

Identificación, Selección y Manejo de Fuentes Semilleras

Santafé de Bogotá, Diciembre de 1995



ISSN 0121-0300

CONIF ha realizado y promovido la investigación forestal en Colombia desde 1974. Con la concertación e integración de los esfuerzos del sector público y privado, la Corporación ha tenido como objetivo generar tecnologías requeridas para el establecimiento de plantaciones productivas o protectoras, el manejo para el aprovechamiento y la conservación de los bosques naturales y para motivar a las comunidades al manejo sostenible de los recursos forestales.

La investigación en semillas de especies forestales nativas «INSEFOR» es un programa con el que CONIF inicia actividades para realizar investigaciones que permitan el aprovisionamiento de material genético en calidad adecuada a las necesidades de los planes de reforestación con especies nativas que realice el país.

El INSEFOR cuenta inicialmente con la financiación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y espera ampliar y fortalecer sus actividades con el apoyo del sector privado y de otras entidades del orden nacional e internacional.

El presente documento recoge las memorias del primer seminario nacional de identificación, selección y manejo de fuentes semilleras que fue realizado en Santafé de Bogotá dentro del marco del Convenio CONIF-MINAGRICULTURA.

SANTAFE DE BOGOTA, D.C., 1995

INSEFOR
Programa de Investigación en Semillas
de Especies Forestales Nativas

República de Colombia
Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural



CONIF
Corporación Nacional
de Investigación y
Fomento Forestal

L 7416
4 cop

Reg. SLGSO

SERIE TECNICA / No.32

Identificación, Selección y Manejo de Fuentes Semilleras

Santafé de Bogotá, Diciembre de 1995

Programa de Investigación en Semillas
de Especies Forestales Nativas

República de Colombia
Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural



CONIF
Corporación Nacional
de Investigación y
Fomento Forestal

INSEFOR
Programa de Investigación en Semillas
de Especies Forestales Nativas

CONTENIDO GENERAL

	Página
I. Presentación	1
II. Importancia económica de la investigación en mejoramiento genético en Colombia <i>María Teresa Motta T.</i>	3
III. Estado actual de la oferta y demanda de semillas forestales en Colombia <i>Gerardo Pinto P. y Rafael Sierra</i>	11
IV. Principales especies nativas en Colombia y su potencial reforestador <i>Luis Jairo Silva H.</i>	21
V. La variación natural como base para el mejoramiento genético forestal <i>Francisco Mesén</i>	39
VI. Introducción al mejoramiento genético forestal <i>Francisco Mesén</i>	47
VII. Identificación y selección de fuentes semilleras <i>Luis Fernando Jara N.</i>	63
VIII. Establecimiento y manejo de rodales semilleros <i>Francisco Mesén</i>	75

	Página
IX. Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales <i>Francisco Mesén</i>	85
X. Sistema de registro nacional de fuentes semilleras <i>Luis Fernando Jara N.</i>	89
XI. Programa de certificación forestal en Costa Rica <i>Ana L. Guevara F.</i>	95
XII. Establecimiento y manejo de rodales semilleros experiencia en Colombia <i>Norha Isaza Pérez</i>	101
XIII. Establecimiento y manejo de huertos y rodales de Ceiba Roja <i>Bombacopsis quinata</i> y Melina <i>Gmelina arborea</i> en Colombia <i>Hernán Urueña L.</i>	115
XIV. Producción y rendimiento de semillas de especies forestales tropicales <i>Luis Fernando Jara N.</i>	127
XV. Cálculo de áreas para producción de semillas Forestales <i>Luis Fernando Jara N.</i>	151

I. PRESENTACION

El programa de investigación en semillas de especies forestales nativas -INSEFOR- tal como ha sido concertado con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, se divide en tres proyectos o actividades básicas:

- **Investigación en mejoramiento genético**
- **Investigación y gestión para el abastecimiento de semillas**
- **Información y divulgación tecnológica**

1) Investigación en mejoramiento genético

Su énfasis es la investigación relativa a la adaptación de especies, ensayos de procedencia, ensayos de progenie, establecimiento de plantaciones semilleras y de huertos semilleros.

Con el fin de garantizar su desarrollo y continuidad en los trabajos el programa impulsa la conformación de una "Red Cooperativa de Recursos Genéticos Forestales" en la que los miembros, públicos y privados, se comprometen a realizar los ensayos de mejoramiento genético, originando información aplicable a programas de reforestación con especies nativas y ajustada a las necesidades de los asociados.

2) Investigación y gestión para el abastecimiento de semillas

Su objetivo es mantener en funcionamiento un sistema de abastecimiento de semillas forestales de especies nativas de origen y calidad conocidas. Esta área cubre las siguientes actividades:

- Establecimiento de fuentes semilleras con énfasis en rodales semilleras.
- Establecimiento de plantaciones semilleras.
- Selección de especies y sitios.

- Capacitación y asistencia técnica para la identificación, selección y manejo de rodales semilleros y recolección y procesamiento de semillas.
- Impulso a la conformación de bancos de semillas.
- Apoyo técnico para la certificación oficial de semillas mejoradas.

3) Información y divulgación tecnológica

Es un área de apoyo al programa que tiene como propósito dar a conocer información relevante sobre las semillas forestales y su manejo, los resultados de los avances investigativos y principalmente concientizar a los usuarios sobre los beneficios del uso de semillas de origen y calidad conocidos.

Con este fin el programa desarrollará las siguientes actividades:

- Base de datos con información relativa a: oferta y demanda de semillas a nivel nacional e internacional, incluyendo especies, calidades, cantidades, precios y procedencias; registro nacional de fuentes semilleras y resultados de investigaciones.
- Publicación de un Boletín cuatrimestral especializado en mejoramiento genético y en divulgar las ventajas del uso de semillas mejoradas, así como de los eventos pertinentes que se realizan a nivel nacional e internacional.
- Conformación de un fondo que permita financiar publicaciones sobre temas especializados de semillas forestales nativas fruto de investigaciones nacionales.

El proyecto inició actividades con un Seminario Nacional de Identificación, Selección y Manejo de Fuentes Semilleras realizado entre el 27 y el 30 de junio de 1995, y cuyas presentaciones técnicas se recogen en los siguientes capítulos, las que esperamos se constituyan en material didáctico para las personas interesadas en el tema. Además del reconocimiento especial al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, CONIF agradece el apoyo de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia por prestar la sede para el evento, al Proyecto de Semillas Forestales PROSEFOR de CATIE de Costa Rica, a Smurfit Cartón Colombia y a PIZANO S.A. , por haber permitido a sus investigadores participar como conferencistas y compartir sus experiencias con los asistentes al Seminario. Al Ingeniero Enrique Trujillo Navarrete por su participación en el diseño y coordinación técnica del programa.

II. IMPORTANCIA ECONOMICA DE LA INVESTIGACION EN MEJORAMIENTO GENETICO EN COLOMBIA

*Por: María Teresa Motta Tello**

1.0 INTRODUCCION

Colombia sin duda es un país eminentemente forestal. Así se desprende de la considerable superficie de terrenos forestales que alcanzan a 83.4 millones de hectáreas, equivalentes al 73% de la superficie total del país. De la superficie mencionada, unos 53.4 millones de has están cubiertos por bosques.

En materia de zonificación de áreas forestales, los últimos estudios de IGAC y del INDERENA¹ han establecido que de las 83.4 has de aptitud forestal el 52% son de carácter protector, 44% protector-productor y 4% productor.

En estas condiciones el país dispone de 3.5 millones de has de terrenos (con bosques o sin ellos) para la producción forestal y 36.5 millones de has que con restricciones pueden usarse para esta actividad productiva. En el caso que consideremos que todos los bosques naturales deben ser por lo menos protectores productores, contaríamos con 3.5 millones de has para la reforestación productiva. Cifra no muy lejana de la obtenida en los estudios de zonificación realizados por varias entidades que indican un potencial de 2.7 millones de has en el mediano plazo y 1.1 millones en el corto plazo.

* *Presidente, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, CONIF.*

¹ *IGAG-INDERENA, 1992. Mapa Indicativo de Zonificación de Areas Forestales. Santafé de Bogotá.*

Lo importante de estas cifras es que la actual superficie plantada, cerca de 200.000 has, fácilmente podría multiplicarse por 6, y además con una amplia gama de especies forestales.

Muchas especies comerciales han sido sembradas en el país. Las especies más utilizadas para reforestación son las siguientes:

Coníferas: Aproximadamente el 63% de área reforestada del país está compuesta por coníferas, predominando el pino (*Pinus patula*) y el ciprés (*Cupressus lusitanica*). Ubicadas por encima de los 1.600 m sobre el nivel del mar, principalmente en Antioquia, Valle, Cauca y el Viejo Caldas.

Eucaliptos: El 29% del área plantada corresponde a esta especie, principalmente *Eucalyptus globulus* en la Sabana de Bogotá y Nariño y *Eucalyptus grandis* en Cauca y Valle.

Otras Especies: En el Caribe se ha iniciado la plantación, a escala industrial, utilizando especies como la teca (*Tectona grandis*), la ceiba roja (*Bombacopsis quinata*), el roble (*Tabebuia rosea*), la melina (*Gmelina arborea*), el eucalipto (*E. tereticornis* y *E. camandulensis*) y el abeto (*Cassia siamea*). En los Llanos Orientales (Casanare y Vichada) las especies más utilizadas han sido el pino (*Pinus caribaea* y *P. oocarpa*), el eucalipto (*E. tereticornis*) y el tortolito (*Didimopanax morototoni*). En la Costa Pacífica - Tumaco - se han establecido pequeñas plantaciones de laurel (*Cordia alliodora*), de vainillo (*Jacaranda copaia*), de peinemono (*Apeiba aspera*) y de pantano (*Hyeronima*). En el Chocó y el Magdalena Medio los mejores resultados se han obtenido con el abarco (*Cariniana pyriformis*).

Los principales ensayos de repoblación forestal en Colombia han tenido lugar en zonas comprendidas entre los 1.700 y 3.000 metros de altura sobre el nivel del mar, donde el pino y el eucalipto han dado muy buenos resultados. En años más recientes esta investigación se ha ampliado a las zonas de llanura y las sabanas, tales como, los Llanos Orientales y el Caribe. La experiencia obtenida hasta el momento permite recomendar una amplia gama de especies aptas para la reforestación en diferentes zonas del país, tal como se señala en el Cuadro II-1. En el mismo cuadro se resumen los posibles usos de las maderas obtenidas con las diferentes especies y en el Cuadro II-2 los rendimientos por ha para varias de ellas.

Es claro que en el país se pueden cultivar especies forestales de rápido crecimiento, coníferas y latifoliadas, en turnos cortos y turnos largos, con buenos rendimientos. Así, por ejemplo, las plantaciones de pino ubicadas en la región andina pueden crecer hasta a una tasa anual de 25 m³/ha/año, con un promedio cercano a 22 m³/ha/año. Estos niveles se consideran altos dentro de los patrones internacionales para zonas similares a las de Colombia (27 m³/ha/año alcanzados por Chile y Brasil, 20 m³/ha/año en Nueva Zelanda y 15 m³/ha/año en Zambia). Esta ventaja es aún mayor cuando se compara con plantaciones en los países forestales de zonas templadas (Sur de Estados Unidos 15 m³/ha/año, Canadá y Suecia 8 m³/ha/año, y Rusia 6 m³/ha/año).

CUADRO II-1. ESPECIES FORESTALES CON ALTO POTENCIAL PARA LA REFORESTACION EN COLOMBIA

Altitud mts.	Nombre vulgar	Nombre científico	Turno de producción	Usos								
				Carbón Leña	Cerco	Vara	Estación	Pulpa Partículas	Aserrio	Postes Elect.		
< de 1000	Teca	<i>Tectona grandis</i>	Largo		x						x	
	Roble/Guayacán	<i>Tabebuia pentaphylla</i>	Largo		x				x		x	
	Pino	<i>Pinus caribaea</i>	Largo	x	x		x		x		x	
	Nogal/laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Largo		x	x			x		x	
	Melina	<i>Gmelina arborea</i>	Largo		x				x		x	
	Ceiba Tolúa	<i>Bombacopsis quinnatum</i>	Largo	x	x				x		x	
	Caracolí	<i>Anacardium excelsum</i>	Largo				x				x	
	Pavito/vainillo	<i>Jacaranda copaia</i>	Largo								x	
	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Corto	x			x					
	Eucalipto	<i>E.tereticornis</i>	Corto	x	x		x		x			
	Eucalipto	<i>E.camaldulensis</i>	Corto	x	x		x		x			
	Ceiba amarilla	<i>Hura crepitans</i>	Corto		x				x			
	Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Corto	x	x		x					
	Abeto	<i>Cassia siamea</i>	Corto	x	x		x		x			
1000-1500	Pino	<i>Pinus caribaea</i>	Largo	x	x		x		x		x	
	Nogal/laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Largo		x	x			x		x	
	Melina	<i>Gmelina arborea</i>	Largo		x				x		x	
	Eucalipto	<i>E.grandis</i>	Largo	x	x	x	x		x		x	
	Samán	<i>Samanea saman</i>	Corto			x						
	Pino	<i>Pinus kesiya</i>	Corto						x			
	Eucalipto	<i>E.camaldulensis</i>	Corto	x	x		x		x			
	Eucalipto	<i>E.tereticornis</i>	Corto	x	x		x		x			
	Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Corto	x	x		x					
	Abeto	<i>Cassia siamea</i>	Corto	x	x		x		x			
	1500-2200	Pino	<i>Pinus chiapensis</i>	Largo				x		x		x
		Pino	<i>Pinus kesiya</i>	Largo						x		x
		Pino	<i>Pinus oocarpa</i>	Largo				x		x		x
		Pino	<i>Pinus patula</i>	Largo				x		x		x
Pino		<i>Pinus pseudostrobus</i>	Largo						x		x	
Nogal/laurel		<i>Cordia alliodora</i>	Largo		x	x			x		x	
Eucalipto		<i>E.grandis</i>	Largo	x	x	x	x		x		x	
Ciprés		<i>Cupressus lusitánica</i>	Largo		x				x		x	
Eucalipto		<i>E.saligna</i>	Corto	x	x	x	x		x		x	
2200-2600		Pino	<i>Pinus pátula</i>	Largo				x		x		x
		Pino	<i>Pinus taeda</i>	Largo						x		x
		Eucalipto	<i>E.viminalis</i>	Largo	x	x				x		x
		Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>	Largo		x				x		x
		Ciprés	<i>Cupressus sempervirens</i>	Largo		x				x		x
	Urapán	<i>Fraxinix chinensis</i>	Corto	x	x				x			
	Pino	<i>Pinus tenuifolia</i>	Corto						x			
	Pino	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Corto						x			
	Eucalipto	<i>E.globulus</i>	Corto	x	x	x	x		x		x	
	Eucalipto	<i>E.saligna</i>	Corto	x	x	x	x		x			
	Aliso	<i>Alnus jorullensis</i>	Corto			x			x			
	Acacia negra	<i>Acacia melanoxyton</i>	Corto	x	x							
	Acacia	<i>Acacia decurrens</i>	Corto	x	x							
	> de 2700	Pino	<i>Pinus patula</i>	Largo				x		x		x
Ciprés		<i>Cupressus sempervirens</i>	Largo		x				x		x	
Eucalipto		<i>E.globulus</i>	Corto	x	x	x	x		x		x	
Aliso		<i>Alnus jorullensis</i>	Corto			x			x			
Acacia negra		<i>Acacia melanoxyton</i>	Corto	x	x							

Fuente: Tomado de MOTTA, M.T. (1991). Establecimiento de un incentivo forestal. PNUD/DNP

Cuadro II-2. Rendimiento Promedio de algunas especies forestales en Colombia

Especie	Sitio	Turno promedio (años)	Rendimiento (m ³ /ha/año)	Otros países * (m ³ /ha/año)
Introducidas				
Ciprés	Antioquia	20	18	22 (C. Rica)
E. globulus	Sabana Bogotá	8-12	15-35	20-35 (España)
E. grandis	Zona Andina	8	30	30 (Kenya)
E. grandis	Cauca *	5	35	
E. tereticornis	Magdalena	8-20	20	10-40 (India)
E. tereticornis	Casanare	15	17	
Melina	Magdalena	10	20-25	15-36 (C. Rica)
Melina	Urabá	12	18-32	15-36 (C. Rica)
Pino caribea	Casanare	20	18-25	48 (C. Rica)
Pino caribea	Vichada	20	13-29	14-27 (Chile)
Pino patula	Antioquia	20	14-22	14-27 (Chile)
Pino patula	Valle	15	14-20	14-27 (Chile)
Pino patula	Cauca	15	20-25	14-27 (Chile)
Pino patula	Viejo Caldas	15	22-25	14-27 (Chile)
Teca	Magdalena y Córdoba	30	7-10	4-9 (Ecuador)
Autóctonas				
Abarco	Carere Opón	24	7	
Aliso	Caldas	20-25	13	10-15 (C. Rica)
Cedro	Urabá	18	20-25	
Ceiba Tolua	Magdalena	25-30	8	15 (C. Rica)
Laurel/nogal	Zona cafetera	25-28	20	10-14 (Ecuador)
Roble/guayacán	Chocó	30	20	
Roble/guayacán	Urabá	25	8-15	
Vainillo	Tumaco	16	13	

* Con clones el rendimiento varía entre 40 y 60 m³/ha/año

Fuente: Elaborado con base en CONIF-DNP (1995). Aplicación, transferencia y extensión forestal y agroforestal. Santafé de Bogotá (mimeo).

2.0. RENTABILIDAD DE LA REFORESTACION EN COLOMBIA

El análisis de la estructura de costos de la producción forestal en Colombia tiene aproximadamente la siguiente composición: costo de siembra (4%), costo de mantenimiento (7%), aprovechamiento (22%) y el costo de capital (67%), para el caso de plantaciones entre 15-20 años.

Estudios efectuados sobre la rentabilidad real de la reforestación en Colombia² han encontrado que esta fluctúa entre el 0.8% y 7.4% (frente a una tasa mínima de 10.5% que sería la competitiva para este tipo de inversión de largo

² MOTTA, M. T., (1991). Op. cit.

plazo en el caso colombiano). Con base en los modelos desarrollados se ha hecho un análisis de sensibilidad del costo de producción del m³ de madera y de la rentabilidad financiera (medida por la tasa interna de retorno TIR) a los diversos factores que los determinan como son: los costos de siembra y mantenimiento, la tasa real de interés o costo del capital financiero, y el rendimiento físico del bosque. Los resultados presentados en los Cuadros II-3 y II-4 muestran la gran sensibilidad de los resultados al costo real del capital y al rendimiento físico de las plantaciones.

