

Commemorativa
PROFESOR A-CATIE

30 MAR 1995

Turrialba, Costa Rica

**CURSO NACIONAL
SOBRE IDENTIFICACION, SELECCION Y
MANEJO DE RODALES SEMILLEROS**

MEMORIAS

**Mayo 16 al 20 de 1994
San Salvador, El Salvador**

CATIE/Danida



CONTENIDO

- Presentación.....	1
L.F.Jara, Coordinador Curso, PROSEFOR	
- Que es el PROSEFOR y su efecto en el sector reforestador	2
L.F.Jara, Coordinador Curso, PROSEFOR	
- Estado actual de la oferta y demanda de la semilla forestales.....	11
en El Salvador. J.Salinas/J.Olano, Servicio Forestal y de Fauna, DGRNR	
41168 - La variación natural como base para el Mejoramiento Genético Forestal.....	13
F.Mesén, Genetista Forestal, PROSEFOR	
41171 - Selección de especies y procedencias forestales.....	22
F.Mesén, Genetista Forestal, PROSEFOR	
- Procedimientos para la Identificación de Rodales Semilleros.....	40
R.Salazar, Líder PROSEFOR	
41172 - Establecimiento y Manejo de Rodales Semilleros.....	47
F.Mesén, Genetista Forestal, PROSEFOR	
-Consideración para el cálculo de costos e ingresos de la producción de.....	59
semillas forestales. E.Trujillo, Especialista en Semillas, PROSEFOR	
-Producción y rendimiento de rodales de teca y leucaena en El Salvador.....	64
R.E. de Serrano, MADELEÑA-El Salvador.	
- Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales.....	70
F.Mesén, Genetista Forestal, PROSEFOR	
- Métodos para el cálculo de áreas para rodales semilleros.....	75
J.Salinas, Servicio Forestal y de Fauna, DGRNR	
- Ventajas y desventajas de un registro nacional de rodales semilleros.....	78
J.Olano, Servicio Forestal y de Fauna, DGRNR	

PRESENTACION

Estas memorias del curso nacional sobre **Identificación, Selección y Manejo de Rodales Semilleros**, realizado en San Salvador, que editó el Proyecto Semillas Forestales - PROSEFOR del CATIE en asocio con el Servicio Forestal y de Fauna de El Salvador, contienen los resúmenes de cada una de las conferencias expuestas, con énfasis en los aspectos técnicos y de información relevante para los participantes.

Este primer curso nacional, dirigido a profesionales y técnicos de las instituciones y empresas relacionadas con el sector forestal en El Salvador, pretende suministrarles las herramientas y criterios técnicos básicos para que logren una adecuada selección y manejo de las fuentes semilleras en el país.

El proceso de selección y evaluación de rodales semilleros es dinámico, en la medida en que nuevas fuentes identificadas en la actividad de exploración, ingresan al inventario inicial por cumplir con los parámetros técnicos mínimos establecidos. Por otro lado, el proceso también podrá ser enriquecido con fuentes o rodales identificados que han sido mejorados mediante prácticas silvícolas. Por lo anterior, el curso orientará además, al técnico para que posea un criterio teórico y práctico sobre el proceso y contribuya al mejoramiento de la calidad del material vegetal forestal que se utilizará en el país.

Es de esperar que estas memorias se conviertan en un manual de consulta permanente por parte de los actores principales del proceso de selección y evaluación de fuentes semilleras y que contribuya a fortalecer y enriquecer los conocimientos sobre estos aspectos.

Especial agradecimiento a todos los colaboradores de cada uno de los resúmenes, al personal técnico del Servicio Forestal y de Fauna de El Salvador, al proyecto MADELEÑA de El Salvador por su continuo apoyo y a Edith Garita del PROSEFOR-CATIE por el levantamiento de textos y edición.

LUIS FERNANDO JARA N.
Coordinador Curso
Editor de Memorias

QUE ES EL PROSEFOR Y SU EFECTO EN EL SECTOR REFORESTADOR

Luis Fernando Jara
Asistente Técnico
PROSEFOR, CATIE

JUSTIFICACION

La cobertura forestal en América Central y República Dominicana se ha reducido entre 1965 y 1984 en un 28 % sobre el área total, a una tasa anual de 1.47 % (WRI, 1988). Esta cifra es aún más alarmante si se toma en cuenta que para 1965 el área total ocupada por bosques era sólo del 47 %, y a la tasa de decrecimiento mencionada se redujo al 34 %.

Cuadro 1. Cambio de la cobertura forestal en los países miembros del CATIE 1965 - 1984

País	Area Km ²	1965		1984		Cambio	
		bosques km ²	%	bosques km ²	%	bosques km ²	%
Costa Rica	50660	29390	58	15990	32	13400	-46
República Dominicana	48380	6645	14	4280	9	2365	-36
El Salvador	20720	1970	10	1160	6	810	-41
Guatemala	108430	52480	48	42300	39	10180	-19
Honduras	111890	52900	47	37400	33	15500	-29
Nicaragua	118750	61870	52	40400	34	21470	-35
Panamá	75990	46180	61	40500	53	5680	-12
Total	534820	251435	47	182030	34	69405	-28

Fuente WRI 1988.

La deforestación es causada principalmente por la demanda de tierras para usos diferentes a su aptitud o capacidad forestal, como son los cultivos agrícolas de subsistencia (tala, quema, siembra de dos o tres cosechas y abandono) y ganadería extensiva.

Las implicaciones del proceso de deforestación sobre los demás recursos naturales son cuantiosos para la economía de la región y para el bienestar de sus habitantes. La deforestación acelera la erosión de los suelos, reduce la capacidad productiva de los mismos y afecta la retención de agua de las cuencas con los consiguientes impactos sobre el abastecimiento hidroeléctrico y el suministro del agua a las poblaciones. En El Salvador se estima que se pierden cerca de 4.500 hectáreas por año de suelo de un metro de espesor.

Adicionalmente la deforestación afecta el clima, el paisaje y disminuye las opciones para el desarrollo turístico. En general, altera la biodiversidad, base para el desarrollo tecnológico.

BOSQUES EN EL SALVADOR

En El Salvador específicamente, la situación es dramática: sólo el 10 % del área total estaba cubierto con bosques en 1965, decreciendo rápidamente al 6 % en los últimos 20 años. Por otro lado, el incremento acelerado de la población (248 hab/km²) ejercen gran presión hacia las pocas masas arbóreas naturales, las cuales están siendo eliminadas y/o degradadas a una tasa anual de 4.500 ha por año.

El país posee menos de 120.000 hectáreas de áreas boscosas (6 % del área total) que requieren de esfuerzos urgentes y sistemáticos para su conservación y recuperación. Alrededor de 1.2 millones de hectáreas están siendo utilizadas en ganadería extensiva y cobertura forestal no manejada. De las 890.000 ha consideradas para agricultura, 770.000 tienen potencial agrícola con restricciones o bien de aptitud exclusiva para cultivos permanentes, agroforestería o forestales. Esto evidencia por un lado, la posibilidad de incrementar sustancialmente la producción forestal del país mediante el establecimiento de plantaciones compactas o sistemas agrosilvopastoriles y, por otro lado, la necesidad de proteger los recursos naturales - suelo y agua - para lograr desarrollar en el país una agricultura intensiva pero sostenida.

Las políticas de reforestación en el país, se han caracterizado por que no han respondido a las demandas y necesidades de productos forestales de los usuarios, y por la poca consideración que se le ha tenido a los aspectos de selección de fuentes semilleras de calidad, manejo, cosecha, rendimientos y mercado. El énfasis por parte del Estado ha sido puesto en la producción y obsequio de plántulas y en la plantación, sin programar los requerimientos de semillas de calidad, el mantenimiento y cosecha de las plantaciones establecidas. La participación de las comunidades y de los empresarios privados en la toma de las decisiones y en la inversión, ha sido de carácter secundario, siendo el Estado el ente protagónico de la reforestación. Estos han sido algunos de los factores del fracaso de gran parte de los programas de reforestación (MAG, 1993).

Por estas razones y por otras de carácter social y macroeconómicas, los sectores políticos de los países de Centro América están dando cada vez más atención a la importancia que

tienen los ecosistemas forestales. Los presidentes de estos países, suscribieron un acuerdo con la Comisión Centroamericana del Medio Ambiente y Desarrollo (CCDA), en donde se le dió prioridad al manejo de los bosques tropicales. Es así, como cada uno de los países ha preparado o tiene en proceso los "Planes de Desarrollo Forestal" enmarcados dentro del Plan de Acción Forestal Tropical. La CCDA apoyó la preparación del Plan de Acción Forestal para Centro América, realizado por el CATIE y el Instituto Mundial de Recursos, con la financiación de la AID-ROCAP para la región.

REFORESTACION

Desde hace más de doce años, el CATIE en coordinación con las entidades forestales nacionales, inició un proceso intensivo de investigación silvicultural, principalmente sobre la vertiente del Pacífico. El producto de este esfuerzo se puede resumir con que la región cuenta con más de 30 especies forestales identificadas para plantaciones bajo diferentes condiciones ambientales, para satisfacer la demanda de productos y subproductos forestales. Además, ha generado una gama de conocimientos y tecnología para el manejo y aprovechamiento de plantaciones, ha fortalecido las instituciones forestales nacionales y ha iniciado el proceso de identificación de fuentes de material vegetal de mejor calidad genética.

De acuerdo a FAO (1981) presentado en el Cuadro 2, el área total plantada en la región entre 1980 y 1985, fue de cerca de 83.000 ha, de las cuales una tercera parte corresponde a especies latifoliadas y el remanente a coníferas. La cifra de Guatemala no es congruente con otras fuentes.

Cuadro 2. Estimación del área de plantación industrial entre 1980 y 1985

País	hoja ancha		Coníferas		Total		Tasa de reforestación anual
	1980 ha	1985 ha	1980 ha	1985 ha	1980 ha	1985 ha	
Costa Rica	1700	3000	1100	1600	2800	4600	360
República Dominicana	--	--	5700	8200	5700	8200	500
El Salvador	1100	1600	400	550	1500	2150	130
Guatemala	6300	22300	9500	33500	15800	55800	8000
Honduras	--	--	--	--	--	--	--
Nicaragua	--	--	1300	6300	1300	6300	1000
Panamá	500	600	3500	5200	4000	5800	360
Total	9600	27500	21500	55350	31100	82850	10350

Fuente FAO, 1981.

Las estimaciones de áreas para plantación entre 1987 y 1992, basadas en los planes de acción forestal disponibles, se presentan en el Cuadro 3. Se esperaba sólo para el año 1992 el establecimiento de cerca de 50.000 ha con especies forestales y para el quinquenio 1987 - 1992, un total aproximado a las 170.000 ha, cifra que es relevante y de consideración para el desarrollo del sector forestal regional. No obstante, no se logró cumplir con estas metas anuales debido a implicaciones económicas, sociales, políticas y técnicas. Además, las posibilidades de éxito para estos programas dependen en gran medida de la selección correcta de las especies y procedencias forestales y de la calidad de las fuentes o rodales semilleros.

Cuadro 3: Estimación anual de áreas de plantación 1987-1992, basado en los planes nacionales de acción forestal disponibles. Los números en paréntesis han sido transferidos del Cuadro 2 o son extrapolaciones. (A mayo, 1990).

