

Serie Técnica
Manual Técnico No. 20

40 SEP 1996

RECIBIDO
Turrialba, Costa Rica

GUIA TECNICA
PARA LA PRODUCCION DE SEMILLA
FORESTAL CERTIFICADA Y AUTORIZADA

Francisco Mesén
Ana Lorena Guevara
Marta Lilliana Jiménez

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Oficina Nacional de Semillas
Ministerio del Ambiente y Energía
Turrialba, Costa Rica

1996

CT
MT-90
C.2

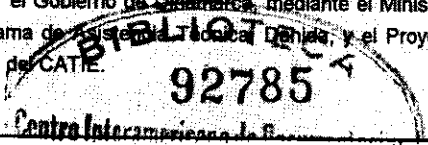
El **CATIE** es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y enseñanza de posgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central y del Caribe.

El Proyecto de Semillas Forestales (**PROSEFOR**) es un proyecto de capacitación y asistencia técnica a las instituciones forestales de América Central, Panamá y República Dominicana, cuyo objetivo general es mejorar la calidad física y genética, así como garantizar el suministro continuo de las semillas forestales que utilizan los programas de reforestación en la región. Es financiado por el Gobierno de Dinamarca y ejecutado por el CATIE en coordinación con las autoridades forestales de cada país.

La Oficina Nacional de Semillas, creada bajo la Ley 6289 del 4 de diciembre de 1978, es un ente adscrito al Ministerio de Agricultura y Ganadería, y tiene a su cargo la promoción, la protección, el mejoramiento, el control y el uso de semillas de calidad superior.

El Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), como organismo estatal y como administrador del sector forestal del Estado, tiene como función esencial y prioritaria velar por la conservación, protección y administración de los bosques naturales y por la producción, el aprovechamiento, la industrialización y el fomento de los recursos forestales del país, destinados a ese fin, de acuerdo con el principio de uso adecuado y sostenible de los recursos naturales renovables.

Esta publicación es financiada por el Gobierno de Dinamarca, mediante el Ministerio de Relaciones Exteriores y su Programa de Asistencia Técnica Danesa, y el Proyecto de Semillas Forestales (**PROSEFOR**) de CATIE.



634.9562
M578 Mesén, Francisco

Guía Técnica para la producción de semilla forestal certificada y autorizada / Francisco Mesén, Ana Lorena Guevara, Marta Lilliana Jiménez. - Turrialba, C.R.: CATIE. Oficina Nacional de Semillas: Ministerio del Ambiente y Energía, 1996. 30p.; 24 cm. - (Serie Técnica. Manual Técnico / CATIE; no 20)

ISBN 9977-57-248-8

1. Semillas forestales 2. Producción de semillas 3. Certificación de semillas I. Guevara, Ana Lorena II. Jiménez, Marta Lilliana III. CATIE IV. Título V. Serie

GUIA TECNICA PARA LA PRODUCCION DE SEMILLA FORESTAL CERTIFICADA Y AUTORIZADA

Francisco Mesén, Ph.D.

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

Ana Lorena Guevara, Ing. Agr.

Oficina Nacional de Semillas

Marta Lilliana Jiménez, M.Sc.

Sistema Nacional de Areas de Conservación
Ministerio del Ambiente y Energía

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Oficina Nacional de Semillas
Ministerio del Ambiente y Energía
Turrialba, Costa Rica**

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	vii
CATEGORIAS DE SEMILLAS.....	1
HUERTOS PARA LA PRODUCCION DE SEMILLA CERTIFICADA.....	2
Huertos semilleros clonales.....	2
<i>Espaciamientos</i>	3
<i>Diseños</i>	3
<i>La comprobación genética</i>	5
<i>Evaluación y selección</i>	6
Huertos semilleros de plántulas.....	6
Selección de sitios.....	8
Manejo de los huertos.....	8
HUERTOS QUE PRODUCEN SEMILLA AUTORIZADA A.....	10
RODALES PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA AUTORIZADA B.....	10
Exploración.....	10
Evaluación y selección.....	13
Manejo de los rodales.....	14
FUENTES SELECCIONADAS PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA AUTORIZADA C.....	17
PROCESO DE CERTIFICACION.....	18
Solicitud de inscripción.....	18
Inspecciones de campo.....	18
Inspección pos cosecha.....	19
Muestreo, etiquetado y análisis.....	19
Control de ventas.....	20
RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE SEMILLAS FORESTALES CERTIFICADAS.....	21
Recolección.....	21
<i>Recolección del suelo</i>	21
<i>Recolección en la copa</i>	22
Manejo de frutos y semillas.....	23
Extracción de las semillas.....	24
<i>Frutos secos dehiscentes</i>	25
<i>Frutos secos indehiscentes</i>	25
<i>Frutos carnosos</i>	25
Procesamiento.....	26
Identificación.....	27
Tratamientos pregerminativos.....	27
Almacenamiento.....	29
<i>Contenido de humedad de las semillas</i>	30
<i>Temperatura</i>	31
<i>Gases y luz</i>	31
Empaques para almacenamiento.....	31
LITERATURA CONSULTADA.....	32

INTRODUCCION

En noviembre de 1993 se inició oficialmente en Costa Rica el programa de certificación de semillas y plántulas de vivero de especies forestales, el cual busca aumentar la productividad de las plantaciones forestales mediante el uso de semillas de mejor calidad genética y fisiológica. El programa lo desarrolla la Oficina Nacional de Semillas (según Ley 6289), con el apoyo técnico del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) y el Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR) del CATIE.

La certificación es un proceso integral que garantiza tanto la calidad física como la calidad genética de la semilla mediante el control de la producción, desde la inscripción de la fuente semillera hasta la venta del producto. El programa de certificación forestal responde a una necesidad en el sector de ordenar la producción y utilización del germoplasma que se utiliza en el país, con el fin de contribuir a aumentar la calidad y productividad de las plantaciones.

Como un primer paso en el desarrollo del programa, se elaboró un reglamento técnico de certificación, donde se establecen las categorías de semillas, los requisitos de las fuentes semilleras y las normas que se deben cumplir durante todo el proceso de producción. En forma complementaria se presenta ahora esta guía, que ofrece algunas indicaciones técnicas para la producción de semilla certificada y autorizada, de acuerdo con los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico.

