i>	Prusia	38.7	9.0	2.3	17.2
<i>Cordia alliodora</i>	Bribri	97.9	6.5	2.0	48.9
<i>Eucalyptus citriodora</i> (94)	Hda. Santa Bárbara	300.0	5.0	1.3	240.0
<i>Eucalyptus citriodora</i> (97)	Hda. Santa Bárbara	97.5	5.0	0.8	130.0
<i>Eucalyptus citriodora</i> (94)	Hda. El Sunza	240.0	5.0	1.3	192.0
<i>Eucalyptus citriodora</i> (97)	Hda. El Sunza	177.0	5.0	0.5	354.0
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (94)	Hda. Tihuilocoyo	180.0	4.0	1.0	180.0
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (97)	Hda. Tihuilocoyo	64.7	4.0	0.4	161.8
<i>Eucalyptus Deglupta</i>	Charrara	70.3	7.0	1.8	40.2
<i>Gliricidia sepium</i>	Santa Cruz	50.0	5.0	2.0	25.0
<i>Leucaena leucocephala</i>	Nicoya	79.0	7.0	2.5	31.6
<i>Leucaena leucocephala</i>	Hda. El Jícaro	80.0	7.0	0.7	114.3
<i>Pinus tecunumanii</i>	Fca. Chuacus	209.2	30.0	2.0	104.6
<i>Pinus tecunumanii</i>	Fca. San Jerónimo	190.4	30.0	2.0	95.2
<i>Pinus oocarpa</i>	San Pedro, Pinula	296.3	22.0	1.4	211.6
<i>Pinus oocarpa</i>	La Brea	134.8	22.0	1.4	96.3
<i>Pinus maximinoi</i>	Fca. Los Martínez	226.9	17.0	1.1	206.3
<i>Pinus maximinoi</i>	Fca. Sta Fé Ocaña	94.4	17.0	1.1	85.8
<i>Swietenia macrophylla</i>	Sardinal	717.9	8.0	3.0	239.3
<i>Tectona grandis</i> (94)	Hda. Talcualhuya	18.8	5.0	0.5	37.6
<i>Tectona grandis</i> (97)	Hda. Talcualhuya	48.8	5.0	2.0	24.4
<i>Tectona grandis</i>	Hda. Tihuilocoyo	42.0	5.0	2.0	21.0
<i>Tectona grandis</i>	Hda. Santa Teresa	27.7	4.0	0.4	69.3
<i>Tectona grandis</i>	Hda.El Sunza	43.7	5.0	2.2	19.8

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

- Existe alta variabilidad en la producción de frutos y semillas entre árboles del mismo sitio y entre sitios de las especies estudiadas.
- Se detectó que hay variación en la producción de semillas entre los años de cosecha para algunas especies como *T. grandis*, mientras para otras fue relativamente constante (*E. citriodora* y *E. camaldulensis*).
- Esta información sobre producción de semillas se debe considerar como preliminar y como una tendencia general. Debe tomarse en cuenta las condiciones ambientales y las características propias de los rodales.
- La tendencia de la producción de semilla se puede resumir así:
  - *A. jorullensis*: 0.3 - 0.4 kg/árbol
  - *C. odorata*: 0.5 - 1.8 kg/árbol
  - *C. alliadora*: 1.0 - 2.0 kg/árbol
  - *C. lusitanica*: 0.4 - 0.6 kg/árbol
  - *E. camaldulensis*: 1.2 - 1.9 kg/árbol
  - *E. citriodora*: 0.6 - 0.8 kg/árbol
  - *E. deglupta*: 0.4 - 0.8 kg/árbol
  - *G. sepium*: 0.1 - 0.6 kg/árbol
  - *L. leucocephala*: 3.0 - 3.8 kg/árbol
  - *P. maximimoi*: 0.08 - 0.10 kg/árbol
  - *P. oocarpa*: 0.05 - 0.15 kg/árbol
  - *P. pseudostrbus*: 0.1 - 0.8 kg/árbol
  - *P. tecunumanii*: 0.03 - 0.06 kg/árbol
  - *S. humilis*: 1.8 - 2.8 kg/árbol
  - *S. macrophylla*: 1.0 - 4.0 kg/árbol
  - *T. grandis*: 1.5 - 4.5 kg/árbol
  - *T. rosea*: 1.0 - 1.5 kg/árbol
- En términos reales, los rendimientos en la recolección de las semillas de especies forestales en Costa Rica fueron afectados por el desplazamiento de los escaladores a las fuentes semilleras. Los rendimientos para la recolección se pueden resumir así:
  - entre 0.3 y 1.2 kg/h/d para semillas pequeñas (eucaliptos, ciprés, aliso).
  - entre 2.0 y 4.0 kg/h/d para semillas grandes (caoba, leucaena, teca).
  - entre 0.05 y 0.20 kg/h/d para semillas de pinos
- El procesamiento de los frutos y semilla (secado, selección y limpieza) no representa mayor uso de mano de obra. Sin embargo, es una actividad que requiere personal pendiente de los cambios climáticos imprevistos.
- Se sugiere continuar con el estudio indicativo por dos o tres años más e incluir los costos de producción de semilla seca y limpia y otras especies.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor desea agradecer y reconocer a los técnicos de los diferentes países por su colaboración en la toma de la información en el campo y recolección y procesamiento de los frutos y semillas. En El Salvador al Das. Juan Salinas del CEDEFOR/DGRNR y a los Ings. Evelyn M. Canjura y Oscar Díaz de la UCA; en Guatemala a los Ings. Julio López, Mario Buch y Guillermo Ruano del BANSEFOR/INAB e Ing. Raúl Zúñiga; en Costa Rica al Sr. Greivin Trejos de la UCR y a los señores Alexis Ramírez y Mario Alvarez del BSF/CATIE.