País	1987 ha	1988 ha	1989 ha	1990 ha	1991 ha	1992 ha
Costa Rica	2000	5000	8000	12000	16000	25000
República Dominicana	(500)	(500)	(500)	(500)	(500)	(500)
El Salvador	(130)	650	4000	(4000)	(4000)	(4000)
Guatemala	(2000)	2051	2488	(4968)	(5000)	(5000)
Honduras	--	3500	5400	5400	5400	5400
Nicaragua	(1000)	(1000)	6350	7480	8680	9730
Panamá	(360)	(360)	(360)	(360)	(360)	(360)
Total	5990	15061	27098	34708	39940	49990

Para el caso específico del El Salvador, uno de los objetivos de la política forestal (MAG, 1993), es la promoción de la reforestación en áreas de aptitud forestal actualmente sin bosque, mediante el establecimiento de plantaciones y sistemas agroforestales que produzcan ingresos permanentes y competitivos con otros usos de la tierra. Esto se implementará mediante las siguientes estrategias:

- 1.- Un Plan de Incentivos a la reforestación, que incluyen entre otros el establecimiento y manejo de rodales semilleros.
- 2.- Ejecución de programas de generación y transferencia de tecnología para el desarrollo forestal, que incluye desde el establecimiento y manejo de rodales hasta la industrialización y comercialización de productos forestales, y

3.- La formación de recursos humanos para los diferentes campos de acción.

Según la FAO (1981), la tasa anual de plantación para El Salvador entre los años 1987 y 1992 fue de 4.000 ha. De acuerdo a Hernández (1994), la meta para el año 1993 fue de 6.000 ha y según los Planes de Acción Forestal para los países de Centro América, la meta anual para el próximo quinquenio en El Salvador deberá ser de 6.000 ha/año, cifra que es significativa si se considera el tamaño y capacidad del país pero de poca contribución para la región.

Teniendo en cuenta la primera cifra (FAO,1981) indicada en el Cuadro 3, la cantidad de semilla que se hubiera requerido para cumplir con esas metas se estimaron que podrían llegar a 70 toneladas entre 1987 y 1992 (Cuadro 4)(Danida, 1991). Esta cantidad es elevada para la capacidad de operación, recolección y almacenamiento de los bancos de semillas forestales de las instituciones forestales en los países de la región. Además, en la mayoría de los países de la región, no se han establecido criterios ni procedimientos técnicos claros y ni objetivos, para la selección de fuentes semilleras que cumplan con parámetros mínimos de calidad. Como consecuencia, un alto porcentaje de las plantaciones establecidas durante ese período, no tuvieron el rendimiento ni la productividad esperada, haciendo que los inversionistas retiren su interés por la reforestación.

Cuadro 4. Tendencia aproximada esperada en la demanda de semillas para programas de plantación en América Central, 1987-1992. Toneladas de semilla para los programas de siembra nacionales.

1987	1988	1989	1990	1991	1992
t	t	t	t	t	t
2.5	6.3	11.3	14.5	16.6	20.8

Fuente: Danida 1991.

QUE ES PROSEFOR ?

Desde 1990, el CATIE considerando el auge que estaba adquiriendo la actividad reforestadora en la región, y la urgente necesidad de crear una conciencia acerca de la importancia de utilizar material vegetal forestal de calidad genética y fisiológica adecuada,

realizó un diagnóstico para la formulación de un proyecto de desarrollo que atendiera estas necesidades.

Fue así como a mediados de 1992, se consolidó el Proyecto de Semillas Forestales - PROSEFOR, el cual se presentó a consideración a la Agencia Danesa de Cooperación Internacional - DANIDA del Gobierno de Dinamarca para su financiación parcial. Esta aceptó y el CATIE asumió la responsabilidad de su ejecución y cofinanciación, iniciando actividades a finales de 1992, por un término de cinco años. El PROSEFOR tiene cobertura y acción en la región de Centro América y República Dominicana.

Como objetivo central el proyecto pretende mejorar la calidad genética y física y asegurar el suministro continuo y suficiente de semillas forestales que se utilizarán en los programas de reforestación en la región de Centro América y República Dominicana.

Con el fin de cumplir con el objetivo general, el PROSEFOR ha diseñado e implementado las siguientes estrategias:

1.- Apoyo al CATIE en el desarrollo de infraestructura en los siguientes niveles:

- Banco de Semillas: rehabilitación y reestructuración del Banco Latinoamericano de Semillas - BLSF, con el fin de ser convertido en un centro modelo demostrativo, de capacitación y de enseñanza. Además, se pretende que el BLSF sea un centro de obtención y distribución de material genético forestal para propósitos de investigación, que complemente la capacidad nacional (Costa Rica) de abastecimiento de semillas forestales y que realice investigación en el procesamiento, almacenamiento y manejo de especies tropicales de alto valor comercial de tipo recalcitrante.

- Oficinas del PROSEFOR: readecuación y equipamiento de oficinas para el proyecto, contratación de personal profesional altamente calificado, implementación de un centro de documentación especializado en semillas forestales y de un sistema de manejo, monitoreo e información de las actividades del proyecto.

2.- Formación de grupos nacionales y regionales de productores de semillas forestales.

La necesidad de involucrar al productor privado y/o comunidades locales en la producción de semillas de los países de la región es obvia, más aún, como en El Salvador, la política forestal establece este mandato. La mayoría de las fuentes semilleras se encuentran en tierras privadas o de comunidades, y generalmente las instituciones gubernamentales obtienen este insumo de estas fuentes a un costo mínimo, sin beneficio para el productor. La semilla debe ser considerada como un subproducto del bosque. La venta de semillas debe convertirse en un ingreso adicional para los propietarios del bosque y así proveer al propietario de un incentivo para el manejo de áreas semilleras.

El suministro de semillas dependerá principalmente del interés de los propietarios de los bosques que bajo un manejo adecuado pueden asegurar una disponibilidad de semillas de calidad genética y física. Por esta razón, el PROSEFOR tratará de conformar grupos de productores de acuerdo a las circunstancias de cada país, para incrementar la conciencia sobre el beneficio que podrían obtener al manejar adecuadamente una fuente semillera seleccionada.

PROSEFOR utilizará estos grupos para el proceso de la transferencia de tecnología. Mediante ellos se capacitará a los productores en la selección y manejo de rodales semilleros, como también en el procesamiento y manejo de las frutos y semillas.

Una vez formados los grupos en cada país, se promocionará la creación de una red de productores para intercambio de información sobre oferta y demanda de semillas, avances en la tecnología sobre manejo y precios a nivel nacional y regional, entre los aspectos más destacados.

3.- Apoyo a la selección y manejo de fuentes semilleras.

La recolección inadecuada de semillas generalmente se realiza en plantaciones que tienen muy pocos individuos con características deseables, como también en bosques naturales sin ningún tipo de selección fenotípica. En otros casos, el material es colectado de árboles aislados, de fácil acceso, sin selección fenotípica y que no son representativos de una región ecológica.

A fin de contribuir con el mejoramiento de esta situación, el PROSEFOR realizará dos cursos de capacitación sobre la selección y manejo de fuentes semilleras a dos niveles: uno regional dirigido a técnicos de las entidades responsables de la recolección de semillas forestales y otro, orientado a técnicos y productores de semillas de cada uno de los países, en donde los técnicos de las entidades actuarán como instructores.

Una vez capacitado el personal de las entidades y los productores, se iniciará el proceso de identificación y selección de fuentes semilleras en cada país. Para ello, PROSEFOR asesorará técnicamente a las instituciones o bancos de semillas. Una vez seleccionados los rodales o mejores fuentes, se procederá a establecer un registro nacional, el cual será la base para la certificación de procedencia y calidad física de la semilla. Simultáneamente el PROSEFOR apoyará a los propietarios de los rodales seleccionados e inscritos, en el manejo para el mejoramiento de los mismos.

4.- Apoyo para el manejo y operación de bancos de semillas

El personal del BLSF será capacitado en operación de bancos y obtención, procesamiento y manejo de semillas forestales, para que a su vez puedan impartir cursos cortos y entrenamiento en servicio.

Para el tercer trimestre de 1994, se tiene programado que el BLSF entre en operación completa, de manera tal que para principios de 1995 se inicie la capacitación a los técnicos encargados de los bancos de semillas de la región, con el curso regional sobre técnicas de recolección y procesamiento de semillas. Este curso se repetirá en cada uno de los países, actuando el personal local capacitado en el BLSF, como instructor principalmente de los productores privados y de técnicos de otras instituciones. Se contará con la colaboración de los bancos de semillas de Honduras y Nicaragua, los cuales funcionan adecuadamente con el apoyo de los gobiernos de Gran Bretaña y de Dinamarca respectivamente.

El PROSEFOR asistirá con algún equipo a los bancos de semillas, con la condición que demuestren interés por el mejoramiento de las fuentes semilleras, apoyen esta acción con el personal técnico y fondos para cubrir costos operativos.

5.- Programa educativo

Además de los cursos regionales y nacionales de capacitación mencionados anteriormente, PROSEFOR contará con fondos disponibles para becas de estudios de postgrado a nivel de maestría y pasantías de hasta tres meses, en los campos de la obtención de semillas y mejoramiento forestal.

6.- Divulgación e intercambio de información

Con el fin de apoyar a los grupos de productores o productores individuales, se editará , publicará y distribuirá un boletín, en donde se plasmará y diseminará información sobre eventos, publicaciones, seminarios, avances de investigación, artículos cortos, formación de nuevos grupos, con una periodicidad semestral.

También se incluirá la oferta y demanda de semillas forestales en los países de la región, costos y rendimientos de cosechas de las especies de interés común, avances tecnológicos sobre el manejo de semillas y demás aspectos relacionados con el tema.

PREFERENCIAS

CCAD, 1991 Plan de Acción Forestal para Centro América. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. Documento Base. 82 p.

DANIDA, 1991. Apoyo a la Producción de Semillas Forestales en América Central. Informe de Análisis, febrero 1991. Uso oficial. Danida Ref. No. 104, América Central. 41 p + 16 anexos.

FAO, 1981. Los Recursos Forestales en América Tropical. Departamento de Montes. Sección de Documentación Forestal FAO, Roma, Italia.

HERNANDEZ, E., 1994. Situación Actual de la Reforestación en El Salvador. Documento presentado en Curso Regional Identificación, Selección y Manejo de Rodales Semilleros. ISTA, Gerencia de Operaciones Agrarias, San Salvador. 12 P.

MAG, 1993. Política Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Salvador, El Salvador. 8 p.

WRI, 1988. World Resources 1988-89. World Resources Institute and International Institute for Environment and Development. New York.

ESTADO ACTUAL DE LA OFERTA Y DEMANDA DE LA SEMILLA FORESTAL EN EL SALVADOR

Juan Antonio Salinas
Julio Olano
Servicio Forestal, DGRNR

La semilla forestal que se utiliza en El Salvador para los planes y programas de reforestación, ha sido colectada en áreas que han sido intervenidas con fines de mejoramiento. La oferta de semilla forestal ha sido una tradición de un año a otro, determinando así la cantidad a recolectar. Desde 1989 se inició una acción aislada del Servicio Forestal y del Banco de Semilla tendiente a utilizar semillas provenientes de árboles con apariencia y características deseables.

Entre las especies más importantes o prioritarias con base a la demanda anual de semillas sobresalen *Tectona grandis*, *Melia azedarach* y *Leucaena leucocephala* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies más importantes con base en la demanda anual de semillas (kg).

