

PROSEFOR



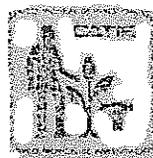
DEPARTAMENTO DE
INVESTIGACION



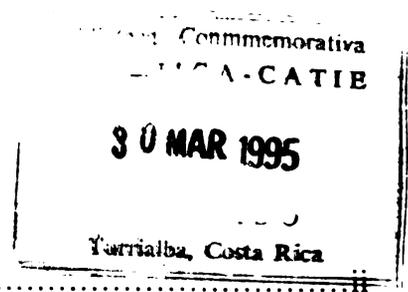
**Curso Nacional sobre Selección, Clasificación y Manejo
de Fuentes Semilleras**

**11 - 13 de Mayo de 1994
San Carlos, Costa Rica**

CATIE/DANIDA



CONTENIDO



Presentación.....ii

Comentarios generales sobre la importancia del curso.....iii
 Rodolfo Salazar, Líder PROSEFOR

La variación natural como base para el mejoramiento genético forestal1
 Francisco Mesén, Genetista Forestal, PROSEFOR

Introducción al mejoramiento genético forestal.....10
 Francisco Mesén, Genetista Forestal, PROSEFOR

Procedimientos para la identificación de rodales semilleros.....26
 Rodolfo Salazar, Líder PROSEFOR

Establecimiento y manejo de rodales semilleros33
 Francisco Mesén, Genetista Forestal, PROSEFOR

Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales.....45
 Francisco Mesén, Genetista Forestal, PROSEFOR

Programa de certificación de semillas y plántulas de vivero
 de especies forestales en Costa Rica.....50
 Ana Lorena Guevara, Coordinadora Programa de Certificación
 Forestal, Oficina Nacional de Semillas.

PRESENTACION

El Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR) inició sus actividades en el CATIE en noviembre de 1992, mediante el apoyo económico de la Agencia Danesa para el Desarrollo (DANIDA). PROSEFOR desarrolla actividades en seis países centroamericanos y en República Dominicana, tendientes a mejorar la calidad y el suministro de las semillas forestales que se utilizan en la región.

Como parte de las actividades en Costa Rica, PROSEFOR firmó Cartas de Entendimiento con el Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas (MIRENEM)/Dirección General Forestal y con la Oficina Nacional de Semillas, para desarrollar acciones conjuntas de promoción, capacitación, asistencia técnica e investigación en el campo de las semillas forestales. A su vez, el MIRENEM y la Oficina Nacional de Semillas firmaron un Convenio de Cooperación mediante el cual ambas instituciones unen recursos y facilidades para desarrollar un Programa de Certificación de Semillas Forestales, el cual involucra investigación, fomento y producción de semillas de mejor calidad.

Esta unión de esfuerzos ya está empezando a dar sus frutos: se han realizado actividades de capacitación para instructores sobre selección y manejo de fuentes semilleras; se inició el Programa de Certificación de Semillas Forestales a escala piloto, y que pronto se extenderá a nivel nacional; se inició un proceso de identificación, manejo y registro de fuentes semilleras a nivel nacional y se inició el reforzamiento del Centro Nacional de Semillas Forestales de la Dirección General Forestal.

La implementación de este primer curso nacional sobre Identificación, Selección, Clasificación y Manejo de Fuentes Semilleras es parte de este esfuerzo conjunto entre las tres organizaciones mencionadas. El curso pretende capacitar a técnicos forestales en la selección, evaluación y manejo técnico de fuentes semilleras, así como dar a conocer los avances del programa de semillas forestales y escuchar las ideas y sugerencias de los participantes.

Se espera brindar las bases necesarias para que los técnicos puedan incorporarse de lleno a este esfuerzo nacional, que tiene como meta contribuir al éxito de las plantaciones forestales mediante el uso de semilla de mejor calidad genética y fisiológica.

Como complemento a las sesiones del curso se presenta este manual, que refuerza y amplía los temas tratados y se espera sea de utilidad como material de consulta técnica.

Los coordinadores del curso agradecen al Ing Alfonso Barrantes e Ing Carlos Gamboa de la Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA), al Ing Jorge Piedra e Ing Erick Torres de la Asociación de Productores Agro-Industriales y Forestales (APAIFO) de San Carlos y al Sr Oscar Rodríguez por su decidida colaboración para la realización de este curso.

Francisco Mesén
Genetista Forestal
PROSEFOR

Marta Lilliana Jiménez
Jefe, Centro Nacional de
Semillas Forestales, Depto.
de Investigación, DGF

Ana Lorena Guevara
Coordinadora, Programa de
Certificación Forestal, Oficina
Nacional de Semillas

COMENTARIOS GENERALES SOBRE LA IMPORTANCIA DEL CURSO

Rodolfo Salazar
Líder PROSEFOR, CATIE

ANTECEDENTES

Hace aproximadamente 15 años, el cultivo de especies forestales en los países centroamericanos y del Caribe era una actividad incipiente por muchas razones, entre ellas porque todavía no se valoraba la importancia de la escasez de productos forestales en las comunidades urbanas y rurales, se desconocían las especies adecuadas, los sistemas de producción de plántulas, los métodos de establecimiento y manejo de plantaciones y porque la actividad como tal no era considerada como una alternativa viable de producción.

Fue a partir de esa fecha cuando el CATIE inició un proceso intensivo de investigación silvicultural, principalmente a lo largo de la región del Pacífico, basado en estudios previos sobre la oferta y demanda de productos forestales y la disponibilidad de tierras para la reforestación. Este proceso se ha venido realizando de manera ininterrumpida, en colaboración con las instituciones nacionales responsables del sector forestal y en estrecha relación con finqueros privados y comunidades rurales.

El resultado de este esfuerzo realizado por CATIE, con la participación de las instituciones nacionales, ha sido muy positivo; hoy día, los países cuentan con más de 30 especies forestales adecuadas para distintas condiciones de sitio y para satisfacer distintas necesidades de consumo. Además, se ha venido trabajando en la identificación de material reproductivo de mejor calidad y hoy día se trabaja también en forma intensiva en el desarrollo de técnicas apropiadas para el manejo y aprovechamiento de plantaciones. Este proceso ha sido adecuadamente reforzado con la capacitación de profesionales a distintos niveles y en los distintos campos de interés.

Este largo proceso de investigación ha permitido el fortalecimiento del sector forestal en los países de la región, lo que ha despertado un interés creciente por el establecimiento de plantaciones forestales. El interés es evidente tanto en pequeños y medianos propietarios como en el sector empresarial, que también está empezando a participar en la actividad. Este esfuerzo conjunto está logrando que en la región se planten anualmente más de 35000 ha de especies forestales para distintos propósitos, cifra muy significativa que con seguridad seguirá aumentando de manera muy acelerada.

La pregunta que hoy nos hacemos los responsables de fomentar el desarrollo de esta importante actividad es: se está utilizando el germoplasma con la calidad genética adecuada para satisfacer esta demanda?

Desafortunadamente, la respuesta es no. Este componente fundamental no ha recibido hasta ahora la atención debida por parte del sector forestal en los países. Es importante entender que la actividad de producción forestal es reciente y que el proceso para llegar a convertirla en una opción de producción competitiva requerirá de algunos años más.

QUE ES PROSEFOR?

El CATIE, conciente del auge que está adquiriendo la actividad forestal en estos países, y de la urgente necesidad de crear conciencia en todos los sectores involucrados acerca de la importancia de utilizar semillas con calidad genética y fisiológica adecuada para lograr el desarrollo de plantaciones altamente productivas, dió inicio en 1993 al Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR). El Proyecto es financiado por Danida e implementado en seis países centroamericanos y República Dominicana.

El desconocimiento por parte de los sectores responsables de promover el cultivo de árboles acerca de la importancia de utilizar semillas genéticamente mejoradas, ya ha empezado a producir resultados negativos, al obtenerse en algunos casos plantaciones de muy mala calidad y finqueros desmotivados por los resultados alcanzados.

Los objetivos de PROSEFOR son crear conciencia en los países involucrados para que, a corto plazo, se utilice material reproductivo con mejor calidad genética y fisiológica; además, apoyará las acciones que el gobierno y el sector privado decidan para establecer áreas dedicadas a producir semillas de mejor calidad y fortalecer los bancos nacionales de semillas forestales para que a mediano y largo plazo puedan satisfacer la creciente demanda de semillas. Este proceso será fortalecido a través de la capacitación adecuada al personal nacional, quien será el responsable de transferir e implementar las técnicas apropiadas.

En cada uno de los países y con la participación de las instituciones involucradas, PROSEFOR desarrolla acciones tendientes a crear grupos de Productores de Semillas Forestales. Los miembros de estos grupos serán aquellos finqueros con plantaciones de alta calidad y que deseen someterlas al manejo técnico para producción de semillas de calidad; ellos recibirán la asistencia técnica y la capacitación que les permita realizar las actividades necesarias. Con el apoyo de los bancos de semillas en la comercialización de los productos, estos grupos podrán mantenerse activos.

En la medida de lo posible, los bancos de semillas nacionales están siendo fortalecidos para que den el apoyo adecuado a los productores en servicios de asistencia técnica, recolección, almacenamiento, y faciliten la comercialización de las semillas haciendo uso de las normas internacionales ya establecidas.

JUSTIFICACION DEL CURSO

Como se indicó anteriormente, PROSEFOR está dando apoyo para mejorar la producción y distribución de semillas a nivel de productor y bancos de semillas. Para lograr que estas acciones se realicen de manera efectiva y con un claro sentido de permanencia, se ha considerado como fundamental capacitar al personal profesional de los países que estará involucrado en el proceso.

Este Curso Nacional sobre Identificación, Selección, Clasificación y Manejo de Fuentes Semilleras, es parte de la estrategia operativa de PROSEFOR y pretende brindar la capacitación adecuada a profesionales de cada uno de los siete países miembros, quienes deberán asumir la responsabilidad de fomentar en sus países las técnicas y actividades necesarias que permitan, en el menor tiempo posible, mejorar la calidad y cantidad de semillas forestales para satisfacer la demanda.

Se espera que los técnicos que participen en el curso, con el apoyo de la institución nacional respectiva y de PROSEFOR, den un seguimiento apropiado a las actividades de

capacitación y asistencia técnica a productores y promuevan en las distintas instancias, gestiones que fortalezcan la producción, distribución y utilización de semillas genéticamente mejoradas.

Es muy importante dejar claro que sin una participación positiva y dinámica a nivel nacional de quienes reciben este entrenamiento, los logros esperados no se alcanzarán a corto plazo, lo que tendrá un impacto negativo en la actividad forestal.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO

Los rodales semilleros son considerados como una etapa preliminar en el proceso de mejoramiento genético forestal, hasta llegar a establecer áreas productoras de semillas de alta calidad genética. Esta etapa de establecimiento de rodales semilleros, aunque es sencilla, requiere del conocimiento de algunos aspectos técnicos para asegurar que la semilla que se va a producir sea de mejor calidad genética que la que se ha utilizado tradicionalmente.

El curso pretende transmitir a los participantes los criterios técnicos que permitan identificar plantaciones de alta calidad, seleccionar las que muestren mayor potencial para producir semillas con mejor calidad genética y finalmente, revisar y poner en práctica las técnicas de manejo de las plantaciones seleccionadas para su conversión en fuentes semilleras. También serán revisados los formularios de campo utilizados en la identificación y descripción de las fuentes semilleras, así como los procedimientos establecidos por la Oficina Nacional de Semillas en Costa Rica para la certificación de semillas forestales.

LA VARIACION NATURAL COMO BASE PARA EL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL

Francisco Mesén
Genetista Forestal, PROSEFOR

INTRODUCCION

Aldabra es una pequeña isla perdida en el Océano Indico, 400 Km al norte de Madagascar. Gran variedad de aves han llegado a Aldabra desde las costas africanas y se han reproducido en grandes números, ante la abundancia de alimento y la ausencia de depredadores -felinos y otros-, que no han podido llegar hasta la isla. Una de estas aves es el rascón (*Dryolimnas spp.*), una ave pequeña, de patas largas y plumaje café. En Africa, el rascón depende de sus alas para escapar rápidamente de sus enemigos; en Aldabra, sin embargo, ante la ausencia de enemigos, los rascones no necesitan volar y tanto es así que 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 - se han adaptado perfectamente a su nuevo ambiente (Attenborough 1984).