## **V.- BIBLIOGRAFIA**

- CATIE.** 1991. Madreado (*Gliricidia sepium*), especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Colección de Guías Silviculturales. Serie Técnica, Informe Técnico No. 180. 80p.
- CATIE.** 1991a. Leucaena (*Leucaena leucocephala*), especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Colección de Guías Silviculturales. Serie Técnica, Informe Técnico No. 166. 52p.
- Chaves, G.; Quesada, M.** 1993. Comercialización de semillas forestales en Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. Enlace Madeleña 3, Año 2, No.3. Octubre 1993. CATIE - Proyecto ROCAP/RENARM/MADELEÑA-3/FINNIDA/PROCAFOR - Proyecto 1. p. 3-4.
- Cortés, E.F.** 1990. Ensayos sobre métodos de recolección y transporte de frutos y semillas forestales. *In:* Memorias Seminario Taller sobre Investigación en Semillas Forestales. Ed. Triviño, T. y Jara, L.F. CONIF, Serie Documentación No.18. p. 91-94.
- Filho, J.; Kageyama, P.** 1984. A produção de sementes melhoradas de espécies florestais, com ênfase em *Euclayptus*. *In:* Simposio Internacional: métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais. Curitiba, Brasil. Universidade Federal de Paraná, IUFRO. p.1-7.
- Holdridge, L.** 1989. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.
- ISTA.** 1993. International Rules for Seed Testing International Seed Testing Association. Seed Sci.& Techn. 21. Supplement. Zurich, Switzerland. 288 p.
- Mesén, F.** 1990. Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales. *In:* Memoria. Curso Nacional de Identificación, Selección y Manejo de Fuentes Semilleras. DIGEBOS - PROSEFOR - CATIE. Baja Verapaz, Guatemala. Agosto 1 al 5 de 1994. 6 p.
- Murillo, O.; Rojas, E.; Vilchez, B.** 1993. Estimación de cosecha de semilla en un rodal semillero de jaúl (*Alnus acuminata* oop. arguta (Schlechtendal) Furlow), en Zarcero, Costa Rica. *In:* Memorias II Convención Centroamericana de Semillas Forestales. Siguatepeque, Honduras, C.A. p. 261-272.
- Salazar, R.; Boshier, D.** 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en América Central. CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico No. 148. 78p.





## **CALCULO DE AREAS PARA PRODUCCION DE SEMILLAS FORESTALES**

*Luis Fernando Jara N.<sup>8</sup>*

### **INTRODUCCION**

Los programas de reforestación que han surgido en las regiones tropical y subtropical, han provocado un incremento rápido de la demanda de semillas de especies, tanto locales como introducidas. Por esta razón, es importante apoyar y reforzar los centros nacionales de semillas forestales y así garantizar el suministro continuo y suficiente de semilla bien adaptada y de alta calidad (Barner y Ditlevsen 1988).

Igualmente, los diferentes actores que involucra un programa nacional de semillas forestales, deben coordinar sus esfuerzos y priorizar sus tareas y funciones para que el programa tenga éxito.