Los autores agradecen a los M. Sc. Jonathan Cornelius, Luis Fernando Jara, Enrique Trujillo y al Dr. Rodolfo Salazar del CATIE y al Sr. Lars Ravensbech, del Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales de Nicaragua-Danida, por sus comentarios y sugerencias.

CATEGORIAS DE SEMILLAS

El Reglamento Técnico establece cuatro categorías de semillas para certificación:

Categoría Certificada: corresponde a la semilla producida en huertos semilleros (clonales o de plántulas), evaluados genéticamente y sometidos a aclareos de depuración genética, con base en los resultados de ensayos de progenies técnicamente establecidos.

Categoría Autorizada A: corresponde a la semilla producida en huertos semilleros que no han sido sometidos a los aclareos de depuración genética.

Categoría Autorizada B: corresponde a la semilla producida en rodales semilleros.

Categoría Autorizada C: corresponde a la semilla producida en fuentes seleccionadas.

El hecho de que una de las categorías se denomina «certificada» se ha prestado a confusión y generalmente genera interrogantes acerca de las otras categorías «autorizadas». Lo que sucede es que la Oficina Nacional de Semillas (ONS), en el caso del programa forestal, **certifica o aprueba** cuatro categorías de semillas (las cuatro mencionadas arriba), pero como el programa debe ajustarse a las leyes vigentes, la categoría superior se denomina «certificada». Por lo tanto, el término «certificación» en este documento se refiere al proceso integral que desarrolla la ONS y que implica la asignación de cualquiera de las categorías vigentes (certificada o autorizada) a una fuente semillera en particular.

A continuación se describen las características de cada una de estas fuentes semilleras y algunas indicaciones para su establecimiento y manejo.

HUERTOS PARA LA PRODUCCION DE SEMILLA CERTIFICADA

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

Huertos Semilleros Clonales

Para establecer el Huerto Semillero Clonal, se obtienen propágulos vegetativos de los árboles plus y se establecen juntos en una área que favorezca una pronta y abundante floración y fructificación de la especie, que se encuentre lo suficientemente



Foto. 1. Huerto semillero clonal de *Cordia alliodora*, CATIE, Turrialba, Costa Rica (Foto: F Solano).

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

Espaciamientos

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

Diseños

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

En el diseño completamente al azar, los clones se ubican aleatoriamente en toda el área disponible para el huerto, con la única restricción de adyacencia mencionada anteriormente. Este tipo de distribución aleatoria con restricciones requiere de un programa de cómputo, ya que es sumamente difícil realizarlo manualmente.

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

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

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

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

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

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

La comprobación genética

Una de las formas más comunes para comprobar la calidad genética de los árboles plus es recolectar su semilla, producir plántulas y establecerlas juntas para comparar su comportamiento, en un tipo de ensayo conocido como *ensayo de progenies, de descendencias o de familias*. El ensayo de progenies consiste normalmente de cinco a doce Bloques Completos al Azar con parcelas de uno a seis árboles por familia, y se utilizan espaciamientos normales de plantación en un sitio representativo de la zona de reforestación. Se diferencian de una plantación normal en que se mantiene un control estricto de la ubicación de cada familia dentro del sitio, y se utiliza un diseño experimental apropiado que asegure que las diferencias entre familias son mayormente una expresión de sus diferencias genéticas.

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

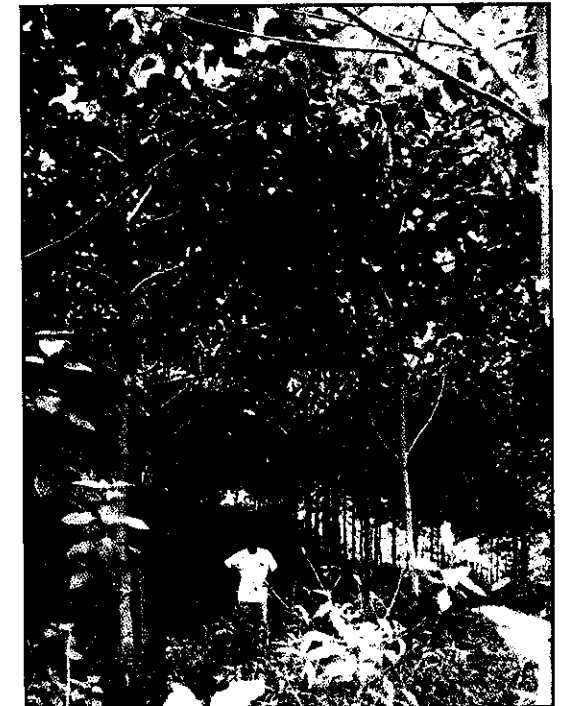


Foto. 2. Ensayo de progenies de *Gmelina arborea*, Guatuso, Costa Rica (Foto J. Cornelius).

Evaluación y selección

Una vez que el ensayo de progenies tenga una edad suficiente (dependiendo de la especie y los objetivos de la plantación), se evalúan los individuos por diversas características de importancia económica. Esto permite identificar las mejores familias, o indirectamente, los mejores árboles plus. Estos árboles plus que han demostrado su superioridad genética en los ensayos de progenies pasan a denominarse **árboles élite**. La información generada por los ensayos de progenies se utiliza para seleccionar los mejores clones del huerto clonal, es decir, los clones originados de los árboles élite, y eliminar el resto. Normalmente deberá haber un mínimo de 10 clones finales en el huerto.

El proceso de eliminación de los clones genéticamente inferiores en el huerto clonal se denomina **aclareo genético** o **aclareo de depuración**. Una vez que se lleva a cabo este proceso, el huerto se denomina **Huerto Semillero (Clonal) Genéticamente Comprobado**, y la semilla producida califica como **Semilla Certificada**.

Huertos Semilleros de Plántulas

El huerto semillero de plántulas es el área resultante después de los aclareos de depuración de un ensayo de progenies. Una vez que los ensayos de progenies hayan servido su propósito principal, que es la evaluación genética de los árboles plus, pueden ser sometidos a aclareos de depuración. Idealmente, estos aclareos deben llevarse a cabo a través de un índice combinado de selección, que selecciona los mejores individuos dentro de las mejores familias, de acuerdo con diversas características de importancia económica. Alternativamente, un método aceptable es la selección a dos niveles: un primer nivel donde se eliminan las peores familias promedio, dejando sólo las parcelas de las mejores familias, y un segundo nivel donde se eliminan los peores árboles dentro de cada familia, para dejar únicamente el mejor árbol por familia. Normalmente debería quedar un mínimo de 10 familias en el huerto después de los aclareos de depuración.