ESPECIE	CANTIDAD (kg)
<i>Tectona grandis</i>	872.9
<i>Melia azedarach</i>	158.4
<i>Leucaena leucocephala</i>	128.5
<i>Gmelina arborea</i>	86.6
<i>Cassia siamea</i>	80.0
<i>Gliricidia sepium</i>	30.1
<i>Cupressus lusitanica</i>	22.8
<i>Pinus oocarpa</i>	11.2
<i>Eucalyptus citriodora</i>	6.8
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5.8
<i>Casuarina equisetifolia</i>	3.5
<i>Eucalyptus deglupta</i>	2.1
<i>Eucalyptus alba</i>	2.1
<i>Tabebuia donell-smithii</i>	1.4
<i>Eucalyptus longifolia</i>	0.6

Durante 1983 la cantidad de semilla adquirida fue de 1447.3 kg. El 98% (1338.8 kg) de la recolección se realizó en rodales semilleros o plantaciones identificadas y/o seleccionadas. El 1.3% (76 kg) se obtuvo a través de donaciones y el 0.3% (33 kg) fue importado de Honduras, principalmente *Pinus sp.* (33 kg) y *Gliricidia sepium* (27 kg).

El volumen total de semilla utilizada durante 1993 a nivel nacional se detalla a continuación:

Sector Privado	704.2 kg (16%)
Sector Gubernamental	3467.8 kg (79%)
ONGs	219.5 kg (5%)
Exportación	0.0

Total	4389.7

Actualmente el único proveedor particular de semilla de *Tectona grandis* es el Sr. Tomás Calderón Sol (Hacienda Veracruz, Carretera a La Libertad Km 28).

Las áreas requeridas/especie forestal para la producción de semilla con mayor demanda son las siguientes:

Especie	Area (ha)
<i>Tectona grandis</i>	20
<i>Gliricidia sepium</i>	6
<i>Melia azedarach</i>	5
<i>Leucaena leucocephala</i>	5
<i>Gmelina arborea</i>	5
<i>Eucalyptus citriodora</i>	5
<i>Pinus oocarpa</i>	4
<i>Cassia siamea</i>	3
<i>Cupressus lusitanica</i>	3
<i>Casuarina equisetifolia</i>	3
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	1
<i>Eucalyptus deglupta</i>	1
<i>Eucalyptus alba</i>	1
<i>Tabebuia donell-smithii</i>	1
<i>Eucalyptus longifolia</i>	1

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.

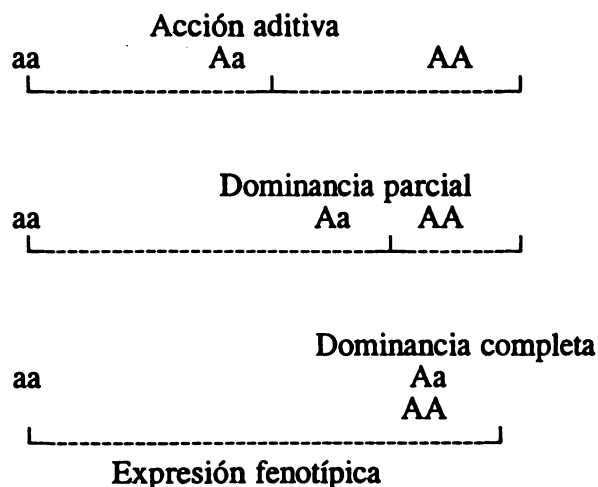
Todas las células vivas de un organismo están compuestas básicamente por una pared celular, un fluido llamado citoplasma y un núcleo rodeado por el citoplasma. El núcleo es de particular interés porque en él se encuentran los cromosomas, los cuales contienen la mayor parte de la información genética 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 hibridización. 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.

SELECCION DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS FORESTALES

Francisco Mesén
Genetista Forestal, PROSEFOR

INTRODUCCION

En la actualidad se reconoce ampliamente que el éxito en el establecimiento y productividad de las plantaciones forestales depende en gran medida de la selección correcta, no sólo de la especie, sino también de la fuente de semilla dentro de la especie. La semilla representa un pequeño porcentaje de los costos totales de plantación; no obstante, una mala escogencia puede llevar a más problemas a mediano y a largo plazo que casi cualquier otro factor. La importancia de utilizar la fuente de semilla apropiada para cada sitio ha sido demostrada en cientos de ensayos establecidos en todo el mundo, principalmente en los últimos 20 años. Los ensayos de especies y procedencias representan el esfuerzo cooperativo de muchas personas e instituciones a lo largo de muchos años; por lo tanto, deben ser establecidos y manejados apropiadamente, para que todo ese esfuerzo se traduzca en resultados confiables y aplicables a los programas de mejoramiento genético y de reforestación comercial.

EL PROCESO DE SELECCION Y EVALUACION

Burley y Wood (1979) describieron un proceso teórico idealizado para la investigación sobre especies y procedencias que incluía las siguientes etapas:

- i) arboretum
- ii) eliminación de especies
- iii) evaluación de especies promisorias
- iv) comprobación de especies
- v) procedencias de todo el rango de distribución
- vi) procedencias selectas
- vii) comprobación de procedencias
- viii) plantaciones piloto
- ix) plantaciones comerciales

Sin embargo, dada la premura que existe por la obtención de resultados prácticos y la carencia de recursos, este proceso idealizado rara vez se lleva a cabo. Generalmente, una o más de estas etapas se omiten, se combinan o se traslapan. En la última década, ha habido una tendencia hacia la simplificación de este proceso (Willan *et al.* 1990).

Uno de los problemas principales de los ensayos de especies es que normalmente se ha utilizado un único lote de semilla para cada especie. Este tipo de ensayos son de utilidad limitada y proporcionan poca información para fines de mejoramiento y reforestación comercial, ya que no se puede desechar una especie por el comportamiento de sólo una de sus poblaciones. Además, es posible utilizar la experiencia obtenida en otras regiones similares para suponer de antemano la posible adaptación de las especies al sitio, o utilizar información de parcelas o plantaciones existentes en el sitio de prueba. Por estas razones, la tendencia actual es iniciar el proceso de investigación directamente con la selección de procedencias.

Dentro del proceso de selección de procedencias, también se está dando una tendencia hacia la simplificación. En muchos casos, si la fase de procedencias del rango total (PRT) ha sido conducida apropiadamente y ha incluido una representación adecuada de la variación genética de la especie, no tiene mucho sentido realizar la fase de procedencias selectas (Willan *et al.* 1990). La mayoría de los programas de mejoramiento a nivel mundial están procediendo directamente de la fase de PRT al establecimiento de rodales o plantaciones semilleras y al inicio de programas de mejoramiento genético a nivel de selecciones individuales.

Por las razones anteriores, este documento se concentra en el proceso de evaluación y selección de procedencias únicamente.

PRUEBAS DE PROCEDENCIAS

Definiciones

Existen varios términos relacionados con procedencia, algunos de los cuales se pueden prestar a confusión, ya que no hay consenso entre los investigadores y cada quien los utiliza según su criterio. A nivel centroamericano, se recomienda la adopción de las definiciones de Styles (1979) y Burley y Wood (1979), por considerarlas más acordes con los términos populares y por lo tanto menos propensas a causar confusión. Dichos autores definen procedencia como el área geográfica y ambiental donde crecieron los árboles progenitores, dentro de la cual se ha desarrollado su constitución genética por selección natural y/o artificial. La población de progenitores debe tener una base genética amplia y

puede ser nativa o no nativa (introducida), en cuyo caso se hablaría de una procedencia nativa o una procedencia derivada, respectivamente. El término fuente de semilla se trata como sinónimo de procedencia. El término "origen" significa el área geográfica original (en el bosque nativo) donde crecieron los árboles progenitores, y puede coincidir o no con la procedencia. Por ejemplo, si se recolecta semilla de un rodal natural de *Cordia alliodora* en La Ceiba, Honduras para establecer una plantación en Turrialba, Costa Rica, dicha semilla se clasificaría como de origen La Ceiba, procedencia La Ceiba. Si posteriormente se recolecta semilla de la plantación establecida en Turrialba, esta se clasificaría como de origen La Ceiba, procedencia derivada Turrialba.

El término "exótico" se aplica a poblaciones que crecen fuera de su rango natural. No es conveniente utilizar este término con relación a divisiones o fronteras políticas, que generalmente guardan poca o ninguna relación con las divisiones ecológicas.

El término "raza local" se refiere a aquellas poblaciones exóticas que después de varias generaciones, se han adaptado por selección natural al ambiente específico donde fueron introducidas.

Las características ecológicas y geográficas del rango de distribución de la especie puede dar origen a formas diferentes de variación. Cuando las poblaciones crecen aisladas, tienden a formar unidades altamente adaptadas al ambiente en particular donde están creciendo, dando origen a los ecotipos. Un ecotipo es entonces el resultado de las fuerzas evolutivas que tienden a favorecer a los individuos que se ajustan mejor a las condiciones ambientales prevalecientes en el sitio, y a eliminar a aquellos individuos no aptos (Burley y Wood 1979). Por lo tanto, la variación ecotípica se refiere al genotipo total del individuo. En ocasiones, la variación puede darse en forma continua, como resultado de gradientes en altitud, precipitación, temperatura, etc. En estos casos se habla de variación clinal, es decir, cambios graduales en algunas características de la especie como respuesta a un gradiente ambiental a lo largo de su rango de distribución (Burley y Wood 1979). Una procedencia podría ser equivalente a un ecotipo o formar parte de un cline.

Un ensayo de procedencias es una plantación de varias fuentes de semilla procedentes de diferentes áreas geográficas (procedencias nativas o derivadas), establecidas de tal manera que permita una comparación estadísticamente válida entre ellas en cuanto a productividad y otras características de interés.

La importancia de la procedencia

Cuando se plantan árboles de varias procedencias en un sitio común, pueden darse grandes diferencias en comportamiento entre las procedencias para características de interés económico. En algunos casos, las diferencias pueden ser muy grandes: se ha informado de niveles de superioridad entre procedencias de 45% en altura para *Gliricidia sepium* en Nigeria (Atta-Krah 1987), de 60% en altura y 75% en diámetro entre procedencias de la misma especie en Filipinas (Willan *et al.* 1990) y hasta del 112% entre procedencias de *Pinus* spp. en Costa Rica (Corea *et al.* 1993). Por otro lado, las varias procedencias no necesariamente se comportan igual en ambientes diferentes, fenómeno común denominado interacción genotipo-ambiente. Es claro que la selección de la procedencia correcta puede significar la diferencia entre el éxito y el fracaso de una plantación, de ahí la importancia de las pruebas de procedencias antes de iniciar programas de mejoramiento genético o de reforestación a gran escala. No tendría sentido pasar años mejorando una población hasta obtener ganancias que pudieron haberse logrado desde el inicio mediante la selección de la procedencia correcta.

Objetivos de los ensayos de procedencias

Las pruebas de procedencias no son el lugar para conducir prácticas silviculturales tales como ensayos de espaciamiento, fertilización, preparación de sitio, raleos, etc., y sus objetivos principales generalmente deberían limitarse a:

- a) Identificar las procedencias más sobresalientes en términos de volumen, forma y calidad del material producido, y capacidad para producción sostenida (adaptación fisiológica al sitio).
- b) Determinar si existen interacciones genotipo-ambiente.
- c) Si las interacciones son importantes, identificar las mejores procedencias para cada sitio.
- d) Identificar las procedencias con mayor potencial para mejoramiento más avanzado y producir material de selección para construir la población de mejoramiento.

- e) Conocer los patrones de variación genética entre poblaciones de la especie.

Una vez identificadas las mejores procedencias, se pueden utilizar dichas fuentes para el establecimiento de ensayos silviculturales o de otra índole.