2.1 El costo de capital

La fuerte sensibilidad al costo del capital confirma la influencia decisiva de este factor sobre la competitividad de la industria forestal, y sobre la viabilidad económica de inversiones forestales de turnos largos. Se estima que una disminución del 25% en la tasa real de interés - caída del 15% al 12% -disminuiría el costo de producción en un 35%, en el caso de madera para aserrío, con rotación de 20 años. En madera para pulpa y aserrío, con un turno de 15 años, esa misma disminución de la tasa de interés haría que el costo del m³ se redujera en 22.5%.

CUADRO II-3. Sensibilidad de la producción de la madera en Colombia al valor de los insumos y al rendimiento

Especie/Región Turno Años	Conifera/Andina 15	
Efecto sobre el costo por:	Costo m ³ varía en:	Elasticidad*
Disminución de 25% en costos de siembra:	-5.4%	0.22
Disminución de 25% en costos de mantenimiento:	-6.2%	0.25
Disminución de 25% en costos de la tierra:	-3.6%	0.14
Disminución de 25% en costo real del capital:	-22.5%	0.90
Disminución de 25% en rendimiento de la madera:	25.0%	(1.00)
Especie/Región Turno Años	Conifera/Andina 20	
Efecto sobre el costo por:	Costo m ³ varía en:	Elasticidad*
Disminución de 25% en costos de siembra:	-6.7%	0.27
Disminución de 25% en costos de mantenimiento:	-8.2%	0.33
Disminución de 25% en costos de la tierra:	-4.9%	0.20
Disminución de 25% en costo real del capital:	-34.9%	1.39
Disminución de 25% en rendimiento de la madera:	24.8%	(0.99)

* La elasticidad mide la relación entre el cambio en el costo total y el cambio en el costo del factor.
Fuente: Tomado de MOTTA, M. T. (1991). *op.cit.*

CUADRO II-4. Sensibilidad de la rentabilidad de la reforestación a factores de costo y rendimiento.

Especie/Región:	Conifera/Andina	
Turno/Años:	15	
Efecto sobre la rentabilidad (TIR) por:	TIR varía en:	Elasticidad
Disminución del 25% en costo del crédito	14.8%	(0.59)
Disminución del 25% en el rendimiento de madera	-63.9%	2.56
Disminución del 25% en costo de siembra	14.8%	(0.59)

Fuente: Tomado de MOTTA, M.T., op. cit.

En vista de la baja sensibilidad del costo total a los costos de siembra y mantenimiento, como se observa en los Cuadros, una disminución en esos rubros tendría que ser muy sustancial para compensar un recargo en el costo del capital. Por esa razón, los países que optan por compensar la desventaja de elevadas tasas reales de interés con bonificaciones, como es el caso de Colombia con el Certificado de Incentivo Forestal, CIF, generalmente expresados como proporción de los costos de siembra y mantenimiento, encuentran que esos subsidios deben ser bastante elevados.

En términos de rentabilidad, y en el caso específico del CIF, la reducción del 50% en los costos de siembra y 50% en los de mantenimiento tiene el efecto de incrementar la tasa rentabilidad de la inversión en un 68%. En el caso de las nativas, con una reducción del costo de siembra en 75% y 50% en mantenimiento el efecto sobre el aumento de la rentabilidad es del 87%. Esto quiere decir que si la tasa de rentabilidad sin incentivos era de 6% con los incentivos esta se eleva a 10% en introducidas y 11.2% en nativas.

2.2 Los rendimientos físicos

Por otra parte, los mismos cálculos, presentados en los Cuadros II-3 y II-4, indican una elevada sensibilidad del costo por m³ al rendimiento físico del bosque y mucho mayor sobre la rentabilidad financiera (TIR). Así por ejemplo, una disminución del 25% en el rendimiento de la madera de 20 m³/ha/año a 15 m³/ha/año aumentaría el costo unitario de producción de una conífera de turno de 15 o 20 años, en 25%. Pero, en términos de rentabilidad la reducción sería de 64%. O sea que si un reforestador esperaba por una plantación obtener 20 m³/ha/año y una rentabilidad de 10.5%, que le proporcionaría el CIF, una caída en el rendimiento a 15 m³/ha/año le hará caer la rentabilidad a tan solo el 3.8%.

3.0 CONCLUSION

Lo anterior sugiere que:

1. La actividad reforestadora en suelos inferiores, con propósitos primordiales de recuperación o protección, solo podría ser acometida por el Estado, o con estímulos muy sustanciales para inducir la reforestación privada en esos terrenos, tal como lo pretende el CIF, y;
2. La selección de especies y de material genético de buena calidad, que inciden directamente en el rendimiento físico, revisten una importancia aún mayor que los mismos incentivos forestales para el desarrollo exitoso de la actividad. Y por consiguiente, existe una gran necesidad de avanzar en investigaciones de mejoramiento genético.

La Cooperativa de Recursos de Coníferas de Centro América y México, CAMCORE, que ha promovido investigación en mejoramiento genético con coníferas y latifoliadas tanto en Centroamérica como en Suramérica y Africa, ha identificado especies y procedencias que son entre un 20% y 40% más productivas que las variedades que en el pasado han sido usadas por varios de estos países, incluyendo Colombia.³

³ DVORAK, W.S y DONAHUE, J.K., 1993. *Reseña de Investigaciones de la Cooperativa CAMCORE: 1980-1992*. Universidad Estatal de Carolina del Norte.

III. ESTADO ACTUAL DE LA OFERTA Y DEMANDA DE SEMILLAS FORESTALES EN COLOMBIA

Por: Gerardo Pinto P. *
Rafael Sierra **

1.0 INTRODUCCION

La demanda creciente de productos forestales necesita el incremento en superficie y calidad de las plantaciones. El acelerado proceso de urbanización ha abierto un enorme campo para la forestería. Pero, quizás uno de los temas de mayor importancia, es la disminución de los bosques naturales, que amenazan de extinción a ecotipos y poblaciones de muchas especies, provocando la pérdida de valioso patrimonio genético.

La diversificación y mejoramiento de las plantaciones forestales, la demanda de especies de árboles y arbustos para reforestación industrial, silvicultura urbana y protección de cuencas, implica un abastecimiento de **semillas seleccionadas**. Además, se requiere el conocimiento de las técnicas adecuadas para el tratamiento de semillas y los medios necesarios para su conservación. También, es preciso mejorar la investigación de las zonas de origen de semillas y de las mejores procedencias, tanto como disponer de una red de producción y acopio a través del país.

2.0 ANTECEDENTES HISTORICOS

La distribución y comercialización de semillas forestales nativas en Colombia es una actividad relativamente nueva.

* Gerente Germicampo Ltda. Colombia

** Gerente Técnico Semicol Ltda. Colombia

La comercialización de semilla manejada técnicamente comienza con la creación del Banco de Semillas del INDERENA a finales de la década de los sesenta el cual inicia programas e investigación en recolección, transporte, beneficio, secado, almacenamiento, certificación y distribución.

Este primer esfuerzo sirvió de soporte para que firmas particulares incursionaran en la actividad las cuales en estos momentos manejan un alto porcentaje del mercado nacional.

3.0 AMBITO Y ALCANCE DEL MERCADO ESTUDIADO

Es claro que no se cuenta con información compilada y sistematizada del mercado nacional de semillas forestales. Esta presentación se ha estructurado considerando que históricamente el mayor volumen de semilla comercializada en los últimos años ha recaído en empresas de carácter privado. Se aclara que no se han tomado en cuenta cifras de mercados de otras empresas privadas del sector, dedicadas básicamente a autoabastecer sus propios programas, como tampoco de entidades del orden estatal que cubren sus propios requerimientos para programas de reforestación.

Desde esta perspectiva, la conferencia se ha enfocado a presentar las tendencias para cada uno de los puntos a tratar, basados en la información histórica acumulada por Germicampo Ltda. y Semicol Ltda.

4.0 ESTRUCTURA DE LA OFERTA DE SEMILLAS FORESTALES

En Colombia, la oferta de semillas forestales nativas puede discriminarse en orden jerárquico atendiendo al volumen movilizado de la siguiente forma:

1. Empresas privadas: aportan el mayor porcentaje al mercado de semillas forestales en el país.
2. Entidades estatales: comercializan semillas en muy pequeña escala, autoabasteciendo en mayor proporción sus propios programas de producción forestal.
3. Proveedores menores u ocasionales.

4.1 Fuentes y Calidades

El Gráfico III- 1 muestra un estimativo porcentual de las fuentes de donde proviene en este momento la mayor cantidad de semilla comercializable en Colombia.

El mayor porcentaje corresponde a manchas boscosas heterogéneas en áreas marginales de ganaderías en fincas (relictos de bosque natural), de individuos que por sus características fenotípicas se han mantenido "aislados" o que han resistido la presión de expansión de la frontera agrícola. El restante porcentaje se divide en semillas provenientes de plantaciones, fuentes identificadas y semillas importadas.

Un importante renglón de fuente de semillas proviene de árboles aislados en fincas, sobre los que se tiene cierto control, pero lo cual no garantiza la continuidad en el suministro de material genético.

Las semillas originadas de plantaciones, aún cuando constituyen un punto de partida valioso, son en su minoría establecidas como primer paso de programas de mejoramiento genético; aunque se tiene el caso de semillas provenientes de plantaciones de grandes empresas como Monterey Forestal, Smurfit Cartón de Colombia y Láminas del Caribe, las cuales han desarrollado todo el proceso de mejoramiento genético.

Respecto a la semilla que se importa, proviene de huertos y/o rodales semilleros, lo cual garantiza alta uniformidad y calidad tanto de las semillas como del material que se obtiene de estas.

5.0 ESTRUCTURA DE LA DEMANDA

Tal y como se aprecia en el Gráfico III-2, la demanda se orienta casi en su totalidad a entidades del orden estatal, quedando un pequeño remanente para empresas de carácter mixto y reforestadores privados.

En este punto, se debe tener en cuenta el tipo de reforestación que generalmente ejecutan las entidades estatales, el cual consiste fundamentalmente en obras de tipo protector, protector-productor, productor en un menor porcentaje y ornamentación urbana.

Las Empresas de carácter mixto o privado, tienen sus políticas orientadas a programas de reforestación de tipo comercial.

5.1 Especies de Mayor Demanda

5.1.1 Especies Nativas

En el Gráfico III-3 se puede apreciar el volumen ocupado por aquellas especies que han estado a la vanguardia en el mercado de semillas nacional.

Dentro de estas especies las más demandadas y su porcentaje aparecen en el Gráfico III-4.

Se debe resaltar que en la actualidad existen especies nativas con una muy buena proyección en el mercado, las cuales han ido ganando espacio en los programas de reforestación de entidades estatales principalmente.

El Cuadro III-1 muestra una lista porcentual de participación en la demanda de estas especies potenciales.

CUADRO III-1. Especies nativas de mayor demanda.

Especies Nativas	Porcentajes de Participación (%)
Nogal cafetero	3.0
Ocobo	2.5
Aliso	3.0
Caoba	2.0
Chachafruto*	20.0
Cedro rosado	1.0
Cedro de altura	1.0
Igua	1.5
Samán	1.0
Matarratón	2.5
Búcaro	3.0
Otras especies	59.5

* Rendimientos en área plantada poco representativos
Fuente: GERMICAMPO LTDA/SEMICOL (1995)

En el Cuadro III-2 se presenta de manera explicativa un cálculo aproximado del número de hectáreas reforestadas con las 2 especies de mayor demanda en el país durante los últimos 3 años.

CUADRO III-2. Estimación del área reforestada. Especies de mayor demanda (1992-1995)

Especies Nativas	No. de plántulas obtenibles/kg	Hectáreas a reforestar (d=1.600 árb/ha)
Teca	300	123
Balú	45	18
Cedro negro	36	19
Roble	140	19
Total		180

Fuente: GERMICAMPO LTDA. 1995

5.1.2 Especies Exóticas

El mercado de exóticas en el país ha sido bastante representativo. Las tendencias se muestran en los Gráficos III- 5 y III-6. Es claro que el mercado de especies introducidas se ha reducido considerablemente, producto del conocimiento y bondades acumulados de las especies nativas, así como de las tendencias universales y nacionales de conservar ecotipos autóctonos.

5.1.3 Semillas Grandes

Se debe resaltar que existen semillas con altos volúmenes de demanda, pero que dado su tamaño no son representativas en términos de área plantada. El Gráfico III-7 y el Cuadro III-3 muestran esta situación.

CUADRO III-3. Estimación del área reforestada con los volúmenes demandados (1992-1995)

Especies Nativas	No. de plántulas Obtenibles/kg	Hectáreas a reforestar (d=1.600 árb/ha)
Aliso	60.000	11.250
Ocobo	22.500	2.670
Total		13.920

Fuente: GERMICAMPO LTDA, 1995.

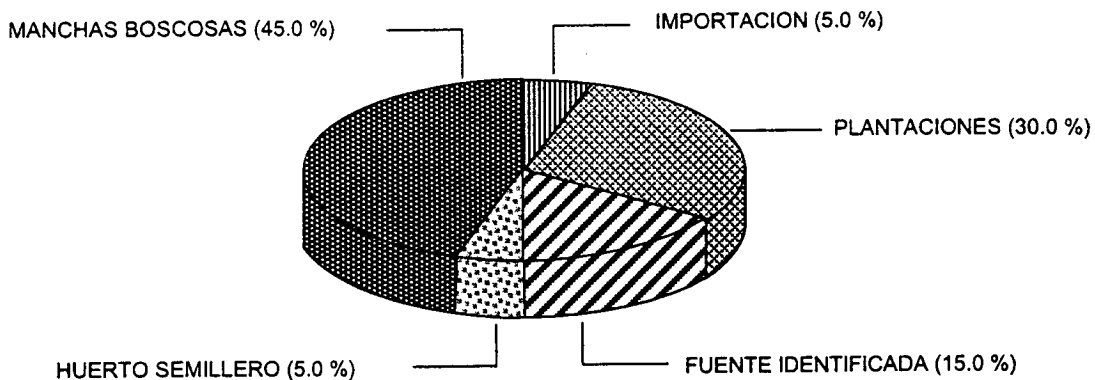
6.0 PROBLEMATICA EN LA OFERTA Y DEMANDA DE SEMILLAS FORESTALES.

En la actualidad, el abastecimiento de semillas forestales de especies nativas en Colombia se enfrenta a problemas que se han planteado en reuniones y foros realizados anteriormente, siendo algunos de ellos en este momento más relevantes. Entre otros se enumeran los siguientes:

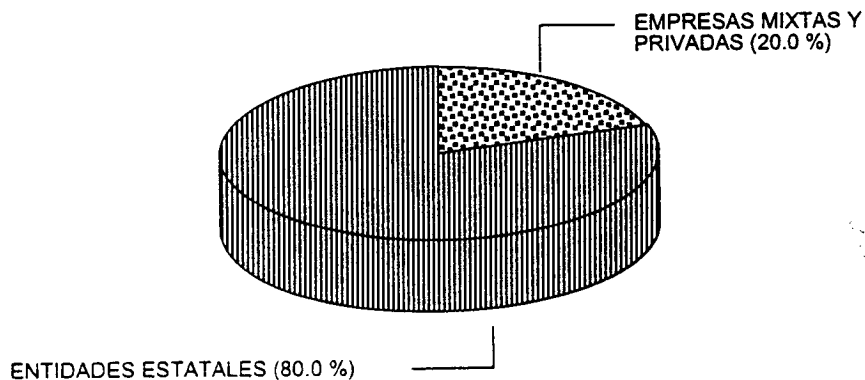
- Desconocimiento de calendarios fenológicos y de biología floral.
- Aprovechamiento de especies valiosas y de ellas los mejores especímenes, disminuyendo la posibilidad de conseguir semilla de buena calidad.
- Desconocimiento de técnicas de recolección de cosechas, manipulación, transporte, beneficio (limpieza, secado, tratamientos preventivos y almacenamiento). Lo anterior, trae como consecuencia el deterioro y pérdida de grandes volúmenes de semilla.
- Aunque se ha avanzado en el desarrollo de técnicas de certificación (tratamientos pregerminativos, determinación del porcentaje de pureza y germinación, latencia, identificación de patógenos y plagas) se necesita mayor y mejor investigación en este campo, lo mismo que la formación de investigadores y laboratoristas.
- Se puede afirmar que operaciones tales como: manipulación, tratamientos, empaque, despachos, conocimiento y desarrollo del mercado ha tenido un relativo avance, lo cual ha permitido que en estos momentos se estén comercializando aproximadamente 150 especies nativas sin incluir algunas de frutales. Es cierto también que el desconocimiento y falta de personal capacitado en técnicas de vivero (sistemas y densidades de siembra, profundidad, manejo y desinfección de sustratos, identificación y control de plagas y enfermedades), determina un volumen importante de pérdida de semillas.
- La carencia de un sistema de clasificación de semillas forestales y de una legislación con normas claras y coherentes, ha permitido la aparición de una oferta no calificada de semillas que en muchos casos no garantiza la identificación de las especies y con menor razón la calidad física y genética. Además esta situación ha facilitado la diseminación de plagas y patógenos.