Cuando se trata de desarrollar un programa de semillas para mantener y mejorar su producción, es necesario combinar los objetivos a corto y largo plazo desde el inicio del mismo. Esto implica, la identificación de disponibilidad de fuentes semilleras y el registro de semilla recolectada o posiblemente importada con un mínimo de información sobre su origen, localización y registros de cantidad, tratamientos y distribución. Sin esta información básica sobre origen y antecedentes, no será posible desarrollar un programa a largo plazo en forma satisfactoria (Barner y Ditlevsen 1988).

### **DEFINICION DE LA MAGNITUD DE LA DEMANDA**

En primera instancia, se deben tomar en consideración los objetivos del programa nacional de reforestación o del proyecto de reforestación que una empresa forestal desee ejecutar. Con base en esto, se definirán las especies que cumplan con los requisitos de los objetivos y se determinará el área a reforestar considerando los factores climáticos, edáficos, especies, procedencias, entre los parámetros técnicos mas destacados.

Una vez definida el área y las especies, es preciso determinar los requerimientos de semillas a corto plazo y las necesidades de superficie para el establecimiento de rodales o áreas semilleras para la producción de material mejorado a largo plazo. El tamaño del proyecto o programa de semillas se define con base en la demanda total anual de semillas del país o de la empresa.

---

<sup>8</sup> Asistente Técnico, PROSEFOR

Para calcular el número ó el peso total de semillas viables o número de árboles plantables requeridos para el programa o proyecto, se debe tomar en cuenta lo siguiente (Moestrup 1988):

- Porcentaje de árboles para replante
- Pérdida de árboles en vivero
- Pérdida en el proceso de repique o trasplante
- Eliminación de plántulas de mala calidad
- Porcentaje de germinación de la semilla
- Número de semillas viables por kilogramo

Los factores mencionados anteriormente, y no solamente el porcentaje de germinación, son los que realmente determinan el número de árboles plantables que se pueden producir por unidad de peso de semilla. El concepto de "porcentaje de árboles plantables" frecuentemente se utiliza para combinar el efecto de todos estos factores. Se define como el porcentaje de semillas que logran transformarse en árboles durante un período definido, determinado generalmente por la permanencia de los arbolitos en el vivero hasta el tiempo de plantación (Willan 1985).

El peso, expresado en número de semillas por kilogramo, se usa para estimar el número de kilos requerido. Normalmente los valores mencionados son calculados por hectárea y posteriormente se multiplican por el número de hectáreas a plantar.

A continuación se presenta un ejemplo para estimar la cantidad de semilla requerida para una empresa forestal que ha determinado sus necesidades de materia prima de pochote (*Bombacopsis quinata*) para un período de 20 años, a una tasa anual de plantación de 500 ha por año para completar un área total de 10.000 ha al final del ciclo.

<b>Factores</b>		<b>Forma de cálculo</b>
1.- Distanciamiento inicial	3 x 3 m	
2.- Plantas por hectárea		
a.- Número de árboles	1.111	$10.000\text{m}^2/3 \times 3 \text{ m}^2$
b.- Más replante		
- Porcentaje	20	$1.111 \times 20$
- Número de árboles	222	100
c.- Necesidad total de árboles plantables	1.333	
d.- Más pérdidas de vivero y selección en vivero		
- Porcentaje	200	$1.333 \times 200$
- Número de semillas	2.666	100
e.- Total plántulas seleccionadas	4.000	$1.333 + 2.666$
f.- Más porcentaje de germinación		
- Porcentaje	80	$4.000 \times (100-80)$
- Número de semillas	1.000	80
g.- Total semillas a sembrar	5.000	$4.000 + 1000$
3.- Número de semillas/kg de lote de semilla(rodal semillero)	25.000	
4.- Número de kg de semillas necesarios por ha (kg/ha)	5.000 0.2(5 ha/kg)	25.000
5.- Tasa anual de plantación	500 ha	
6.- Requerimiento anual de semillas (kg/año)	100	$0.2 \times 500$

En la literatura generalmente se encuentra información sobre el número de semillas totales y viables por kilogramo. Salazar y Boshier (1992) presentan un cuadro sobre la producción de semillas para algunas especies forestales de América Central. Como el peso de la semilla varía de año a año y de una fuente a otra, se recomienda utilizar hasta donde sea posible, la información sobre el lote específico que se vaya a plantar.

## DETERMINACION DEL AREA DE PRODUCCION

Continuando con el caso de la empresa forestal que desea reforestar 500 ha/año de pochote, se requiere estimar el área necesaria para el establecimiento de rodales semilleros, como una alternativa a corto plazo para el suministro de semillas, mientras se obtiene información de los ensayos de progenie para el establecimiento de los huertos semilleros como una medida a largo plazo.