Obtención de semilla para las pruebas de procedencias

Básicamente hay dos maneras de obtener semilla para ensayos de procedencia: mediante la participación en redes internacionales de ensayos o a través de recolecciones locales. Para especies de distribución natural muy amplia, la obtención de semilla para ensayos de procedencias del rango completo requiere necesariamente de la cooperación internacional, ya que sería sumamente difícil para un solo proyecto o país, en términos prácticos y económicos, realizar recolecciones a lo largo de todo el rango natural de la especie.

Las recolecciones de procedencias a nivel nacional, principalmente para especies nativas, son también de gran importancia, especialmente para países como los centroamericanos, donde existe una gran variabilidad ecológica dentro de distancias muy cortas, y se pueden esperar variaciones importantes a lo largo del rango local de distribución de la especie. Este tipo de recolecciones sí están al alcance de programas locales.

Generalmente no existe suficiente información sobre los patrones de variación genética dentro de la especie, que permita planear mejor las recolecciones de semilla de procedencias. El conocer estos patrones es, incluso, uno de los objetivos de los ensayos. En la práctica, generalmente se acepta como "procedencia" un grupo de poblaciones que comparten una misma unidad ecológica. Si dentro de esta unidad se detectara una variación edáfica importante, es recomendable hacer una subdivisión adicional y tratar los lotes de cada subdivisión como procedencias diferentes.

En los ensayos de procedencias también es importante incluir razas locales o fuentes mejoradas, si existen. Existen bastantes ejemplos donde las razas locales han superado significativamente el comportamiento de cualquier otra procedencia de introducción reciente (Zobel, 1984; Valerio, 1986; Mesén, 1990; Willan *et al.* 1990). Una ventaja clara de esta práctica es que, si la raza local demuestra superioridad sobre las demás

procedencias, como ocurre en muchos casos, se puede utilizar inmediatamente esta fuente para iniciar un proceso de producción de semilla comercial.

También se debe incluir testigos estándar, que pueden ser la fuente utilizada comercialmente o la mejor fuente disponible (a veces será la misma raza local). El uso de los mismos testigos en todos los ensayos aumenta grandemente la eficiencia de las comparaciones entre ensayos establecidos en sitios y años diferentes.

Como regla general, un buen ensayo siempre debería incluir: i) procedencias de la zona ecológica que más se asemeje al sitio de introducción, ii) procedencias del área donde la especie alcanza su mejor desarrollo, y iii) procedencias que se extiendan hacia extremos importantes del rango de distribución, por ejemplo, ecotipos creciendo en áreas más secas, más infértiles, etc. que el promedio para la especie (Edwards y Howell 1962). Estas últimas son importantes porque pueden poseer características adaptativas de gran potencial para ciertos ambientes en particular (Turnbull 1975; Palmberg 1985; Willan *et al.* 1990)

Consideraciones importantes en la recolección de semilla para los ensayos de procedencias

Una consideración fundamental en las recolecciones de procedencias es la constitución genética del material. Semilla de sólo uno o pocos árboles no es representativa de la población total, y debe evitarse. Para la mayoría de las especies tropicales no existen estudios detallados sobre los sistemas de cruzamiento y variabilidad genética dentro de las poblaciones, que permitan tomar decisiones precisas sobre el número de árboles a muestrear y el distanciamiento óptimo entre árboles, a fin de evitar consanguinidad y obtener una muestra genéticamente representativa. Como regla general se sugiere recolectar de un mínimo de 30 árboles, separados a un distanciamiento tal que permita incorporar el mayor rango posible de genes y que reduzca al máximo la posibilidad de incluir individuos emparentados. Una distancia mínima entre árboles de 100 metros se considera aceptable. En esta etapa, la selección de árboles no debe ser muy rigurosa. Las recolecciones pueden hacerse de forma sistemática o aleatoria, evitando únicamente árboles enfermos, de muy mala forma o que tengan muy poca semilla. La selección de únicamente individuos sobresalientes puede llevar a una reducción en la variabilidad genética que no necesariamente será benéfica a este nivel, donde lo que se busca es evaluar la variabilidad y el potencial de la procedencia como tal.

Para los lotes de semilla de procedencias es vital suministrar información completa sobre la ubicación y características climáticas y edáficas del área de recolección de la semilla. Asimismo, se debe indicar el número, espaciamiento y características de los árboles madre incluidos en la muestra. Es inaceptable que aún se manejen lotes de semilla cuya única identificación es el país de origen. Se debe recordar que semilla sin información no tiene ninguna utilidad en un ensayo.

En las recolecciones de procedencia, la semilla no se mantiene separada por árbol madre, sino que esta se mezcla de forma tal que cada árbol seleccionado esté representado por igual en la muestra de la procedencia (i.e. cada árbol madre produzca el mismo número de plántulas). Idealmente, la representación de cada árbol debería decidirse con base en pruebas individuales de germinación, aunque esto raramente es posible. Al menos, la muestra debería contener igual número de semillas de cada árbol.

La fase de vivero

Las labores de producción de plantas en vivero para los ensayos de procedencias deben seguir básicamente los procedimientos rutinarios normales para la especie en cuestión. Sin embargo, hay tres aspectos que deben considerarse en el caso del material para los ensayos, que normalmente no aplican en el caso de la producción comercial: i) las plántulas de todas las procedencias deben estar sometidas a las mismas condiciones ambientales, para no perjudicar el comportamiento de algunas de ellas. Esto puede lograrse utilizando un diseño experimental en el vivero, pero normalmente basta con asegurarse que las condiciones ambientales sean las mismas para todas las procedencias; ii) se deben tomar todas las medidas necesarias para evitar la mezcla de materiales o confusiones entre lotes, lo cual sería fatal para el desarrollo del experimento, y iii) no se debe realizar selección de la semilla por tamaño (tamizado), ya que de esta manera se puede perder material e información genética valiosa: el tamaño de la semilla es en alto grado una característica maternal, de modo que se podrían eliminar familias completas si se adopta esta práctica (Barnes y Gibson 1984).

Se deben producir suficiente plantas por procedencia considerando las pérdidas en el vivero y en el campo. Si sobra material después de establecer el ensayo y realizar los replantes, este puede establecerse en parcelas individuales identificadas por procedencia. Este tipo

de plantaciones son de gran utilidad para selecciones posteriores e incluso para su conversión eventual en plantaciones semilleras de procedencias superiores, una vez que los ensayos proporcionen información confiable sobre las mejores fuentes.

Selección de sitios

Una localidad donde se llevará a cabo la reforestación raramente es tan uniforme como para que un solo experimento proporcione resultados aplicables al área entera. Esto es mucho más crítico cuando se trabaja a nivel de países o regiones. Idealmente, el área potencial de plantación se debería dividir de acuerdo a características ecológicas (clima, suelo, factores bióticos), y establecer repeticiones completas del ensayo en cada subdivisión para poder estimar los efectos de la interacción procedencia-ambiente. Se debe tener cuidado de no seleccionar micrositios atípicos que proporcionen resultados de poca utilidad para el área global de plantación. Asimismo, la selección de sitios no debe basarse únicamente en criterios como facilidad de establecimiento, mantenimiento y monitoreo, por ejemplo, por estar cerca a la sede. **Si los sitios no son representativos de una zona de plantación actual o potencial, los ensayos tienen poca utilidad.**

Diseño experimental

El objetivo básico de los diseños experimentales es proveer un estimado preciso de las diferencias genéticas entre las procedencias, tratando de minimizar los efectos de la variación ambiental dentro del sitio experimental (ej. variaciones en drenaje, fertilidad, etc.). Un buen diseño es aquel en el cual el error experimental (la parte de la variación debida a causas desconocidas) es mínimo (Matheson 1990).

Importancia del diseño experimental

Si se obtiene semilla de cinco procedencias, podríamos decidir realizar una plantación de cada procedencia para seleccionar la mejor, como se muestra en la figura 1.

Procedencias

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Fig. 1. Plantación de cinco procedencias en un solo bloque.

Cuando se evalúe el experimento, sin embargo, no será posible decir si la mejor procedencia fue mejor debido a su superioridad genética o debido a alguna influencia ambiental dentro del sitio (por ejemplo, porque existía un gradiente de fertilidad, drenaje, etc., a lo largo de las parcelas). Es decir, el experimento no permitió separar los efectos genéticos de los efectos ambientales, de manera que no se pueden hacer conclusiones sobre el potencial de las procedencias en otros sitios diferentes.

Es claro que para poder evaluar el potencial genético de las procedencias, es necesario tomar en cuenta la variación ambiental dentro del sitio, de manera que todas las procedencias tengan la posibilidad de crecer en toda la gama de condiciones diferentes presentes dentro del sitio experimental.

Existe una serie de diseños disponibles a los forestales, y el uso de uno u otro deberá decidirse de acuerdo a la naturaleza del ensayo y sus objetivos. En algunos casos, además de la evaluación de procedencias, los ensayos también cumplirán otros objetivos, tales como conservación de genes y/o producción de semilla. Independientemente del diseño utilizado, existen dos condiciones generales que se deben cumplir en todos los casos:

- i) **aleatorización** - las procedencias se deben ubicar dentro de los bloques o las repeticiones en forma aleatoria, y
- ii) **repetición** - las parcelas de cada procedencia deben estar repetidas varias veces dentro del sitio experimental, para evitar los problemas mencionados anteriormente.

Diseño completamente al azar

En este diseño, las parcelas con las varias procedencias se distribuyen aleatoriamente dentro del sitio. Este diseño es útil cuando la variación ambiental dentro del sitio es mínima. Sin embargo, aún dentro de cámaras de ambiente controlado existen diferencias ambientales, más aún en los sitios heterogéneos que normalmente están disponibles para ensayos forestales. Por esta razón, este diseño no es muy útil para ensayos de procedencias.

Diseño de cuadrado latino

El diseño de cuadrado latino tiene la ventaja de que permite utilizar sitios que presentan variación ambiental en dos sentidos. En este diseño, los tratamientos se ubican en filas y columnas, y cada tratamiento aparece una vez en cada columna y en cada fila, como se muestra en la figura 2.

		Columnas				
		1	2	3	4	5
Filas	1	1	2	5	3	4
	2	4	1	3	2	5
	3	2	3	4	5	1
	4	3	5	1	4	2
	5	5	4	2	1	3

Fig. 2. Diseño de cuadrado latino con cinco procedencias

Los cuadrados latino raramente se utilizan en experimentos forestales, porque existen otros diseños igualmente eficientes y que requieren menos terreno (Matheson 1990).

Diseño de bloques completos al azar (BCA)

Este diseño es el más utilizado en experimentos forestales, ya que es fácil de establecer y analizar, aún con una calculadora de oficina, y es estadísticamente robusto. En el diseño de BCA, las parcelas de procedencias se ubican aleatoriamente dentro de varios bloques, de manera que cada bloque contiene una representación de todas las procedencias (Fig. 3).

		Bloques				
		1	2	3	4	5
Gradiente		4	2	5	3	4
		5	1	3	2	2
		2	3	4	1	5
		3	5	1	5	1
		1	4	2	4	3

Fig. 3. Diseño de bloques completos al azar con cinco procedencias en cinco bloques.

Frecuentemente, la variación ambiental dentro del sitio toma la forma de gradientes ambientales, por ejemplo de pendiente. En estos casos, los bloques deben ubicarse perpendicularmente a la gradiente. Cuando la variación se da en parches, por ejemplo áreas que varían en fertilidad, drenaje, etc., los bloques se deberían ubicar de tal manera que cada una de estas áreas contengan un bloque completo, aunque en la práctica esto puede ser difícil de realizar con precisión.