GRAFICA III-I. PRINCIPALES FUENTES DE SEMILLAS

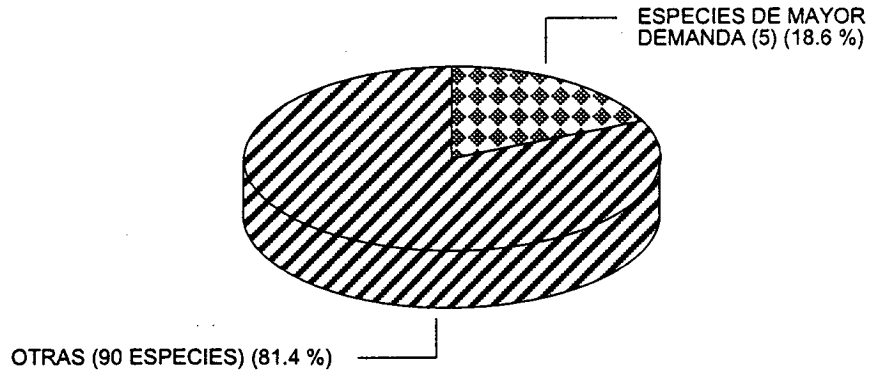
(Fuente: GERMICAMPO LTDA/SEMICOL 1995)



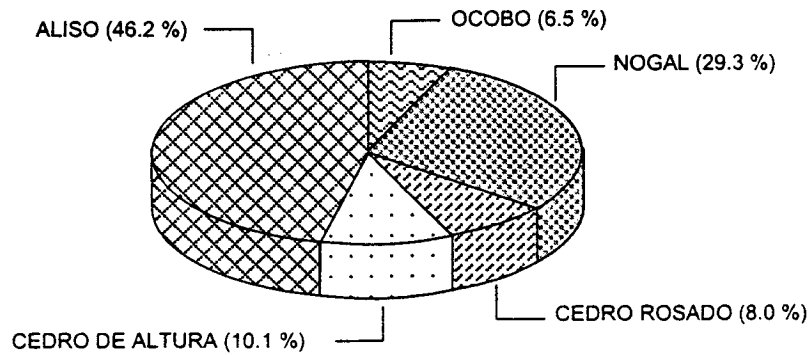
GRAFICA III-2. DISTRIBUCION DE LA DEMANDA DE SEMILLAS FORESTALES



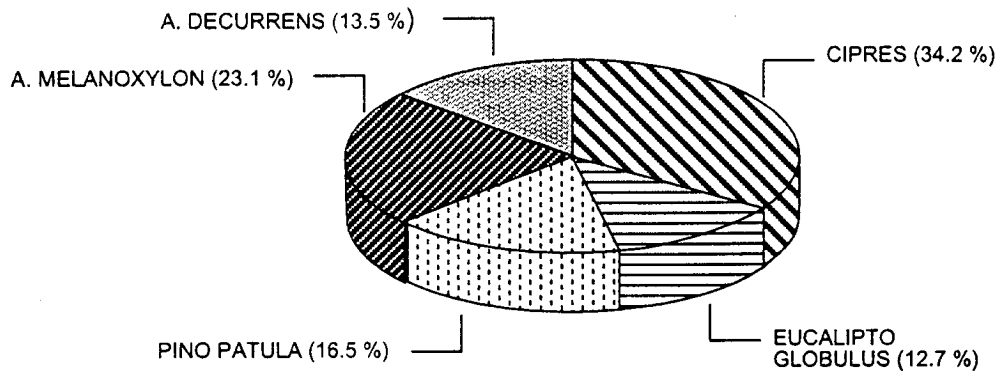
GRAFICA III-3. ESPECIES DE MAYOR DEMANDA



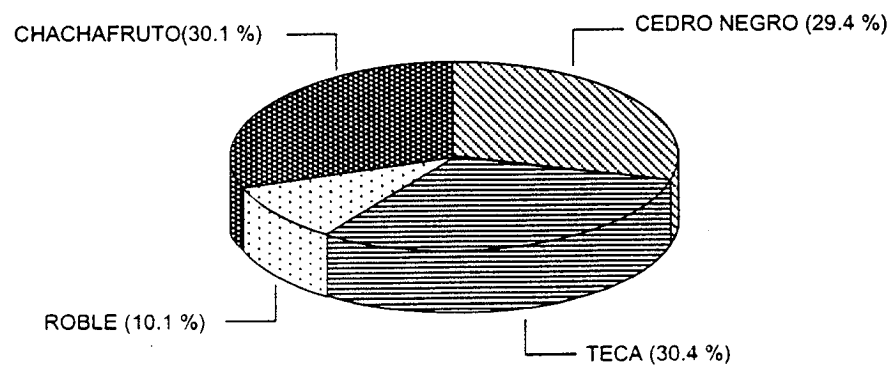
GRAFICA III-4. ESPECIES NATIVAS



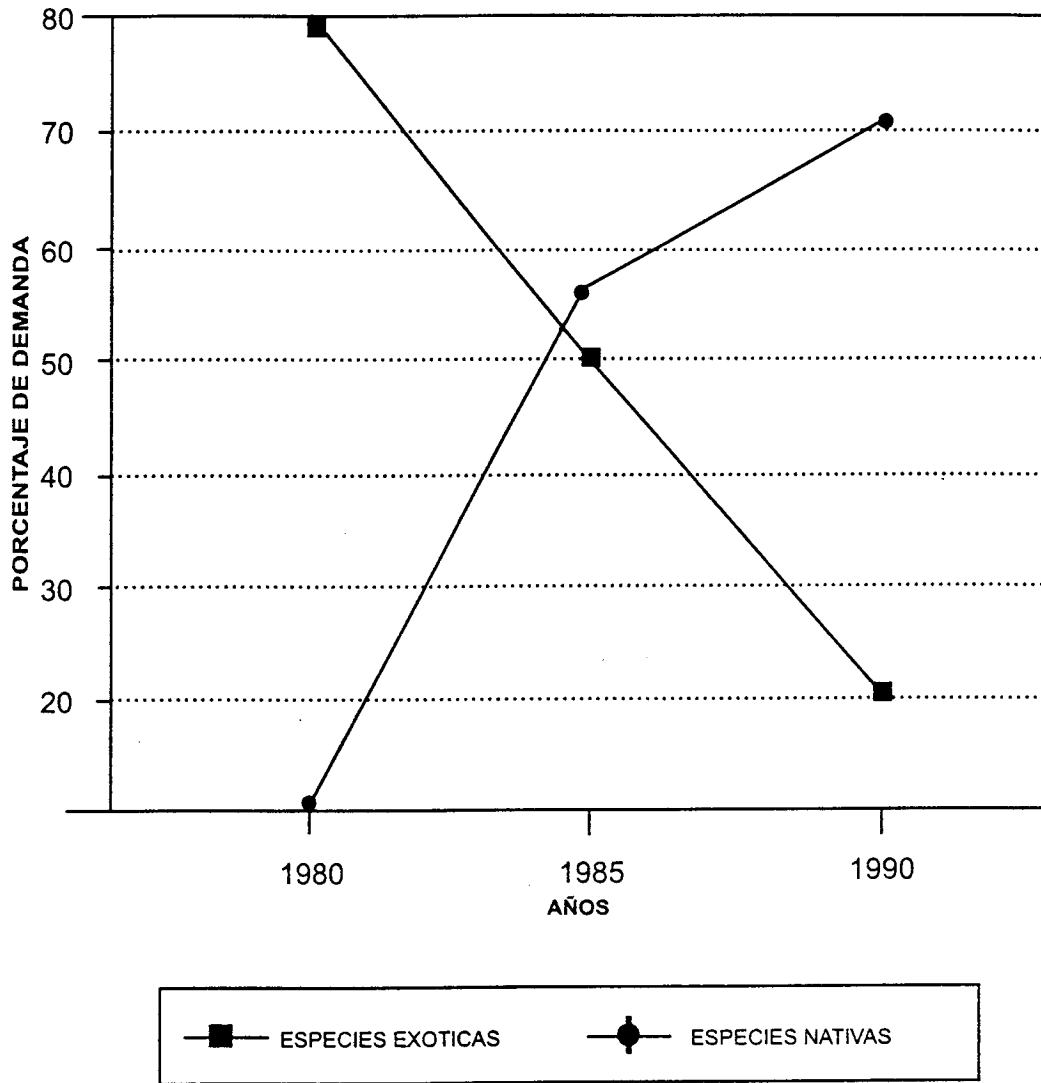
GRAFICA III-5. PARTICIPACION EN PORCENTAJE ESPECIES EXOTICAS (DEMANDA)



GRAFICA III-6. PARTICIPACION EN PORCENTAJE ESPECIES DE SEMILLAS GRANDES



GRAFICA III-7. COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA EXOTICAS vs NATIVAS



IV. PRINCIPALES ESPECIES NATIVAS EN COLOMBIA Y SU POTENCIAL REFORESTADOR

*Por : Luis Jairo Silva H. **

1.0 INTRODUCCION

La reforestación en Colombia, como en los países tropicales, se ha basado en las experiencias ofrecidas por los países desarrollados, principalmente con especies de Pinos y Eucalyptus, por las cualidades que tienen éstas de crecer en sitios con limitantes edáficas y climáticas y el fácil comercio de sus productos.

Adicionalmente el manejo de las semillas se facilita por ser ortodoxas, que permiten ser almacenadas por varios años.

La investigación silvicultural con especies forestales nativas se inició en el país casi desde la misma Expedición Botánica, sin embargo, debido a la abundancia de bosques naturales no se sintió la necesidad de reforestar con ellas por los costos de producción tan elevados, comparados con el aprovechamiento del bosque natural, el cual no tiene costo alguno ya que no fue plantado y mucho menos manejado.

De otra parte, el desconocimiento silvicultural de las especies nativas valiosas, ha conllevado a crear el mito del lento crecimiento, pero sin ninguna base técnica. Afortunadamente, las investigaciones de las últimas décadas están demostrando que empleando técnicas apropiadas de preparación de suelos y tratamientos silviculturales, estas especies presentan resultados prometedores.

Es importante también analizar, que las maderas finas tropicales están extinguiéndose y su valor está aumentando por encima de la inflación; nuestro país con más de 70 millones de hectáreas de vocación forestal, de las cuales se

Consultor para el Proyecto CONIF - Departamento Nacional de Planeación, "Aplicación, Transferencia y Extensión Forestal y Agroforestal". 1994-1995.

han identificado unas 2,7 millones como aptas para la reforestación comercial, que pueden ofrecer a la economía nacional grandes alternativas para ayudar a solucionar los problemas de manejo de las áreas forestales sin bosque así como la creación de fuentes de empleo y divisas.

Con el acuerdo de la Organización Internacional de Maderas Tropicales, de crear a partir del año 2.000 el certificado verde, para la comercialización de maderas especialmente tropicales, es indispensable crear bosques plantados con especies valiosas para poder competir con los mercados internacionales y al mismo tiempo abastecer el mercado nacional.

Esta situación obliga a redoblar esfuerzos, tanto gubernamental como privado, para investigar técnicas silviculturales que permitan aumentar el crecimiento, calidad y rentabilidad de las plantaciones y hacer más atractiva la actividad a los reforestadores.

La presente ponencia tiene como objetivo primordial, presentar las experiencias más sobresalientes realizadas en el país por varias entidades, principalmente por CONIF sobre la silvicultura de siete especies nativas más valiosas y demostrar de esta manera la gran posibilidad de establecer reforestaciones rentables.

2.0 ESPECIES ESTUDIADAS

Los resultados de la investigación forestal realizada por el INDERENA, las Corporaciones Autónomas Regionales, la empresa privada y CONIF, han concentrado sus esfuerzos sobre las siguientes especies nativas.

ESPECIES	REGION
<i>Apeiba aspera</i>	Bajo Calima y Tumaco
<i>Calophyllum mariae</i>	Bajo Calima y Carare Opón
<i>Cordia gerascanthus</i>	Magdalena medio
<i>Simarouba amara</i>	Carare Opón
<i>Virola flexuosa</i>	Carare Opón
<i>Virola reidii</i>	Tumaco
<i>Virola dixonii</i>	Tumaco
<i>Vochysia ferruginea</i>	Carare Opón
<i>Hyeronima chochoensis</i>	Tumaco
<i>Ochroma lagopus</i>	Bajo Calima
<i>Alnus jorullensis</i>	Antiguo Caldas
<i>Bombacopsis quinata</i>	Costa Atlántica
<i>Cariniana pyriformis</i>	Carare Opón, Las Teresitas
<i>Cedrela odorata</i>	Andén Pacífico
<i>Cordia alliodora</i>	Tumaco, Urabá, Amazonia y Zona
<i>Jacaranda copaia</i>	Carare Opón, Tumaco, Orinoquia y Amazonia
<i>Tabebuia rosea</i>	Urabá y Costa Atlántica

El énfasis de la investigación se concentró en las últimas siete especies, debido principalmente al valor de la madera y al interés de los agricultores y reforestadores por su cultivo.

Los temas investigados han sido: distribución geográfica, fenología, recolección y manejo de frutos y semillas, producción en vivero, micorrizas, producción vegetativa, crecimientos, procedencias, nutrición, sanidad, tecnología de maderas, manejo de plantaciones, índices de sitio y rendimientos.

Aunque no se tiene un paquete completo de cada una de estas especies, si es factible aplicar los resultados obtenidos hasta el momento, garantizando unos rangos de rendimiento atractivos para los inversionistas; ya existen plantaciones extensas de especies nativas promisorias como el *Bombacopsis quinata*, *Cariniana pyriformis*, *Cordia alliodora*, *Tabebuia rosea* y *Alnus jorullensis* que están demostrando su competitividad con las especies introducidas tradicionales como pinos y eucalyptus.

3.0 PRINCIPALES RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

3.1 Manejo de frutos y semillas

El primer problema a que se enfrenta el silvicultor es la forma de obtener y manejar los frutos y semillas y lógicamente, saber dónde están ubicadas las especies, cuándo florece y fructifican.

La característica común de las siete especies es que tienen un fruto seco y todas a excepción del *Cordia alliodora*, (cuyo fruto es un aquenio con el pericarpio coriáceo que encierra una sola semilla), son dehiscentes en el árbol, teniendo las semillas mecanismos para la dispersión como alas y lanas en el caso del *Bombacopsis*, para su rápida dispersión, además son pequeñas.

Esto obliga a subir a los árboles antes que el fruto abra para recolectar la mayor cantidad de frutos y asegurar la semilla.

Si se desea obtener buenas progenies se requiere seleccionar árboles padres bien esbeltos, cuya altura y localización de los frutos en los extremos de las ramas dificulta el ascenso. En este campo de la recolección de los frutos no se ha avanzado demasiado y se utilizan sistemas un poco rudimentarios como espuelas que hieren el árbol o escaleras que dificultan el ascenso.

En cuanto a la época de la recolección, se ha logrado determinar el momento propicio para la cosecha, para garantizar la madurez de la semilla y obtención de una alta viabilidad y poder germinativo; las principales características para la recolección de los frutos de estas especies se presentan en el Cuadro IV-1.

CUADRO IV-1: Época y característica del fruto para la recolección.

Especie	Epoca	Característica
<i>Alnus jorullensis</i>	enero - marzo junio - agosto	Color amarillo-verdoso e inicio de dehiscencia de los estróbilos.
<i>Bombacopsis quinata</i>	marzo - abril	Fruto color café claro, al presionarlo con los dedos se quiebra la cápsula.
<i>Cariniana pyriformis</i>	diciembre - marzo	Color café oscuro y agrietamiento de la sutura del opérculo de pixidio.
<i>Cedrela odorata</i>	enero - marzo Junio - Agosto	Color amarillo marrón y cuando comiencen a abrir las primeras cápsulas.
<i>Cordia alliodora</i>	febrero - abril septiembre - octubre	Cambio de color verde a marrón y el ala color carmelito.
<i>Jacaranda copaia</i>	febrero - abril	Cambio de color verde a marrón y apertura de los primeros frutos.
<i>Tabebuia rosea</i>	febrero - abril septiembre - octubre	Verde claro y amarillo y apertura de las primeras silfucas.

Fuente: Elaborado con base en CONIF-DNP (1995).

Una vez recolectado los frutos, deben ser llevados a un secador para inducir la dehiscencia y obtener las semillas.

Las semillas deberán secarse hasta lograr un contenido de humedad entre el 6-8 %.

Para evitar el ataque de hongos debe almacenarse con un bajo contenido de humedad y en frío. En caso extremo utilizar vitabax 1g/3 kg de semilla al menos para 3 kg.

3.2 Requerimientos ambientales

Todas se desarrollan en climas Tropicales y Premontanos (de 0 a 1.800 msnm) desde muy húmedos hasta secos, excepto el *Alnus jorullensis* que medra bien en climas húmedos Montanos y Montano - bajo (de 2.000 a 3.000 msnm).

Las especies nativas en general han evolucionado en los bosques naturales, donde los suelos tienen buenos contenidos de nutrientes y las propiedades físicas permiten una buena aireación y crecimiento radicular, de otra parte ha existido un equilibrio entre los microorganismos del suelo gracias al contenido de materia orgánica y a la simbiosis con micorrizas.

Al destruir el bosque y transformarlo en potreros con alta carga de ganado, los suelos se compactan, se lixivian y se pierden las propiedades originales donde crecían los árboles, este es uno de los principales factores que inciden en el bajo rendimiento de las especies nativas en plantaciones.

Se han identificado los principales requerimientos ambientales para un buen crecimiento de las especies que se sintetizan en el Cuadro IV-2.

3.3 Factores limitantes

Con la experiencia adquirida hasta el momento, se conocen algunos factores limitantes para el buen desarrollo de estas especies, que deberán tenerse en cuenta en la elaboración de los planes de establecimiento y manejo para garantizar el éxito de la reforestación,

CUADRO IV-2. Principales requerimientos ambientales

Especies	Suelos	Clima
<i>Alnus jorullensis</i>	Húmedos, francos de origen volcánico, ácidos, simbiosis con <i>Actinomyces alni</i> .	Húmedos y muy húmedo Montano y Montano bajo. Exigente en luz. Sensible a heladas, sequías y vientos fuertes.
<i>Bombacopsis quinata</i>	Ligeramente ácidos, drenaje moderado, fértiles, planos y ondulados.	Seco y húmedo Tropical con época seca definida. Esciófita en los primeros años.
<i>Cariniana pyriformis</i>	Moderadamente a profundos franco - arcillosos, (pH 4.5 - 5.5), buen contenido de materia	Tropical húmedo y muy húmedo, con periodos secos definidos; esciófita en los primeros años.
<i>Cedrela odorata</i>	Fértiles, francos, profundos, (pH: 5.5 a 7.0), moderada a bien drenados.	Premontano y Tropical seco y húmedo, con época seca definida. Esciófita en los primeros años.
<i>Cordia alliodora</i>	Ricos en materia orgánica, franco - arcillosos, bien drenados, profundos, importante el Ca.	Húmedos a muy húmedos Premontano y Tropical, con época seca definida. Heliófita.
<i>Jacaranda copaia</i>	Muy variados, plana y ladera, bien a regular drenaje, no es muy exigente en suelos.	Húmedos a muy húmedos tropicales. Heliófita.
<i>Tabebuia rosea</i>	Fértiles, con buen y regular drenaje, plano y ladera.	Seco hasta muy húmedo tropical y premontano. Esciófita en los primeros años.

Fuente: Elaborado con base en CONIF-DNP (1995).

Estos se pueden agrupar en bióticos y abióticos, los más importantes se relacionan en el Cuadro IV-3.