Una vez realizado el aclareo genético, el ensayo pasa a denominarse igualmente **Huerto Semillero (de Plántulas) Genéticamente Comprobado** y la semilla producida califica como **Semilla Certificada**.

Existe una variante donde se utilizan parcelas de un solo árbol por familia, repetidas 10 o más veces en forma aleatoria dentro del sitio, con el cuidado de mantener una adecuada separación entre árboles de la misma familia, como en el caso de los huertos clonales. Este tipo de ensayo se conoce como Banco de Conservación, e igualmente puede convertirse en HSP después de la eliminación de las familias inferiores. Esta es una opción atractiva para especies de semilla pequeña y alta producción por árbol, que no requieren huertos extensos. Un ensayo de este tipo para 50 familias y 10 repeticiones, utilizando un espaciamiento de 3 x 3 m, requiere únicamente 4500 m².

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



Foto. 3. Huerto semillero de plántulas de *Gmelina arborea*, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica (Foto: J. Cornelius).

Selección de sitios

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

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

Manejo de los huertos

Es difícil generalizar acerca del manejo del huerto, ya que cada especie tiene necesidades diferentes y en muchos casos, las técnicas específicas son desconocidas. Lo que sí aplica para cualquier huerto es que son áreas de gran valor, que requieren de cuidados continuos para protegerlas contra incendios, daños por el hombre o animales, ataques de enfermedades y plagas, etc. Asimismo, requieren de prácticas de limpieza, fertilización, podas, etc., que aseguren una producción pronta y abundante de semilla, fácil de recolectar, por periodos prolongados de tiempo.

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

En cuanto a fertilización del huerto, hay poca experiencia en especies tropicales; la necesidad de fertilización deberá decidirse en cada caso en particular, basada en muestreos del suelo, tratando básicamente de eliminar deficiencias que puedan afectar el crecimiento, vigor y capacidad de floración y fructificación de los árboles.

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

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

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

HUERTOS QUE PRODUCEN SEMILLA AUTORIZADA A

Cuando se obtiene semilla de los HSC o los HSP *antes* de haber realizado o completado los aclareos de depuración, la semilla producida califica como **Autorizada A**.

Es importante aclarar que no es el aclareo *per se* el que hace que la semilla califique como certificada o autorizada, sino el grado de depuración genética. Por ejemplo, si se establece un segundo huerto únicamente con material de los árboles élite, se podría utilizar un espaciamiento más amplio y no realizar ningún aclareo, y la semilla producida calificaría como certificada, porque proviene de individuos genéticamente comprobados.

RODALES PARA LA PRODUCCION DE SEMILLA AUTORIZADA B

Un rodal semillero es un grupo de árboles de la misma especie, de base genética amplia, que es mejorado mediante la remoción de individuos indeseables para dejar de 75 a 200 árboles fenotípicamente aceptables por hectárea, y manejado para estimular la producción pronta y abundante de semilla. El rodal debe tener un área mínima de 1 ha (para algunas especies de alta producción de semilla el área puede ser menor, pero debe consistir de un número no menor de 20 individuos productivos) y estar adecuadamente aislado de fuentes contaminantes de polen. Los diferentes requisitos que debe cumplir el rodal semillero se explican a continuación:

Exploración

La selección de rodales semilleros implica la exploración a nivel nacional para identificar la o las mejores plantaciones en cada zona o Región de Procedencia. Una plantación con potencial es aquella que presenta características fenotípicas y densidad tales que permitan obtener entre 75 y 200 árboles morfológicamente adecuados por hectárea, con al menos un 50% de estos en capacidad de producción de semilla.

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 a lo largo de su desarrollo. 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 de la plantación, para evitar aquellas que descienden de pocos árboles. Esto es particularmente importante en especies de semilla pequeña (ejemplo *Eucalyptus*), ya que semilla de uno o pocos árboles es suficiente para establecer grandes áreas de plantación. Asimismo, es importante conocer con certeza el origen¹ y la procedencia² 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 bosques 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 no es genética. 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 bosques homogéneos en áreas extensas.

Algunos tipos de unidades experimentales como los ensayos de procedencias, también permiten su conversión en rodales semilleros. Una desventaja de este tipo de unidades es que la distribución final de los árboles en el sitio generalmente será inapropiada, debido a la eliminación de tratamientos completos. Tienen la ventaja de que, si se ha utilizado un diseño experimental apropiado, la variación fenotípica es un buen reflejo de la variación genotípica, lo cual resulta en una selección efectiva. En ocasiones, los ensayos adquieren gran importancia como representantes de poblaciones únicas que han desaparecido en su ambiente natural.

Las plantaciones densas (más de 400 árboles/ha) son las mejores para el establecimiento de rodales semilleros, ya que permiten una mayor intensidad de selección en forma dirigida. En

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

2/ 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.

plantaciones viejas ya raleadas, 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 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 otras plantaciones adecuadas o como una acción complementaria al establecimiento de otros rodales de la misma especie. En el otro extremo, las plantaciones muy viejas posiblemente ya no tengan la capacidad para responder a los aclareos.



Foto. 4. Rodal semillero de *Gmelina arborea* para la producción de semilla Autorizada B, Hojancha, Guanacaste, Costa Rica (Foto: F. Mesén).

Evaluación y selección

Se requiere sólo un poco de familiaridad con la especie para decidir, después de un simple recorrido por el rodal, si este tiene potencial para convertirse en rodal semillero o si debe desecharse inmediatamente. No tiene caso realizar una evaluación detallada en un rodal de mala calidad para finalmente llegar a la misma conclusión.

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

Una vez que se haya decidido que la plantación tiene posibilidades de ser convertida en rodal semillero, es conveniente realizar algunas evaluaciones sencillas para determinar su verdadero potencial y permitir la comparación con otros rodales de la misma especie. Dependiendo del área de la plantación, su densidad y la topografía del sitio se debe delimitar una o más parcelas³ de área conocida. A cada árbol de la parcela se le mide el dap y se le da una calificación por forma, de la manera siguiente:

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

^{3/} Se recomiendan parcelas de aproximadamente 1000 m², cuadradas o circulares, una por cada subdivisión importante en el sitio.

Con base en las parcelas de muestreo es posible estimar el número de árboles con características adecuadas por hectárea, y la posibilidad de convertir la plantación en rodal semillero, de acuerdo con los requisitos de densidad final mencionados anteriormente.