Al igual que el rascón, las 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 están dando origen a formas diferentes, algunas de las cuales se adaptan mejor que otras para sobrevivir y reproducirse. A esto Darwin lo llamó 'la sobrevivencia del más apto', refiriéndose a la capacidad de un individuo de 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 tenemos la ventaja de que la mayoría de los árboles, al contrario de muchos cultivos agrícolas y razas animales, no han sido manipulados grandemente 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 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 debido a 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 y creciendo 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.

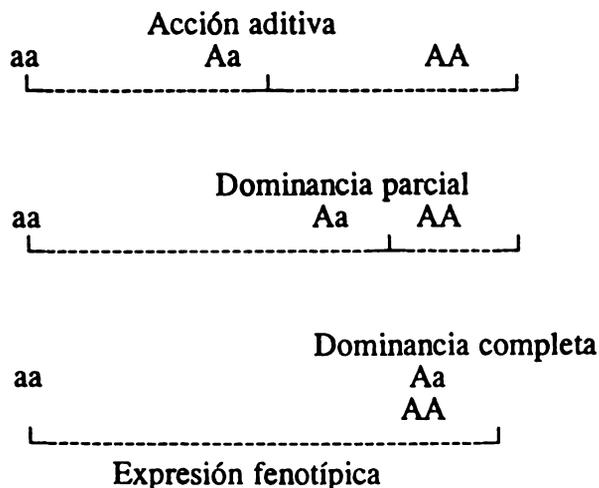
Todas las células vivas de un organismo están compuestas básicamente por una pared celular, un fluido llamado citoplasma y un núcleo rodeado por el citoplasma. El núcleo es de particular interés porque en él se encuentran los cromosomas, los cuales contienen la mayor parte de la información genética que se transmitirá de generación en 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 desoxiribonucleico (ADN) y una cubierta proteica. Los genes, que son las unidades básicas 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 periodo 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 ocurre 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) fue quien por primera vez definió los mecanismos básicos de la herencia. En sus trabajos con guisantes, la textura de los guisantes 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 varios 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 una gran cantidad de genes diferentes, ubicados en diferentes 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 continua. 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.

También es importante tener en cuenta que la variación genética de tipo aditivo es de mayor utilidad en programas de mejoramiento que utilizan métodos sexuales¹, ya que esta estará representada en la descendencia. El mejorador no puede controlar los otros tipos de variación, porque esta ocurre debido a combinaciones genéticas 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. Existen 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.

1/ A través de técnicas clonales es posible aprovechar tanto la variación aditiva como las otras formas de variación genética.

Las mutaciones

Las mutaciones son 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 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 creado 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 ante cambios ambientales o de otra índole. Por ejemplo, algunos árboles pueden tener 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

La migración es otra de las acciones que tiende a aumentar 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 se explicó anteriormente, 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 es conocida como 'introgresión' y es también una de las acciones que tienden a crear variabilidad en las poblaciones.

La deriva genética

La deriva genética 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 en la región, donde la deforestación masiva ha reducido dramáticamente el tamaño de muchas poblaciones.

La selección natural

La selección natural es una de las fuerzas que tienden a reducir la variabilidad dentro de poblaciones y a aumentar la variabilidad 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 de 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 estas 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 ninguna razón para que la naturaleza seleccione árboles de fuste recto (excepto si esto 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 dirigir 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 CONSULTADA

- Attenborough, D. (1984). *The Living Planet*. William Collins Sons & Co. Ltd., London. 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. Danida Forest Seed Centre, Humlebæk, Denmark. Lecture Note No. A-3. 13 p.
- Zobel, B.; Talbert, J. (1984). *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley and Sons, New York. 505 p.

INTRODUCCION AL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL

Francisco Mesén
Genetista Forestal, PROSEFOR

INTRODUCCION

Durante muchos años, agricultores y criadores de animales han utilizado los principios del mejoramiento genético para mejorar las descendencias, seleccionando sus mejores animales o plantas como pie de cría para producir la siguiente generación. A ningún ganadero se le ocurriría seleccionar el toro más débil, deforme y enfermizo de su hato para utilizarlo como padrote en su finca. Extrañamente, a mucha gente no le preocupa seleccionar los árboles más débiles, deformes y enfermizos para recolección de semilla y establecimiento de plantaciones.

El mejoramiento genético forestal pretende identificar la magnitud, clases y causas de la variabilidad dentro de las especies, seleccionar aquellas poblaciones e individuos dentro de la especie con características sobresalientes, agruparlos para que se crucen entre sí y produzcan semilla que genere árboles con características sobresalientes, al igual que los padres que les dieron origen. Al mismo tiempo, es necesario mantener una reserva de material en su estado natural, a la cual se pueda recurrir en caso de que se necesite introducir nueva variación en la población de mejoramiento. Esto se conoce como conservación de los recursos genéticos forestales.

Es común que los forestales piensen en mejoramiento genético como una ciencia compleja y sofisticada. En la práctica, sin embargo, todo lo que implica es entender las formas y las causas de variación natural entre individuos, y hacer uso de esa variación para aumentar la productividad de las plantaciones. Por otro lado, también se debe entender que el mejoramiento genético no es la solución a todos los problemas; poco se puede lograr en mejoramiento genético si este no va acompañado de prácticas silviculturales adecuadas. Se debe recordar que el rendimiento de un árbol es el resultado de la interacción de su genotipo con el ambiente en el cual se ha desarrollado; nunca se podrá lograr máxima productividad si uno de estos dos componentes es inadecuado.

En general, el mejoramiento genético tiene como objetivos maximizar ciertas características como i) la adaptabilidad de una especie al sitio potencial de plantación, ii) la tasa de crecimiento, iii) la resistencia a enfermedades y iv) la calidad del producto final.

DEFINICIONES

Es importante definir ciertos términos comunes en mejoramiento genético, que se usarán con frecuencia a lo largo del documento.

Heredabilidad (h^2): es un valor que expresa el grado en el cual los padres transmiten sus características a sus descendientes, y es primordial para estimar la ganancia genética en programas de selección. La heredabilidad no es un valor fijo, sino que es específico para cada población en particular creciendo en cierto lugar, a cierta edad y para cierta característica.

Diferencial de selección (S): cuando se realizan selecciones en alguna población determinada, S es la diferencia entre la media de la población completa y la media de la subpoblación seleccionada.

Ganancia genética (G): es un valor de la superioridad en cierta característica obtenida mediante selección, y es el producto de la heredabilidad por el diferencial de selección ($G = h^2S$). Se puede observar que G aumenta conforme aumenten h^2 y S .

ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL

Una estrategia de mejoramiento genético forestal es un conjunto de acciones dirigidas a abastecer germoplasma en cantidad y calidad suficiente al menor costo y en el menor tiempo posible, a la vez que asegura la posibilidad de mejoramiento continuado en el largo plazo. Esto requiere la existencia de tres elementos:

- i) **Conservación de los recursos genéticos, también llamados población base:** proporciona el material para implementar los demás componentes y sirve de reserva para realizar nuevas introducciones al programa en el futuro.

- ii) **Mejoramiento e investigación:** donde se realizan todas las acciones de evaluación, recombinación, mejoramiento y selección de materiales superiores, así como el desarrollo de tecnologías que permitan la ejecución del programa.
- iii) **Producción:** donde se agrupan los mejores individuos de la población de mejoramiento en áreas especiales que aseguren el abastecimiento de germoplasma en cantidad y calidad suficiente para los programas de plantación.

Las estrategias de mejoramiento pueden ser realizadas con menor o mayor intensidad, dependiendo básicamente de la importancia de la especie, sus características silviculturales, biológicas y genéticas, y la disponibilidad de recursos. Normalmente, la decisión inicial crítica es la selección de las especies y procedencias adecuadas para los sitios potenciales de reforestación, que cumplan con los requerimientos de producción deseados y que no presenten problemas biológicos o genéticos que impidan el desarrollo del programa de mejoramiento a largo plazo.

La estrategia más simple es aquella que pretende proporcionar semilla de origen reconocido para reforestación, sin entrar en otras actividades de mejoramiento genético. Esto puede realizarse mediante la selección de ciertos árboles de buena calidad fenotípica en plantaciones y recolección de su semilla. La ganancia genética en este caso es baja porque tanto el diferencial de selección como la heredabilidad, son bajas. Además, la selección se basa únicamente en el árbol madre, ya que los progenitores masculinos son desconocidos.

Una opción para aumentar la ganancia genética es aumentar el diferencial de selección, lo cual se logra eliminando de la población ciertos individuos indeseables. Esto da origen a los rodales semilleros, y es un inicio importante en programas de mejoramiento.

Para especies introducidas, es importante el establecimiento de ensayos de procedencias antes de iniciar programas de selección y mejoramiento. Una vez definidas las mejores procedencias, hay varias alternativas a seguir. Si hay acceso a la zona original de procedencia, se puede iniciar la recolección de semilla directamente para su uso en plantaciones comerciales. La mayoría de los programas, sin embargo, han optado por el establecimiento de plantaciones semilleras para desarrollar fuentes locales de semilla. Estas tienen la ventaja de que pueden dar origen a razas locales, adaptadas a los nuevos sitios de reforestación.

Aun dentro de las mejores procedencias existe una gran variabilidad entre los árboles, que puede explotarse mediante selecciones individuales. Estas son estrategias más complejas que involucran la selección de árboles individuales que muestren características sobresalientes, para su inclusión en huertos semilleros. Para iniciar este proceso, debe existir una base genética suficientemente amplia en la región, que permita una alta intensidad de selección. El proceso pretende seleccionar varias decenas de estos árboles superiores y agruparlos físicamente para permitir que se crucen entre sí y produzcan semilla de calidad genética superior. Si la selección se hace en plantaciones homogéneas, esto conlleva en un aumento efectivo en la heredabilidad (debido a la reducción de la varianza ambiental), lo cual, unido a un alto diferencial de selección, resulta en ganancias genéticas muy importantes. Además, la calidad de la semilla aumenta, ya que en este caso, ambos padres han sido seleccionados. Hay varias opciones disponibles para el establecimiento de huertos semilleros, las cuales se discuten más adelante.

A partir de los árboles seleccionados también existe la opción de iniciar programas de silvicultura clonal, mediante los cuales se puede lograr la mayor ganancia genética, ya que los propágulos producidos para las plantaciones son reproducciones exactas de los árboles seleccionados.

Como se ve, existe una serie de alternativas abiertas a los forestales, para mejorar la calidad del germoplasma utilizado en plantaciones. Depende mucho del sentido común, de la especie involucrada y de la naturaleza y objetivos de la reforestación decidir las mejores opciones a seguir. Los diferentes componentes de las estrategias se describen a continuación. Algunos ejemplos esquemáticos se presentan en el Anexo 1.

Selección de especies

La selección de las especies adecuadas, de acuerdo a los sitios potenciales y a los objetivos de la reforestación, es una etapa básica antes de iniciar programas de mejoramiento a largo plazo. No tiene sentido invertir tiempo y recursos en el mejoramiento de una especie, para descubrir años después que otras introducciones no mejoradas producen rendimientos iguales o incluso mayores. El proceso de selección de especies puede apoyarse en información existente o en experiencias previas.

Es importante tener en cuenta que no se puede juzgar una especie por el comportamiento de sólo una de sus procedencias; por lo tanto, si ya existen los recursos y la disponibilidad para realizar una prueba de especies, es conveniente incluir varias procedencias representativas. Desgraciadamente son muchos los ejemplos donde se han desechado especies que pudieron haber traído grandes beneficios a un país, por haber tomado una decisión errónea basada en una única introducción inapropiada.