CUADRO IV-3. Factores Limitantes del Desarrollo

Especies	Factores bióticos	Factores abióticos
<i>Alnus jorullensis</i>	Requiere simbiosis con el <i>Actinomyces alni</i> . Competencia de malezas. Corta viabilidad de semillas.	Vientos fuertes, sequías, heladas y suelos arcillosos de la semilla.
<i>Bombacopsis quinata</i>	Poca fertilidad de las semillas por escasa polinización del <i>Glossophaga soricina</i>	Suelos pobres, poco profundos, ausencia de época seca definida.
<i>Cariniana pyriformis</i>	Temprana bifurcación.	Luz tenue en los primeros años. Suelos poco profundos
<i>Cedrela odorata</i>	Ataque del barrenador <i>Hypsipyla grandella</i>	Contenidos de aluminio > 1,5 ppm, Fe > 100 ppm Zn < 1.5. ppm. Suelos infértiles.
<i>Cordia alliodora</i>	Suceptible a la competencia del <i>Melinis minutiflora</i> y malezas.	Suelos muy ácidos, bajo Contenido de Ca.
<i>Jacaranda copaia</i>	Competencia de las malezas por luz.	
<i>Tabebuia rosea</i>	Bifurcación temprana, ataque de nemátodos. Requiere micorrizas <i>Glomus sp.</i>	Luz plena en los primeros años y suelos infértiles.

Fuente: Elaborado con base en CONIF-DNP (1995)

3.4 Fuentes semilleras

Son escasos los avances logrados en la selección de las fuentes semilleras de las especies nativas, siendo la principal causa de la baja calidad en forma y rendimiento de las plantaciones; con las reforestaciones realizadas en los últimos años, se tiene un buen número de árboles y rodales para seleccionar como fuentes semilleras mediante calificación fenotípica.

Las principales fuentes semilleras, por el número de árboles para la selección de padres son las siguientes (Cuadro IV-4).

CUADRO IV-4. Principales fuentes semilleras

Especies	Regiones
<i>Alnus jorullensis</i>	Rodales semilleros: cuenca del río Blanco en Manizales. Propietario: Empresas públicas de Manizales, parte alta del río Otún en Pereira y del municipio de Salento en el Quindío.
<i>Bombacopsis quinata</i>	Rodal semillero: Monterrubio (Magdalena), Propietario: Refocosta. Huerto semillero: Zambrano (Bolívar), Propietario: Monterrey Forestal.
<i>Cariniana pyriformis</i>	Rodales semilleros: Puerto Parra (Santander), propietario: Inderena; Las Teresitas (Chocó), propietario: Codechocó.
<i>Cedrela odorata</i>	Rodales semilleros: Tumaco, Bajo Calima, Apartadó, Boyacá; ensayos de procedencias de CONIF. Árboles aislados en todo el país.
<i>Cordia alliodora</i>	Rodales semilleros: Tumaco, Parque los Katios en Urabá (ensayos de procedencias de CONIF); zona cafetera.
<i>Jacaranda copaia</i>	Rodales semilleros: Tumaco, propietario: CONIF, Puerto Lleras (Meta) propietario: Maderería Central, Carare - Opón (Inderena).
<i>Tabebuia rosea</i>	Rodal semillero: Monterrubio (Magdalena) de Refocosta y árboles aislados en todo el país.

Fuente: Elaborado con base en CONIF-DNP (1995)

3.5 Producción de plántulas

La investigación en el manejo de semillas y la producción de plántulas ha avanzado suficientemente como para garantizar la calidad de los árboles que se llevarán al campo, estos pueden ser producidos por semilla o mediante propagación vegetativa.

Para la producción en vivero, se parte de una buena selección del sitio, con agua, luz y ventilación necesaria para el desarrollo de las plántulas. La desinfección del suelo de los almácigos y la selección del sustrato franco y fértil es de vital importancia para la germinación y crecimiento óptimo.

Los principales métodos para la reproducción de las especies estudiadas se resumen en el Cuadro IV-5.

La propagación vegetativa es importante para la producción de clones de árboles seleccionados, fijar y reproducir fielmente los caracteres deseados, como también para la instalación de huertos semilleros clonales.

CUADRO IV-5. Propagación de árboles

Especies	Métodos de propagación
<i>Alnus jorullensis</i>	Semillas (2x10 ⁶ /kg): en Bolsa y raíz desnuda , 1000/2000/m ² (3-4 g/m ²). Vegetativa: por estaca de 20 cm de largo y 1 a 2 cm de diámetro.
<i>Bombacopsis quinata</i>	Semilla (40.000/ kg): Pseudoestaca, bolsa y raíz desnuda 1.000/m ² Vegetativa: Estaca 20-30 cm de long. y 1-3 cm de diámetro con 5.000 ppm de AIB.* Cultivo de tejidos.
<i>Cariniana pyriformis</i>	Semilla (6.000/kg): 1.000/m ² (200 g/m) en bolsa. Vegetativa: Estacas de 1-3 cm de diámetro y 20-40 cm de Long. con auxinas; injerto de yema terminal y corte en bisel; cultivo de tejidos.
<i>Cedrela odorata</i>	Semilla (50.000/kg): 1.500/m ² en bolsa y raíz desnuda. Vegetativa: con auxinas se reproduce por estacas. Cultivo de tejidos.
<i>Cordia alliodora</i>	Semilla (35.000/kg): 1.500/m ² . Bolsa, raíz desnuda o pseudoestaca. Vegetativa: estacas y cultivo de tejidos.
<i>Jacaranda copaia</i>	Por semilla (60.000/kg): en bolsa
<i>Tabebuia rosea</i>	Semilla (45.000/kg): 1.500/m ² . Bolsa, raíz desnuda y pseudoestaca. Vegetativa: estacas de 30-40 cm de long. y 1-2 cm de diámetro, con auxinas. Cultivo de tejidos.

* Acido Indol Butirico

Fuente: Elaborado con base en CONIF-DNP (1995)

3.6 Establecimiento y manejo de plantaciones

Si se observan los limitantes ambientales de estas especies, todas requieren suelos profundos sin impedimentos para el desarrollo radicular, por lo que es necesario remover el suelo mediante subsolado, arado y rastrillado; la preparación del terreno ha mostrado crecimientos superiores en un 25% en altura comparado con plantaciones donde se ha hecho tan solo un hoyo, en sitios con pendientes fuertes, se aconseja repicar alrededor del hoyo para airear el suelo. Es indispensable erradicar la maleza competidora, en especial gramíneas, esta actividad disminuye los costos de trazado y de posteriores limpiezas.

Las distancias de siembra dependen de la calidad genética de las semillas empleadas, si estas son de alta calidad, el espaciamiento entre árboles debería ser mayor, ya que no se tendrá un número de árboles indeseables en las primeras entresacas. Al contrario, si la forma es mala, es necesario aumentar la densidad de siembra para mejorarla mediante la competencia y se deberá entresacar muchos árboles de mala calidad para dejar los 200 a 250 mejores para la corta final.

La densidad también depende del mercado que se tenga de los productos de la entresaca, si es bueno la densidad deberá ser mayor y de la calidad de los suelos.

Los métodos de plantación mas recomendados para estas especies se resumen en el Cuadro IV-6.

CUADRO IV-6. Establecimiento y manejo de plantaciones

Especies	Métodos de plantación y manejo
<i>Alnus jorullensis</i>	Distancia 3x3 m, requiere limpieas totales. Posee poda natural y puede plantarse a mayores distancias para formar potreros adehesados con kikuyo.
<i>Bombacopsis quinata</i>	Distancia 3x3 m a 4x4 m. Se planta una semana antes de iniciarse las lluvias. En sitios con regular drenaje se hacen caballones. Requiere limpieas totales y podas.
<i>Cariniana pyriformis</i>	3x3 a 4x4 m. En líneas de enriquecimiento se mejora la forma o mediante limpieas en fajas; podas a los 6, 9 y 12 metros de altura total, hasta la mitad y 3/4 partes de la altura total.
<i>Cedrela odorata</i>	Se aconseja plantar asociada con otras especies o en líneas de enriquecimiento, para evitar el ataque del barrenador, en distancias mayores a 4x4 m.
<i>Cordia alliodora</i>	Distancia de 4x4 m y limpieas totales, erradicar el pasto gordura. Posee poda natural. Asociada con cultivos perennes como café y cacao.
<i>Jacaranda copaia</i>	4x4 m. Tiene poda natural, sirve para sistemas silvopastoriles y agroforestales
<i>Tabebuia rosea</i>	3x3 m, en líneas de enriquecimiento o asociada con otras especies como <i>Cedrela odorata</i> , para mejorar la forma. Requiere podas continuas.

Fuente: Elaborado con base en CONIF-DNP (1995)

3.7 Rendimientos

Debido a la escasa reforestación e investigación, se tienen pocos los datos sobre rendimientos, sin embargo, se presentan los crecimientos reportados por varios investigadores para cada una de las especies.

3.7.1 *Alnus jorullensis*

En el antiguo Caldas se han presentado índices de sitio a la edad de 15 años, entre 12 y 30 dependiendo de la calidad del sitio, en promedio a la edad de 20 años, se puede alcanzar una altura total de 30 metros y un diámetro mayor a los 40 cm.

Los crecimientos medios anuales máximos en volumen se logran hacia los siete años y el incremento corriente anual máximo hacia los 3.6 años.

En Costa Rica las plantaciones tienen un rendimiento entre 10 y 15 m³/ha/año para turnos entre 18 y 20 años.

Los rendimientos altos en Caldas a los 19 años puede llegar a los 12.6 m³/ha/año, pero con densidades menores a los 1.000 árboles por ha.

CUADRO IV-7. Raleo y corta final recomendada para *Alnus jorullensis*

Edad/años	No. árboles/ha.	Diámetro(cm)	Usos
0	1.500		
2.5 - 3.0	900		no comercial
5.0 - 6.0	750		no comercial
7.0 - 8.0	600	12 a 12	postes, pulpa aserrío
9.0 -10.0	450	15 - 19	postes, aserrío pulpa.
12.0	300	20 - 25	aserrío
15	200	25 - 30	aserrío
20 - 30	corte final	40 - 50	aserrío

3.7.2 *Bombacopsis quinata*

En Zambrano (Bolívar), a los 8 meses de plantado se han tenido crecimientos en altura entre 1.6 a 2.0 metros.

A los tres años el incremento medio anual (IMA) es de 2.61 m.

A los 6 años, en Luruaco (Atlántico), Smurfit Cartón de Colombia reportó un crecimiento de 8,2 m en altura y 8 m³/ha /año.

En el Cuadro II-8. se presenta unos crecimientos de la especie en Panamá y Costa Rica elaborada por Hughell (1991).

CUADRO IV-8. Rendimiento preliminar de *Bombacopsis quinata* para sitios Costa Rica y Panamá a partir de 1.600 árboles/ha.

Edad Años	Arboles remanentes				Arboles extraídos				
	Arb./ha	DAP cm	H m	Vol m ³ /ha	Arb./ha	DAP cm	Vol m ³ /ha	Vol total m ³ /ha	IMA m ³ /ha año
6	866	13.2	8.2	51.4	600	11.5	31.9	83.2	14
10	866	18.4	11.3	114.6					
14	466	24.5	13.8	100.0	400	21.6	78.7	210.5	15
18	466	27.2	15.7	138.9					
22	216	32.2	17.3	81.7	250	29.0	88.9	281.1	13
30	216	35.6	19.6	112.6					

Fuente: Hughell (1991)

3.7.3 *Cariniana pyriformis*

Los datos de rendimiento de esta especie se obtuvieron tan solo del Carare Opón (Santander) y de Las Teresitas (Chocó), donde se ha plantado por parte del Inderena 1.000 y 20 ha respectivamente; desafortunadamente no se le hizo el mantenimiento apropiado, influyendo negativamente en el desarrollo.

En San José del Guaviare, CONIF ensayó la especie, alcanzando un incremento medio anual a los 5 años de 1.32 m en altura y 1.52 cm en diámetro en plantaciones a campo abierto.

Aramburo (1983), calculó los crecimientos en el Carare y Las Teresitas, tanto en plantaciones compactas como en líneas de enriquecimiento, con distanciamientos de 3.5 a 4 m en cuadro, los cuales se presentan en el Cuadro IV-9.

Los crecimientos en las líneas de enriquecimiento son menores, pero la forma es significativamente mejor, debido a una menor densidad por hectárea, al plantar cerca de 250 a 300 árboles en lugar de 625 o 1.000 en plantaciones compactas.

También se puede plantar en forma compacta y luego realizar las limpias en hileras, para producir competencia por la luz y lograr mejora la forma.

En el Carare y San José del Guaviare se ensayó en asocio con cultivos, con aceptables crecimientos.

CUADRO IV-9. Crecimiento del abarco en el Carare - Opón y Las Teresitas en plantaciones compactas y en líneas de enriquecimiento.

Edad Años	Tipo Plantaciones	DAP cm	HT m	m ² /ha	IMA m ³ /ha año	Vol m ³ /ha	IMA m ³ /ha año
1.5	compacta	3.2	3.0	0.63	0.42	1.42	0.95
2.5	compacta	5.4	4.8	1.36	0.55	6.00	2.40
5.5	compacta	8.5	8.7	4.45	0.81	29.0	5.27
8.0	compacta	14.0	11.4	8.69	1.09	76.6	9.56
9.0	compacta	14.5	10.6	9.86	1.10	80.5	8.94
12.0	enriquec.	11.3	12.0	1.86	0.16	19.3	1.61
11.0	compacta	18.2	15.3	15.2	1.38	167.6	15.24
Las Teresitas							
6.3	compacta	11.7	11.7	3.8	0.6	35.8	5.68
6.3	mezcla	8.6	10.7	6.9	1.10	59.2	9.39
8.6	enriquec.	6.5	4.1	0.4	0.05	2.7	0.31
11	compacta	12.6	14.3	4.4	0.4	51.3	4.66
12	compacta	15.9	17.6	5.8	0.48	87.7	7.31

Fuente: Aramburo (1993)

En conclusión, es factible aumentar los rendimientos iniciales, preparando muy bien el terreno y manejando bien la plantación en lo referente a limpias y podas.

3.7.4 *Cedrela odorata*

No existen plantaciones extensas en el país, los datos de crecimiento que se tienen son de ensayos realizados por CONIF en varios sitios del país, en el Cuadro IV-10 se presenta un resumen de estos crecimientos.

Del Valle (1985), realizó unas mediciones en un rodal natural en el Urabá antioqueño, utilizando la técnica de los tiempos de paso, elaboró una tabla de rendimientos con un plan de aclareos para la especie, que se presenta en el Cuadro IV-11.

La experiencia recomienda plantar esta especie asociada con otra con rendimientos similares, mediante sistemas agroforestales o enriqueciendo rastrojos, con el fin de evitar el fuerte ataque del *Hypsipyla grandella*.

CUADRO IV-10. Crecimiento del cedro en diferentes ensayos en el país.

Sitio	Dist. m	Edad años	Alt. m	DAP cm	Vol m ³ /ha	IMA m ³ /ha
Apartadó	3 x 3	6	15	12.6	139.0	23.17
Apartadó	6 x 4	4	8.5	9.2	17.5	4.37
Bojayá	1.5 x 3	4.25	9.5	10.2	100	23.52
Lloró	4 x 4	4.3	12.5	13.8	86.2	20.06
Bajo Calima	14 x 7	8	13.6	20.8	35.1	4.39
Bajo Calima	9 x 9	4	7.2	10.4	5.6	1.39
S.J. Guaviare	3 x 3	3.1	5.6	13.3	63.8	20.58
S.J. Guaviare	5 x 3	4.1	9.4	8.6	27.3	6.7
Tumaco	3 x 3	6.1	11.0	9.8	6.1	10.0

Fuente: CONIF (varios)

En la zona aluvial del río Atrato, los campesinos manejan la regeneración natural con éxito, sembrando maíz cada dos a tres años y dejando el cedro, durante el cultivo el árbol logra crecer suficientemente para competir con la maleza y el ataque del barrenador.

CUADRO II-11. Plan de aclareos de cedro en Urabá.

T Años	Masa principal después de entresaca				Masa entresacada		Total m ³ /ha	IMA m ³ /ha
	N Arb./ha	H m	DAP cm	V m ³ /ha	N Arb./ha	V m ³ /ha		
0	1.100	-	-	-	-	-	-	-
5	1.100	8.2	10.0	26.2	-	-	26.2	5.2
6.5	550	12.0	16.0	42.8	550	12.1	54.9	8.4
9	225	18.3	26.6	63.0	225	25.9	101.0	11.2
10	225	20.2	30.0	85.8	-	-	123.8	12.4
13	115	27.1	42.8	106.6	110	47.5	192.1	14.8
15	115	28.4	45.2	122.3	-	-	207.8	13.8
18	115	32.9	5.40	191.4	-	-	276.9	15.4

Fuente: Del Valle (1985)

En conclusión, la especie tiene buen crecimiento y debe ser plantada en bajas densidades, manejando la maleza en líneas o enriqueciendo ratrojos.

3.7.5 *Cordia alliodora*

Es una especie heliófita de rápido crecimiento, en Costa Rica, Beer y Somarriba (1986), han determinado que para alturas sobre el nivel del mar menores a 1.000 m y precipitaciones entre 2.600 a 4.000 mm los rendimientos del *Cordia* se estiman de la siguiente manera:

Rendimientos en altura (m/año)	Edad (años)
>2.0	1 - 5
1.5	6 - 3
1.0	14 - 19
0.6 - 0.3	>20

Fuente: Beer y Somarriba (1986)

Los datos de rendimiento que se presentan en el Cuadro IV-12, corresponden a mediciones realizadas por CONIF en diversas regiones del país donde se ha ensayado la especie.

Se puede deducir que con buen tratamiento del suelo antes de plantar y adecuado manejo de la plantación, es posible obtener rendimientos superiores a los 25 m³/ha/año, compitiendo muy bien con los pinos y eucaliptos y haciendo rentable la reforestación.

CUADRO IV-12. Crecimiento del *Cordia alliodora* en diferentes sitios y métodos de siembra.