Una vez que se han completado los aclareos del rodal, la semilla producida califica como **Semilla Autorizada B**.

La semilla producida por el rodal debe utilizarse para reforestación en la misma zona o en zonas con características climáticas y edáficas similares, a menos que exista el respaldo de ensayos válidos establecidos en la nueva zona de introducción.

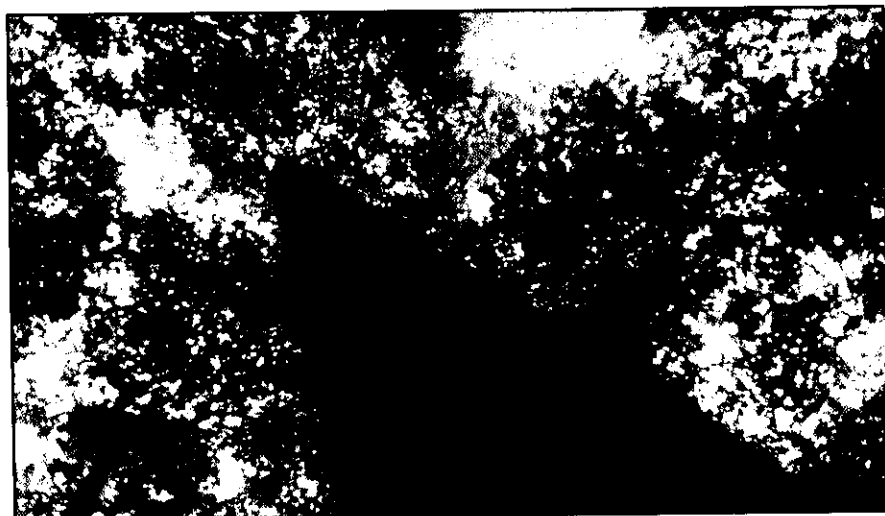


Foto. 5. Arbol clase 1 de *Terminalia amazonia*, Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica
(Foto: F Mesén).

Manejo de los rodales

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 una plantación con suficientes árboles de la clase 1 (75 a 200/ha), se eliminarán todos los individuos de las clases 2 y 3. La época para realizar el aclareo es de gran importancia; la semilla no calificará como Autorizada B si al momento de la polinización aún existen árboles inferiores dentro del rodal.

Aunque se cree 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, se deben dejar únicamente árboles superiores para todas estas características. No tiene sentido dejar un árbol de volumen inferior únicamente por poseer buena forma del fuste.

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) Es recomendable realizar un primer aclareo para eliminar árboles suprimidos, enfermos, 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.

En relación con el aislamiento, existen diferentes recomendaciones dependiendo de la situación. El aislamiento total es prácticamente imposible, pero se pueden realizar acciones para reducirlo a niveles insignificantes, tales como:

- i) Eliminación de árboles inferiores de la misma especie o de especies que puedan hibridar en un radio de 500 m.

- ii) Mantenimiento de una franja de árboles alrededor de toda el área efectiva del rodal, 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. La franja debe tener un ancho mínimo de 100 m.
- iii) Establecimiento de una "zona de dilución de polen" de al menos 100 m de ancho alrededor del rodal, la cual puede mantenerse limpia o plantarse con otra especie forestal de rápido crecimiento, que no hibridice con la especie del rodal.

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

Si el rodal presenta problemas serios de acceso, especialmente durante la época de cosecha de semillas, es mejor desecharlo aunque presente buenas características fenotípicas. 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.

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 y otros animales. Si existe peligro de incendios, se debe mantener una barrera cortafuego en la época seca, de por lo menos tres 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 también facilita las labores dentro del rodal y la cosecha de semillas.

FUENTES SELECCIONADAS PARA LA PRODUCCION DE SEMILLA AUTORIZADA C

Las fuentes seleccionadas son aquellas plantaciones o bosques naturales 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 de las clases 1 o 2 por hectárea, o porque aún no han sido sometidos a los aclareos de depuración (contienen más de 200 árboles por hectárea), pero cumplen con todos los demás requisitos.

La semilla recolectada de tales áreas califica como **Semilla Autorizada C**.

Las áreas que se encuentren en esta categoría, por problemas de aislamiento o porque aún no han recibido los aclareos necesarios, pueden pasar a la categoría de Rodal Semillero y calificar para la producción de semilla Autorizada B, si se llevan a cabo las acciones correctivas correspondientes.



Foto. 6. Fuente seleccionada de *Gmelina arborea* de la categoría Autorizada C, Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. Esta fuente podría pasar a la categoría de rodal semillero una vez que se completen los aclareos de depuración (Foto: F. Mesén).

PROCESO DE CERTIFICACION

La certificación es un proceso integral que garantiza la calidad del material reproductivo mediante el control de la producción, desde la inscripción de la fuente semillera hasta la venta del producto. Para fines de esta guía, por semilla se entiende cualquier parte viva del vegetal que se utilice para multiplicar una especie.

La calidad del material se refiere tanto a su valor genético como a la condición fisiológica del mismo. Con el proceso de certificación se busca garantizar al productor el origen del material, su identidad y valor genético, así como la calidad fisiológica de las semillas, es decir, su germinación, pureza, contenido de malezas, etc.

El control de calidad que se realiza para obtener semilla certificada o autorizada, implica una serie de procedimientos que se explican a continuación.

Solicitud de inscripción

La Ley de Semillas No. 6289 de Costa Rica, garantiza el derecho de toda persona natural o jurídica a dedicarse a la producción de material reproductivo. La persona interesada debe presentar a la Oficina Nacional de Semillas, mediante un formulario elaborado para este fin, la solicitud de inscripción de la fuente semillera o vivero a certificar. Mediante una primera inspección se verifica si el área cumple con los requisitos técnicos establecidos, en cuyo caso se formaliza la inscripción y el solicitante queda formalmente inscrito en el registro de productores.

Inspecciones de campo

Además de la visita previa a la inscripción de la fuente semillera o área para el establecimiento del vivero, en el Reglamento Técnico se establece un mínimo de cuatro visitas adicionales, quedando a criterio del inspector oficial la realización de un número mayor cuando así se requiera. También se especifican las épocas claves de inspección; en el caso de fuentes semilleras, la visita durante el inicio de la fase de cosecha es una de las más importantes, pues en esta época se realiza un estimado de la producción. Mediante esta evaluación se determina la cantidad máxima de semilla que puede ser entregada de cada área en particular.