Selección de procedencias

A lo largo del rango de distribución natural de una especie, las condiciones ecológicas específicas prevalecientes en diferentes regiones provocan cambios en la constitución genética de dichas poblaciones. Los individuos que no se adaptan al ambiente específico donde están creciendo mueren, mientras que aquellos que logran adaptarse transmiten sus genes a la siguiente generación. A lo largo de muchas generaciones se desarrollan razas geográficas o procedencias, es decir poblaciones altamente adaptadas a su ambiente, que pueden ser muy diferentes a otras procedencias de la misma especie. Cuando se recolecta semilla de varias razas geográficas dentro del rango de distribución de la especie y se establecen en un sitio común, es de esperar que los individuos respondan en forma muy diferente en cuanto a su crecimiento y comportamiento, como generalmente ocurre.

Al igual que con la selección de especies, no tiene sentido iniciar un programa de mejoramiento hasta no estar seguro de que se está trabajando con la mejores procedencias disponibles. Una vez determinadas las mejores procedencias, se debe obtener semilla para la creación de una población base. Si se tiene acceso directo a la región de procedencia, se puede iniciar el desarrollo de rodales semilleros para producción inmediata de semilla comercial, coleccionar semilla para el establecimiento de plantaciones semilleras o realizar selecciones a nivel de árbol individual para el establecimiento de ensayos de progenies, huertos semilleros o programas de silvicultura clonal.

Rodales semilleros

Cuando se han identificado las mejores especies y procedencias, los mejores rodales existentes, ya sea naturales o plantados, pueden ser mejorados mediante la remoción de individuos inferiores y manejados adecuadamente para convertirlos en rodales semilleros. Los rodales semilleros son una medida económica y rápida para asegurarse el abastecimiento de semilla de origen reconocido, que proporciona ganancias genéticas modestas pero superiores a las que se obtienen de semilla de plantaciones inferiores y/o no manejadas. Los rodales semilleros pueden ser desarrollados a partir de rodales naturales, pero los mejores rodales se establecen a partir de plantaciones, donde los árboles han sido plantados al mismo tiempo y manejados bajo condiciones similares.

Muchos programas de mejoramiento genético han tomado la sabia decisión de establecer rodales identificados por procedencia, al mismo tiempo que establecen los ensayos de procedencias. De esta manera, tan pronto los ensayos produzcan información confiable, los rodales de las mejores procedencias pueden ser manejados y utilizados inmediatamente para la producción de semilla. Los demás simplemente se cosechan para aprovechar el producto y además pueden proporcionar uno o más árboles sobresalientes, que aparecen ocasionalmente aún en estas procedencias inferiores, y que contribuirán a aumentar la variabilidad genética de las poblaciones de mejoramiento.

Plantaciones semilleras

Este tipo de plantaciones se establecen con procedencias que han demostrado su superioridad en ensayos de campo. Su objetivo principal es la producción de semilla, de manera que su ubicación, establecimiento y manejo están enfocados desde el inicio a lograr este objetivo.

Existe otra variante conocida como plantaciones piloto. Estas son plantaciones generalmente de mayor extensión, que se utilizan para validar el material seleccionado bajo condiciones normales de manejo, proporcionar material para selecciones y además, cumplen una importante función demostrativa, especialmente en el caso de especies nuevas poco conocidas. Este tipo de plantaciones también pueden ser convertidas en rodales semilleros, si cumplen con los requisitos necesarios.

Selección de árboles plus

Como se mencionó anteriormente, aún dentro de procedencias superiores existe una gran variabilidad entre los diferentes individuos que la componen. Basta recorrer cualquier plantación para darse cuenta de esto. Ocasionalmente aparece un árbol que nos llama la atención por sus características sobresalientes en cuanto a tamaño, rectitud, forma de la copa, etc. Estos se conocen como árboles plus. Esta etapa en el proceso de mejoramiento pretende seleccionar varias decenas de estos árboles superiores y utilizarlos como progenitores de las siguientes generaciones. Sólo aquellos árboles que cumplan ciertos requisitos preestablecidos son admitidos en el programa de mejoramiento, de manera que al final, cada árbol admitido ha sido seleccionado entre varios miles de árboles observados. Estos árboles dan inicio a varias etapas dentro de un programa de mejoramiento, tales como las pruebas de progenies, los huertos semilleros y las plantaciones clonales. La efectividad de las selecciones depende en gran medida de las características evaluadas en el árbol, las cuales deben ser de alta heredabilidad.

La selección de árboles plus se basa en ciertas características visibles del árbol, tales como la forma del fuste, la altura, la ramificación, etc., es decir, su fenotipo. En este momento no se sabe si el árbol seleccionado luce superior porque es genéticamente superior, porque ha sido favorecido por el microambiente en el cual ha crecido, porque es de mayor edad que el resto o por una combinación de algunos o todos estos factores.

Los árboles en plantaciones han estado sometidos a las mismas condiciones ambientales a lo largo de su vida, generalmente son de la misma edad y han recibido un manejo similar. Por lo tanto, es de esperar que la superioridad de ciertos árboles sea en gran parte debida a su genotipo. Por eso se dice que la selección en plantaciones es más eficiente que en el bosque natural, donde no se sabe mucho acerca del manejo anterior ni de la edad de los árboles.

Para probar si la superioridad de un árbol es genética, se determina su capacidad de transmitir esas características a sus descendientes, a través de pruebas de progenies.

Pruebas de progenies

Un árbol que origine descendencia superior prueba que su apariencia superior en la plantación era intrínseca (genética), y no debida a otros factores externos. Esas pruebas, llamadas pruebas de progenies, de descendencias o de familias, se establecen bajo un diseño experimental adecuado que garantice que las diferencias observables entre las descendencias sean mayormente genéticas. Una vez que se determina cuáles padres son genéticamente superiores, se convierten en árboles élite, y son los que finalmente se utilizan para la producción de semilla mejorada en los huertos clonales o directamente para el establecimiento de plantaciones clonales.

Otra de los objetivos de las pruebas de progenies es la producción de semilla mejorada, mediante su conversión en huertos semilleros de plántulas, una vez concluido el periodo de evaluación. Para esto se seleccionan los mejores árboles de las mejores familias, se elimina el resto y se maneja la plantación para estimular la producción de semilla. Esta opción es posible únicamente cuando la especie florece y fructifica adecuadamente en el sitio donde fue establecida. Asimismo, el aclareo genético del ensayo debe planearse cuidadosamente: un aclareo demasiado temprano reduce la efectividad de la selección, ya que los árboles aún no han expresado las características por las cuales se está seleccionando; un aclareo demasiado tardío puede perjudicar el desarrollo de copas adecuadas para la producción de semilla. Aunque en la mayoría de la literatura sobre huertos esto ha sido identificado como una seria limitante para el desarrollo de huertos de plántulas, en especies tropicales de rápido crecimiento generalmente es posible lograr el balance adecuado sin mayores problemas. Esto hace de los huertos de plántulas una opción atractiva, sobre todo en especies de floración precoz. Una consideración importante en el caso de huertos semilleros de plántulas es que la semilla producida por el huerto debería utilizarse para reforestación en la misma zona o en zonas ecológicas similares. Los ensayos de progenies sirven también como una fuente de material para selecciones avanzadas.

Existe otro tipo de plantación de progenies conocida como banco de genes o banco de conservación, que en ocasiones se establecen como complemento de las pruebas de progenies. En la mayoría de los casos se utilizan 10 árboles de cada familia y se establecen aleatoriamente en parcelas de un solo árbol, teniendo el cuidado de que haya al menos dos líneas de separación entre árboles de la misma familia. Estos bancos pueden utilizarse exclusivamente para conservación de genes, pero generalmente tienen los mismos objetivos

que los ensayos de progenies e, igualmente, pueden ser convertidos en huertos semilleros de plántulas. Estos bancos brindan seguridad en caso de pérdida de los ensayos debido a incendios u otros factores y tienen el atractivo de que son fáciles de establecer y ocupan poca área: un banco con 50 familias, establecidas a 3 x 3 m requiere menos de 0,5 ha.

Huertos semilleros clonales

Los huertos semilleros clonales se establecen a partir de propágulos vegetativos de los árboles plus (injertos, acodos aéreos, estacones); son plantaciones establecidas en áreas de fácil acceso, de topografía y condiciones edáficas apropiadas, que faciliten el manejo y la recolección de semilla, aisladas para reducir la contaminación de polen de árboles inferiores y manejadas intensivamente para favorecer la producción rápida y abundante de semilla. Idealmente deberían establecerse al mismo tiempo que los ensayos de progenies, y una vez que los ensayos proporcionen información sobre el potencial genético de los padres, se realiza un aclareo de depuración en el huerto para dejar únicamente los clones que han probado su superioridad genética. En muchos casos no se realiza el aclareo del huerto, sino que este se mantiene intacto como un banco de genes, y se utiliza material de los mejores clones para establecer otros huertos mejorados. Estos huertos han sido llamados 'huertos de 1.5 generaciones'; sin embargo, el término es inadecuado puesto que estos huertos, si bien son superiores a los originales, siguen siendo de primera generación. Además, biológicamente no tiene sentido hablar de 1.5 generaciones. Las selecciones de segunda generación son aquellas que se realizan a partir de material generado por semilla del huerto.

Los huertos clonales pueden establecerse en zonas completamente diferentes a la zona donde se lleva a cabo la reforestación, debido a que están respaldados por pruebas de progenies establecidas en los sitios de plantación. Esta es una ventaja cuando la especie no florece o no fructifica adecuadamente en los sitios de reforestación. Los huertos clonales generalmente producirán mayores ganancias genéticas que los huertos de plántulas, y pueden ser la única opción disponible para especies de floración tardía.

A partir de los huertos semilleros se puede iniciar un programa de cruzamientos controlados e iniciar así el desarrollo de selecciones de segunda generación.

Silvicultura clonal

Muchos programas han optado por el uso de clones directamente en plantaciones operacionales, con material generado de los árboles seleccionados. Este sistema tiene la ventaja de que produce mayor ganancia genética que un programa tradicional por semilla, porque las características del árbol superior se reproducen íntegramente en todos sus 'descendientes'.

Se debe tener en cuenta que la forma de propagación en este caso es diferente que para la producción de huertos clonales; en este último, se busca que el material utilizado sea fisiológicamente adulto (proveniente de la copa de los árboles), de manera que inicie la producción de semilla en el menor tiempo posible. En el caso de plantaciones clonales se debe utilizar material juvenil, que produzca árboles de crecimiento vertical normal, similar al de una plántula de semilla. La forma tradicional de lograr esto es a través de la corta del árbol seleccionado (ortet), y el uso de los rebrotes para generar estacas juveniles (en algunas especies es posible estimular la producción de rebrotes juveniles basales sin necesidad de cortar el árbol). Cada una de estas secciones vegetativas se denominan ramets. Todos los ramets provenientes de un mismo árbol conforman un grupo genéticamente idéntico, 'fotocopias' exactas del árbol original. Este grupo de plantas o ramets que tienen un mismo genotipo conforman un clon.

Las estacas se ponen a enraizar bajo condiciones controladas, y una vez enraizadas se tratan en forma similar que una plántula normal (Leakey *et al.* 1990; Leakey y Mesén 1991). En este caso no tiene objeto realizar pruebas de progenies, sino que se establecen ensayos clonales en el campo con todos los clones, para seleccionar los 30-50 mejores y propagarlos masivamente para su uso en plantaciones.

CONCLUSIONES

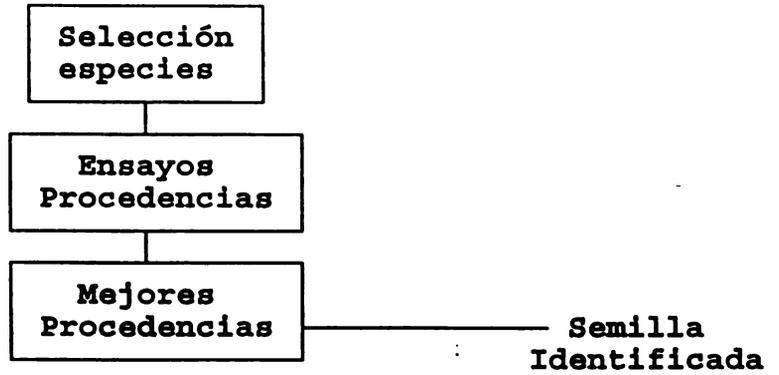
El mejoramiento genético involucra varias alternativas diferentes, algunas de ellas a largo plazo. Es una actividad que ofrece grandes retos pero también grandes recompensas, y depende mucho del sentido común decidir las mejores opciones a seguir para una determinada especie y situación. Una de las muchas ventajas del mejoramiento genético es que una vez que se logra el cambio deseado, este perdura indefinidamente a lo largo de las generaciones. Asimismo, se pueden lograr ganancias reales desde el inicio mismo del

programa, por ejemplo, mediante la selección y manejo de rodales semilleros, y las ganancias siguen en aumento en cada nueva etapa.