Sitio	Zona Vida	Edad años	IMA H (m)	IMA DAP (cm)	IMA m ³ /ha	No arb/ha
Plantaciones a campo abierto						
Monterubio (Mag)	bs-T	2.75	1.32	-	-	1.100
Urabá (Antioquia)	bh-T	2.0	1.1.2	-	-	1.100
Teresitas (Chocó)	bh-T	10.0	1.71	1.83	19.5	1.100
Tumaco (Nariño)	bh-T	7.0	2.51	2.73	30.0	625
Bojayá (Chocó)	bmh-T	4.0	3.36	3.64	26.0	1.100
San José Guaviare	bh-T	5.3	1.10	0.88	-	1.100
Sistemas Agroforestales						
San José Guaviare	bh-T	5.3	1.05	1.91	1.1	139
Bojayá (Chocó)	bmh-T	4	3.23	4.63	9.0	278
Montenegro (Quindío)	bh-PM	13.5	1.55	2.48	8.7	144
Pereira (Risaralda)	bh-PM	6	1.98	4.45	4.6	141

Fuente: CONIF (varios)

En Tumaco, CONIF realizó una investigación sobre aclareos y con los resultados hizo la siguiente proyección de aclareos:

1. Plantación inicial: 625
2. A los siete años: Extracción de 273 árboles equivalente a 73.95 m³/ha.
3. 14 años: Extracción de 154 árboles y 103.42 m³/ha.
4. 21 años: Aprovechamiento de 86 árboles y 106.58 m³/ha
5. 25 a 28 años: Extracción total de 112 árboles y 239.78 m³/ha.

3.7.6 *Jacaranda copaia*

Los únicos datos de crecimiento son los de Tumaco y Carare-Opón. En esta última estación, a los 78 meses, el incremento medio anual en altura es de 2.92 m y en diámetro de 2.71 cm.

En Tumaco durante los primeros tres años los incrementos en altura son de 3.5 metros y 3.0 en DAP, por su excelente forma de fuste y trabajabilidad de la madera lo están utilizando últimamente para enchapes y el valor ha aumentado considerablemente llegando a \$3.000 la pieza.

3.7.7 *Tabebuia rosea*

CONIF ha ensayado la especie en varios sitios del país con crecimientos muy disímiles, el resumen de los rendimientos en los primeros años se presenta en el Cuadro IV-13.

CUADRO IV-13. Crecimiento del *Tabebuia rosea*

Sitio	Edad años	Distanc. m	H m	DAP cm	IMA H/(cm)	IMA DAP/(cm)
Apartadó	1.9	3 x 3	3.0	-	1.58	-
Apartadó	1.9	3 x 1.5	2.9	-	1.52	-
Apartadó	1.9	1.5 x 1.5	3.0	-	1.58	-
Apartadó	6.9	3 x 3	10.0	13.1	1.45	1.90
S. Pedro. Ant.	4.0	3 x 3	5.2	-	1.30	-
Tumaco	5.0	3 x 3	7.8	8.9	1.56	1.78
Bojayá	6.0	9 x 9	14.2	22.1	0.36	3.68
S.J. Guaviare	6.0	5 x 5	4.8	4.7	0.8	0.79
S.J. Guaviare	4.4	3 x 3	6.5	7.5	1.5	1.7
S.J. Guaviare	7.2	3 x 3	11.9	13.4	1.66	1.87

Fuente: CONIF (varios)

Del Valle T.(1985), mediante la técnica de tiempos de paso determinó el crecimiento de la especie en regeneración natural en Urabá y calculó el plan de aclareos que se presenta en el Cuadro IV-14.

CUADRO IV-14. Rendimiento y plan de aclareos del *Tabebuia rosea* en Urabá..

t Años	Masa principal después de entresaca				Masa entresacada		Total Vol m ³ /ha	IMA m ³ /ha /año
	N Arb./ha	HT m	DAP cm	Vol m ³ /ha	N Arb./ha	Vol m ³ /ha		
0	1.100	-	-	-	-	-	-	-
5	1.100	7.4	11.0	82.6	-	-	82.6	16.5
6.5	550	8.1	15.3	6.9	550	41.4	111.3	17.1
10	550	10.8	21.0	134.7	-	-	178.8	17.9
12.5	275	13.0	27.2	113.0	275	63.2	217.6	17.0
15	275	13.7	30.5	146.6	-	-	251.2	16.7
18	165	15.6	37.0	135.2	110	64.2	304.0	16.9
20	165	16.0	39.3	154.5	-	-	323.3	16.2
25	165	17.6	45.5	210.5	-	-	379.3	15.2

Fuente: Del Valle (1985)

Estos son datos de bosque natural sin manejo; al realizar una preparación adecuada del terreno y limpiezas y podas oportunas, junto con la selección de semillas provenientes de árboles padres seleccionados, es muy factible que se aumenten los rendimientos y se disminuya el turno de corte.

3.8 Conclusiones y recomendaciones

El éxito de las reforestaciones con las especies nativas, se basa no solo en el potencial genético de estas, sino en la aplicación del proceso silvicultural, el cual contempla los siguientes pasos fundamentales:

3.8.1 Definición de políticas adecuadas tanto gubernamentales como empresariales para definir qué, dónde, cómo, cuándo y para qué reforestar.

3.8.2 Zonificación de las áreas de vocación forestal para la reforestación comercial; no se puede seguir utilizando las peores tierras para reforestar si se desea obtener una rentabilidad en la actividad. Sobre todo estudiando la parte física de los suelos.

3.8.3 Selección de especies y procedencias, de acuerdo a los objetivos de la reforestación, al tipo de producto y el sitio. Aunque existen resultados de investigaciones, la variación de suelos y clima en el país es tan variado, que es necesario que cada proyecto de investigación tenga como apoyo

permanente una investigación que involucre ensayos de procedencias y progenes de las mejores especies y árboles seleccionados.

3.8.4 Obtención de semillas y producción de árboles. La compra o adquisición de las semillas de calidad conocida es un factor primordial para el éxito de la plantación, no se puede seguir empleando semillas de origen desconocido, los rendimientos y calidad de los árboles dependen directamente de la calidad genética de los padres semilleros.

De otra parte las técnicas de producción de plántulas deben involucrar manejo de sustratos y sanidad, utilización de microorganismos simbióticos especialmente micorrizas y rhizobium y la selección del plantón más apropiado de acuerdo a las capacidades técnicas y económicas del reforestador.

3.8.5 Técnicas de plantación

La preparación del terreno, distanciamiento, limpiezas, fertilización y posteriores limpiezas, aclareos y podas son prácticas que deben ser planificadas desde un comienzo para garantizar un buen rendimiento.

Con la ampliación rigurosa de todas las técnicas del proceso silvicultural, es factible disminuir la incertidumbre y los riesgos de la reforestación y aumentar la rentabilidad empleando especies nativas de alto valor comercial.

Se está demostrando que los altos rendimientos no son exclusivos de las especies introducidas y que las especies nativas ofrecen una gran alternativa para la reforestación, por su alto valor comercial.

4.0 LITERATURA CITADA

ARAMBURO P. Jaime. (1991). El crecimiento del abarco (*Cariniana pyriformis*) bajo diferentes sistemas silviculturales en las zonas tropicales húmedas de Colombia. Seminario Ingeniería Forestal. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional. Medellín. 215 p.

CONIF-DNP. (1995). Aplicación, Transferencia y Extensión Forestal y Agroforestal. Convenio CONIF-DNP. Santafé de Bogotá (mimeografiado).

HUGHELL, D. (1991). Modelo preliminar de rendimiento para pochote (*Bombacopsis quinata*) en Costa Rica y Panamá. CATIE, Silvoenergía No. 30. Turrialba, Costa Rica.

DEL VALLE, I. (1985). Crecimiento del cedro y roble en la región de Urabá, mediante los tiempos de paso. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional. Medellín. 85 p.

V. LA VARIACION NATURAL COMO BASE PARA EL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL

Por: Francisco Mesén *

1.0 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.

* Genetista Forestal, PROSEFOR/ CATIE, Costa Rica

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. Así mismo, se debe utilizar esa variación racionalmente, para no perjudicar su uso por parte de las generaciones venideras.

2.0 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.

Así mismo, se controla al máximo la variación debida a diferencias ambientales, lo cual permite una cuantificación más eficiente de la variación genética.

3.0 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.

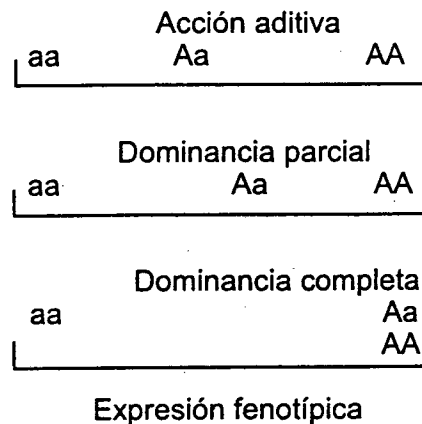
Todas las células vivas de un organismo están compuestas básicamente por una pared celular, un fluido llamado citoplasma y un núcleo rodeado por el citoplasma. El núcleo es de particular interés porque en él se encuentran los cromosomas, los cuales contienen la mayor parte de la información genética 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 protéica. 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 período de floración, ocurre un proceso de división celular llamado meiosis. Este es un proceso reductivo porque el número de cromosomas de los gametos resultantes (óvulos o granos de polen) es exactamente la mitad del de las células vegetativas. El proceso de meiosis inicia con la replicación del ADN y el apareamiento de cromosomas homólogos. Este es un proceso clave para producir variabilidad, porque los cromosomas homólogos, uno de cada padre, se rompen e intercambian segmentos equivalentes. Una vez que 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. 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 sexuales, 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.

4.0 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.

4.1 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.

4.2 La migración

La migración es otra de las acciones que tiende a aumentar la variabilidad de las poblaciones. Es el flujo de alelos de una población a otra de la misma especie, en la cual pueden estar ausentes o presentes en proporciones diferentes. La migración puede ocurrir por varias causas, pero las más comunes son el movimiento de polen, semillas o plantas de

un sitio a otro. Como se explicó anteriormente, dos poblaciones que crecen separadamente tienden a diferenciarse, mediante el efecto selectivo del ambiente sobre ciertos genotipos en cada sitio. Sin embargo, el flujo de genes entre dos poblaciones separadas tiende a mantener la misma frecuencia de genes en ambas poblaciones y por lo tanto, su efecto es opuesto al de la selección natural.

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

4.3 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.

4.4 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.

4.5 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.

5.0 LITERATURA CITADA

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.

WILLIAN, 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.

VI. INTRODUCCION AL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL

*Por: Francisco Mesén**

1.0 INTRODUCCION

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

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

Es común que los forestales piensen en mejoramiento genético como una ciencia compleja y sofisticada. En la práctica, sin embargo, todo lo que implica es entender las formas y las causas de variación natural entre individuos, y hacer uso de esa variación para aumentar la productividad de las plantaciones. Por otro lado, también se debe entender que el mejoramiento genético no es la

* *Genetista Forestal, PROSEFOR/CATIE, Costa Rica*

solución a todos los problemas; poco se puede lograr en mejoramiento genético si este no va acompañado de prácticas silviculturales adecuadas. Se debe recordar que el rendimiento de un árbol es el resultado de la interacción de su genotipo con el ambiente en el cual se ha desarrollado; nunca se podrá lograr máxima productividad si uno de estos dos componentes es inadecuado.

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

2.0 DEFINICIONES

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

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

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

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

3.0 ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL

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

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

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

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

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

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

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

Aun dentro de las mejores procedencias existe una gran variabilidad entre los árboles, que puede explotarse mediante selecciones individuales. Estas son estrategias más complejas que involucran la selección de árboles individuales

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

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

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

3.1 Selección de especies

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

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

3.2 Selección de procedencias

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

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

3.3 Rodales semilleros

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

Muchos programas de mejoramiento genético han tomado la sabia decisión de establecer rodales identificados por procedencia, al mismo tiempo que establecen los ensayos de procedencias. De esta manera, tan pronto los ensayos produzcan información confiable, los rodales de las mejores procedencias pueden ser manejados y utilizados inmediatamente para la producción de semilla. Los demás simplemente

se cosechan para aprovechar el producto y además pueden proporcionar uno o más árboles sobresalientes, que aparecen ocasionalmente aún en estas procedencias inferiores, y que contribuirán a aumentar la variabilidad genética de las poblaciones de mejoramiento.

3.4 Plantaciones semilleras

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

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

3.5 Selección de árboles plus

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

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

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

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

3.6 Pruebas de progenies

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

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

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

3.8 Silvicultura clonal

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

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

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

4.0 CONCLUSIONES

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

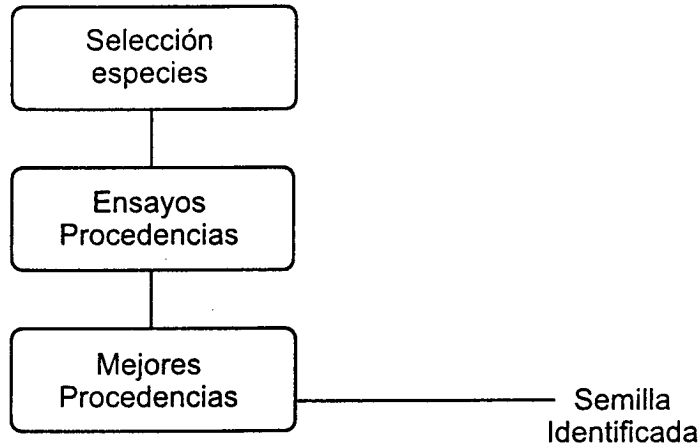
ejemplo, mediante la selección y manejo de rodales semilleros, y las ganancias siguen en aumento en cada nueva etapa.

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

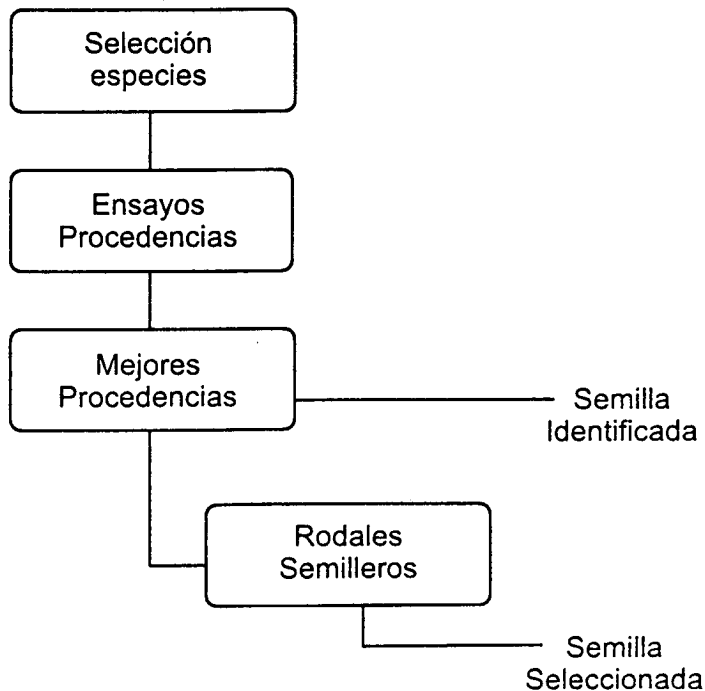
ANEXO 1

Ejemplos esquemáticos de estrategias de mejoramiento genético forestal

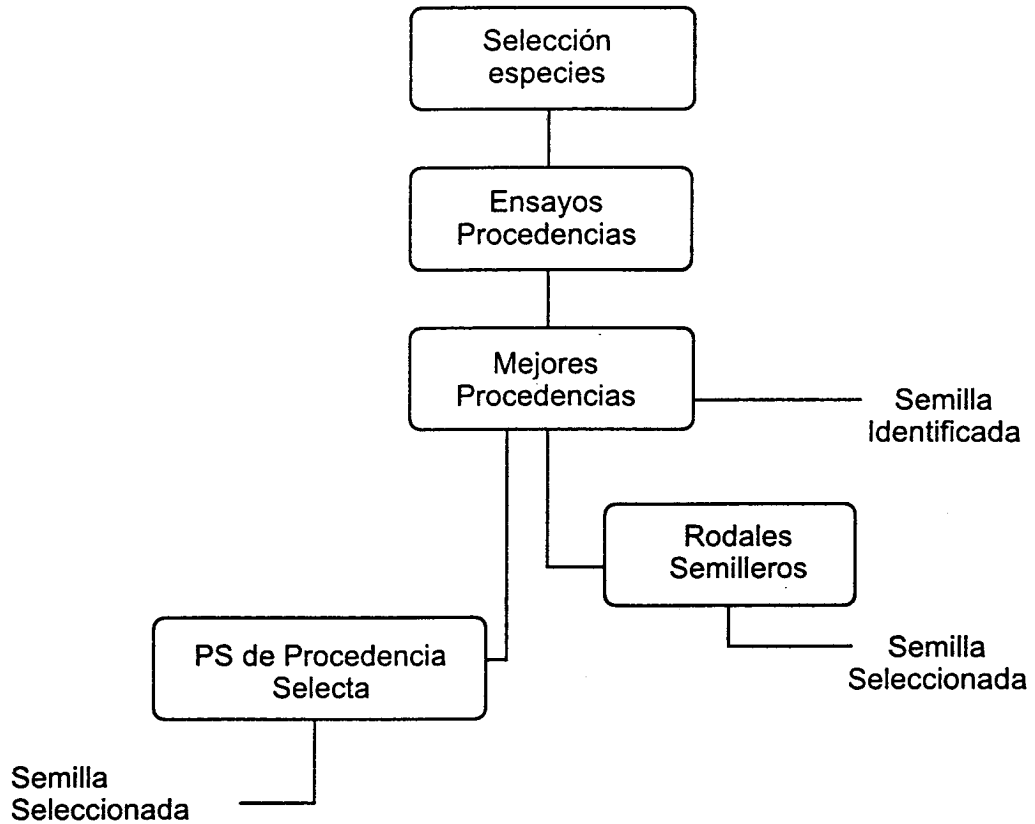
- a) Estrategia de mejoramiento con identificación y selección de las mejores procedencias y uso de la semilla para plantaciones comerciales.