En cada inspección se levanta un acta oficial, donde se anota la condición de la fuente o el vivero, la edad, manejo, tratamientos y cualquier recomendación dirigida al mantenimiento de la calidad del material.

Inspección pos cosecha

Previo al procesamiento de la semilla, la Oficina Nacional de Semillas procede a la inspección del sitio de recibo y beneficio, a fin de asegurar que se mantenga la identidad de cada lote o fuente semillera. Se verifica que cada entrega esté debidamente rotulada, que el equipo de procesamiento se haya limpiado cada vez que se procesó un lote de semilla de diferente origen, y que no haya habido mezclas al momento del secado o enfardado de la semilla. En el caso del material de los viveros, igualmente se verifica que no haya mezclas con plántulas de lotes no autorizados.



Foto. 7. La inspección al inicio de la fase de cosecha es una de las más importantes, pues en esta época se realiza una estimación de la producción máxima que puede ser entregada de la fuente inscrita (Foto: F. Mesén).

Muestreo, etiquetado y análisis

Una vez procesada la semilla, ésta debe ser almacenada en envases o empaques debidamente rotulados. Se recomienda que antes del empaque, se elabore la solicitud de etiquetas oficiales a la Oficina Nacional de Semillas, de manera que la etiqueta quede en la costura del saco o cierre de la bolsa. Deberán solicitarse tantas etiquetas como envases se utilicen. El número de etiquetas a entregar estará en función del volumen o cantidad total de semilla producida.

En la etiqueta de certificación de especies forestales, se indica que el material amparado a la misma se produjo bajo la supervisión de la Oficina Nacional de Semillas y ha cumplido con las normas técnicas establecidas. Además, proporciona información sobre la categoría del material, el número del lote, la especie, la procedencia y la empresa que se encargó del procesamiento.

Después del etiquetado se procede al muestreo oficial a fin de obtener una muestra representativa para la realización del correspondiente análisis de calidad física. Estas pruebas se efectúan en el Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), siguiendo las normas internacionales de la ISTA (International Seed Testing Association).

El CIGRAS emite los informes a la ONS y es aquí donde se verifica el cumplimiento de las normas de laboratorio y se decide si se rechaza o acepta un lote de semillas.

Control de ventas

Una vez que se aprueba el análisis oficial, la ONS autoriza la venta del material. Para cada empresa procesadora se lleva un registro de las ventas, el cual permite el control mediante una comparación de lo producido con lo vendido y la cantidad de semilla disponible. El usuario tiene la obligación de solicitar información completa sobre los resultados del análisis y las características de la fuente semillera.

La persona o empresa que desee comercializar semilla o material de vivero autorizado o certificado, deberá estar debidamente inscrito ante la ONS.

En relación con la comercialización, es importante tener en cuenta que la ONS no garantiza el desempeño del material reproductivo cuando sea utilizado fuera de la zona semillera donde fue producido.

RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE SEMILLAS FORESTALES CERTIFICADAS

La calidad de las semillas certificadas no depende sólo de las características genéticas, sino también del resultado de los procesos de cosecha, secado, extracción y procesamiento. Estas etapas deben ser cuidadosamente realizadas de modo particular para cada especie, pues cada una tiene un sistema de proceso diferente; este proceso debe realizarse atendiendo las características propias de cada especie y utilizando las técnicas y equipos que se ajusten a esas características.

El proceso desde la recolección hasta el procesamiento y almacenamiento de las semillas, debe realizarse atendiendo las siguientes recomendaciones:

Recolección

La recolección de semillas provenientes de las diferentes áreas semilleras, debe realizarse cuando las especies alcanzan el punto de madurez fisiológica, lo que varía con el sitio, el año y parámetros tales como coloración, contenido de humedad, densidad, tamaño y peso de los frutos y de las semillas.

Recolección del suelo

Cuando se realiza la recolección del suelo, debe conocerse con exactitud la época de maduración y caída de los frutos, ya que una vez desprendidos, son apetecidos por muchos enemigos naturales como aves y roedores, y son atacados por hongos y bacterias que provocan su descomposición.

Para la recolección de frutos del suelo es necesario realizar una limpieza del suelo antes del inicio de la caída de los frutos. Para especies como *Gmelina arborea*, deben recolectarse únicamente frutos amarillos y verde amarillentos, pero estos deben dejarse extendidos a la sombra por varios días hasta que terminen de madurar.

Los frutos en el campo deben colocarse en sacos de yute o cabuya, nunca usar bolsas plásticas, ya que éstas no permiten la ventilación. Los sacos no deben llenarse completamente para permitir

la aireación y que los frutos se mantengan frescos. Una vez que los frutos llegan a los sitios de proceso, deben ser ubicados bajo condiciones de buena ventilación, aislados de fuentes de contaminación y protegidos de cambios bruscos en las condiciones ambientales.

Recolección en la copa

Cuando se realiza la recolección directa de las copas de los árboles, y los frutos están en mayor abundancia en las extremidades de las ramas, entonces la recolecta puede realizarse con tijeras podadoras, que permiten cortar directamente los frutos o ramas desde el suelo.

Otro método utilizado es el de escalar el árbol con la ayuda de espolones de hierro, colocados en cada zapato. En este caso debe utilizarse también un cinturón de seguridad y un par de lazos colocados en los anillos del cinturón, lo que ayuda al escalador y sirve para que no deslice. Este método se utiliza si la corteza del árbol es blanda y firme y el fuste no es muy grueso.



Foto. 8. Escalando a la copa mediante espolones y cinturón de seguridad (Foto: F. Mesén).

Es posible utilizar escaleras desmontables que se acoplan a medida que el recolector escala el árbol. Dentro de este tipo se recomiendan las construidas de materiales livianos (aluminio) y las de madera seca. El tamaño de las escaleras varía según las características del árbol en el área sembrera. Si la copa no es muy alta, la de una sección puede ser adecuada. A una altura superior a los 8 m, se deben utilizar las escaleras de varias piezas. Si el árbol tiene muchas ramas, el tipo con el tubo central es más fácil de manejar.

De preferencia debe utilizarse una escalera de manila, por su versatilidad, bajo costo y peso y facilidad de construcción.

Manejo de frutos y semillas

La recolección de frutos termina con el transporte de los frutos a su lugar de procesamiento. El paso siguiente es la obtención de las semillas y su preparación para almacenamiento o siembra en el vivero.