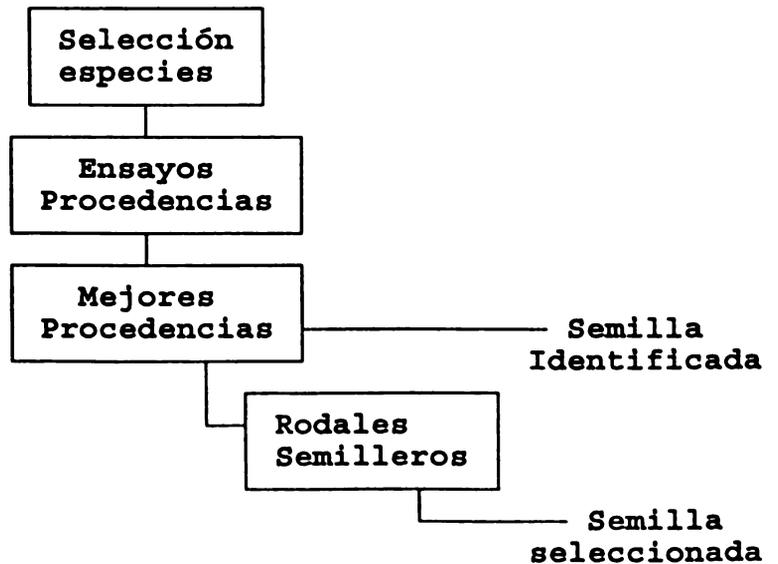
Además de las ganancias evidentes del programa, como son por ejemplo, los aumentos en productividad y calidad del producto, existen otras ganancias indirectas igualmente importantes. Por ejemplo, un mejoramiento en la rectitud de los fustes facilita el transporte y el aprovechamiento de la madera. Un aumento en la homogeneidad de los árboles facilita labores de manejo como los aclareos. Igualmente, un aumento en el vigor y crecimiento inicial de los árboles reduce los costos de limpiezas. Tal vez la ganancia indirecta más importante es que un reforestador que se sienta satisfecho con su plantación, plantará nuevamente, y posiblemente también estimule a sus vecinos a hacerlo, lo cual nunca sucederá si la plantación es un fracaso. Esto inicia un proceso positivo que conlleva a aumentos en los índices de reforestación, disminución en la tala de los bosques naturales y a un mejoramiento del ambiente y de la calidad de vida en general.

Anexo 1. Ejemplos esquemáticos de estrategias de mejoramiento genético forestal

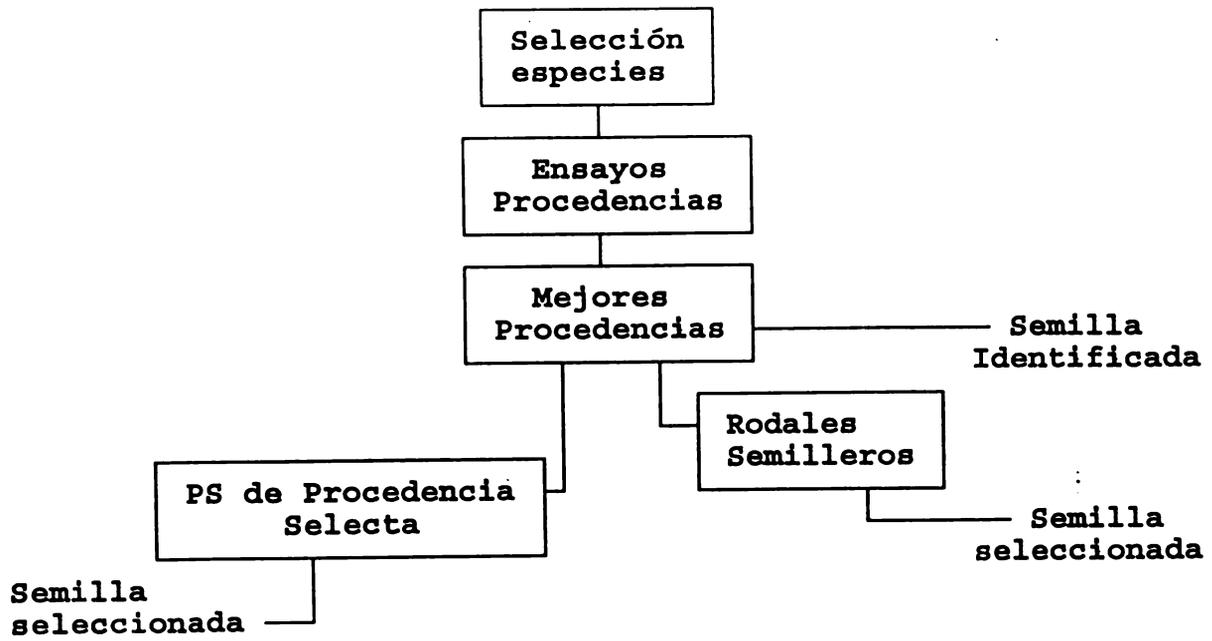
- a) Estrategia de mejoramiento con identificación y selección de las mejores procedencias y uso de la semilla para plantaciones comerciales



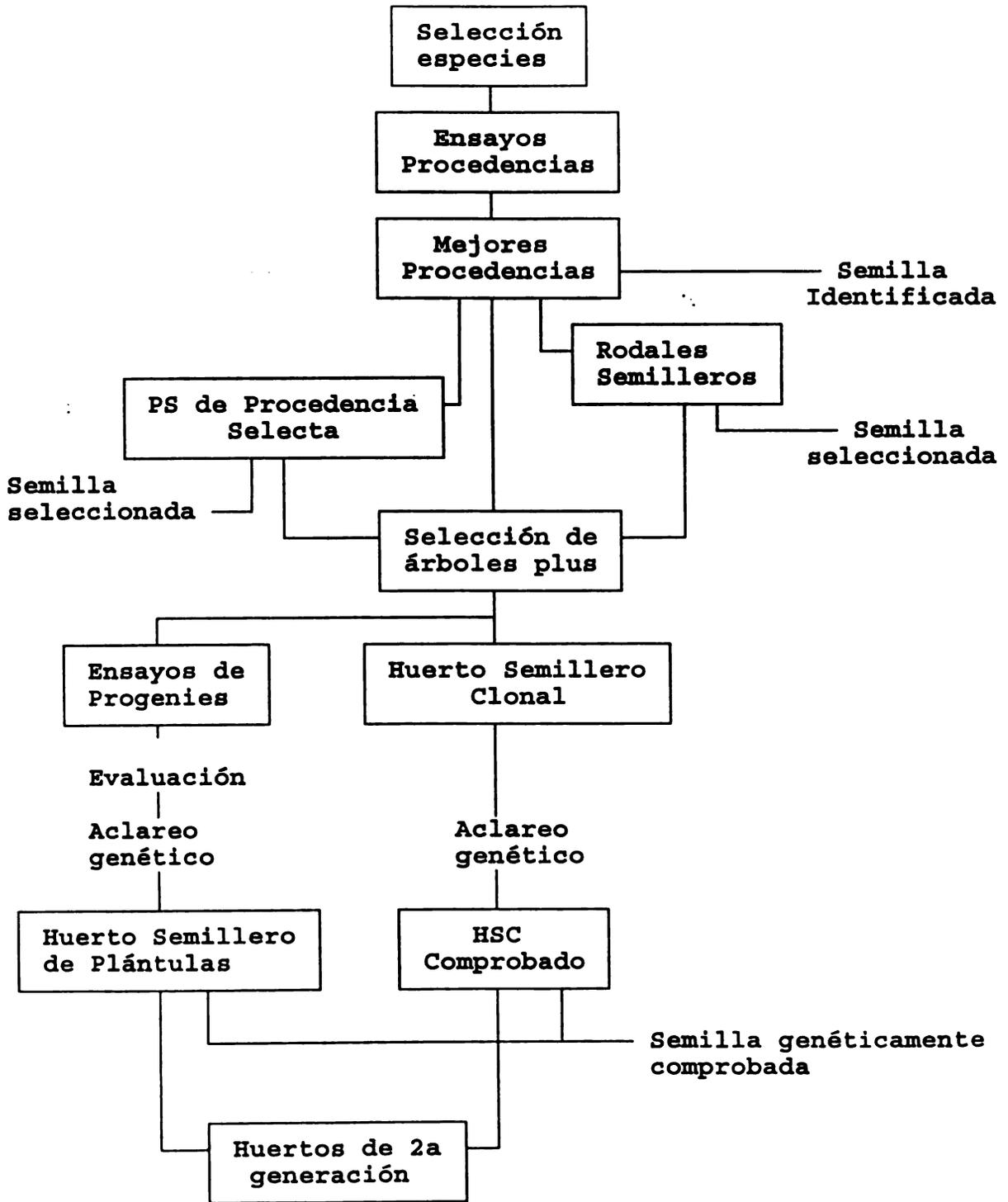
- b) Estrategia de mejoramiento con establecimiento de rodales semilleros en plantaciones de procedencias superiores



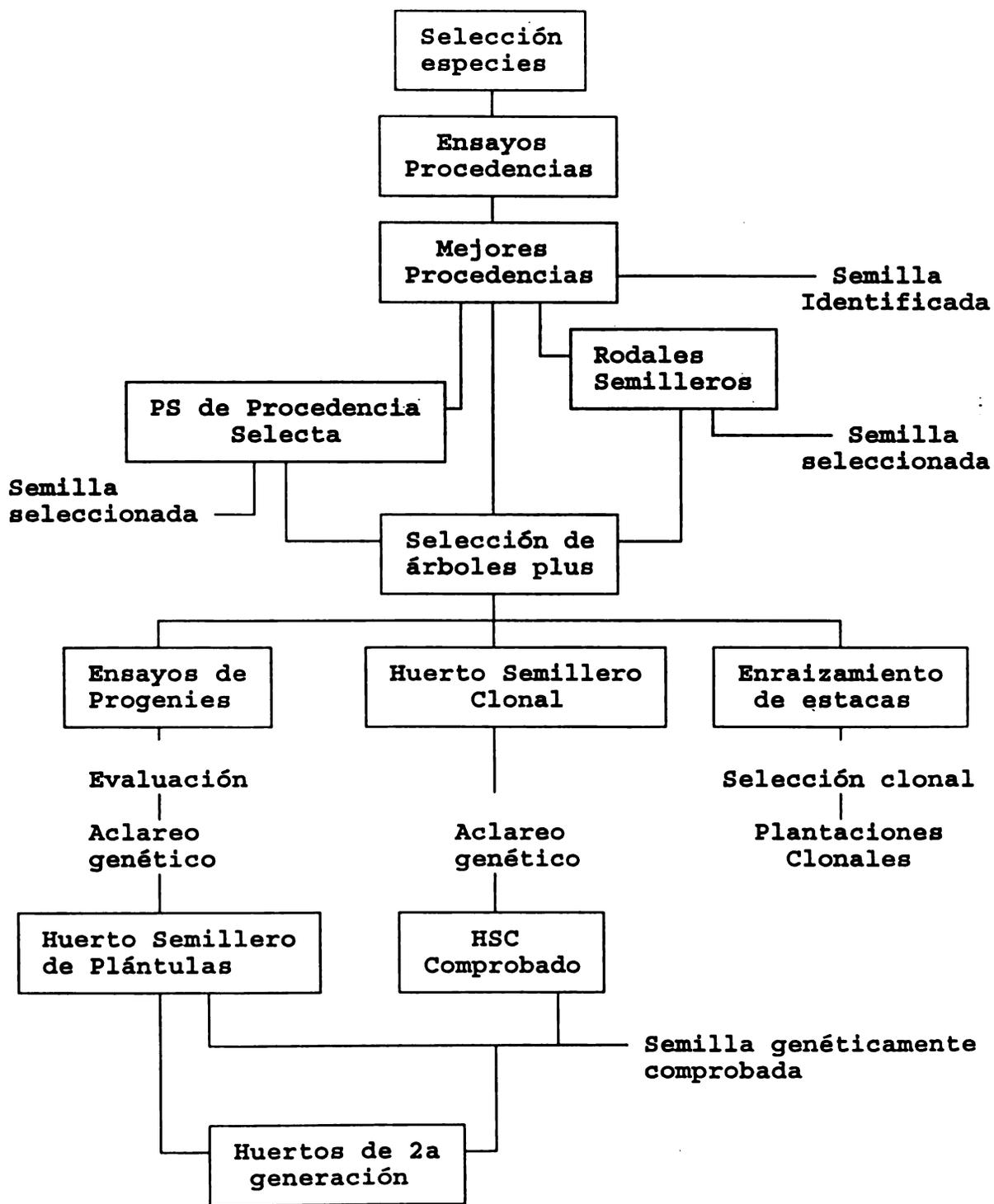
- c) Estrategia de mejoramiento con establecimiento de rodales y plantaciones semilleras de procedencias superiores



d) Estrategia de mejoramiento tradicional con selección masal y establecimiento de huertos semilleros