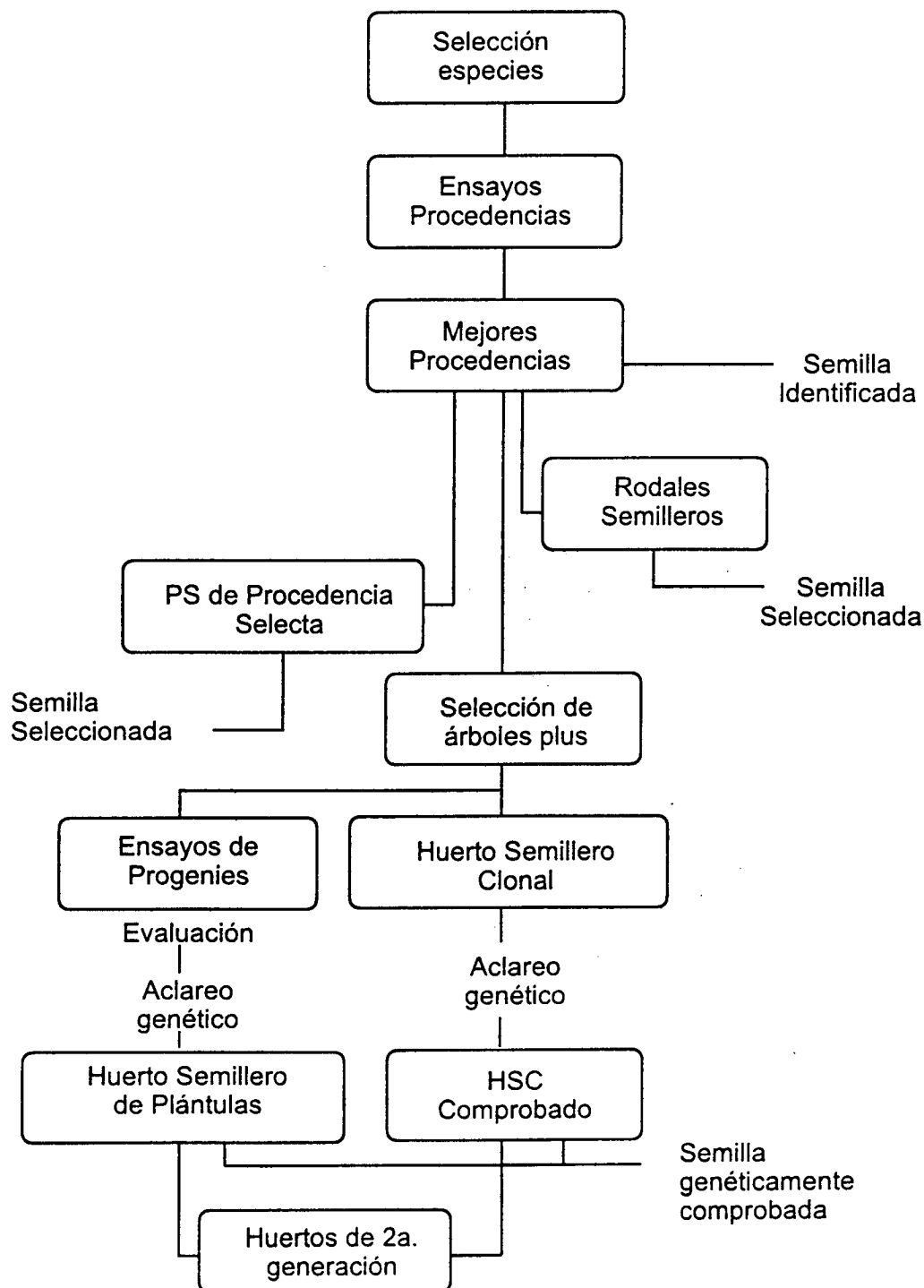
- b) Estrategia de mejoramiento con establecimiento de rodales semilleros en plantaciones de procedencias superiores.



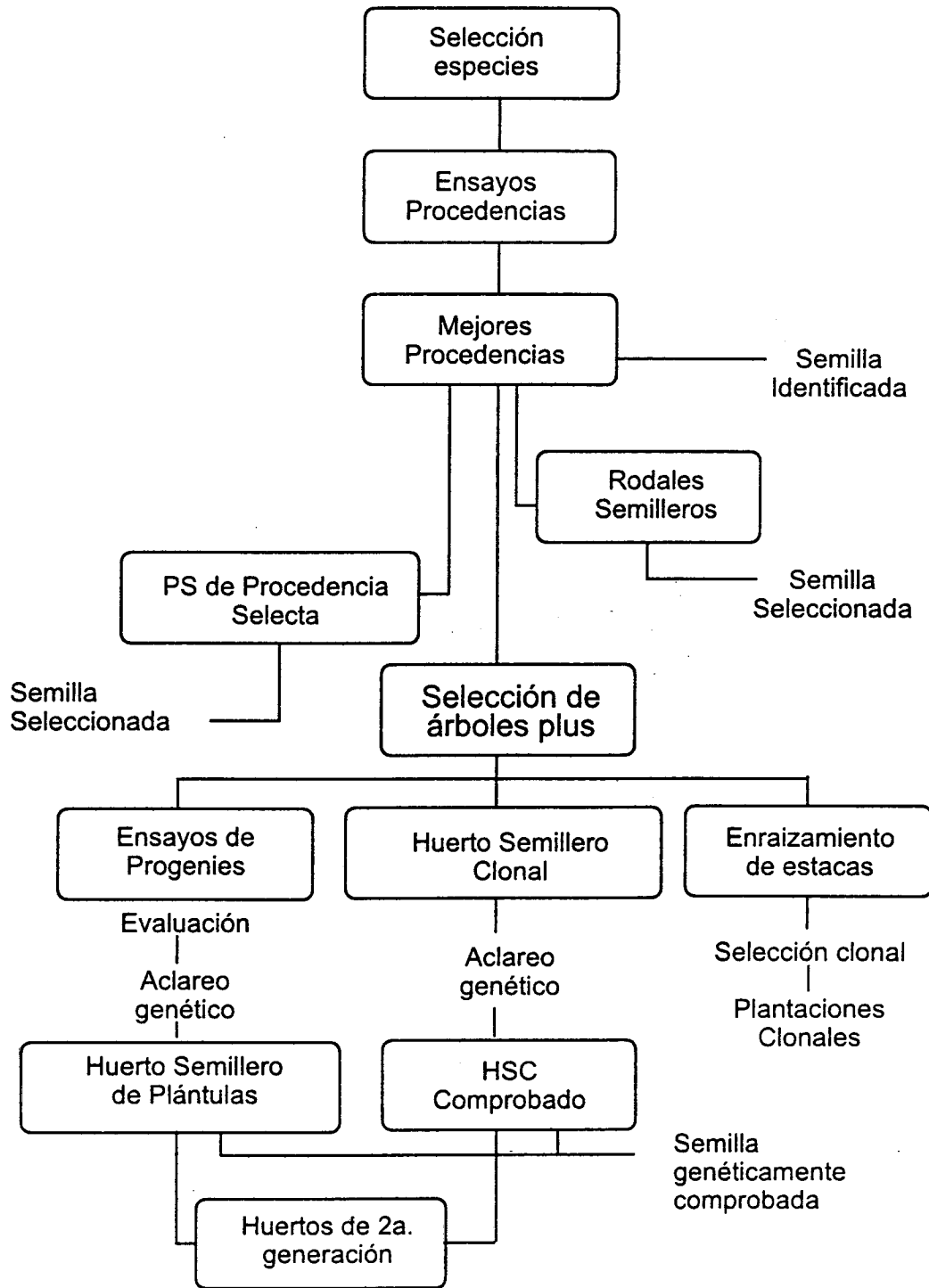
- c) Estrategia de mejoramiento con establecimiento de rodales y plantaciones semilleras de procedencias superiores.



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



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



5.0 LITERATURA CITADA O CONSULTADA

- BARNER, H.; DILTEVSEN, B.; OLESEN, K. (Comp.)** (1991). Introduction to tree improvement. Danida Forest Seed Centre, Humlebæk, Denmark. Lecture Note No. D-1. 23 p.
- BURLEY, J.; WOOD, P.J. (.)**. Manual sobre investigaciones de especies y con referencia especial a los trópicos. Commonwealth Forestry Institute, of Oxford. Tropical Forestry Papers Nos. 10 & 10A. 299 p.
- CORNELIUS, J.P.; MESEN, J.F.; COREA, E. (Eds.)** (1991). Manual sobre genético forestal con referencia especial a América Central. Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, CATIE, Turrialba. 218 p.
- KEIDING, H.** (1991). Gene conservation and tree improvement. Danida Forest Seed Centre, Humlebæk, Denmark. Lecture Note No. D-9. 18 p.
- LEAKEY, R.R.B.; MESEN, J.F.; TCHOUDJEU, Z.; LONGMAN, K.A.; DICK, J. McP.; NEWTON, A.; MATIN, AGrace, J.; MUNRO, R.C.; MUTOKA, P.N.** (1990). Low-technology for the vegetative propagation of tropical trees. Commonwealth Forestry Review 69(3):247-257.
- LEAKEY, R.R.B.; MESEN, J.F.** (1991). Métodos de a América Central. (J.P. Cornelius; J.F. Mesén y E. Corea, Eds.). Turrialba, Costa Rica, CATIE, Proyecto Mejoramiento Genético Forestal. pp. 113-133.
- MATHESON, A.C.** (1990). strategies for MPTs. In Tree Improvement of Multipurpose Species (Glover, N. y Adams, N., Eds.). Multipurpose Tree Species Network Technical Series, Vol. 2. pp. 67-99.
- SAVILL, P.** (1986). Selection of species. Lecture Notes, Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 9 p. No publicado.
- VAN BUIJTENEN, J.P.; DONOVAN, G.A.; LONG, E.M.; ROBINSON, J.F.; WOESSNER, R.A.** (1971). Introduction to practical forest tree improvement. Texas Forest Service, Circular 207. 17 p.
- WELLENDORF, H.** (1991). Tree improvement strategies. Danida Forest Seed Centre, Humlebæk, Denmark. Lecture Note No. D-10. 10 p.
- WILLIAN, 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.

VII. IDENTIFICACION Y SELECCION DE FUENTES SEMILLERAS

*Por: Luis Fernando Jara N. **

1.0 INTRODUCCION

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

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

Otra definición de fuente semillera más aplicable a bosque natural, es la dada por Zobel y Talbert (1984): un grupo de árboles de la misma especie o grupo de especies donde predominan individuos fenotípicamente o de conformación aceptable o deseable en cuanto a forma, vigor y sanidad, el cual es manejado técnicamente para aumentar y sostener la producción de semilla en calidad y cantidad.

* *Asistente Técnico, PROSEFOR/CATIE, Costa Rica.*

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

2.0 IMPORTANCIA DE LAS FUENTES SEMILLERAS

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

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

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

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

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

3.0 FASES DE UN PROGRAMA DE FUENTES SEMILLERAS

Todo programa de fuentes semilleras abarca las siguientes fases:

- Identificación y selección
- Establecimiento o instalación
- Manejo y mantenimiento
- Producción y registro

Para efectos de esta presentación, se tratará solamente la primera fase.

4.0 IDENTIFICACION

El objetivo inmediato y/o a corto plazo de esta fase es encontrar fuentes semilleras para cubrir adecuadamente la demanda actual de semilla, en relación a cantidad y en lo posible a calidad genética, y al mismo tiempo, incorporar medidas de largo plazo para un abastecimiento de semilla mejorada en el futuro. Estas medidas se refieren a la selección, conservación y establecimiento de poblaciones de reproducción y de fuentes de semillas mejoradas.

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

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

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

5.0 PASOS EN EL PROCESO DE IDENTIFICACION DE FUENTES SEMILLERAS

5.1 Trabajo de oficina

- Cuantificación y localización de áreas de plantación.
- Cuantificación y localización de la demanda de semilla.
- Localización y ubicación en mapa de las áreas de producción y de proveedores o productores de semillas.
- Cuantificación del potencial de producción de semillas y de los proveedores o productores.

a. Cuantificación y localización de áreas de plantación

El primer paso que se debe dar es agrupar y compilar toda la información existente sobre los proyectos de reforestación nacional, tanto del sector gubernamental como del sector privado. Se debe obtener información sobre la tasa anual de reforestación, período de plantación y empresas o entidades que realizan los cultivos forestales.

La selección de especies para plantación debe ser determinada ya sea por las autoridades forestales del gobierno o de común acuerdo con el sector forestal privado.

Es siempre necesario evaluar el uso final de las plantaciones que se incorporen en el programa. Los usos se pueden agrupar en grandes categorías, como por ejemplo, madera para aserrío, leña, hojas y frutos para forraje y protección contra la erosión. La prioridad de las especies está directamente relacionado a la extensión e importancia de los usos finales y de la experiencia que se tenga en el país o localidad.

La mayoría de los países están divididos naturalmente en regiones biogeográficas, debido a las diferencias en clima y otras condiciones ambientales. Estas zonas podrían utilizarse para establecer un sistema de zonas semilleras y de esta manera se pretende que una semilla recolectada y procesada se utilice dentro de la misma zona o en otra bajo condiciones ambientales similares a la de su origen.

Por último es deseable la revisión de resultados de pruebas y ensayos de investigación forestal, principalmente en las áreas donde se desea establecer las plantaciones.

b. Cuantificación y localización de la demanda de semillas

Este aspecto no se tratará a profundidad en esta conferencia, ya que abarca una larga y complicada explicación. Sin embargo, los factores que se tienen que considerar para la cuantificación son:

- Area anual de plantación por especie
- Densidad de plantación
- Porcentaje de replante

Aparte de lo anterior, es conveniente adicionar al cálculo, un porcentaje de pérdidas por selección y pérdidas en vivero y considerar que no todos los árboles producen al mismo tiempo la misma cantidad de semilla, como también las variaciones que existen en las cosechas de año a año.

Una vez estimada la demanda aproximada para cada especie y zona biogeográfica, se presentan las siguientes situaciones:

- Algunas fuentes semilleras han sido utilizadas anteriormente
- Se requiere identificar nuevas fuentes
- Es necesario establecer nuevas fuentes semilleras en algunas regiones

c. Localización de áreas potenciales de producción de semillas

Los siguientes pasos se deben seguir:

- Obtener información sobre las instituciones relacionadas con el sector forestal, especialmente aquellas que manejan y/o posean bosques y/o plantaciones forestales. Además, aquellas que posean o elaboren mapas, delimiten y manejen reservas y realicen inventarios forestales. Igualmente, actividades de investigación, centro o bancos de semillas, jardines botánicos, universidades, entidades para la conservación de germoplasma, entre los más destacados.
- Para cada una de las especies, mapear las fuentes semilleras actualmente en uso (plantaciones y naturales) en cartas a escala 1:50,000 y registrar la información sobre el tamaño, capacidad de producción, calidad, período de cosecha, etc., y ubicarla dentro la zona semillera a la que pertenece.

- Para cada una de las fuentes semilleras nuevas y potenciales, ubicarlas en mapas a escala 1:50,000, estimar su capacidad de producción y ubicarlas dentro de la zona semillera a la que pertenece.
- Evaluar si el abastecimiento estimado satisface aproximadamente la demanda. Si no es así, se hace necesario revisar e identificar fuentes alternativas.

d. Identificación y cuantificación de los proveedores y fuentes internacionales

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

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

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

e. Balance entre la oferta y la demanda actual

Mucho esfuerzo de tiempo y de dinero se evita, si las exploraciones de fuentes semilleras cubren la demanda requerida de semillas. A pesar de que la producción potencial inicial es apenas una estimación muy aproximada, se puede hacer un intento de relacionar esta oferta potencial con la demanda a nivel regional y nacional y obtener una idea de las necesidades complementarias o de los excedentes para exportación.

5.2 Exploración e identificación en el campo que contempla:

- Visita y descripción de las fuentes semilleras candidatas.
- Evaluación de las fuentes candidatas.
- Selección final de las fuentes semilleras.
- Visita y descripción de las fuentes seleccionadas.
- Repetir proceso las veces que sea necesario.

6.0 ASPECTOS BASICOS A CONSIDERAR EN LA IDENTIFICACION Y SELECCION DE FUENTES SEMILLERAS

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

6.1 Accesibilidad

La ubicación de rodales semilleros cuyo acceso es por carreteras en muy mal estado o sin él, juega un papel importante en tiempo y dinero, supervisión y administración. Sin embargo, la exploración no se debe limitar a sitios cercanos al Banco de Semillas o estaciones de investigación, sino que debe cubrir las áreas que permitan suplir los requerimientos de semillas, tal vez dejando a un lado aquellas fuentes sin acceso.

6.2 Estado general del rodal

Se deben de tener en cuenta los siguientes aspectos:

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

6.3 Número de árboles y tamaño de la fuente

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

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

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

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

6.4 Floración y fructificación

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

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

6.5 Apariencia fenotípica

Algunas características de los árboles, tales como forma de fuste, hábito de ramificación, dirección de la fibra, densidad básica, entre otras, son de alta heredabilidad (la habilidad de los padres para transmitir sus características a su descendiente). Si se tienen varios rodales de misma especie, debe escogerse aquel con las mejores características; si no existe sino una fuente disponible, se le deben practicar raleos para obtener semilla con algún grado de mejora.

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

7.0 EVALUACION Y SELECCION DE FUENTES SEMILLERAS

El proceso de evaluación consiste en efectuar una valoración de la calidad de la fuente candidata, teniendo en cuenta las características fenotípicas de los árboles que componen la fuente. Para ello, se debe tener muy en cuenta el uso final o destino de utilización de la madera de la especie de la cual se requiere coleccionar semilla. No es lo mismo evaluar calidad fenotípica para especies cuyo destino final es madera de aserrío que madera para producción de forraje o leña. Las exigencias en cuanto a la rectitud del fuste y de las ramas para obtener trozas para aserrar, son diferentes a las consideradas para producir leña o forraje.

La calidad de los fustes y el hábito de ramificación, no se puede aplicar con la misma intensidad y rigor a las fuentes provenientes de plantaciones que a las de bosque natural. Cuando se trata de especies como *Cedrela odorata* ó *Tabebuia rosea*, los mejores ejemplares fenotípicamente, ya fueron extraídos de la mayoría de los bosques naturales.

Esta labor de evaluación se realiza en las fuentes identificadas con mayor posibilidad de ser seleccionadas, es decir, aquellas que aparentemente muestran mayor cantidad de árboles ideales o de buena calidad. Para obtener una evaluación objetiva, el método que se utiliza es el inventario o muestreo de la fuente.

De esta forma, será posible en primera instancia, obtener un resultado en gran medida objetivo de la calidad de los individuos que componen la fuente. En segundo lugar, permite comparar la calidad entre dos o más rodales candidatos para seleccionar la mejor opción dentro de la misma zona o región biogeográfica. Aparte de lo anterior, la información obtenida de los muestreos o inventario, es la base para realizar los aclareos y permite bajar la densidad hasta el punto deseado y evaluar la calidad fenotípica al final de los aclareos (Hughes y Robbins, citados por Mesén, 1994).