Se busca uniformidad dentro de las parcelas y de los bloques. La uniformidad entre bloques no tiene importancia, y si es necesario, los bloques pueden plantarse separadamente a fin de evitar situaciones atípicas tales como áreas pantanosas o rocosas, zanjas, caminos antiguos, etc. Sin embargo, se debe procurar que el experimento sea tan compacto como sea posible.

El diseño de BCA tiene la desventaja de que cuando el número de procedencias bajo evaluación es muy alto, se vuelve difícil mantener la homogeneidad dentro del bloque. En estos casos se debe utilizar otro tipo de diseño, especialmente cuando el sitio experimental es muy heterogéneo (Matheson 1990).

Bloques incompletos al azar (BIA)

Los BIA son una buena alternativa cuando el número de tratamientos es muy alto, aunque también pueden utilizarse para pocos tratamientos. En este diseño, cada bloque contiene menos tratamientos que el número total de tratamientos bajo evaluación (Fig. 4). En este caso, los bloques incompletos no pueden agruparse para formar repeticiones completas, por lo cual las opciones para el análisis son muy limitadas (Matheson 1990).

		Bloques							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Gradiente	1	2	5	4	7	8	2	7	
	3	4	2	5	8	6	8	6	
	7	6	1	2	3	7	1	5	
	8	5	3	6	1	4	3	4	

Fig. 4. Diseño de bloques incompletos al azar con ocho procedencias en ocho bloques con cuatro repeticiones.

Látices

Los látices son un tipo de diseño de bloques incompletos mucho más útil para experimentos forestales, que permite la evaluación de un gran número de tratamientos y relativamente pocas repeticiones (Matheson 1990). En este caso, los bloques incompletos pueden agruparse para formar repeticiones completas de todos los tratamientos bajo evaluación (Fig. 5). Los látices hacen un uso óptimo de áreas pequeñas, ya que ocupan menos área que otros diseños, sin perjudicar la precisión del análisis. El análisis de los látices es más sencillo cuando el diseño está balanceado; para látices cuadrados, el número de procedencias debe ser un cuadrado perfecto (eg. k^2 : 9, 16, 25, etc.), y el balance se logra utilizando $k + 1$ repeticiones.

	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4
Bloque 1	1 2 3	1 4 7	1 5 9	1 8 6
Bloque 2	4 5 6	2 5 8	7 2 6	4 2 9
Bloque 3	7 8 9	3 6 9	4 8 3	7 5 3

Fig. 5. Látice balanceado con 9 procedencias y cuatro repeticiones (Cochran y Cox 1957).

Espaciamiento, forma y tamaño de parcela

Las parcelas con distribución en cuadro son las más usuales, con distancias entre árboles que van desde 1 a 4 metros, dependiendo de la especie y los objetivos. Para especies maderables los espaciamientos más utilizados son 2,5 x 2,5 y 3,0 x 3,0 metros. Como regla general, se debe seguir las normas comerciales de espaciamiento, ya que esto aumenta la aplicabilidad de los resultados.

El utilizar espaciamientos menores permite utilizar menos terreno, lograr mayor uniformidad ambiental dentro de las parcelas y los bloques, reducir los costos de mantenimiento y estimar la habilidad competitiva de las procedencias a una edad temprana. Las desventajas son que los raleos son necesarios a menor edad cuando el potencial de las procedencias tal vez no se ha expresado completamente, se reduce la capacidad del ensayo desde el punto de vista de conservación de genotipos y, si las parcelas están en líneas, se pueden tomar decisiones erróneas sobre procedencias de lento crecimiento inicial.

El diseño compacto es más económico en términos de terreno y plantas de borde que los diseños de forma irregular, y deberá preferirse cuando las condiciones del terreno lo permitan. Lo mismo aplica para la forma de las parcelas individuales; es preferible una parcela de 6x6 que una de 4x9 árboles.

La tendencia en ensayos de procedencias es favorecer un mayor número de bloques a cambio de parcelas más pequeñas. En un diseño de BCA, por ejemplo, es preferible siete bloques y parcelas de 36 árboles que cuatro bloques y parcelas de 64 árboles. El tamaño de parcela más recomendado es de 6x6 árboles, en la cual se evalúan los 16 árboles centrales. Parcelas de un solo árbol no se consideran apropiadas debido a que la competencia puede favorecer las procedencias de crecimiento inicial rápido, que no necesariamente serán las mejores al final del turno. Se han utilizado parcelas de 3x3 y hasta de 10x10 árboles, pero la de 36 representa el mejor equilibrio entre economía de recursos, validez estadística y cumplimiento de los objetivos del ensayo.

Manejo del ensayo

Generalmente hay discusiones acerca del tipo de manejo que se debe brindar a los ensayos. Algunos argumentan que el experimento debería someterse a un sistema de manejo mínimo, dado que por lo general ese será el utilizado posteriormente en plantaciones comerciales. Sin embargo, los ensayos de procedencias no son el lugar para probar la capacidad de los árboles de sobrevivir a condiciones de preparación deficiente de sitio o ante total infestación de malezas; se considera que el manejo debe ser tan completo como sea posible para asegurar la máxima sobrevivencia posible del material. No tiene sentido utilizar tiempo y recursos para adquirir la semilla, producir las plántulas y establecer el ensayo para luego perder los árboles antes de que puedan expresar su potencial genético. Posteriormente se pueden diseñar ensayos silviculturales y de validación utilizando las mejores procedencias para estudiar sistemas más económicos de establecimiento, respuesta a diferentes tratamientos de control de malezas, etc., acorde con las prácticas normales.

Por otro lado, no se debe confundir manejo completo con manejo irreal. Es común observar ensayos que, con el afán de que luzcan bien, son sometidos a prácticas exageradas tales como limpiezas constantes y fertilizaciones excesivas, que enmascaran el potencial real de las procedencias y llevan a interpretaciones engañosas. La tendencia es favorecer la sobrevivencia del material y su expresión genética sin recurrir a prácticas extremas que se salgan del patrón lógico de manejo de una plantación comercial. En este aspecto, la palabra clave es representatividad.

Documentación

Todas las etapas en la vida de un experimento deben ser documentadas meticulosamente. La carpeta de un experimento debería contener como mínimo: a) una descripción general del ensayo, que incluya información sobre los lotes de semilla, los objetivos del experimento, los sitios experimentales, los mapas del experimento y prescripciones para el manejo y análisis del ensayo; b) formularios de historia del ensayo, donde se anotan todas las actividades realizadas a partir del recibo de la semilla, tratamientos en vivero, establecimiento en el campo, etc. y c) formularios de evaluaciones a nivel de semilla, vivero y campo. Se debe tener presente que la vida de un ensayo generalmente se extiende más allá de la permanencia del personal que lo inició, de manera que la documentación debe ser suficientemente clara para permitir el análisis y utilización de los resultados por

parte del personal que continúe los programas. También es aconsejable mantener un duplicado del archivo en otro lugar separado; perder la única copia del mapa experimental por razones de incendio, etc. tendrá el mismo efecto que perder el ensayo mismo por incendio.

Evaluaciones

Existen tres fases en la vida de un ensayo: semilla, vivero y campo, que son bastantes diferentes para fines de evaluación. Con las dos primeras se busca encontrar características que puedan estar correlacionadas con algún rasgo de importancia económica en el árbol adulto. Hasta la fecha, sin embargo, no ha sido posible prescindir de la etapa de campo, y es en esta donde se pone el mayor esfuerzo. Las evaluaciones pueden continuar por muchos años, al menos hasta la mitad del turno de rotación para la especie. Diferentes especies, objetivos y edades del ensayo afectan el tipo y la intensidad de las evaluaciones.

Las características que se pueden evaluar en un ensayo se ubican dentro de seis categorías diferentes:

- a) características del fuste, que incluye altura, diámetro a la altura del pecho (dap), rectitud, bifurcaciones y algunas otras características como grosor de la corteza, circularidad y grano espiral.
- b) características de las ramas, que incluyen diámetro, ángulo de inserción, número y distribución.
- c) características de la copa, tales como diámetro, forma, simetría y profundidad.
- d) características reproductivas, tales como floración y fructificación.
- e) características de la madera, como densidad básica y dimensiones de las fibras.
- f) otras características, como sobrevivencia (que se obtiene normalmente a partir de las mediciones de altura o dap), producción de resinas, efectos de la sequía, viento u otros factores ambientales, resistencia al ataque de insectos, enfermedades y animales mayores, etc.

Para especies maderables, las características del fuste son de primordial importancia, ya que pueden cambiar las decisiones acerca de la escogencia de una u otra procedencia. En especies destinadas a la producción de madera de aserrío, por ejemplo, una procedencia de alta producción de volumen pero con un alto porcentaje de árboles torcidos y bifurcados podría desecharse a cambio de una menos productiva pero de forma excelente.

El propósito de las evaluaciones es describir eficientemente la variación en rasgos de importancia económica que presenta el árbol, que permitan una selección de los mejores individuos y poblaciones, y dichos rasgos variarán de acuerdo con el producto esperado.

Considerando todas las características mencionadas y otras posibles, y que cada característica difiere en importancia con la edad del árbol, el conjunto de posibles mediciones a lo largo de la vida de un ensayo es enorme. El presupuesto y personal disponible son generalmente limitados, de ahí la importancia de realizar unas pocas evaluaciones oportunas de las características de mayor importancia económica, que proporcionen información realmente relevante. No tiene sentido gastar recursos en evaluaciones que al final no tengan utilidad práctica o que proporcionen datos que no puedan ser analizados.

Análisis

El análisis de la información de un ensayo debería realizarse tan pronto como se colecten los datos, no sólo para evitar la acumulación de trabajo estadístico, sino también porque los resultados pueden sugerir cambios en el manejo del ensayo o el uso inmediato de los resultados. Muchos de estos análisis pueden ser complejos si no se dispone de facilidades de cómputo, pero siempre es posible realizar algunos análisis sencillos, tales como la obtención de las medias, desviaciones estándar y, si es posible, análisis de varianza y de comparaciones entre medias. Lo que se busca es determinar y explicar de manera eficiente las diferencias entre procedencias.

Análisis de interacciones genotipo-ambiente (IGA):

Cuando un experimento se repite en varios sitios, en varios años o bajo tratamientos culturales diferentes, es posible estimar la magnitud de la interacción entre las procedencias y el ambiente. Una interacción se da cuando el sitio no afecta todas las procedencias de la misma manera. Esta interacción implica que el comportamiento relativo de las procedencias difiere en ambientes diferentes, y que la mejor procedencia en un sitio puede no ser la mejor en otros. Este análisis es importante para decidir la estrategia de mejoramiento a seguir con una especie.

Uso de los resultados

Una vez identificadas las procedencias superiores, se usa la información de la siguiente manera:

- a) Se puede recomendar áreas apropiadas para recolectar semilla para su uso operacional en zonas específicas.
- b) Se puede recomendar áreas (procedencias) para establecer rodales semilleros para su uso en zonas específicas.
- c) Se puede establecer plantaciones semilleras de la mejor procedencia para cada zona.
- d) En la selección de árboles plus, frecuentemente es conveniente poner más énfasis en la selección dentro de las mejores procedencias.

En resumen, la información sirve para planear de una mejor manera tanto las estrategias de mejoramiento a seguir para cada especie como los programas de reforestación comercial inmediatos y futuros.