Cuando los frutos llegan del campo, se hace necesario limpiarlos de las impurezas como ramas, hojas, semillas inmaduras, quebradas, etc. promoviendo así la homogeneización del lote de semillas.

El método de extracción de las semillas varía con el tipo de fruto, dependiendo de si son conos, frutos secos, frutos carnosos o frutos de especies recalcitrantes.

Un aspecto importante que debe ser considerado en el procesamiento de semillas, es el secado. Debe tenerse especial cuidado cuando se trabaja con semillas recalcitrantes, que no aceptan la deshidratación y las semillas se conservan mejor cuando mantienen alto contenido de humedad. Se puede decir entonces que el proceso de secado comprende dos fases principales: inicialmente hay un traslado de la humedad de la superficie del fruto o de la semilla hacia el exterior o a su alrededor, seguido de una migración de humedad del interior hacia la superficie.

Dada la lentitud del proceso de secado, resulta inconveniente exagerar las condiciones de secado, como puede ser la alta temperatura. El proceso debe ser entonces lento y gradual, aunque no tan lento como para provocar la aparición de microorganismos

que afectan la calidad fisiológica de las semillas. El periodo de secado depende del tipo de fruto, del estado de maduración y de las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa del aire).

El secado de frutos puede realizarse por métodos naturales y artificiales. El secado natural está basado en el calor del sol y el intercambio de aire y es afectado por el nivel de la humedad relativa. Durante el tiempo de secado, los frutos deben ser constantemente revueltos para propiciar un secado homogéneo y dar suficiente aireación a todo lote. El proceso debe ser cuidadosamente supervisado para evitar el efecto de los cambios bruscos de temperatura, exceso de humedad, pérdida de material u otros que afecten directamente la calidad de la semilla. Durante la noche, las semillas deben ser cubiertas y colocadas en áreas protegidas, para conservar el calor obtenido durante el día. Para el secado natural se pueden utilizar lonas, cribas, empaques, cajones de secado u otros accesorios de fabricación de bajo costo.

El secado artificial es más eficiente porque no depende de las condiciones climáticas, aunque es un sistema más oneroso porque se necesitan equipos que controlen la temperatura, la humedad relativa del aire y su circulación. El control de las condiciones depende de la especie y del contenido inicial de humedad. Los equipos utilizados funcionan a base de bombillos, resistencias, colecta y almacenaje de energía solar, equipos para bajar la humedad relativa e interacciones de ellos. Independientemente del sistema, se utilizan gavetas de diferente tamaño, cuyo fondo se compone de cribas de varios calibres.

Extracción de las semillas

La tarea principal del procesamiento es la extracción de las semillas del fruto sin producir daño. La extracción de las semillas varía en función de la naturaleza del fruto y puede realizarse en forma manual o con la ayuda de extractores o golpeadores.

Para fines de extracción, los frutos se clasifican en carnosos y secos, pero todavía pueden ser divididos en tres grupos más:

Frutos secos dehiscentes

Estos frutos se abren liberando fácilmente las semillas cuando son sometido al proceso de secado. La extracción comprende también la agitación de los frutos. Especies con frutos de este tipo son *Cedrela odorata*, *Erythrina* spp., *Schyzolobium parahybum* y *Tabebuia* spp., entre otras

Frutos secos indehiscentes

Son frutos que no se abren cuando están maduros y es necesario encontrar una manera de abrirlos sin dañar sus semillas. Deben utilizarse implementos para su extracción como tijeras de podar, martillos, machetes, molinos, etc. Este sistema utiliza métodos manuales y artesanales. Algunos frutos de especies como *Cassia ferruginea*, *Dalbergia* spp. y *Enterolobium* spp., se clasifican dentro de este grupo.

Frutos carnosos

Este tipo de frutos requiere una metodología diferente para el procesamiento. Especies tropicales como *Azadirachta indica*, *Genipa americana*, *Gmelina arborea*, *Hymenaea* spp. *Melia azederach* y *Simaruba glauca*, se clasifican como frutos carnosos. Estas especies y muchas otras pueden procesarse con facilidad con el método de maceración. Este método consiste en ablandar la parte carnosa del fruto, para facilitar la separación de las semillas. Esta labor se puede simplificar dejando los frutos en agua por un periodo de 24 a 48 horas. Posteriormente la maceración se hace a mano, estrujando los frutos unos con otros y se colocan en agua corriente. Luego se secan en condiciones convencionales, dependiendo de las características de los frutos.



Foto. 9. Despulpado de semillas de *Gmelina arborea*, empresa Ston Forestal, Pacífico Sur, Costa Rica (Foto: F. Mesén).

Procesamiento

El procesamiento de las semillas forestales certificadas consiste en un conjunto de técnicas orientadas a eliminar impurezas, y mejorar así la calidad del lote de semillas para su comercialización. El lote de semillas debe ser homogéneo en cuanto a tamaño, peso y forma.

Para efectuar la labor del procesamiento de las semillas se pueden utilizar diversos métodos, entre ellos el de flotación, para separar las semillas vanas o muy pequeñas. Es importante considerar el contenido de humedad inicial de las semillas. Esta técnica da buenos resultados para semillas grandes y con alto contenido de humedad.

Otro método eficaz de separación son los sistemas manuales, que conjugan la forma, tamaño y peso en correspondencia con un variado tipo de impurezas. Es posible utilizar sistemas mecanizados como ventiladores, los cuales funcionan eficazmente cuando el peso y tamaño de la semilla y de la impureza son bastante diferentes.

Las cribas son también muy utilizadas para el procesamiento de semillas. Su fabricación puede ser casera y es posible encontrarlas en diversos calibres y en formas redondas u ovaladas.

Existe una gran variedad de equipos e implementos para el procesamiento de semillas, constituidos de combinaciones de cribas de calibre diferente, presión graduable de aire, vibración y aprovechamiento de la gravedad para los efectos de limpieza y clasificación. Existen también otros equipos como desaladoras, golpeadoras de frutos y despulpadoras, que sirven para un proceso en particular.

Identificación

Durante todo el proceso de manipulación, se debe mantener la identificación correcta de las semillas. El uso de etiquetas con el número de lote, fecha de colecta, sitio de recolección, propietario, etc., es información necesaria para la identificación del material a certificar. Estas etiquetas deben ser colocadas dentro y fuera de los empaques, para tener seguridad y facilitar la localización de los lotes en los sitios de almacenamiento, lo mismo que para el envío de las muestras para los análisis de laboratorio.