Una fuente de buena calidad fenotípica para la producción de madera para aserrío, es aquella que presenta un alto grado o porcentaje de árboles sanos, vigorosos, rectos, sin bifurcaciones, ramas horizontales y delgadas, y fuste sin acanalamientos y cilíndricos. Para la producción de leña o de forraje, los criterios predominantes son la capacidad de rebrote, la sanidad, el vigor, la velocidad de crecimiento y número de ejes.

Para realizar el muestreo o inventario, es necesario realizar una visita a la fuente, recorrerla con algún grado de detenimiento y dependiendo del tamaño y de la variación en el suelo y en la fisiografía se decide delimitar las parcelas de muestreo de área conocida (500 ó 1.000 m²). Si el bosque tiene una superficie grande (5 o más hectáreas) y si existen variaciones fisiográficas, se recomienda establecer más de una parcela, ubicando por menos una en cada tipo de paisaje (colina, llano, cima, etc.).

Si se trata de una plantación compacta y coetánea, como regla general se establece una parcela por hectárea. La forma de la parcela dependerá del estado del bosque: si todavía se distinguen las hileras de árboles, se pueden delimitar parcelas rectangulares (30 x 33 m ó 25 x 20 m). En caso de no ser posible diferenciar las hileras, la parcela circular es más fácil de establecer (17.84 m de radio tendrá un área de 1.000 m² y 12.62 m de radio tendrá un área de 500 m²). Para las fuentes de bosque natural, se aconseja utilizar este tipo de parcelas.

Una vez se decide el número y localización de las parcelas, se elige un árbol como eje central de la parcela. En este ejemplar se ubica una persona con una cinta métrica o una cuerda marcada a escala métrica y otra va llevando el

otro extremo de la cinta; este se moverá en sentido de la manecillas del reloj y procede a evaluar todos los árboles que se encuentran dentro del círculo delimitado.

La evaluación de los árboles es una valoración de la calidad fenotípica, asignándoles un número de acuerdo con los siguientes criterios:

- Clase 1 : Árboles excelentes (dominantes o codominantes, rectos, sin bifurcaciones, ramas delgadas y horizontales, sanos, vigorosos, fuste cilíndrico y sin acanalamientos). Conformarán la mayoría de la fuente semillera una vez realizado el raleo.
- Clase 2 : Árboles buenos (dominantes o codominantes, sin bifurcaciones bajas, con leves sinuosidades en su fuste, sanos, vigorosos, ramas no tan gruesas). Algunos o todos podrían permanecer después del aclareo en la fuente si no existen suficientes en la categoría anterior.
- Clase 3 : Árboles indeseables (suprimidos, enfermos, con defectos en el fuste, acanalamientos, ramas gruesas). Todos deben ser eliminados en el primer aclareo.

Es importante recalcar que los criterios de selección y calificación, deben estar en función del uso final de las plantaciones y se deben concentrar en aquellas características que estén bajo mayor control genético, como forma del fuste, bifurcación, hábito de ramificación, longitud de fibra y densidad básica. Otros caracteres como el crecimiento en altura o volumétrico, están más influenciados por el ambiente (suelo, clima, competencia).

Aparte de la evaluación fenotípica, se deben tomar mediciones de el DAP de todos los árboles y la altura de los cinco o diez árboles dominantes dentro de la parcela. Esto se utilizará como un indicador del crecimiento de los árboles en el sitio.

Un formato para llevar a cabo esta labor de muestreo, se presenta en el Anexo 1.

8.0 DESCRIPCION Y CROQUIS DE LAS FUENTES SEMILLERAS

Cuando una fuente ha sido seleccionada como fuente semillera, debe elaborarse un croquis y la descripción. Se debe tratar de obtener información sobre el origen de la semilla de la fuente (plantación).

La descripción de la fuente debe contener información relacionada con la taxonomía de la especie, localización geográfica y político-administrativa, clima y sobre la misma fuente (densidad, natural o plantada, área, calidad, intervenciones, etc.).

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

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

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

9.0 LITERATURA CITADA

BARNER, H. (1973). Clasification of sources for procurement of forest reproductive material. Report FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement. Kenya, pp 110-138

LAURIDSEN, E.B.; OLESEN, K. (1994). Identification, establishment and management of seed sources. Danida Forest Seed Centre. Lecture Note B-2. Denmark. 20 p.

MESEN, F. (1994). Establecimiento y manejo de rodales semilleros. In Memorias Curso Nacional sobre Selección, clasificación y manejo de fuentes semilleras, 27-30 de setiembre, 1994. República Dominicana. 13p.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. (1984). Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, New York. 505 p.

VIII. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE RODALES SEMILLEROS

Por: Francisco Mesén *

1.0 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 semilleros ¹. 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):

* Genetista Forestal, PROSEFOR/CATIE, Costa Rica.

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).

- 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 de la copa.
- iii) Se obtiene semillas de fuentes reconocidas. En el caso de especies introducidas, se favorece el desarrollo de razas locales, adaptadas a los sitios potenciales de plantaciones.
- iv) Se concentran las operaciones de recolección en un área pequeña, lo cual baja los costos y facilita la organización y control.

2.0 SELECCION DE RODALES

La selección de rodales semilleros implica la explotación a nivel nacional para identificar el ó los mejores rodales en cada zona o región de procedencia. Un rodal con potencial es aquel que presenta características fenotípicas y densidad tales que permiten 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 una ha o menos supla toda la semilla que necesita.

Los rodales densos (más de 400 árboles ha) 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 genotípicas por las cuales se esta seleccionando. En algunos casos puede ser conveniente iniciar el manejo del rodal a edades juveniles, aún cuando no se ha iniciado la producción de semillas. Esto tienen las ventajas de que existe una mayor 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 exceso especialmente durante la época de cosecha de semillas, es mejor desecharlo aunque presente buenas características fenotípicas (Salazar y Boschier, 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. Así mismo, es importante considerar la anuencia del dueño a manejar el rodal y su disposición e 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 semillas pequeñas (e.g. *Eucalyptus*), ya que semilla de uno o pocos árboles es suficiente para establecer grandes áreas de plantación. Así mismo, es importante conocer con certeza el origen ² y la procedencia ³ 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 existe 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.

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.

Algunos tipos de unidades experimentales también permiten su conservación en rodales semilleros. Este es el tipo de rodal semillero menos deseable, ya que generalmente el número de árboles es demasiado pequeño y el rodal resultante tiene una distribución inapropiada (por la eliminación de tratamientos completos). Tienen la ventaja de que, si se ha utilizado un diseño experimental apropiado, la variación fenotípica es un buen reflejo de 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.

3.0 ACLAREOS

El mejoramiento del rodal implica la remoción de todos los individuos de la clase tres y tantos de la clase dos como sea necesario para lograr la densidad final deseada. En un rodal con suficientes árboles de la clase uno (75-150 ha/1), se eliminarán todos los individuos de las clases dos y tres. Estos árboles se deben marcar 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 de 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 aun sino se cosecha semilla de sus 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 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 tres, 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 período de dos o más años. En rodales que ya han sido raleados, es posible que una sola intervención sea suficiente para obtener la densidad final deseada.

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).

4.0 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 de un rodal.
- ii) Mantenimiento de una franja de árboles en el sitio de entrada del viento, en el cual también se eliminan los fenotipos inferiores, pero no se utilizan 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 debería inicial al mismo tiempo que se inicia el mejoramiento del rodal. Tendría poco sentido invertir el tiempo y esfuerzo en el desarrollo de un rodal de excelente calidad fenotípica, si gran parte del polen proviene de árboles externos de calidad exterior.

5.0 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; así mismo, 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.

6.0 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 influencia en la respuesta de los árboles a los fertilizantes. Además, para la mayoría de las especies forestales tropicales no existe información a cerca de épocas, dosis y fórmulas de los fertilizantes utilizados. Gran parte de los trabajos de fertilización han sido desarrollados para huertos semilleros y para otras regiones, por lo cual no se puede hacer extrapolaciones confiables. Sin embargo, para una gran cantidad de especies, se sabe que con 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 (Lamberth, 1992).

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

La necesidad de fertilización deberá dedicarse en cada caso en particular, basada en muestreos y análisis del suelo; hasta cuando no hayan recomendaciones específicas, se debe tratar básicamente de eliminar deficiencias evidentes que puedan afectar el crecimiento y el vigor de los árboles del rodal.

7.0 METODOS PARA INDUCIR FLORACION

Se han utilizado una serie de tratamientos para tratar de acelerar y aumentar la floración y la producción de semillas, aunque la mayoría de ellos dirigidos a huertos semilleros. Entre los más comunes están el anillamiento y estrangulamiento, la poda de las copas y la aplicación de giberelinas⁴. Para algunas latifoliadas, el anillamiento da buenos resultados, siempre y cuando se realicen 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 *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.

8.0 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 el Anexo 1). Se debe completar un formulario por parcela al momento de evaluar el rodal.
- ii) Registro de rodales semilleros, con información botánica, climática y geográfica del sitio, detalles del rodal y del propietario. Se debe completar un único formulario al momento de seleccionar el rodal.

⁴ Dick, J. McP. 1974. *Institute of Terrestrial Ecology, Escocia, comunicación personal.*

- 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.

9.0 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.

10. BIBLIOGRAFIA

BARNER, H. (1973). Classification of 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 pro-

ductivity 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). Estimation 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.

QUIROS, 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. (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.

IX. CLASIFICACION DE FUENTES DE PRODUCCION DE SEMILLAS FORESTALES

Por: Francisco Mesén *

1.0 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,

* *Genetista Forestal, PROSEFOR/CATIE, Costa Rica.*

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.

2.0 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 las principales causas del fracaso en muchos programas de reforestación.

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

2.1 Huerto Semillero Genéticamente Comprobado (HSC)

Un huerto semillero es una plantación de clones o progenies que han sido seleccionados intensivamente con base en ciertas características de importancia económica, 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 respaldo de pruebas de progenies establecidas y evaluadas en los sitios potenciales de plantación, y que ha sido sometido a los aclareos genéticos necesarios para 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 de ramets (o individuos), número mínimo de clones (o familias) y distribución de los ramets dentro del huerto.

2.2 Huerto Semillero No Comprobado (HSNC)

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

2.3 Rodales Semilleros (RS)

Los Rodales Semilleros pueden ser rodales plantados o naturales, aislados o manejados para reducir contaminación de polen de árboles inferiores y que han sido sometidos a aclareos de mejoramiento para dejar 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 semillas 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 una hectárea; 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 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 puede pasar a las categorías anteriores.

2.4 Fuentes Seleccionadas (FS)

Estas son rodales que no cumplen con uno o varios de los requisitos establecidos para los Rodales Semilleros, principalmente porque presentan problemas de aislamiento, porque contienen menos de 75 árboles aceptables por hectárea o porque aún no han sido sometidos a los aclareos de depuración (contienen más de 200 árboles por hectárea). Aun así, para ser aceptados dentro de esta categoría, deben poseer una base genética amplia, un área mínima de 1 hectárea e igualmente, una densidad tal que permita obtener un mínimo de 75 árboles por hectárea, o al menos un 50% de éstos 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 llevara a cabo las acciones correspondientes.

2.5 Fuentes Identificadas (FI)

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

En este grupo se encuentra 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.

X. SISTEMA DE REGISTRO NACIONAL DE FUENTES SEMILLERAS

*Por: Luis Fernando Jara N. **

1.0 INTRODUCCION

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

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

En la mayoría de los países tropicales, el registro y la certificación de semillas y en general de material reproductivo vegetal ha sido canalizado con todo esfuerzo hacia especies agrícolas especialmente a granos básicos, café, caña, cacao, entre los más destacados.

* Asistente Técnico, PROSEFOR/CATIE, Costa Rica

Aún más, en algunos países como El Salvador, existen compañías privadas que han sido autorizadas por el Gobierno para que certifiquen semillas de granos básicos.

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

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

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

2.0 PERSPECTIVAS

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

Por ejemplo, la estimación de áreas para plantación en América Central y República Dominicana entre 1987 y 1992, basada en los planes de acción forestal disponibles, ascendió a 170.000 ha, siendo una tercera parte para el año 1992. Estas cifras son relevantes y de consideración para el desarrollo del sector forestal regional, teniendo en cuenta que el área total reforestada en la región no supera las 300.000 ha. No obstante, no se logró cumplir con estas metas anuales debido a implicaciones económicas, sociales, políticas y técnicas (Jara, 1994).

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

3.0 EL REGISTRO NACIONAL DE FUENTES SEMILLERAS

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

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

- Tener un inventario nacional y la información pertinente de cada una de las mejores fuentes semilleras.
- Facilitar al usuario de la semilla su obtención y utilización.
- Garantizar a los reforestadores material genético de mejor calidad para una zona biogeográfica dada.

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

El listado contiene además, el nombre científico de la especie, la procedencia y/o origen (sitio, municipio/cantón, departamento/provincia), la clasificación según su calidad genética (Mesén, 1994), el nombre del propietario y el área total. Cada fuente además, posee en forma separada un formulario sobre descripción de la fuente, en donde se incluye información taxonómica, geográfica, climática y silvicultural (tipo, densidad, intervención, grado de aislamiento, entre otros) (ver formulario sobre descripción de fuentes semilleras).

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

4.0 PROCESOS PARA ESTABLECER EL REGISTRO

En primera instancia, el Banco de Semillas debe establecer con criterios claros y objetivos las especies que está interesado en registrar con base en el programa nacional de reforestación o demanda de material vegetal forestal. Una vez definidas las especies, se debe anunciar al público en general sobre el interés

que tiene el Banco por recolectar y producir semilla de las especies determinadas, para así recibir información sobre fuentes candidatas para entrar en el proceso de identificación, evaluación y selección.

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

En caso de no llenar los requerimientos técnicos básicos, se le informará de inmediato al propietario; si cumple con las normas establecidas, entra en el proceso de evaluación y selección, que está explicado por Jara (1995) y Mesén (1994) respectivamente. En esta fase se completan los formularios de evaluación de calidad y de descripción de fuentes semilleras. La evaluación y calificación servirá para tener un criterio objetivo y comparar con otras fuentes de la misma especie dentro y entre zonas biogeográficas.

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

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

5.0 FUENTES SELECCIONADAS

Las fuentes seleccionadas se clasifican dentro de las siguientes categorías (Mesén, 1994):

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

El orden está presentado en forma descendente, de la mejor calidad genética (HSGC) a la menor calidad (FI), pero esta última a su vez mejor que el promedio de la región sin selección. Las características de cada una de estas categorías está ampliamente explicado por Mesén, (1994).

6.0 VENTAJAS DEL REGISTRO

Brevemente se pueden resumir de la siguiente forma:

1. Mantiene la identidad de la semilla y del material vegetativo, lo que permite volver a utilizar el material dependiendo de sus resultados.
2. Asegura al usuario de la semilla la calidad de la misma, ya que éste no puede observar las diferencias genéticas a simple vista; éstas se notarán a largo plazo.
3. Además de la procedencia, informa sobre las características que se han mejorado.
4. Uniformiza la información general (formulario) y los precios dentro de las mismas categorías.

7.0 DESVENTAJAS DEL REGISTRO

Se pueden resumir así:

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

8.0 CONCLUSION

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

9.0 BIBLIOGRAFIA

DANIDA. (1991). Apoyo a la producción de semillas forestales en América Central. Informe de análisis, febrero de 1991. Uso oficial, Danida ref. No. 104, América Central. 41 p.

JARA, L.F. (1995). Identificación y selección de fuentes semilleras. Curso Nacional sobre identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. CONIF - CATIE -PROSEFOR. Bogotá, Colombia. Junio 27 a 30 de 1995.

JARA, L.F. (1995). Objetivos y proyecciones del PROSEFOR. Curso Nacional sobre identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. CMG-BSF - CATIE - PROSEFOR. La Leona, León, Nicaragua. Marzo 20 - 24 de 1995. p: 1-10

MESEN, F. (1995). Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales. Curso Nacional sobre identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. CONIF -CATIE - PROSEFOR. Bogotá, Colombia. Junio 27 a 30 de 1995.

XI. PROGRAMA DE CERTIFICACION FORESTAL EN COSTA RICA

Por: Ana L. Guevara F. *

1.0 INTRODUCCION

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

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

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

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

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

* Directora Ejecutiva Oficina Nacional de Semillas de Costa Rica.

Los programas de certificación son ejecutados por profesionales especializados en el área, y para cada cultivo o especie se cuenta con un Comité Calificador de Variedades o un Comité Asesor, que funge como órgano consultivo de la ONS en aspectos relativos a la reglamentación técnica para la producción de semilla, la inclusión o exclusión de materiales en el registro de variedades comerciales y sobre diversos aspectos técnicos relativos a la producción de semilla del respectivo cultivo o especie.

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

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

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

2.0 DESARROLLO DEL PROGRAMA

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

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

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

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

A esta fecha, el CACH ha inscrito 10 fuentes semilleras de *Gmelina arborea*, lo que representa un área total aproximada de 11 ha. Se estima una producción de 3.500 a 4.000 kg de semilla a partir de estas fuentes.

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

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

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

3.0 CERTIFICACION FORESTAL

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

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

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

Algunos puntos importantes que se presentan en el reglamento son:

3.1 Definición de categorías

Certificada y Autorizada.

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

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

- *Autorizada Tipo A:* Semilla obtenida de huertos semilleros no comprobados.
- *Autorizada Tipo B:* Semilla obtenida de rodales semilleros que cumplen todos los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico.
- *Autorizada Tipo C:* Semilla obtenida de fuentes semilleras que no cumplen con alguno de los requisitos establecidos para la semilla Autorizada Tipo B.

3.2 Requisitos de la fuentes semilleras

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

3.3 Inspecciones de campo

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

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

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

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

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

4.0 COORDINACION INTERINSTITUCIONAL

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

4.1 Un convenio con el Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, donde éste se compromete, entre otras cosas, a:

- Aportar un profesional de tiempo completo para la coordinación del Programa de Semillas Forestales.
- Promover, coordinar y ejecutar un programa de investigación, orientado principalmente hacia la tecnología de semillas y el mejoramiento genético forestal.
- Dar apoyo y colaboración administrativa, legal y técnica a todas las gestiones que realice la ONS, tanto a nivel central como regional.
- Condicionar el otorgamiento de los incentivos para la reforestación al uso de semillas y plántulas certificadas, en la medida en que se incremente su disponibilidad.