REFERENCIAS

- Atta-Krah, A.N. (1987). Research on *Gliricidia* germplasm evaluation and improvement in West Africa. In *Gliricidia sepium* (Jack.) Walp.: management and improvement (Withington, N.; Glover, N. y Brewbaker, J. Eds.). Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA) Special Publication 87-01, pp. 146-161.
- Barnes, R.D.; Gibson, G.L. 1984. Experimental design, management and selection traits in provenance trials of tropical pines. Presented at joint meeting of IUFRO Working Parties on provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees. Mutare, Zimbabwe, April 1984.
- Burley, J.; Wood, P.J. 1979. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. Commonwealth Forestry Institute, Oxford. *Tropical Forestry Papers* No. 10 & 10A. 297 p.
- Commonwealth Forestry Institute. 1984. Field assessment in tropical trees. Presented at joint meeting of IUFRO Working Parties on provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees. Mutare, Zimbabwe, April 1984.
- Forest Research Centre. 1984. Layout and establishment. Presented at joint meeting of IUFRO Working Parties on provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees. Mutare, Zimbabwe, April 1984.
- Matheson, A.C. (1990). Designing experiments for MPT genotype evaluations. In *Tree Improvement of Multipurpose Species* (Glover, N. y Adams, N., Eds.). Multipurpose Tree Species Network Technical Series, Vol. 2. pp. 55-66.
- Mesén, F. 1990. Resultados de ensayos de procedencias en Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. *Serie Técnica, Informe técnico* No. 156. 40 p.
- Styles, B.T. 1979. La población base. In Burley, J. y Wood, P.J. (1979). *Manual Sobre Investigaciones de Especies y Procedencias con Referencia Especial a Los Trópicos*. Commonwealth Forestry Institute, Tropical Forestry Paper No. 10 @ 10A, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, pp. 15-48.
- Valerio, J. 1986. Evaluación de nueve procedencias de *Gmelina arborea* Roxb. en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 92 p.
- Willan, R.L.; Hughes, C.E.; Lauridsen, E.B. (1990). Seed collection for tree improvement. In *Tree Improvement of Multipurpose Species* (Glover, N. y Adams, N., Eds.). Multipurpose Tree Species Network Technical Series, Vol. 2. pp. 11-37.
- Zobel, B.; Talbert, J. 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley and Sons, New York, USA, 505 p.

PROCEDIMIENTOS PARA LA IDENTIFICACION DE RODALES SEMILLEROS

Rodolfo Salazar
Líder PROSEFOR, CATIE

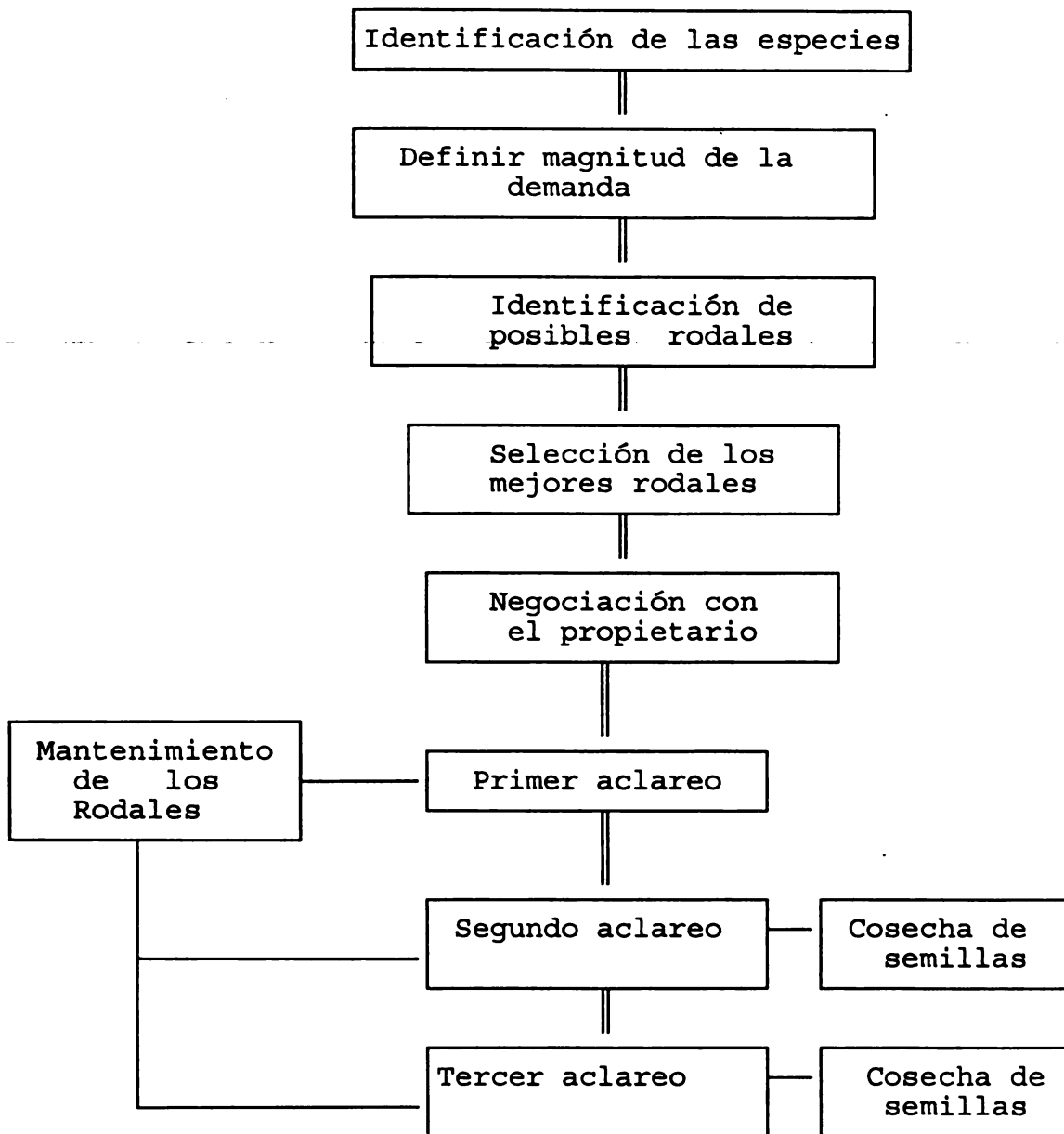
INTRODUCCION

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 o 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.

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).

SELECCION DE RODALES

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

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.

inapropiada (por la eliminación de tratamientos completos). Tienen la ventaja de que, si se ha utilizado un diseño experimental apropiado, la variación fenotípica es un buen reflejo de la variación genotípica, lo cual resulta en una selección efectiva. En ocasiones, los ensayos adquieren gran importancia como representantes de poblaciones únicas que han desaparecido en su ambiente natural.

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.

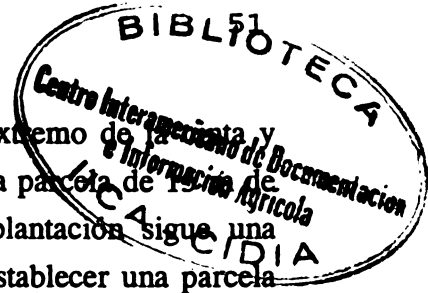
INVENTARIO DEL RODAL

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 cuerda, evaluando todos los árboles que se encuentren dentro del círculo. Una parcela 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.
- Hattemer, 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.; Woessner, 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.

// **CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO DE COSTOS E INGRESOS EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS FORESTALES.**

Enrique Trujillo N.
Banco Latinoamericano de Semillas Forestales
PROSEFOR, CATIE

ANTECEDENTES

Cómo un factor común en los Bancos de semillas de la región, no se llevan cálculos de costos en las diferentes actividades. Específicamente en aspectos de selección, recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas no se conoce una metodología regional general o específica. Los precios de venta son fijados en forma arbitraria atendiendo condiciones de oferta y demanda y precios tradicionales en el mercado de semillas.

Excepcionalmente existen algunos registros de costos, tiempos y movimientos para un pequeño grupo de especies, con precios fijados con base en estos criterios. Las anteriores consideraciones explican la variación existente en los precios de los diferentes proveedores, en ocasiones con diferencias equivalentes al 500%, como es el caso de la teca (*Tectona grandis*) que tiene un rango de precios de US\$5- 25 Kg.

INFLUENCIA DE FACTORES NATURALES

Se reconoce una carencia de información fenológica para la casi mayoría de las especies forestales de mayor demanda. Este vacío de conocimiento dificulta significativamente los cálculos y fijación de precios reales, toda vez que la variación en la producción de los frutos es uno de los principales factores que inciden en la estructura de costos. La variación climática, alteración de los períodos de precipitación, ocurrencia de fenómenos naturales, variaciones de la especie propias de su constitución genética y la relación genotipo/medio ambiente, hacen que la variación en los volúmenes de cosecha sea de carácter permanente. Se exceptúan algunas especies de coníferas en bosques naturales que tienen ritmos naturales relativamente homogéneos.

En el Cuadro No.1 presentado a continuación se muestra información preliminar sobre el rendimiento en la colecta de un grupo de 6 especies llevado a cabo con una metodología preestablecida. Estos estudios no son comunes y la información al respecto es muy pobre, lo que dificulta la planificación y proyecciones de los diferentes costos.

Cuadro 1. Técnicas de recolección empleadas, rendimientos y porcentajes de germinación obtenidas.

ESPECIE TECNICA DE RECOLECCION	Tabebuia rosea Rendim. Código Kg/hora	Jacaranda copaia Rendim. Código Kg/hora	Cordia gerascantus Rendim. Código Kg/hora	Schizolobium parahyllum Rendim. Código Kg/hora	Bombacopsis quinatum Rendim. Código Kg/hora	Cordia alliodora Rendim. Código Kg/hora
	Germinac. %	Germinac. %	Germinac. %	Germinac. %	Germinac. %	Germinac. %
A. Recolección en la copa desde el suelo						
A1 Corte con desjarretadera y captación del material en carpa	03 1.09				017 0.23	
A2 Corte con desjarretadera y de jana como accesorio	04 1.04				018 0.25	
B. Recolección en la copa con ascenso						
B1 Ascenso con espuelas, corte con desjarretadera y captación del material en carpa		05 1.33	0 0.8	012 1.23		019 *
B2 Ascenso con espuelas, agitación de ramas y captación del material en carpas		04 1.13	0 0.9			
B3 Ascenso, corte con desjarretadera y captación del material en carpa	034 0.40	07 3.20	0 0.10			
B4 Ascenso con manila, corte con desjarretadera, recolección del material directamente del suelo	037 0.34		0 0.11	013 1.33	016 0.61	020 0.40
B5 Ascenso con poleas, corte con desjarretadera, captación del material en carpa	038 *					
B6 Ascenso con escalera de manila, corte con desjarretadera, captación del material en carpa.	01 0.58					021 1.29
B7 Ascenso a través de árboles vecinos de menor diámetro empleando espuelas.				014 *		

* Ensayo de prueba

DIFICULTADES EN LA FIJACION DE PRECIOS

La fijación de precios de venta de semillas forestales resulta una actividad de por sí casi arbitraria. Existe una alta dependencia de los cambiantes factores biológicos y medio ambientales, las características intrínsecas de cada especie y lugar de cosecha, esta última signada por importantes diferencias en las distancias, costos y rendimientos de la mano de obra alteraciones fisiográficas entre otros varios factores. Estas consideraciones implican que prácticamente cada recolección tendrá un costo diferente y en ocasiones como se muestra en los cuadros de ejemplos, con diferencias muy significativas para la misma especie. Los precios fijados con base en costos de cosecha, harían muy difícil la estructuración de una lista de precios; se presentaría heterogeneidad para una misma especie con similar calidad genética y física.