- e) Estrategia de mejoramiento con combinación de métodos tradicionales y silvicultura clonal



LITERATURA CITADA O CONSULTADA

- Barner, H.; Diltevsen, B.; Olesen, K. (Comp.) (1991). Introduction to tree improvement. Danida Forest Seed Centre, Humlebæk, Denmark. Lecture Note No. D-1. 23 p.
- Burley, J.; Wood, P.J. (1979). Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. Tropical Forestry Papers Nos. 10 & 10A. 299 p.
- Cornelius, J.P.; Mesén, J.F.; Corea, E. (Eds.) (1991). Manual sobre mejoramiento genético forestal con referencia especial a América Central. Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, CATIE, Turrialba. 218 p.
- Keiding, H. (1991). Gene conservation and tree improvement. Danida Forest Seed Centre, Humlebæk, Denmark. Lecture Note No. D-9. 18 p.
- Leakey, R.R.B.; Mesén, J.F.; Tchoundjeu, Z.; Longman, K.A.; Dick, J. McP.; Newton, A.; Matin, A.; Grace, J.; Munro, R.C.; Mutoka, P.N. 1990. Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonwealth Forestry Review* 69(3):247-257.
- Leakey, R.R.B.; Mesén, J.F. 1991. Métodos de propagación vegetativa en árboles tropicales: enraizamiento de estacas suculentas. *In* Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal con Referencia Especial a América Central. (J.P. Cornelius; J.F. Mesén y E. Corea, Eds.). Turrialba, Costa Rica, CATIE, Proyecto Mejoramiento Genético Forestal. pp. 113-133.
- Matheson, A.C. (1990). Breeding strategies for MPTs. *In* Tree Improvement of Multipurpose Species (Glover, N. y Adams, N., Eds.). Multipurpose Tree Species Network Technical Series, Vol. 2. pp. 67-99.
- Savill, P. (1986). Selection of species. Lecture Notes, Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 9 p. No publicado.
- van Buijtenen, J.P.; Donovan, G.A.; Long, E.M.; Robinson, J.F.; Woessner, R.A. (1971). Introduction to practical forest tree improvement. Texas Forest Service, Circular 207. 17 p.
- Wellendorf, H. (1991). Tree improvement strategies. Danida Forest Seed Centre, Humlebæk, Denmark. Lecture Note No. D-10. 10 p.
- Willan, R.L.; Olesen, K.; Barner, H. (1989). Natural variation as a basis for tree improvement. Danida Forest Seed Centre, Humlebæk, Denmark. Lecture Note No. A-3. 13 p.
- Zobel, B.; Talbert, J. (1984). Applied Forest Tree Improvement. John Wiley and Sons, New York. 505 p.

PROCEDIMIENTOS PARA LA IDENTIFICACION DE RODALES SEMILLEROS

Rodolfo Salazar
Líder PROSEFOR, CATIE

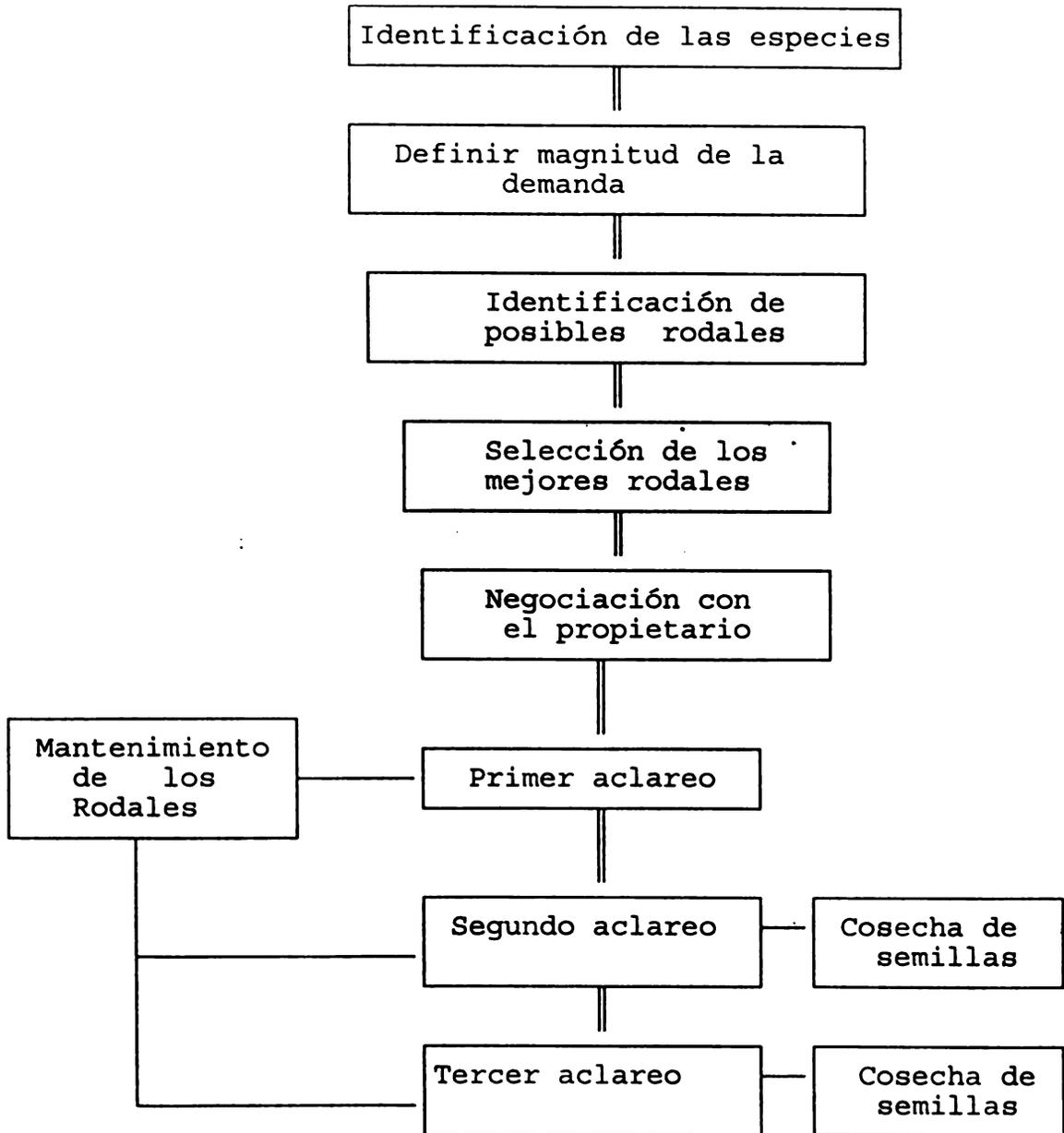
INTRODUCCION

El uso de semilla genéticamente mejorada debe ser considerado como un principio fundamental por todos los sectores involucrados en la actividad forestal. Es a través de este recurso que, complementado con una actividad silvicultural y una tecnología industrial apropiadas, el cultivo de árboles podrá convertirse a corto plazo en una alternativa viable de producción para los países de la región.

Los rodales semilleros son la alternativa preliminar para que, a corto plazo, los países puedan empezar a satisfacer las necesidades crecientes de semillas. El técnico forestal involucrado en este proceso, debe entender que su función no sólo se limita a conocer y aplicar los procedimientos técnicos para producir semillas de mejor calidad, sino que debe desempeñar una acción dinámica a nivel nacional, para que cada día aumente la exigencia por parte del consumidor de utilizar material reproductivo de mejor calidad. Esta gestión obligará a las instituciones respectivas a intensificar los trabajos en mejoramiento genético, que darán como fruto la producción de semillas de alta calidad genética y plantaciones más productivas.

Esta presentación tiene como objetivo principal dar a conocer los procedimientos técnicos que deben ser aplicados para identificar y seleccionar los rodales semilleros de las especies consideradas como prioritarias.

El proceso es sencillo, pero requiere del dominio de ciertos conceptos técnicos que deberán ser aplicados para garantizar los beneficios de dicho proceso. El siguiente diagrama muestra las etapas que deben cumplirse para llegar a cosechar semillas de los rodales semilleros. En esta presentación se revisarán las primeras cinco etapas.



IDENTIFICACION DE LAS ESPECIES

En la mayoría de los países de la región ya se cuenta con una lista de las especies prioritarias; aunque ésta en algunos casos es considerada como preliminar tanto para las especies locales como introducidas. Esta lista de especies debe ser verificada con las autoridades de las instituciones nacionales responsables de fomentar el desarrollo forestal, con las instituciones de investigación forestal y con los proyectos forestales. Esta

verificación es un proceso rápido que se realiza a través de consultas directas o revisión de documentos actualizados para conocer las especies de mayor interés.

También es importante determinar si esas especies están siendo fomentadas en una o más regiones ecológicas del país, con el propósito de determinar si es necesario establecer áreas semilleras para cada región ecológica considerando que el comportamiento de algunas especies cambia significativamente al variar las condiciones de clima y suelo.

Si el país no cuenta con esa lista de especies prioritarias hay que elaborarla, marcando con claridad las especies que ya están siendo plantadas a nivel comercial, las que están siendo investigadas a nivel avanzado y las consideradas como potenciales.

DEFINIR LA MAGNITUD DE LA DEMANDA

Llegar a satisfacer el 100% de la demanda con semillas mejoradas es lo ideal. Esto a veces resulta imposible por la falta de plantaciones que puedan ser convertidas en rodales semilleros. Además, no es conveniente sobrepasar de manera excesiva la demanda, porque el productor de semillas se verá desmotivado al producirse una baja en los precios. Zobel y Talbert (1988) sugieren sobreestimar las necesidades en un 30%, dado que es posible que las áreas a plantar aumenten, los viveros no hagan un aprovechamiento adecuado de las semillas y es frecuente que la producción de semillas varíe año con año.

En esta etapa, que es realizada a través de consultas al sector forestal nacional y visitas de campo, además de conocer las estadísticas sobre las áreas plantadas en los últimos años y las proyecciones sobre las áreas a plantar en el futuro, es importante conocer la opinión de los distintos sectores involucrados (gobierno, programas de investigación, programas de desarrollo, productores e industriales), sobre la demanda de las especies de interés.

Es usual que el sector gubernamental esté fomentando especies que el agricultor no quiere cultivar o el industrial no quiere procesar. A veces estas incongruencias obedecen al desconocimiento de tecnologías apropiadas. En Costa Rica, por ejemplo, el gobierno fomenta el uso de *Cordia alliodora* para plantaciones puras y el agricultor, por los

resultados obtenidos, ya no tiene interés en plantarla, aunque en sistemas agroforestales es excelente.