Tratamientos pregerminativos

Muchas semillas forestales poseen mecanismos naturales para entrar en latencia, como un método de sobrevivir bajo condiciones desfavorables. En ciertas especies deben ocurrir algunos cambios en la estructura física o bioquímica de la semilla, antes del inicio de la germinación. En otros casos el embrión tiene que someterse a cambios fisiológicos para facilitar el proceso. Sin embargo, es importante vencer estos mecanismos para obtener una germinación rápida y homogénea, que permita utilizar las plantas en el tiempo planificado para la plantación.

Se puede dividir la latencia en varios tipos y a veces la misma semilla presenta más de un tipo. La clasificación más sencilla divide los tipos de latencia en exógena o del pericarpio (cubierta seminal), endógena o del embrión y latencia combinada, en la cual se afecta al mismo tiempo a la cubierta seminal y al embrión.

Los tratamientos pregerminativos no pueden recomendarse para un uso generalizado, ya que su acción depende de las características propias de cada especie y por lo tanto, la indicación de su uso es particular para cada caso.

Se mencionan a continuación aquellos tratamientos más utilizados para las especies forestales.

Muchas semillas, como las de especies leguminosas, necesitan de escarificación o corte para lograr homogeneidad y vigor durante su germinación. Otras especies que poseen coberturas carnosas, blandas y fibrosas necesitan que todas esas partes sean removidas para facilitar su almacenaje, porque contienen inhibidores de germinación.

El método de escarificación por medio de la eliminación o remoción completa de la testa, resulta apropiado para algunas especies. Se quiebra o corta un poco la testa, sin dañar el embrión para permitir la entrada de agua y facilitar el intercambio de gases, lo cual ayuda positivamente a la germinación.

El uso de agua caliente pero con control de temperatura y tiempo, es un tratamiento exitoso y práctico para varias especies que tienen una testa muy dura. El tratamiento en algunos casos consiste en sumergir las semillas en una proporción de una parte de semillas en cinco o diez partes de agua caliente durante cinco minutos. Regularmente este tratamiento responde bien cuando las semillas son sumergidas en agua durante 12 o 24 horas.

Algunas especies requieren remojo en agua durante algunas horas, o bien agua caliente con temperaturas altas de 80 °C por cinco minutos o más, dependiendo del grosor de la testa. En general, entre más gruesa es la testa, se requiere mayor tiempo de remojo y temperaturas más altas.

Para algunas especies como *Tectona grandis* se han utilizado varios tratamientos pregerminativos tales como:

- i) Sumergir las semillas en agua corriente durante 10 ó 15 días.
- ii) Colocar las semillas durante tres horas en una solución de soda cáustica a 1 a 4 %. Escarificación mecánica mediante desvastado de la testa con tijera.
- iii) Sumergir las semillas en agua a temperatura ambiente durante la noche y extenderla sobre una lona durante el día; realizar el procedimiento durante 15 días consecutivos.

- iv) Cubrir las semillas sobre un germinador con paja, quemar la paja y luego proceder a la siembra.

En *G. arborea* el tratamiento comienza con un periodo de inmersión de las semillas en agua durante cinco días, cambiando el agua todos los días. Luego se sacan las semillas, se amontonan en un sitio a la sombra sobre una capa que puede ser de hojas secas de plátano o en sacos de yute y se cubren con una cubierta húmeda, que puede ser también sacos de yute, remojando diariamente hasta que el endocarpo se abra. Este periodo puede durar de 10 a 15 días. Otro método consiste en la inmersión en agua durante 7 a 15 días y siembra inmediatamente después de este periodo.

Almacenamiento

El almacenamiento de semillas busca proteger la semilla del deterioro y daños, minimizar la pérdida de germinación y del vigor, así como mantener la identidad de la semilla, su condición física y su pureza.

Las semillas generalmente presentan por condiciones de madurez fisiológica, la máxima calidad en términos de germinación y vigor. A partir de este momento ocurre una pérdida progresiva de la calidad de las semillas, a través del proceso de deterioro. El almacenamiento es fundamental para las especies cuyas semillas pierden rápidamente su calidad fisiológica, principalmente cuando no pueden ser sembradas luego de la cosecha.

Es importante recordar que el término deterioro se refiere a cualquier alteración degenerativa que ocurre con la calidad de semillas en función del tiempo. El deterioro es irreversible, siendo mínimo cuando las semillas poseen la madurez fisiológica adecuada. El deterioro de las semillas no puede ser evitado, pero el grado de perjuicio puede ser controlado.

Las condiciones fundamentales para el almacenamiento de las semillas, son la humedad relativa del aire y la temperatura del ambiente de almacenamiento. Durante el almacenamiento, la respiración de las semillas debe mantenerse al nivel mínimo, ya que estos dos factores influyen directamente en la velocidad de respiración de las semillas.

Existen otros factores que pueden afectar la viabilidad de las semillas durante el almacenamiento, los cuales se mencionan seguidamente.

Contenido de humedad de las semillas

El contenido de humedad de las semillas es función de la humedad relativa y de la temperatura del ambiente. La semilla es un material higroscópico y puede absorber o ceder humedad al ambiente, hasta que alcance el punto de equilibrio higroscópico. Las especies forestales presentan diferentes contenidos de humedad de equilibrio a la misma temperatura y humedad relativa del ambiente. Estas diferencias que se presentan en las semillas de especies forestales se deben principalmente a la composición química de las semillas. Así, para una misma condición de ambiente, las semillas con elevado contenido de proteína o almidón, presentan un contenido de humedad más elevado que las oleaginosas.

La reducción del contenido de humedad retarda considerablemente los procesos fisiológicos, como la respiración de la semilla y el consumo de sustancias nutritivas almacenadas en sus cotiledones, previniendo la proliferación de hongos y bacterias.