En adición a los costos directos de colecta, deben tenerse en cuenta otros factores que inciden en los precios de la semilla y que son difícil ponderación. Son por ejemplo:

- Escasez de árboles de colecta
- Periodos muy amplios de fructificación
- Rápida pérdida de viabilidad
- Alto grado de dificultad en la colecta o el proceamiento
- Alta demanda u oferta
- Costo de oportunidad de los inventarios

Estos factores deben ser tenidos en cuenta aunque su valoración es compleja.

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO Y MANEJO:

Las consideraciones anteriores se establecen sobre la base de que el rodal o área de recolección esta ya establecida. Si se parte de la base del establecimiento y manejo es necesario agregar costos adicionales, que necesariamente afectan el precio de venta final.

Se considera que los rodales semilleros son un paso previo al establecimiento de huertos semilleros, que temporalmente garantizan una mejor calidad genética en comparación con rodales no manejados. Se espera la producción de madera y por esta consideración los costos de establecimiento y manejo no son acumulados al precio de la semilla. Si el concepto anterior aplica, no suman los costos relativos a:

- terreno
- preparación (arado, rastrillado, subsolado, aplicación de herbicida, construcción de corta fuegos, quemas controladas, trazado, hoyado)
- siembra
- fertilización
- manejo
- construcción de cercas
- drenajes, control de malezas
- fertilización, podas, etc.

Existen si costos aplicables a la producción de semilla, como pueden ser:

- una fertilización específica
- actividades de inducción:
 - anillado
 - aplicación de ayudas hormonales
 - polinización manual entre otros varios.

Si el objetivo final es madera, no son viables algunas técnicas para mejorar la producción de semillas, como son un mayor espaciamiento para favorecer la floración de ramas, podas de ápices, etc. No es posible compatibilizar completamente la producción de madera con la producción de semilla, pero en la práctica las dos actividades son realizables si se ve el negocio de la producción de semilla como una actividad complementaria, que bien podría ser principal si los ingresos por su venta así lo ameritan.

Urueña (1994), cita a manera de ejemplo los costos de producción de un (1) Kg de semillas de *Bombacopsis quinata* en un huerto semillero de segunda generación en US\$32.9 y de *Gmelina arborea* de un rodal semillero en US\$3.2, según se observa en el cuadro No.2 presentado a continuación

Cuadro 2. Costo total de producción de 1 Kilogramo de semilla de *B.quinata* y *G.arborea*.

Item	Unidad	Rodal Gmelina	Huerto Ceiba
Mano de obra	M\$/Kg semilla	1.398	22.032
Insumos	M\$/Kg semilla	710	2.640
Transporte frutos	M\$/Kg semilla	328	
Total	Pesos colombianos/Kg	2.427	24.672
	US\$/Kg semilla	3.2	32.9

Estos precios son válidos para una producción mayor de 163 Kg/ha. en Gmelina y 75 Kg/ha. en *Bombacopsis*, con manejo y con producción en incremento a lo largo de 8 años, anotándose que para el caso de *Bombacopsis quinata* la producción inicial alcanzó 3.5 Kg (6 ha) y Gmelina 100 Kg (7 ha).

La producción de semillas varía con la edad del rodal en dependencia de una compleja red de factores; en el cuadro No.3 se muestra un ejemplo desarrollado por Isaza (1994) donde se observa la tendencia en el aumento de los frutos de 3 especies forestales establecidas y manejadas para la producción de semilla.

La producción de frutos y semillas no es predecible por el desconocimiento de las exigencias de la especie en relación con el medio ambiente; un ejemplo de fracaso al menos momentaneo, se observa en las cifras de *P.tecunumannii*, cuya producción de semillas es despreciable; un relativo éxito se nota en *E.grandis*.

Como se ve en este ejemplo, la tendencia de aumento del peso de la semilla obtenida no es uniforme a medida que aumenta el tiempo. La variación atribuible a diferentes factores biológicos, climáticos, edáficos y genéticos imposibilita la proyección de datos de una manera confiable. Un ejemplo regional de rendimiento en Costa Rica en el Centro Agrícola Cantonal de Hojanca se muestra en el Cuadro No.4.

Por ser las características anteriormente mostradas, aplicables solo a las condiciones específicas de cada sitio de experimentación, no se pueden extrapolar los resultados a otros sitios ya que se esperan diferencias incuantificables en el comportamiento. Por las razones expuestas no es posible fijar de antemano los costos de establecimiento y manejo de los rodales semilleros y la producción en si en forma precisa.

Cuadro 3. Producción de frutos y semillas en los Huertos Rodales

ESPECIE	1989		1990		1991		1992		1993		Total Semilla (Kg)	
	No. bultos	Semillas Kg	No. bultos	Semillas Kg	No. bultos	Semillas Kg	No. bultos	Semillas Kg	No. bultos	Semillas Kg		
<i>P.tecumumanii</i> (Rodal)	-	-	-	-	0.5	0.02	1.0	0.10	1.5	0.02	0.05	0.14
<i>E.grandis</i> (Rodal)	9	14	38	41.9	46	50.6	24.5	38.1	-	-	1.32	144.6
<i>E.grandis</i> (Rodal)	-	-	-	-	-	-	1.5	4.3	21.5	61.3	2.9	65.6

X : Promedio de Kilogramos de semilla/bulto

Cuadro 4. Rendimiento de jornales en la recolección y extracción de semillas forestales en la región de la Península de Nicoya.

Especie	Actividad	Rendimiento	Observaciones
Melina	Recolección	6 Kg/8	Rend./promedio
	Extracción	horas	Chancador con 4
	Secado	15 Kg/hora 100 Kg/16 hr.	operarios Al sol
Pochote	Recolección	1 Kg/8 hr	En zona buena
	Extracción	1 Kg/14 hr.	Con zaranda
Cocobolo	Recolección	5 Kg/8 hr	
	Extracción	1 Kg/8 hr.	Extracción manual
Teca	Extracción	8 Kg/8 hr.	Semilla del suelo
Guayaquil	Recolección	3 Kg/8 hr	Semilla recolec.
	Extracción	8 Kg/8 hr.	del árbol
Gallinazo	Recolección	2 Kg/8 hr	Semilla del suelo
	Extracción	10 Kg/8 hr.	

Cuadro 5. COSTOS DIRECTOS EN ALGUNAS COLECTAS DE SEMILLA EN EL BLSF

Fuente semillera Fecha salida	001 24-25/01	002 14-15-16/02	003 3-4/02	004 17-18/02	005 28/02 - 3/03	7-8/03
Especies	Calliandra calothyrsus	Calliandra calothyrsus	Eucalyptus globulus	Casuarina cunninghamiana	Albizia guachapele	Recon. Cordia alliodora
Recolección	358	265	353	210	797	453
Km. recorridos	2	2	2	2	2	2
No. personas	7.400	3.200	11.600	3.200	18300	8.400
Viáticos	2.077,90	--	3786,50	--	4500	1210
Hotel	1674	1860	2477,50	1474	5594 + 1500	3179,50 + 600
Combustible	180	--	--	--	180	--
Peajes	110	--	75	--	--	--
Sacos	--	--	--	--	--	--
Pago jornales	12600	12600	18900	12600	24776	12600
Salarios						
Otros						
PROCESAMIENTO						
Días/hombre	4260 (20h)	1705 (h)	1705 (8h)	10.133 (26h) (8)	1705	--
No. kg. recolectados materiales otros	4.0	1.435	0,88	0,65	1.225	--
TOTAL	28301,90	19365	38544	27.407	56.555	25.989,50
+ 10% adm. y almac.	31132,10	21301,50	42398,40	30.147,70	62.210,50	28.584,45
Valor /Kg.	Valor Kg. = 7783 US \$50	Valor Kg.=24206,25 US \$156	Valor Kg. = 29545,9 US \$190	Valor Kg. 46.381,00 US \$299	50,784 US \$327	US \$184

Como una ilustración reciente en el cuadro No.5 se muestran los costos por Kg. de semillas para 5 especies forestales, obtenida en la temporada de recolección de enero - marzo de 1994 por el BLSF de PROSEFOR - CATIE, con una relación exclusiva de costos directos.

Los principales costos directos son:

- Visitas de inspección
- Recolección, Kilometraje, Combustibles, Viáticos, Peajes, materiales varios, jornales, salarios, otros
- Procesamiento: Jornales, salarios, materiales, otros.
- Administración y almacenamiento

El cálculo de los costos no incluyó factores como depreciación de vehículos y otros equipos, infraestructura, servicios y otros costos indirectos. *Calliandra calothyrsus*, ilustra con solvencia la variación en los costos, en este caso motivada por un volumen de cosecha insuficiente en la fuente 002 (codigo de la fuente semillera).

BIBLIOGRAFIA

- CORTEZ E. 1990. Ensayos sobre métodos de recolección y transporte de frutos y semillas forestales. Seminario taller sobre Investigación en Semillas Forestales Tropicales. CONIF. Editorial Gente Nueva - Bogotá, Colombia. pp.
- ISAZA, N. 1994. Producción y rendimientos de los huertos y rodales semilleros de *P.tecunumannii* y *E.grandis* en Colombia. Curso regional sobre Identificación, Selección y Manejo de Rodales Semilleros. CATIE. DANIDA. Turrialba, Costa Rica. pp.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA; PROYECTO DISEMINACION DE ARBOLES DE USO MULTIPLE. 1993. Enlace Madeleña 3. CATIE, Turrialba, C.R. Año 2(3). pp.
- URUEÑA H. 1994. Producción, rendimientos y costos de rodales y huertos semilleros de *Bombacopsis quinata* y *Gmelina arborea* en Colombia. En Curso Regional sobre Identificación, Selección y Manejo de Rodales Semilleros. CATIE - Danida, Turrialba, C.R. pp.

**PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE RODALES DE TECA (*Tectona grandis*) y
LEUCAENA (*Leucaena leucocephala*) EN EL SALVADOR.
ESTUDIO DE CASO.**

**Rosa Elena de Serrano
Area Socio-Economía - MADELEÑA**

La determinación de los costos de mano de obra en la recolección de semillas para las especies: *Tectona grandis* y *Leucaena leucocephala*, incluye solo las actividades que se realizan cuando el árbol ya se encuentra en la época de producción. Estas se limitan a ascender al árbol, recolectar el fruto y bajar el mismo. En este análisis se supone que las herramientas utilizadas en la labor son propias. No se toman en cuenta al momento de la estimación de costos.

Estudio de caso No. 1 *Tectona grandis* (n=100 árboles)

La recolección de frutos en árboles de teca involucra actividades tales como, limpieza del área donde caen los frutos, ascenso al árbol, cosecha de frutos y descenso del árbol. Cuando el fruto se encuentra en el suelo, se recolecta y se almacena en sacos o depósitos adecuados para el transporte y su posterior secado y procesamiento.

Las actividades anteriores utilizan 23.79 jornales, las cuales totalizan en el período de cosecha un costo total de ₡475.8. El rendimiento cosechado en estos jornales se estima en 441.70 kg de semilla de fruto. Al momento de procesarse se pierde en promedio el 66%, que dejan un total de 147,35 kg de semilla purificada. El ingreso bruto obtenido de la venta es de ₡5157.25 (₡ 35/kg), que al deducirlos de los costos totales permite obtener un ingreso neto de ₡4681.45 en los 100 árboles cosechados.