El siguiente método se aplica universalmente, ya que es práctico y sencillo de calcular, pero su información debe tomarse con alguna precaución. Para este efecto, se deben tomar las siguientes consideraciones:

- ◆ Añadir un 30 % a la necesidad de semilla/año, como factor de seguridad (Zobel 1988).
- ◆ La producción de un árbol en condiciones de rodal semillero manejado de pochote, se estima es de 0.1 kg/año.
- ◆ La densidad final del rodal semillero (de plantación) de pochote será de 250 árboles/ha.

Con base en lo anterior y resumiendo se tiene la siguiente información:

Especie:	Pochote ( <i>Bombacopsis quinata</i> )
Meta a reforestar:	500/año
Necesidad anual de semillas:	100 kg
Densidad final del rodal sem.:	200 arb/ha
Kg de semillas/árbol	0.1

La fórmula para aplicar es:

$$\text{Area (ha)} = \text{kg requeridos} \times \frac{1}{\text{arb/ha} \times \text{kg/arb}}$$

Reemplazando se tiene:

$$\text{Area (ha)} = 100 \times 1 / (200 \times 0.1) = 5.0 \text{ ha}$$

Se requeriría establecer rodales semilleros de plantaciones sobre un área de 5 ha para producir los 100 kg de semillas por año. Esta área entraría a suplir la demanda de semilla para el proyecto después del quinto o sexto año, dependiendo de factores ambientales y del manejo.

Sin embargo, esto es apenas una estimación, ya que el rendimiento en la producción de semillas depende en gran medida de la calidad del sitio, de sus condiciones ambientales para la floración y fructificación y de la sincronización que tengan todos los árboles para fructificar en el mismo año. Urueña (1994) reporta

una producción promedio de casi 100 g/árbol de semilla de un árbol semillero de plantación, en 250 árboles/ha.

En la medida en que se avance con los programas de mejoramiento genético, será posible obtener mejores rendimientos tanto en la producción de semillas por árbol como en la disminución de pérdidas por selección y vigor en el vivero. Tal es el caso con pochote en Colombia, en donde los rendimientos obtenidos de huertos semilleros de primera generación, aumentaron los valores del número de semillas viables por kilogramo de 25.000 a 37.500; el porcentaje de germinación del 75% al 95% y un aprovechamiento o rendimiento en vivero del 70% de plántulas por metro cuadrado (Urueña, 1994). Lo anterior se ha obtenido gracias al gran esfuerzo en el proceso de investigación sobre el conocimiento de la biología floral de la especie (autoecología), al mejoramiento del sistema de producción en vivero y al manejo intensivo de los huertos.

## REFERENCIAS

- Barner, H; Ditlevsen, B. 1988.** The Strategies and Procedures for an Integrated National Tree Seed Programme for Seed Procurement, Tree Improvement and Genetic Resources. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note A-1. 11 p + 3 apendices.
- Moestrup, S. 1988.** Planning national seed procurement programmes. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note C.1. 15 p + 4 apendices.
- Salazar, R.; Boschier, D. 1992.** Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies prioritarias en América Central. CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico No. 20. 80 p.
- Urueña, H. 1994.** Establecimiento y manejo de huertos y rodales de pochote (*Bombacopsis quinata*) y melina (*Gmelina arborea*) en Colombia. In: Memorias Curso Regional sobre Identificación, Selección y manejo de rodales semilleros, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 7-18 marzo, 1994. 13p.
- Willan, R.L. 1985.** A guide to forest seed handling. FAO Forestry Paper 20/2. 502 p.
- Zobel, B; Talbert, J. 1984.** Applied Forest Tree Improvement. New York. Wiley. 505p.



**Comp. y ed. técnico**  
**Editor literario**  
**Montaje y levantado**  
**de texto:**  
**Impresión:**  
**Edición:**

**Luis Fernando Jara N.**  
**Orlando Arboleda**  
**Edith Garita**  
**Unidad de Producción de Medios, CATIE.**  
**1000 ejemplares**







A photograph of a forest with tall, slender trees and a person in the background. The trees are thin and have a light-colored bark, with a dense canopy of green leaves. The lighting is soft, suggesting a shaded forest environment. In the lower-left corner, a person is partially visible, standing among the trees. The overall scene is a natural, wooded area.

**Proyecto Semillas Forestales - PROSEFOR**  
**7170-137, CATIE, Turrialba, Costa Rica**  
**Tel. + (506) 556 1933 Fax + (506) 556 7766**