Para estimar las necesidades de semillas se deben tomar en consideración los siguientes aspectos (Salazar y Boshier, 1989):

- Determinar el consumo de semillas en años anteriores recientes.
- Estimar el consumo futuro inmediato con base en los programas de plantación.
- Conocer la capacidad de producción de semillas por árbol y por área.
- Definir si la producción de semillas es constante todos los años.

Un ejemplo es la estimación del área de un rodal semillero de *Cupressus lusitanica* en Costa Rica hecha por Quirós (1988), quien determinó que en el país se consumían 37 kg de semillas por año. A este monto le agregó un 30% de sobreestimación para llegar a un total de 48,1 kg. Además, asumió una producción de 0,5 kg árbol⁻¹ y una densidad de 100 árboles/ha para el rodal. Con esta información estimó de la siguiente manera el área del rodal semillero requerido para satisfacer la demanda:

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

$$\text{Area (ha)} = 48,1 \times \frac{1}{100 \times 0,5} =$$

$$\text{Area (ha)} = 0,96$$

Esta área de 0,96 ha, aunque se entiende que es simplemente una estimación, permite fijar límites de las áreas requeridas. El Cuadro 1 ofrece la estimación de varios parámetros preliminares de producción de semillas para especies de interés (Salazar y Boshier, 1989); estos datos necesitan ser actualizados.

Cuadro 1. Información sobre la producción de semillas para algunas especies forestales

Especies	Semillas* por árbol por año (kg) (limpia)	Semillas* por kg (miles)	Epoca de recolección aproximada en América Central
<i>Acacia mangium</i>	0,20-0,40	60-110	feb-mar
<i>Azadirachta indica</i>		4000	may-jun
<i>Bombacopsis quinata</i>	0,20-0,10	28-40	mar-abr
<i>Caesalpinia velutina</i>		500-600	nov-ene
<i>Casuarina cunninghamiana</i>		1.000.000	ene-mar
<i>C. equisetifolia</i>		900000	mar-may
<i>Cordia alliodora</i>	0,30-2,00	50-80	mar-may
<i>Cupressus lusitanica</i>	0,50	200-250	nov-ene
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,10-0,50	430-500	feb-abr
<i>E. deglupta</i>	0,10-0,70	3000-4500	jul-set
<i>E. globulus</i>		450-500	feb-mar
<i>E. grandis</i>	0,10-0,50	650-700	dic-abr
<i>E. saligna</i>	0,10-0,40	450-500	mar-may
<i>Leucaena diversifolia</i>	0,10-0,40	15-20	feb-abr
<i>L. leucocephala</i>	0,10-0,40	15-20	feb-abr
<i>Gliricidia sepium</i>	0,10-0,50	7-8	feb-abr
<i>Gmelina arborea</i>	0,50-2,00	0,7-1,2	mar-jul
<i>Guazuma ulmifolia</i>		140-210	dic-feb
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	0,25-0,50	40-60	may-jul
<i>P. oocarpa</i>	0,25-0,50	43-68	mar-may
<i>P. tecunumanii</i>	0,20-0,10	60-80	mar-may
<i>Tectona grandis</i>	2,00	0,7-0,1	nov-ene

* Es necesario recordar que el tamaño de la semilla varía entre procedencias, entre árboles y de año en año. Datos estimados a nivel de laboratorio que difieren bastante de los obtenidos a nivel de vivero, razón por la cual deben ser manejados con mucha prudencia.

Al final de esta etapa, se deberá contar con las bases suficientes para definir el área de las plantaciones que necesitan ser manejadas para la producción de semillas.

IDENTIFICACION DE POSIBLES RODALES

Esta etapa preliminar, que puede ser realizada por asistentes debidamente capacitados, consiste en realizar a nivel nacional visitas de reconocimiento a las plantaciones existentes con potencial para producción de semillas.

El asistente visitará la plantación y valorará de manera preliminar las siguientes características:

- 1- Calidad fenotípica de la plantación
- 2- Extensión de la plantación
- 3- Accesibilidad

Como lo indica Mesén en la sección sobre manejo de rodales semilleros, el encargado de realizar el proceso de identificación y selección debe estar familiarizado con el comportamiento de la especie, lo cual facilitará y dará mayor seguridad al proceso. En esta etapa de identificación bastará con un ligero recorrido por la plantación para conocer la uniformidad en cuanto a las características fenotípicas de los árboles y la extensión; esta primera impresión, junto con la accesibilidad al sitio, permitirá decidir si se incluye en la lista de posibles rodales o se descarta.

Al final de esta etapa, el técnico contará con una lista de las mejores plantaciones o bosques naturales que existen a nivel nacional para cada especie de interés. En el caso de bosques naturales, es importante tomar en consideración las experiencias que existan a nivel nacional e internacional sobre el comportamiento de algunas procedencias. En la región existe información internacional muy importante sobre un amplio número de coníferas nativas, que hoy son plantadas a nivel industrial en algunos países tropicales. En este campo, Nicaragua realiza excelentes trabajos en rodales semilleros naturales con *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *P. oocarpa* y *P. tecunumanii*, actividad que a su vez cumple un objetivo de conservación de germoplasma.

NEGOCIACION CON EL PROPIETARIO

Si la plantación es seleccionada como rodal semillero, antes de iniciar el proceso de manejo silvicultural, hay que explicar al propietario con toda claridad la importancia que tendrá su plantación como futura fuente productora de semillas; es necesario indicarle que el rodal será sometido a un manejo silvicultural que implicará la eliminación de algunos árboles, que deberá ser protegido del fuego y otros daños, que no deberán cortarse árboles sin consultar previamente y que anualmente se realizará la recolección de semillas. Si el propietario está de acuerdo en someter su plantación al proceso descrito, es conveniente establecer un acuerdo escrito entre ambas partes, definiendo el número de años que se espera utilizar la plantación para producir semillas. A la vez, es importante indicarle al

propietario que a corto plazo obtendrá beneficios económicos a través de los aclareos y la producción de semillas y que a largo plazo producirá madera de mejor calidad y con mayor precio.

Si el propietario no está de acuerdo en que se realicen las actividades de manejo y en darle protección por un determinado número de años, es mejor descartarlo como posible área productora de semillas.

CONCLUSIONES

El éxito en el desarrollo de estas etapas depende de la existencia de suficientes plantaciones de buena calidad y de lo estricto que se apliquen los criterios de selección. No obstante, la realidad es que, con muy pocas excepciones, para la mayoría de las especies de interés, no se cuenta en la región con suficientes áreas ni en cantidad ni extensión suficientes para aplicar los criterios de selección de manera estricta. Ante esta realidad, el técnico deberá considerar la posibilidad de flexibilizar el proceso. Sin embargo, deberá estar muy consciente y asumir la responsabilidad de fortalecer los mecanismos para iniciar actividades que permitan la producción de semillas de mejor calidad genética a corto plazo.

REFERENCIAS

- Mesén, F. (1993) Selección y manejo de rodales semilleros, PROSEFOR, CATIE, Costa Rica. Informe Interno. 13 p.
- Quirós, L. (1988). Selección de rodales semilleros de ciprés (*Cupressus lusitanica* Hill.), en el Valle Central de Costa Rica, Tesis Ing. For. Heredia, C.R. Universidad Nacional 83 p.
- Salazar, R.; Boshier, D.H. (1989) Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies prioritarias en América Central. CATIE, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico No. 20. 80 p.
- Zobel, B.; Talbert, J. (1984) Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, NY. 505 p.

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE RODALES SEMILLEROS

Francisco Mesén
Genetista Forestal, PROSEFOR

INTRODUCCION

El rodal semillero representa una medida interina para producir semilla de mejor calidad genética a corto plazo, mientras se desarrollan otras formas más avanzadas de producción. Un rodal semillero se define como un grupo de árboles de la misma especie, que es mejorado mediante la remoción de individuos indeseables y manejado para estimular la producción pronta y abundante de semilla (Barner 1973).

En rodales semilleros la ganancia genética es menor que en los huertos semilleros¹. Esta diferencia resulta de la intensidad de selección, que es mucho menor ($1: < 20$) para los rodales que para los huertos ($1: > 1000$). Sin embargo, los rodales técnicamente manejados pueden producir ganancias importantes en características de alta heredabilidad, como forma del fuste (Shelbourne 1969), y tienen ciertos atributos que los hacen muy importantes, principalmente para los países que no tienen programas avanzados de mejoramiento genético (Zobel y Talbert 1984):

- i) Los rodales representan una alternativa económica de producir semilla de mejor calidad a muy corto plazo.
- ii) La semilla colectada tiene mejor calidad genética que la semilla de rodales no manejados, especialmente en cuanto a adaptabilidad y características del fuste y la copa.
- iii) Se obtiene semilla de fuentes reconocidas. En el caso de especies introducidas, se favorece el desarrollo de razas locales, adaptadas a los sitios potenciales de plantación.
- iv) Se concentran las operaciones de recolección en un área pequeña, lo cual baja los costos y facilita la organización y control.

SELECCION DE RODALES

1/ El huerto semillero es una plantación de árboles genéticamente superiores, aislada para reducir la contaminación de polen de fuentes inferiores, y manejada intensivamente para producir cosechas frecuentes y abundantes de semilla. Se establece mediante clones (huerto semillero clonal) o semillas (huerto semillero de plántulas) de árboles seleccionados intensivamente por ciertas características deseables (Zobel *et al.* 1958).

La selección de rodales semilleros implica la exploración a nivel nacional para identificar el o los mejores rodales en cada zona o Región de Procedencia. Un rodal con potencial es aquel que presenta características fenotípicas y densidad tales que permitan obtener no menos de 50 (preferiblemente 75-150) árboles morfológicamente adecuados por hectárea y estar en capacidad de producción de semilla. 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.

Preferiblemente, los rodales deberían ser de 4 ha como mínimo, ya que en áreas menores 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 semilla que se necesita.

Los rodales densos (más de 400 árboles ha^{-1}) 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 mayor 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 más fielmente 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 uno o pocos árboles es suficiente para establecer grandes áreas de plantación. Asimismo, es importante conocer con certeza el origen² y la procedencia³ 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 historial diferentes, por lo cual, gran parte de la variación observable es ambiental. 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.

Algunos tipos de unidades experimentales también permiten su conversión en rodales semilleros. Este es el tipo de rodal semillero menos 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

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

3/ 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.

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.

MAPEO

Una vez seleccionado el rodal semillero es necesario ubicar su posición en un mapa de escala apropiada (e.g. 1:50.000). También se debe dibujar un croquis detallado que muestre la ubicación exacta del rodal, con sus límites claramente definidos. El croquis deberá contener puntos de referencia fácilmente reconocibles, tales como caminos, senderos, ríos, puentes, etc.

INVENTARIO DEL RODAL

El inventario del rodal es necesario por varias razones. En primer lugar, permite comparar entre dos o más rodales alternativos para seleccionar la mejor opción. Segundo, proporciona la base para realizar los aclareos y, tercero, permite evaluar los cambios en densidad y calidad fenotípica después de los aclareos (Hughes y Robbins 1982).

Un rodal de interés para una especie industrial típica es aquel que 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 el vigor, la capacidad de rebrote y la producción de ejes múltiples.

Dependiendo del área del rodal, su densidad y la topografía del sitio se deben delimitar parcelas de área conocida, en cada una de las principales subdivisiones (edáficas, topográficas, etc.) del sitio. Si el rodal es homogéneo, como regla general se establece una parcela por hectárea. 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. Una parcela de 15 m de

radio (aproximadamente 707 m²) se considera apropiada. Si la plantación sigue una distribución en hileras fácilmente reconocibles, puede ser más fácil establecer una parcela cuadrada o rectangular (p.ej. 25 x 25 m o 25 x 30 m).