Estudio de caso No.2 *Leucaena leucocephala* (n=100 árboles)

Las actividades consideradas son las siguientes: limpieza alrededor de los árboles, tendido de plástico en el suelo, corte de gajos y /o sacudido de árboles, recolección de frutos, almacenamiento, secado, extracción y purificación de la semilla. Estas labores utilizan 78 jornales con un costo total de ₡2419.55. El rendimiento cosechado se aproxima a 600 kg

de semilla en fruto. El 76% se pierde en la purificación, esto hace obtener la cantidad de 227.25 kg de semilla purificada. El ingreso bruto obtenido de la venta es de ¢4545 (¢ 20 /kg), que al deducirlos de los costos totales permite obtener un ingreso neto de ¢2125.45 en los 100 árboles cosechados.

Información geográfica y agronómica, modelos de rendimientos y costos de mano de obra en recolección de semilla para cada caso se anexan a continuación.

ESTUDIO DE CASO No. 1: Teca (*Tectona grandis*)

Ubicación geográfica

Departamento	: Ahuachapán
Municipio	: Ahuachapán
Lugar	: Hacienda San Raymundo

Condiciones del sitio

Pendiente	: 30%
Textura-suelo	: franco arcilloso-arenoso
Humedad-suelo	: húmedo
Precipitación promedio anual:	1568 mm
Temperatura promedio anual:	23°C

Características de la especie y la plantación

Díámetro promedio de árboles:	21 cm
Altura promedio de árboles:	11 m
Edad de la plantación:	8 años
Sistema AUM:	árboles intercalados con café
Distancia de siembra:	2.5 X 2.5 m
Semillas (kg):	2300

Datos económicos

h/jornal:	8
h útiles/jornal:	8
precio/jornal:	¢20.00
precio venta/kg:	¢35.00

Cuadro 2. Modelo de rendimientos y costo de mano de obra en recolección de semilla de leucaena (*Leucaena leucocephala*). Hda. Molimar. La Paz, El Salvador. 1994. (n=100 árboles).

No. Actividades	Rend/h/hombre	Jornal/100 árboles	Costo/100 árboles (¢)
1. Limpieza bajo el árbol	120 m ²	0.26	8.06
2. Colocar plástico en el suelo	120 m ²	0.26	8.06
3. Cortar gajos o sacudir el árbol	2.86 árbol	5.38	166.78
4. Recolectar frutos	3.42 árbol	4.50	139.50
5. Embalaje	20.00 árbol	0.77	23.87
6. Secado - semilla	2.67 kg	5.77	178.87
7. Extracción semilla	0.26 árbol	59.18	1834.58
8. Purificar semilla	8.00 árbol	1.93	59.83
	TOTAL	78.05	2419.55

EJEMPLO PRACTICO

COSTOS DE MANO DE OBRA EN RECOLECCION DE SEMILLA

Determinar los costos de mano de obra y el ingreso neto a obtener en la actividad de recolección de semilla de *Eucalyptus citriodora*, considerando los rendimientos definidos y los datos siguientes:

- | | | |
|----|---------------------------------------------------|----------|
| 1) | h/jornal | =8 |
| 2) | h útiles/jornal | =7 |
| 3) | Precio/jornal | = c20.00 |
| 4) | Semillas/kg | =147,800 |
| 5) | Precio venta/kg | =c40.00 |
| 6) | Rendimiento
semilla procesada
(100 árboles) | =80 kg |

Tareas:

1. Cuál es el costo de mano de obra por Kilogramo de semilla purificada?
2. Calcule el ingreso neto de toda la actividad
3. Complete el siguiente cuadro

Rendimientos y costo de mano de obra en recolección de semilla de *Eucalyptus citriodora*.
(n= 100 árboles)

No. Actividades	Rend/h/hombre	Jornal/100 árboles	Costo/100 árboles (¢)
1. Limpieza del área	4.46 árbol		
2. Ascenso al árbol	5.00 árbol		
3. Cortar rama con frutos	1.00 árbol		
4. Recolectar frutos y embalaje	0.50 árbol		
5. Descenso árbol	25.00 árbol		
6. Secado de semilla al sol	0.80 árbol		
7. Extraer y procesar semilla	20.40 árbol		
TOTAL			

// **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, número mínimo

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.

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.

MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE ÁREAS PARA RODALES SEMILLEROS

Juan Antonio Salinas
Servicio Forestal, DGRNR

Es importante tener claro que el abastecimiento y manejo de rodales semilleros es el primer paso en el mejoramiento genético forestal. Una de las dudas que se presentan al iniciar estas actividades es con relación al tamaño del rodal. Qué tamaño o área habrá que manejarse de rodal semillero para cada una de las especies? Para responder a esta interrogante se presentan a continuación dos métodos básicos que ayudan a la determinación del área.

Es difícil señalar cuál es el método más indicado para determinar el área de un rodal semillero. Algunos autores establecen que se debe tener por lo menos 75 árboles/ha, otros aseguran que no pueden tener menos de 5 ha/rodal o consideran como base a la altura de los árboles, diciendo que los árboles semilleros deben estar separados a una distancia igual a la mitad de su altura total. Para unificar criterios sobre como determinar áreas para rodales semilleros, a continuación se presentan dos métodos.

Método 1

Consumo total de semilla por especie	: a
Sobre-estimación (30%)	: b
Producción de semillas /árbol	: c
Densidad final de árboles/ha	: d

Fórmula a utilizar:

$$\text{Área de rodal semillero} = (a+b)/c \times d$$

Método 2

Fórmula a utilizar:

$$\text{Área rodal semillero} = \frac{(\text{Área a reforestar por especie}) \times 1}{\text{Ar} \times \text{Densidad final rodal} \times \text{Producción semilla-árbol}}$$

EJEMPLOS

CALCULO DE AREAS PARA RODALES SEMILLEROS

Método 1.

Ejemplo

Estimación de área de rodales semilleros para *E. camaldulensis*.

Distribuidores	Kg de semillas/año (a)
Banco de Semillas, CEDEFOR	5
MADELEÑA-3	2
ONGs	1
TOTAL	8 (a)
TOTAL + 30% (2.4 KG) (b)*	10.4

* Para un total de 4500 ha

Producción anual/árbol : 0.06 kg (c)
 Densidad final : 75 árboles/ha (d)

$$\text{AREA} = (a+b) \times 1/(c \times d)$$

$$\text{AREA} = (10.4) \times 1/(75 \times 0.06) = 2.31 \text{ ha de rodal}$$

Ejercicio:

Estimar el área de rodal semillero en una plantación de teca (*Tectona grandis*).

Datos:

Densidad final : 150 árboles/ha
 Producción anual/árbol : 2 kg
 Demanda anual : 6000 kg

Método 2

Ejemplo

Estimación del área de rodales semilleros para *E. camaldulensis*

Datos:

Densidad final del rodal semillero	: 75 árboles/ha
No. de semillas/kg (S)	: 1.540.000.00
Proporción de germinación (G)	: 0.10
Proporción de pérdidas por repique (Pr)	: 0.10
Proporción de pérdidas en el bancal (Pb)	: 0.05
Proporción de selección- vivero (Sv)	: 0.1
Proporción de resiembra en el campo (R)	: 0.1
Densidad de plantación (N)	: 2500
Producción/árbol	: 0.06 kg
Area a reforestar por especie	: 450 ha

Luego:

Area reforestada/kg semilla:

$$(((S) (G)) X ((1-Pr) (1-Pb) (1-Sv) (1-R))) X 1/N$$

Sustituyendo:

$$((1.54 \times 10^6) (0.10)) X ((1-0.1) (1-0.05) (1-0.1) (1-0.1)) X 1/2500$$

$$= 42.66 \text{ ha reforestadas/kg}$$

Luego:

Cálculo del área requerida de rodal semillero (ARRS)

$$\text{ARRS} = \frac{\text{Area a reforestar por especie} \times 1}{\text{Ar} \times \text{Densidad final rodal} \times \text{Producción semilla - árbol}}$$

Sustituyendo:

$$\text{ARRS} = \frac{450 \times 1}{42.66 \times 75 \times 0.06}$$

$$\text{ARRS} = 2.34 \text{ ha}$$

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ESTABLECIMIENTO DE UN REGISTRO NACIONAL DE RODALES SEMILLEROS

Julio Ólano
Servicio Forestal, DGRNR

En la última década la reforestación ha tomado gran auge, como una opción para recuperar las áreas boscosas perdidas por la intervención humana. Existe voluntad política, financiamiento económico, áreas para reforestar, necesidad de los productos forestales y una gran demanda de leña y carbón. Sin embargo, aún hace falta un componente primordial, la semilla forestal. A partir de esto, muchos países han elaborado un registro nacional de semillas forestales y han realizado medidas de control en la comercialización, importación y exportación.

La semilla forestal tiene un costo, tanto para el comprador como para el vendedor; pero el comprador requiere que se le ofrezca un producto de calidad no solo fisiológica, sino que también referido a su composición genética.

En nuestro medio, hablar de semilla forestal mejorada es un tema relativamente nuevo y a esto no se le ha dado la importancia que se merece. En América Central, Costa Rica se encuentra trabajando con la Oficina Nacional de Semillas; también se conoce que en Europa está funcionando uno de los sistemas más desarrollados. No obstante, el uso de semillas certificadas en El Salvador ha sido orientado primordialmente hacia la obtención de semillas híbridas de maíz, arroz, frijol y otros cultivos; no así para el sector forestal.

Perspectivas

Con la nueva política forestal ya en vigencia, la ley forestal en estudio y la ley de incentivos para el sector forestal, se espera que dentro de un corto plazo habrá un nuevo desarrollo del sector forestal, tanto para cubrir necesidades de leña como de madera, lo que permitirá la recuperación del medio ambiente y la biodiversidad.

Objetivos del Registro:

- Mejoramiento de la calidad genética de las semillas utilizadas de todas las especies prioritarias.
- Mayor conocimiento de la importancia de la calidad de semillas en el sector forestal.

Uso del Registro

- Publicación y divulgación del Registro para canalizar la demanda de semillas a los mejores rodales (seleccionados para el Registro).
- El Banco Nacional de semillas utilizará estos rodales para su propia recolección.
- El Banco dará información a los reforestadores sobre el registro.

Procesos para establecer el Registro

- Identificación de las especies prioritarias (con base en la demanda actual y expectativas).
- Informar a los propietarios de los rodales del proceso de identificación y selección (quizá a través de anuncios en periódicos, etc.)
- Identificación de los rodales
- Visitas a los rodales para la clasificación
- Comparación de los rodales (con base en la clasificación) para la selección de los mejores, tomando en cuenta las diferentes zonas ecológicas del país y el interés de los dueños en el mantenimiento.
- Solicitud del propietario para registrarse como productor de semillas. En algunos casos con un contrato entre el Banco Nacional y el dueño del rodal.
- Establecer la lista de los mejores rodales en el país (registro nacional).

Ventajas de registro

1. Mantiene la identidad de la semilla y del material vegetativo, lo que permite volver a utilizar el material dependiendo de sus resultados.
2. Asegurar al usuario la calidad de lo demandado, porque no puede ver las diferencias genéticas a simple vista; estas se observarán a largo plazo.

3. Además de la procedencia, informa sobre las características que se han mejorado y cómo han sido ensayadas.
4. Uniformiza la información, los precios, la oferta y la demanda.

Desventajas

1. El proceso de control es oneroso
2. Se puede volver un sistema burocrático si no existe la institución normativa.
3. Hay que utilizar formularios, cuando no es costumbre hacerlo.

Conclusión

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