Las semillas clasificadas como ortodoxas, son aquellas que pueden ser deshidratadas a contenidos bajos de humedad y almacenadas a temperaturas bajo cero sin que ocurran daños fisiológicos. Para estas semillas, la viabilidad se mantiene de manera específica y predecible dentro de una gama de condiciones ambientales, a través de la reducción de la temperatura y de la humedad de las semillas. Para el almacenamiento de las semillas ortodoxas, se recomienda usar temperaturas de alrededor de -18°C , a un contenido de humedad de 5 a 7 %. Contrariamente, las semillas recalcitrantes deben ser almacenadas con alto contenido de humedad, con el propósito de que su viabilidad no sea disminuida rápidamente. El grado de sensibilidad al secado varía entre especies y parece que existe un contenido de humedad crítico para cada especie, bajo el cual las semillas se mueren. También existen variaciones dentro de una sola especie, lo cual está relacionado con el alto coeficiente de variación del contenido de humedad.

Debido a que existen diferentes grados de recalcitrancia en las especies, es necesario determinar las condiciones óptimas de almacenamiento para cada una de ellas.

Temperatura

El segundo factor ambiental más importante en la viabilidad de las semillas es la temperatura. Las temperaturas relativamente bajas conservan mejor las semillas que las temperaturas altas. La temperatura es un factor muy importante de considerar para el almacenamiento. Existe una interacción entre la temperatura y el contenido de humedad, ya que la temperatura influye en la absorción de la humedad en condiciones de almacenamiento. Para reducir la actividad fisiológica de las semillas es recomendable mantenerlas bajo temperaturas entre 0 y -4°C .

Se deben mantener bajos tanto el contenido de humedad como la temperatura, para conservar la calidad fisiológica de las semillas durante el almacenamiento.

Gases y luz

En condiciones de almacenamiento es necesario disminuir la cantidad de oxígeno disponible, ya que la semilla al tener limitación de este elemento, disminuye su actividad respiratoria y por lo tanto, disminuye el consumo de sustancias de reserva. Así también la luz debe ser evitada, ya que muchas especies necesitan la luz como estímulo, para iniciar el proceso de la germinación.

Empaques para almacenamiento

La recomendación fundamental para el tipo de empaques para almacenamiento de semillas forestales, es el uso de empaques herméticos, ya que no permiten el intercambio de oxígeno, ni la entrada de humedad y al usar materiales opacos, también se evita la entrada de luz. Las semillas acondicionadas en este tipo de empaque o recipiente, también permiten ser almacenadas en cualquier condición de ambiente, pero deben evitarse temperaturas altas.

En condiciones de almacenamiento relativamente húmedas, las semillas son atacadas por hongos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Botrytis*. Para evitar este problema es necesario mantener las semillas bajo temperaturas entre 0 y -4°C y contenidos de humedad bajos, lo cual impide el desarrollo de patógenos. No se recomienda el uso de fungicidas para semillas en almacenamiento, ya que la mayoría de ellos deben ser disueltos en agua, lo que aumenta el contenido de humedad de las semillas.

LITERATURA CONSULTADA

- 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.
- Barner H, Olesen K, Wellendorf H (Comp.) (1988) Clasificación and selection of seed sources. Danida Forest Seed Centre, Lecture Note No. B.1. 33 p.
- Cornelius JP, Mesén F, Corea E (Eds) (1992) Manual sobre Mejoramiento Genético con referencia especial a América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 218 p.
- Granhof J (Comp) (1991) Seed orchards. Danida Forest Seed Centre, Lecture Note No. D-8. 28p.
- Greenwood MS (1977) Seed orchard fertilization: optimizing time and rate of ammonium nitrate application for grafted Loblolly pine. *14th South For. Tree Imp. Conf.*, Gainesville, Fla. pp. 164-169.
- Guevara AL (1993) Programa de certificación de semillas y plántulas de vivero de especies forestales en Costa Rica. *Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales* 7:10-11.
- Guevara AL, Mesén F (1994) Avances en el programa de certificación forestal en Costa Rica. *Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales* 8:15-18.
- Hattemer HH, Andersson E, Tamm CO (1977) Effects of spacing and fertilization on four grafted clones of Scots pine. *Stud. For. Suec.* 141:1-31.
- Hughes CE, Robbins AMJ (1982) Seed stand establishment procedures for *Pinus oocarpa* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in the natural forests of Central America. *Commonw. For. Rev.* 61(2):107-113.
- Keiding H, Barner H (1990) Identification, establishment and management of seed sources. Danida Forest Seed Centre, Lecture Note No. B-2. 36 p.
- Lambeth CC (1992) Huertos semilleros. In Cornelius JP, Mesén F y Corea E (Eds) Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal con Referencia Especial a América Central. Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 103-128.
- Mesén F (1994a) Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales. In Memorias, I Curso Nacional sobre Selección, Clasificación y Manejo de Fuentes Semilleras, PROSEFOR-ONS-MIRENEM, 11-13 de mayo, 1994, San Carlos, Costa Rica. pp. 45-49.
- Mesén F (1994b) Establecimiento y manejo de rodales semilleros. In Memorias, I Curso Nacional sobre Selección, Clasificación y Manejo de Fuentes Semilleras, PROSEFOR-ONS-MIRENEM, 11-13 de mayo, 1994, San Carlos, Costa Rica. pp. 33-44.
- Newton AC, Leakey RRB, Mesén F (1993) Genetic variation in mahoganies: its importance, capture and utilization. *Biodiversity and Conservation* 2:114-126.
- Oficina Nacional de Semillas (1993) Reglamento técnico para la producción y comercialización de semilla y material de vivero certificado de especies forestales. San José, Costa Rica. snt.
- Palmberg C (1980) Selection and management of seed stands: hardwoods. *FAO Forestry Papers* No. 20, 122-123.
- Quijada RN (1980) Selection of forest trees. *FAO Forestry Papers* No. 20, 124-130.
- Salazar R, Boshier DH (1989) Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies prioritarias en América Central. CATIE (CR). Serie Técnica, Informe Técnico No. 20. 80 p.
- Steinbrenner EC, Duffield JW, Campbell RK (1960) Increased cone production of young Douglas-fir following nitrogen and phosphorus fertilization. *Jour. For.*, 58(11):105-110.

van Buijtenen JP, Donovan GA, Long EM, Robinson JF, Woessner RA (1971) Introduction to practical forest tree improvement. Circular 207, Texas Forest Service, 17 p.

Zobel B, Barber J, Brown CL, Perry TO (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.



Diseño Gráfico
Domingo Loaiza

Portada
Huerto semillero clonal de laurel (*Cordia alliodora*), CATIE
Turrialba, Costa Rica (Foto: Francisco Solano)

IMPRESION
Unidad de Producción de Medios, CATIE
1000 ejemplares

Turrialba, Costa Rica
1996