La evaluación de los árboles es básicamente una evaluación de calidad, asignándoles un número de acuerdo a las siguientes clases:

- Clase 1** **Arboles excelentes** (dominantes o codominantes, rectos, sin bifurcaciones, de ramas delgadas, sanos y vigorosos). Conformarán la población final del rodal semillero.
- Clase 2** **Arboles buenos** (dominantes o codominantes, sin bifurcaciones bajas, con leves defectos en el fuste o en la copa). Algunos o todos podrían permanecer en el rodal si no hay suficientes en la categoría anterior.
- Clase 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).

Además de la evaluación de forma, es conveniente medir también el DAP de todos los árboles de la muestra y una altura promedio, lo cual da una indicación de la tasa de crecimiento de los árboles en ese sitio.

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

ACLAREOS

El mejoramiento del rodal implica la remoción 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⁻¹), se eliminarán todos los individuos de las clases 2 y 3. Estos árboles se deben marcar ya sea con cinta o mediante una marca visible con machete. Cuando se marque con cinta, es importante marcar los árboles que

serán eliminados y no los que se quedarán, ya que esto último puede llevar a la eliminación de árboles buenos si la cinta se desprendiera por alguna razón. Una vez que se hayan marcado los árboles de fenotipos inferiores, se lleva a cabo una segunda marcación para mejorar la distribución de los árboles en el rodal. Esta segunda marcación es similar a un aclareo silvicultural típico, diseñado para promover el desarrollo de las copas (Hughes y Robbins 1982).

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 del cruzamiento entre los árboles seleccionados únicamente. 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 una serie de consideraciones importantes:

- i) La copa de los árboles remanentes debe ser liberada en al menos tres lados, aunque esto implique la remoción de otros árboles seleccionados.
- ii) Si hay áreas dentro del rodal que sólo contienen árboles de la clase 3, se deben eliminar todos aunque esto resulte en 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 tener en mente el peligro de volcamiento por viento si se abre la plantación en forma drástica en una sola intervención. Los aclareos pueden realizarse en dos o tres etapas, a lo largo de un periodo 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.

Finalmente, es importante extraer el producto de los raleos, aunque no haya mercado para dichos productos, para eliminar focos de infección de enfermedades o ataques de insectos que puedan afectar a los árboles en pie. En algunos casos, la venta del

material de los aclareos puede cubrir los costos de establecimiento del rodal (Hughes y Robbins 1982).

AISLAMIENTO

El aislamiento total del rodal de fuentes contaminantes de polen de árboles inferiores es casi imposible de lograr, pero se pueden tomar medidas para reducir la contaminación a niveles mínimos. Si bien su aplicación puede ser difícil, es conveniente tener en cuenta las opciones siguientes:

- i) eliminación de los árboles inferiores de la misma especie o de especies que puedan hibridizar dentro de una franja de 1 km alrededor del rodal.
- ii) mantenimiento de una franja de árboles en el sitio de entrada del viento, en la cual también se eliminan 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. En plantaciones extensas, idealmente esta franja debería mantenerse alrededor de toda el área efectiva del rodal. La franja debe tener un ancho mínimo de 100 m.
- iii) establecimiento de una 'zona de dilución de polen' alrededor del rodal. Esta puede mantenerse limpia o plantarse con otra especie forestal de rápido crecimiento, que no hibridice con la especie del rodal. La primera opción es preferible, ya que el viento forma corrientes descendentes cuando encuentra un área libre, lo cual ayuda a la deposición del polen.

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).

El aislamiento del rodal es importante para evitar reducciones en la calidad de la semilla producida, y las acciones correspondientes deberían iniciarse al mismo tiempo que se inicia el mejoramiento del rodal. Tendría poco sentido invertir tiempo y esfuerzo en el desarrollo de un rodal de excelente calidad fenotípica, si gran parte del polen proviene de árboles externos de calidad inferior.

PROTECCION

La protección del rodal 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 10 metros de ancho alrededor del rodal; asimismo, se debe mantener el rodal libre de malezas y residuos para evitar la propagación del fuego. La limpieza permanente del rodal también facilita las labores dentro del rodal y la cosecha de semillas. En algunas especies (e.g. *Gmelina arborea*) será necesario realizar la eliminación periódica de rebrotes o tratar los tocones con algún herbicida sistémico. Finalmente, es importante la colocación de rótulos con ciertos datos relevantes, tales como especie y procedencia, fecha de establecimiento, área del rodal, institución responsable y propietario del rodal.

FERTILIZACION

No es posible generalizar acerca de las necesidades de fertilización, porque las condiciones edáficas y climáticas particulares del sitio, así como los requerimientos de la especie involucrada, influyen la respuesta de los árboles a los fertilizantes. Además, para la mayoría de las especies forestales tropicales, no existe información acerca de épocas, dosis y fórmulas de los fertilizantes a utilizar. Gran parte de los trabajos en fertilización han sido desarrollados para huertos semilleros y para 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 and 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 (NPK) en las etapas de crecimiento vegetativo y fertilizantes nitrogenados posteriormente para estimular la 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 y análisis del suelo; hasta tanto no haya recomendaciones específicas, se debe tratar básicamente de eliminar deficiencias evidentes que puedan afectar el crecimiento y vigor de los árboles del rodal.

METODOS PARA INDUCIR FLORACION

Se ha utilizado una serie de tratamientos para tratar de acelerar y aumentar la floración y la producción de semilla, aunque la mayoría de ellos dirigidos a huertos semilleros. Entre los más comunes están el anillamiento o estrangulamiento, la poda de las copas y la aplicación de giberelinas¹. Para algunas latifoliadas, el anillamiento ha dado buenos resultados, siempre y cuando se realice en forma localizada (anillamiento de ramas) o a una altura apropiada en el fuste principal de manera que se estimule la floración sin causar la muerte del árbol. Sin embargo, para especies tropicales aún falta mucha investigación para determinar épocas, sitios y características del tratamiento (posición, ancho del anillo, etc.) y su efectividad. La inyección de giberelinas ha sido efectiva en varias especies de *Pinus* y *Cupressus*, y se cree que puede ser de aplicación general en coníferas, aunque de nuevo, no existe mucha experiencia para coníferas tropicales. La poda de copas ha dado resultados variables, y generalmente no se recomienda como un método de inducción para la mayoría de las especies. Además, en muchas especies tropicales, la mayoría de las flores femeninas se ubican en la parte superior de las copas, lo cual hace este método completamente inapropiado. Mientras no se desarrollen investigaciones en este sentido, no es posible brindar recomendaciones específicas.

REGISTROS

Se deben mantener registros detallados de los rodales, que permitan llevar un control preciso de las operaciones y suministrar información completa a los usuarios de las semillas. Se deben mantener al menos los siguientes formularios:

- i) Registro de calificación de rodales semilleros, con la información obtenida de las parcelas de muestreo (Ejemplo en Anexo 1). Se debe completar un formulario por parcela al momento de evaluar el rodal.

1/ Dick, J. McP. 1994. Institute of Terrestrial Ecology, Escocia, comunicación personal.

- ii) Registro de rodales semilleros, con información botánica, climática y geográfica del sitio, detalles del rodal y del propietario (Ejemplo en Anexo 2). Se debe completar un único formulario al momento de seleccionar el rodal.
- iii) Registro de recolecciones y almacenamiento, con información acerca de número de árboles recolectados, métodos, estado de los frutos/semillas, cantidad recolectada y resultados de los análisis de las semillas (Ejemplo en Anexo 3). Se debe llenar un formulario después de cada recolección.
- iv) Registro de observaciones fenológicas, con observaciones sobre foliación, floración y fructificación.
- v) Hojas de historial, donde se anoten todas las actividades realizadas en el rodal así como la ocurrencia de eventos naturales relevantes. Se debe iniciar desde el momento de evaluar el rodal y mantenerse actualizado después de cada visita al rodal para cualquier propósito.

Los registros se deben mantener archivados bajo el código para el rodal. Es importante mantener varias copias de los registros en diferentes sitios, para evitar pérdida de la información en caso de incendios, etc.

CONCLUSIONES

A pesar de la baja intensidad de selección que puede lograrse en rodales semilleros, un rodal técnicamente manejado puede producir ganancias genéticas importantes en características de alta heredabilidad (Shelbourne 1969), con los consecuentes beneficios para programas de reforestación. Además, los rodales semilleros tienen ciertos atributos que los hacen muy importantes, en particular, i) representan una alternativa simple, económica y a muy corto plazo para la producción de semilla de mejor calidad; ii) la semilla colectada tiene mejor calidad genética que la semilla de rodales no manejados, especialmente en cuanto a adaptabilidad y características del fuste y de la copa y iii) se reducen los costos y se facilitan las recolecciones de semilla, al concentrar las operaciones en una sola área (Zobel y Talbert 1984). Un beneficio adicional de los rodales semilleros es la conservación de los recursos genéticos (Hughes y Robbins 1982), lo cual adquiere cada vez mayor importancia en países tropicales ante el incremento acelerado en las tasas de deforestación y el peligro de desaparición de poblaciones valiosas.

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.
- Barnes, R.D.; Gibson, G.L.; Bardley, M.A. (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.
- Greenwood, M.S. (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.
- Hattermer, H.H.; Andersson, E.; Tamm, C.O. (1977). Effects of spacing and fertilization on four grafted clones of Scots pine. *Stud. For. Suec.* 141:1-31.
- Hughes, C.E.; Robbins, A.M.J. (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, J.B.; Finger, G. (1973). Stimulation of flowering in Sweetgum. *12th South For. Tree Imp. Conf.*, Baton Rouge, La. pp. 111-117.
- Lambeth, C.C. (1992). Huertos semilleros. *In Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal con Referencia Especial a América Central* (Cornelius, J.P.; Mesén, J.F. y Corea, E, Eds.). Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 103-128.
- Palmberg, C. (1980). Selection and management of seed stands: hardwoods. *FAO Forestry Papers* No. 20, 122-123.
- Quijada, R.N. (1980). Selection of forest trees. *FAO Forestry Papers* No. 20, 124-130.
- Quirós, R. (1988). Selección de rodales semilleros de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) en el Valle Central de Costa Rica. Tesis Ing. For., Heredia, Costa Rica, Universidad Nacional. 83 p.
- Salazar, R.; Boshier, D.H. (1989). Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies prioritarias en América Central. CATIE (CR). Serie Técnica, Informe Técnico No. 20. 80 p.
- Salazar, R.; Boshier, D.H. (1992). Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales. *In Manual sobre Mejoramiento Genético con Referencia Especial a América Central*. (Eds. Cornelius, J.P.; J.F. Mesén y E. Corea). Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 61-77.
- Shelbourne, C.J.A. (1969). Predicted genetic improvement from different breeding methods. *2nd World Consult. Forest Tree Breeding*. Vol 2:1023-1029.

- Steinbrenner, E.C.; Duffield, J.W.; Campbell, R.K. (1960). Increased cone production of young Douglas-fir following nitrogen and phosphorus fertilization. *Jour. For.*, 58(11):105-110.
- van Buijtenen, J.P.; Donovan, G.A.; Long, E.M.; Robinson, J.F.; Wössner, R.A. (1971). Introduction to practical forest tree improvement. Circular 207, Texas Forest Service, 17 p.
- Zobel, B.; Barber, J.; Brown, C.L.; Perry, T.O. (1958). Seed orchards; their concept and management. *J. of For.* 56:815-825.
- Zobel, B; Talbert, J. (1984). Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, New York. 505 p.

CLASIFICACION DE FUENTES DE PRODUCCION DE SEMILLAS FORESTALES

Francisco Mesén
Genetista Forestal, PROSEFOR

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 se puede 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 contendrá 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).

Es muy importante tener presente que 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 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 lleva a cabo la reforestación. El descuido a la hora de seleccionar la fuente semillera ha sido una de la 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

Un huerto semillero es una plantación de clones o progenies que han sido seleccionados intensivamente con base en ciertas características de importancia económica, aislada o manejada 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 genéticos¹ necesarios para dejar únicamente los clones o individuos que han demostrado su superioridad.

Además, este tipo de fuente semillera deberá cumplir con todos los otros requisitos básicos de un huerto semillero en cuanto a método de selección de árboles, área, diseño,

1/ El aclareo genético es diferente del aclareo silvicultural. El primero consiste en la eliminación de individuos en el huerto utilizando como criterio los resultados de ensayos de progenies.

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

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 sometido 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 es ubicado 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

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 75-200 árboles por hectárea con características fenotípicas apropiadas (ver Sección 3).

El Rodal Semillero debe tener una base genética suficientemente amplia; plantaciones originadas con semilla de unos pocos árboles deben ser descartadas. 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 1 ha; grupos más pequeños o árboles en hileras NO pueden ser considerados como rodales semilleros.

Los Rodales Semilleros pueden ser desarrollados a partir de:

- i) rodales naturales
- ii) plantaciones comerciales
- iii) plantaciones piloto, parcelas de validación
- iv) 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

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 1 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

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 otras fuentes más avanzadas.

En este grupo se encuentran típicamente:

- i) parcelas experimentales representadas por un número limitado de individuos,

- ii) pequeños bloques de plantación,
- iii) ensayos genéticos o silviculturales de poca extensión,
- iv) 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 otras fuentes más avanzadas, que garanticen una mejor calidad genética del material.

PROGRAMA DE CERTIFICACION DE SEMILLAS Y PLANTULAS DE VIVERO DE ESPECIES FORESTALES EN COSTA RICA

Ana L. Guevara F.
*Coordinadora Programa de Certificación Forestal,
Oficina Nacional de Semillas*

INTRODUCCION

La certificación de semillas en Costa Rica se realiza mediante la Ley de Semillas No. 6289 y su Reglamento a través de la Oficina Nacional de Semillas (ONS), órgano que tiene a su cargo la "promoción y protección, el mejoramiento, control y el uso de semillas de calidad superior con el objeto de fomentar sus uso, para lo que establece las normas y mecanismos de control necesarios para su circulación y comercio".

La Oficina Nacional de Semillas cuenta con independencia en su funcionamiento operativo y en su administración, con personería jurídica propia.

Actualmente la ONS tiene en ejecución programas de certificación de semillas para los siguientes cultivos: arroz, frijol, maíz, palma aceitera, coco, papa, especies forrajeras, algodón, cítricos, hortalizas, forestales, raíces y tubérculos.

La certificación es un proceso integral que garantiza la calidad de la semilla mediante una serie de mecanismos y procedimientos para el control de la producción, que abarcan:

1. Inscripción del área de multiplicación.
2. Inspección oficial (siembra, desarrollo del cultivo, cosecha, beneficio y venta de la semilla).
3. Etiquetado.
4. Muestreo oficial.
5. Análisis oficiales de calidad.
6. Autorización para la venta (control mediante facturas oficiales).

Los programas de certificación son ejecutados por profesionales especializados en el área, y para cada cultivo o especie se cuenta con un Comité Calificador de Variedades o un Comité Asesor, que funge como órgano consultivo de la ONS en aspectos relativos a la reglamentación técnica para la producción de semilla, la

inclusión o exclusión de materiales en el registro de Variedades Comerciales y sobre diversos aspectos técnicos relativos a la producción de semilla del respectivo cultivo o especie.

La implementación de un programa de certificación de semillas obedece fundamentalmente a la necesidad de resolver los problemas de abastecimiento de semilla en la cantidad y de la calidad adecuadas.

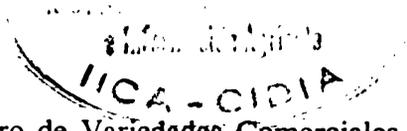
El Programa de Certificación de Semillas y Plántulas de Vivero de Especies Forestales surgió como una iniciativa del Centro Nacional de Semillas Forestales del Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, cuyos representantes expusieron a la ONS la necesidad urgente de incurrir en este campo. Las políticas de reforestación que se han venido dando en los últimos años en Costa Rica y los incentivos financieros que se están otorgando para impulsar esta actividad; han producido un incremento acelerado en la tasa de reforestación nacional, con el agravante de que no existe semilla en la cantidad y de la calidad requeridas para abastecer la creciente demanda.

En los acápites siguientes se hace una breve explicación de las actividades desarrolladas hasta la fecha y principalmente, sobre los aspectos técnicos que se han contemplado para la ejecución del Programa de Certificación Forestal.

DESARROLLO DEL PROGRAMA

El Programa de Certificación de Semillas y Plántulas de Vivero de Especies Forestales dio inicio en noviembre de 1993, con la inscripción por parte del Centro Agrícola Cantonal de Hojancha (CACH) de las dos primeras fuentes semilleras de *Gmelina arborea*, ubicadas en el cantón de Hojancha, Guanacaste.

En esta región del país se ha logrado un desarrollo organizacional importante en torno a los programas de reforestación. Además, el CACH ha generado una valiosa experiencia en producción y comercialización de semillas y plántulas de especies forestales, por lo que se inició con un plan piloto en esta zona a través del Centro Agrícola.



El CACH actúa como empresa contratante y comercializadora. Es el responsable de inscribir las fuentes semilleras ante la ONS y de brindar asistencia técnica a los productores.

Para el procesamiento y comercialización de la primera semilla certificada por la ONS, el CACH ha iniciado algunas mejoras en su infraestructura, a fin de prestar un servicio adecuado, tanto de acondicionamiento como de almacenamiento de la semilla.

A esta fecha, el CACH ha inscrito 10 fuentes semilleras de *Gmelina arborea*, lo que representa un área total aproximada de 11 ha. Se estima una producción de 3 500 a 4 000 kg de semilla a partir de estas fuentes.

Es importante señalar que, en principio, el Programa de Certificación Forestal centrará sus esfuerzos hacia la obtención de semilla de tres especies: *Bombacopsis quinata* (pochote), *Gmelina arborea* (melina) y *Tectona grandis* (teca).

Para la obtención de semilla de teca se han visitado algunas plantaciones en la zona de Parrita, región de donde se ha obtenido tradicionalmente la semilla que se utiliza en los proyectos de reforestación nacional. Estas plantaciones no muestran fenotipos deseables, posiblemente por razones de adaptación al sitio. No obstante, ensayos de procedencias establecidos en el cantón de Hojancha, así como la mayoría de las plantaciones, muestran que dicha fuente es la que presenta el mejor comportamiento. Por lo tanto, se pretende obtener semilla de teca de procedencia certificada.

En el caso del pochote existen muy pocas fuentes semilleras, por lo que la obtención de semilla certificada de esta especie no podrá realizarse en el corto plazo.

CERTIFICACION FORESTAL

En la ejecución de este programa se aplicarán los mecanismos y procedimientos que se han establecido para el control de calidad de la semilla de los demás programas de certificación que ejecuta la ONS, y que están señalados en la Ley de Semillas y su Reglamento. A su vez, se aplicarán las normas específicas que se han establecido en el

Reglamento Técnico para la producción y comercialización de semilla y material de vivero certificado de especies forestales.

En este reglamento se estipulan las disposiciones generales y específicas que debe acatar un productor de semilla o su regente para poder ingresar al programa. A su vez, representa la herramienta de trabajo del Inspector Oficial de la ONS, quien tiene la responsabilidad de velar porque las mismas se cumplan.

El Programa de Certificación Forestal incluye tanto el control de la producción de semilla como el de plantas de vivero. De ahí que el reglamento incluye una normativa para cada caso.

Algunos puntos importantes que se presentan en el reglamento son:

1. Definición de categorías

Se han definido básicamente dos categorías de semilla: Certificada y Autorizada.

La categoría Certificada incluye semilla obtenida de huertos semilleros, ensayos de progenies u otras fuentes semilleras evaluadas genotípicamente en el país y debidamente manejadas.

Dentro de la categoría Autorizada se definen tres subcategorías o tipos, según la fuente semillera de donde se obtenga la semilla:

Autorizada Tipo A: Semilla obtenida de huertos semilleros no comprobados.

Autorizada Tipo B: Semilla obtenida de rodales semilleros que cumplen todos los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico.

Autorizada Tipo C: Semilla obtenida de fuentes semilleras que no cumplen con alguno de los requisitos establecidos para la semilla Autorizada Tipo B.

2. Requisitos de la fuentes semilleras

En este acápite se establecen los requisitos generales que debe cumplir cualquier fuente semillera y se especifican en detalle los que debe reunir cada una de ellas (huertos semilleros comprobados, huertos semilleros no comprobados, rodales semilleros y otras fuentes semilleras).

3. Inspecciones de campo

Para cada tipo de fuente semillera se define el número mínimo de visitas que deben realizar los Inspectores Oficiales. Por ejemplo, para la producción de semilla certificada a partir de huertos semilleros ya establecidos, se definen visitas en las siguientes etapas:

- Durante la floración y polinización.
- Al inicio y final del aclareo de depuración.
- Al inicio de la cosecha.
- Otras inspecciones a criterio del Inspector.

Con relación a la certificación de plántulas de vivero, se establecen algunos requisitos importantes como son: la semilla a utilizar, las condiciones del área de producción, las plántulas objeto de rechazo, el número mínimo de visitas, etc.

Cabe destacar que sólo serán objeto de certificación aquellos viveros que se establezcan con semilla certificada por la ONS. Esto se comprobará a través de la factura oficial de compra de la semilla, la cual constituye el primer requisito para que un productor pueda inscribir su vivero para la obtención de plántulas certificadas.

Lo mismo que para la semilla, cada lote de plántulas será debidamente identificado con una etiqueta indicando que corresponde a material certificado y donde se especifica la especie, la procedencia, el lote de donde proviene la semilla y su categoría.

COORDINACION INTERINSTITUCIONAL

Para la ejecución del Programa de Certificación Forestal, la ONS ha establecido nexos de coordinación y acción conjunta con diferentes entidades involucradas en el sector, llegándose a concretar hasta el momento dos acciones importantes:

1. **Un convenio con el Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, donde este se compromete, entre otras cosas, a:**
 - Aportar un profesional a tiempo completo para la coordinación del Programa de Semillas Forestales.
 - Promover, coordinar y ejecutar un programa de investigación, orientado principalmente hacia la tecnología de semillas y el mejoramiento genético forestal.
 - Dar apoyo y colaboración administrativa, legal y técnica a todas las gestiones que realice la ONS, tanto a nivel central como regional.
 - Condicionar el otorgamiento de los incentivos para la reforestación al uso de semillas y plántulas certificadas, en la medida en que se incremente su disponibilidad.
2. **Una Carta de Entendimiento con el Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR, CATIE/Danida).**

Mediante este nexo, la ONS cuenta con la colaboración técnica del Proyecto de Semillas Forestales para:

- El establecimiento del Registro Nacional de Productores de Semillas.
- La capacitación del personal profesional y asistencia técnica en la identificación, selección y manejo de fuentes semilleras, así como para la recolección, procesamiento y producción de semillas forestales.
- La conformación de grupos nacionales de productores de semillas forestales.
- La divulgación del Programa de Certificación y de la importancia del uso de material certificado mediante charlas técnicas, días de campo, publicaciones, etc.

Cabe señalar que en este proceso también han estado involucrados profesionales del Instituto Tecnológico de Costa Rica, quienes han participado activamente en la elaboración del Reglamento Técnico. También se han establecido contactos con

empresas y organizaciones forestales importantes como Ston Forestal, CODEFORSA y APAIFO.

PERSPECTIVAS DEL PROGRAMA

1. Fomentar el establecimiento de huertos semilleros y sus respectivos ensayos de progenies, principalmente para las especies de importancia comercial.
2. Apoyar y fomentar la creación de la Asociación de Viveristas Forestales de la Península de Nicoya.
3. Promover el establecimiento de ensayos de procedencias tanto a nivel nacional como regional (América Central y el Caribe).
4. Desarrollar un programa de divulgación para dar a conocer los alcances del Programa de Certificación Forestal y fundamentalmente, la importancia del uso de germoplasma certificado.
5. Al término de cinco años, cubrir al menos 50% de la demanda con semilla proveniente de huertos semilleros. Además, tener inscritos la totalidad de los viveros, de manera que se otorguen incentivos sólo a los proyectos que utilicen material certificado.
6. Al término de 15 años, cubrir la totalidad de la demanda con semilla proveniente de huertos semilleros, con un 50% de semilla certificada genéticamente.