4.2 Una Carta de Entendimiento con el Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR, CATIE/Danida).

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

- El establecimiento del Registro Nacional de Productores de Semillas.

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

Cabe señalar que en este proceso también han estado involucrados profesionales del Instituto Tecnológico de Costa Rica, quienes han participado activamente en la elaboración del Reglamento Técnico. También, se han establecido contactos con empresas y organizaciones forestales importantes como Ston Forestal, CODEFORSA y APAIFO.

5.0 PERSPECTIVAS DEL PROGRAMA

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

XII. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE RODALES SEMILLEROS EXPERIENCIA EN COLOMBIA

Por: Norha Isaza Perez *

1.0 INTRODUCCION

Es necesario entender el afán de las grandes empresas reforestadoras mundiales por desarrollar complejos y costoso programas de mejoramiento genético, orientados a la obtención de material reproductivo genéticamente mejorado. Esfuerzos que se ven compensados entre otros, por la consecución de plantaciones más homogéneas, sanas, vigorosas, con turnos de rotación más cortos, que redundan en grandes beneficios económicos y de competitividad, al alcanzar una mayor calidad en sus materias primas y una alta eficiencia en sus procesos de transformación, convirtiéndolos en empresas de clase mundial.

De ahí la urgente necesidad de concientizar a todos los pequeños y grandes inversionistas forestales, para la utilización de semilla de mejor calidad en sus programas de reforestación, tanto de especies nativas o exóticas, coníferas o latifoliadas y así aumentar la productividad de las plantaciones, permitiéndoles alcanzar ganancias constantes.

Lo anterior, exige la aplicación del mejoramiento genético forestal, como una herramienta adicional de la silvicultura y que presenta dos alternativas para la producción de semilla mejorada a corto o largo plazo, los **rodales** y los **huertos semilleros**.

* Ingeniera Forestal de Smurfit Cartón de Colombia

2.0 RODAL SEMILLERO

2.1 Definición

Es una plantación, estudio o rodal natural que por presentar características deseables en cuanto a forma, crecimiento y sanidad de los árboles, es manejado para producir semilla. Aquí los individuos de baja calidad se eliminan y sólo se conservan los mejores progenitores para cruzarlos, éstos son seleccionados sólo por sus cualidades fenotípicas y rara vez son sometidos a pruebas de progenie¹.

Esta es una alternativa rápida pero temporal para el abastecimiento de semilla, busca mejorar su calidad genética y reducir los costos de recolección. Estas áreas se excluyen a medida que se cuenta con semilla genéticamente mejorada proveniente de huertos semilleros. La intensidad de selección es mucho menor 1:10, por tanto su valor genético es más reducido. Una parte de la ganancia que se obtiene se debe a la selección del rodal y la otra a la selección de los árboles dentro del rodal.

2.2 Atributos

Poseen tres atributos:

- La semilla cosechada tiene mejores calidades genéticas que la obtenida a partir de rodales comerciales, especialmente en características de adaptabilidad, rectitud del fuste, condición de la copa y resistencia a las plagas.
- Permite el desarrollo de razas locales introducidas.
- Son fuente confiable de semilla bien adaptada a un costo moderado².

2.3 Tipos

- Rodales Semilleros en bosque natural
- Rodales Semilleros en plantación
- Rodales Semilleros parcelas experimentales

¹ BOSHIER, D y SALAZAR R. 1991. *Establecimiento y Manejo de Rodales Semilleros de Especies Forestales. En Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal con Referencia Especial a América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 53-68*

² TALBERT, J y ZOBEL, B. 1989. *Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. 1a. ed. México, Limusa. p. 197-200.*

2.4 Establecimiento

2.4.1 Selección del sitio

El rodal debe tener edad suficiente como para producir semilla

Los árboles seleccionados deben presentar:

- Copas dominantes o codominantes para que puedan producir grandes cosechas.
- Vigor alto
- Fuste recto
- Ramas delgadas
- Buena poda natural
- Libre de plagas y enfermedades
- Sin bifurcaciones
- Que exhiban potencial para una buena producción de frutos

Topografía que permita el manejo intensivo del mismo y de fácil acceso.

2.4.2 Entresaca

Se debe considerar el momento más adecuado para su ejecución, ya que esto determina el año en que el área producirá la primera cosecha comercial, debido al tiempo requerido por el árbol para desarrollar una copa vigorosa grande. Otro aspecto importante es el cuidado extremo para realizar dicha operación, debido a que el daño que sufran los árboles como productores de semilla pueden causar su degeneración .

Durante la primera entresaca no se deben eliminar todos los árboles indeseables. Es necesario programar varias entresacas hasta dejar el rodal en la condición óptima, para evitar un impacto ambiental brusco que pueda provocar el volcamiento, secamiento o la quebradura de copas por el viento.

Para asegurar una adecuada polinización, se recomienda conservar entre 100 y 125 árboles/ha, claro que el número óptimo de árboles depende del tamaño del árbol y de la intensidad de selección, de ahí que entre 50 y 75 árboles/ha, después de la última entresaca, sería apropiado .

ANDERSON, E. 1963. *Seed Stands and Orchards in the breeding of conifers*. Estocolmo, Swcic, 1st World Consul. *On for. Gen and free Impr.* p. 180 - 183

⁴ DYER, W.G. 1964. *Seed Orchards and Seed Productions Areas in Ontario*. In 9th Meeting of Comm. For tree breeding in Canadá. Montreal, Canadá. p. 23 - 28.

Otro aspecto importante, es que las copas de los árboles remanentes deben quedar expuestas a plena luz solar, por lo menos, en tres de sus lados.

3.0 HUERTO SEMILLERO

3.1 Definición

Es una plantación de clones o de progenies seleccionadas que se aísla para evitar o reducir la polinización a partir de fuentes contaminantes. Este se maneja intensivamente para producir frecuentes cosechas de semilla abundante y fácilmente obtenible, con la mayor ganancia genética en un lapso de tiempo corto .

Los huertos han permitido alcanzar ganancias significativas en los aspectos de forma del árbol, adaptabilidad, resistencia a enfermedades, crecimiento y propiedades de la madera.

3.2 Tipos

3.2.1 Huerto Semillero Clonal (HSC).

Establecido a partir de propágulos vegetativos, tales como: injertos, estacas, nodos aéreos, plántulas obtenidas por cultivo de tejidos u otros métodos .

Es el que más se utiliza operativamente. En éstos el riesgo de autofecundación es mayor, si los rametos de un mismo clon no están bien separados o por el empleo de pocos clones, por ejemplo menos de 10.

3.2.2 Huerto Semillero de Plántulas (HSP).

Se establece mediante la siembra de plántulas propagadas sexualmente, seguida de una depuración posterior que elimina los árboles indeseables, dejando los mejores árboles de las mejores familias para la producción de semilla. En estos la autofecundación sólo puede ocurrir en el árbol individual, que es lo que ocurre en el injerto individual, en los HSC. Debe tenerse mucho cuidado para que las familias emparentadas estén espaciadas adecuadamente, a fin de evitar cruza entre dichos individuos .

⁵ TALBERT, J. y ZOBEL, B. 1988. *Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales*. 1a ed. México, Limusa. 545 p. 202 - 235.

⁶ *Ibid.* p. 71; 203 - 209

3.3 Clasificación

Se clasifican de acuerdo con la generación, según los ciclos de mejoramiento que representen 1a, 2a, 3a o generación avanzada.

Los huertos de primera generación resultan de la selección de árboles individuales en rodales naturales o en plantaciones no mejoradas.

Cuando estos huertos se someten a pruebas de progenie, y los resultados que se deriven del ensayo sean aplicados a través de la depuración genética del huerto (eliminación de los fenotipos inferiores), éstos se convierten en huertos de segunda generación.

En generaciones avanzadas, la población base es con más frecuencia una prueba genética consistente en la descendencia de los árboles progenitores seleccionados en la generación anterior.

3.4 Establecimiento

3.4.1 Reproducción del material

Una vez sean seleccionados los árboles plus en el campo, se procede a propagarlos vegetativamente. Uno de los métodos más comunes es el injertado de las yemas o púas del ortet, colectadas del tercio superior de la copa, sobre patrones, en lo posible, de la misma especie, que presentan una altura y diámetro promedio de 60 y 1.0 cm respectivamente.

Los tipos de injertos más comunes en los pinos, son el lateral y el de tope, con un prendimiento del 40 y 50%, en su orden.

El tiempo aproximado para llevar los injertos exitosos al campo, es de cinco meses, distribuidos así: cuatro meses a la sombra y un mes expuesto al sol.

Otro método de propagación más sencillo y menos costoso, es a través del enraizamiento de estacas, con la desventaja que en la gran mayoría de las especies forestales son difíciles de enraizar.

⁷ *Ibid.* p. 204 - 208

⁸ *Ibid.* p. 449 - 500

⁹ NIENSTAEDT, Hans. *Injertado de árboles superiores. En: Memoria Mejoramiento Genético y plantaciones forestales. Chapingo (Méx.): Centro de Genética Forestal, 1990. p. 59 - 66*

3.4.2 Selección del sitio

- Ante todo debe comprobarse que el área tenga una conocida capacidad de producción temprana, importante y confiable de semilla para la especie de interés, lo cual depende de los requerimientos ecológicos y geográficos de cada especie.
- Topografía plana, que permita la mecanización de todas las actividades tanto de preparación del terreno y de mantenimiento, como son: arado, rastrillado, subsolado, control químico de malezas y recolección de semilla.
- Buena accesibilidad.
- Disponibilidad de equipos y mano de obra.
- Suelos con fertilidad promedia, texturas limosas a limo-arenosas, sobre subsuelos areno-arcillosos, con buena profundidad efectiva y propiedades físicas que permitan su manejo intensivo.
- Evitar condiciones climáticas extremas, como son nubosidad o neblina constante y vientos fuertes.
- Cerca a fuentes de agua, que faciliten el riego y la protección contra incendios.
- No debe ubicarse en las partes más frías del área de distribución natural de la especie, ya que esto incide negativamente en la producción de flores.
- Procurar que el área tenga forma cuadrada, lo cual mejora la efectividad en la polinización.
- Considerar el riesgo de factores ambientales adversos, como son: heladas, granizos y sequías extremas.
- Planeación adecuada y anticipada del huerto, que permita eliminar cualquier riesgo de pérdida del terreno como consecuencia de futuras construcciones civiles ¹⁰.

¹⁰ LAMBETH, C. 1991. Huertos semilleros In *Manual sobre Mejoramiento sobre Genético Forestal con Referencia Especial a América Central*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 91 - 105

3.4.3 Tamaño

Está determinado por la cantidad de semilla requerida para una operación forestal eficaz y de la disponibilidad de fenotipos apropiados para ser seleccionados. Varía con la especie, la localización, la disponibilidad de semilla de otras fuentes así como sus costos; por tanto la estimación del tamaño es compleja y requiere conocer:

- Capacidad de la especie para producir semilla.
- Número de frutos y número de semillas viables por fruto y por unidad de área.
- Manejo de la semilla en el banco y en el vivero.
- Relación semilla - plántula que se obtendrá en el vivero.
- Exceder los requerimientos, por los menos en un 30%, como margen de seguridad por pérdidas o fracasos en la producción de semillas.

3.4.4 Aislamiento

Las áreas de producción de semilla deben estar protegidas de la introducción de polen extraño. Las pérdidas económicas debido a la contaminación por polen no deseado, pueden ser considerables.

En el caso de las coníferas, cuya polinización es anemófila, los investigadores recomiendan una barrera de aislamiento de por los menos 200 metros, entre el huerto y los rodales cercanos de la misma especie o de otras especies con las cuales puede hibridizar; aunque los estimados de contaminación con polen varían grandemente, no es raro encontrar nivel es entre 33 y 75% en huertos localizados cerca de rodales de la misma especie¹².

Para las latifoliadas, aún no están bien estudiadas las distancias efectivas de dispersión del polen, de ahí que la medida más sana es mantener lo más lejos posible las áreas semilleras de las fuentes de polen contaminante, desconociéndose también la distancia a la cual el polen puede ser transportado por los insectos, en el caso de las especies entomófilas, y los patrones de comportamiento de cada insecto.

Además, las zonas de dilución deben mantenerse entre huertos de diferentes regiones fisiográficas y entre los de generación avanzada y temprana.

¹¹ TALBERT y ZOBEL. *Op. cit.* p. 214 - 216

¹² LAMBETH. *Op. cit.* p. 91 - 105

3.4.5 Preparación del terreno

Cuando la topografía del terreno y el uso previo del suelo lo permiten, se procede a la mecanización de las actividades de preparación del lote con operaciones tales como: arado, rastrillado, subsolado y control químico de malezas entre otros.

3.4.6 Diseño

Este puede ser al azar o sistemático, el primero evita patrones repetidos de proximidad de ciertos grupos clonales, que originan después de la entresaca un espaciamiento irregular, además requiere de un programa de computador. A su vez el diseño sistemático presenta la ventaja de que logra un buen balance en el número de rametos/clon, son sencillos de establecer, facilitan el movimiento desde el rameto de un clon a otro. No obstante, puede causar problemas después del aclareo genético, ya que los mejores árboles necesariamente no se ubican sistemáticamente, quedando grandes espacios¹⁴.

Sin importar que diseño se elija, debe asegurarse que se reduzca al mínimo las cruas emparentadas y estimular la polinización al azar, para así aumentar el vigor híbrido de la progenie.

Cada clon debe representarse mediante frecuencias aproximadamente iguales por unidad de área.

En los Huertos Semilleros Clonales (HSC) de primera generación, el número de clones a utilizar debe garantizar una base genética amplia, una vez que ha terminado la depuración del huerto. Por lo tanto se recomienda utilizar ni menos de 30 ni más de 40 clones, así como una distancia mínima de 30 m entre rametos del mismo clon o entre individuos emparentados. Las ganancias obtenidas con demasiados clones, disminuyen sensiblemente, debido a una baja diferencial de selección¹⁵.

Los diseños de huertos de las especies dióicas, consisten en polinizadores masculinos rodeados por un grupo de individuos femeninos. La dificultad estriba en cómo deben disponerse los individuos femeninos para evitar cruas emparentadas.

Para las especies entomófilas, como es el caso del *E. grandis*, es mucho más complejo la recomendación de algún sistema, ya que todo depende del insecto y sus hábitos.

¹⁴ LAMBETH. *op. cit.* 91 - 105

¹⁵ TALBERT y ZOBEL. *Op. cit.* p. 216 - 235

Para el diseño del huerto se requiere la siguiente información:

- Número de clones
- Espaciamiento inicial, la mayoría se establecen a 10 x 5 m ó 10 x 10 m.
- Mapa del área con las posiciones marcadas.
- Definir la distancia mínima recomendable entre los rametos del mismo clon.
- Programa de computador si es al azar.
- Considerar que después de la depuración quedarían entre 10 y 15 clones y entre 50 y 60 árboles/ha, que constituirán el huerto final¹⁶.

3.4.7 Siembra

De acuerdo con el diseño del huerto, se procede a distribuir los clones en el campo. Al momento de plantar, es necesario podar las raíces a las plántulas, haciendo 3 cortes laterales y uno de fondo de 2 cm de espesor, esto para evitar malformaciones de las raíces que pueden causar la muerte o volcamiento a los 3 o 4 años de establecido.

3.4.8 Fertilización

Cada árbol se fertiliza en corona, con los productos recomendados según el análisis del suelo.

3.4.9 Resiembra

En los huertos es posible resembrar los árboles muertos o faltantes hasta el tercer año. Las causas de pérdida del material pueden deberse a incompatibilidad si se trata de injertos, daños mecánicos, ataque de plagas o enfermedades, entre otras.

4.0 MANEJO

Es bastante complejo, ya que tanto los huertos como los rodales deben manejarse intensivamente. Los métodos más adecuados varían con la especie, la localización y las condiciones existentes año tras año.

Las prácticas culturales más comunes son:

- **Elaboración de un buen mapa:** que muestre la identificación y ubicación exacta de cada árbol.

¹⁶ LAMBETH. *Op. cit.* p. 91 - 105

- **Construcción de cercos y cortafuegos:** para evitar la entrada de animales y reducir las posibilidades de incendios.
- **Drenajes:** para evitar encharcamientos que puedan afectar el buen desarrollo de los árboles.
- **Fertilización:** basada en análisis de suelos y foliares. El mejoramiento del suelo busca mantener el vigor de las plantas y promover la floración. Algunos autores afirman que las aplicaciones de nitrógeno y fósforo promueven la floración en casi todas las especies, especialmente en algunas latifoliadas.

Además, es muy importante mantener el pH al nivel exigido por la especie, ya que éste tiene un efecto directo sobre muchas reacciones que ocurren en el suelo, en el comportamiento de las raíces y los organismos del suelo. El pH varía con la especie, para la mayoría de las coníferas el rango va de 5.5 a 6.5, para algunas latifoliadas éste es mayor.

Aunque hace falta información sobre niveles, época de aplicación y relación costo/beneficio, se recomienda que para obtener una floración inmediata y abundante, debe aplicarse el fertilizante poco antes de que se inicie la formación de las yemas florales.

- **Control de malezas:** en forma química, manual o mecanizada. Además de favorecer el mantenimiento del césped, permite utilizar mejor los fertilizantes al reciclar los nutrientes a los árboles. En las franjas de árboles se deben eliminar todas las malezas con herbicida, para evitar la competencia por nutrientes y la pérdida de los frutos al caer al suelo.
- **Control de insectos y enfermedades:** se recomienda mantener una constante vigilancia del estado fitosanitario de los huertos y rodales, que permita detectar a tiempo algún ataque de insectos o de patógenos, para su pronta identificación y así estar preparados para prevenirlo o controlarlo adecuadamente. Los insectos de las flores y los frutos pueden reducir la producción dramáticamente e incluso destruir la cosecha.
- **Recolección de semillas:** el método depende de la especie, por ello es imperativo estudiar la biología reproductiva y los métodos de cosecha, ya que si éstos son inadecuados, así como su procesamiento se puede perder la cosecha.

¹⁷ KELLISON, R.C. 1971. *Seed Orchards Management. In 11 th Congress on South. For tree Impr. Atlanta, USA. p. 166 - 172.*

¹⁸ TALBERT y ZOBEL. *Op. cit. p. 219 - 229*

- **Podas:** si son injertos es necesario podar las ramas del patrón para prevenir errores en la identificación del injerto y evitar la producción de polen de ramas no deseables. A medida que los árboles crecen se deben podar las ramas inferiores para facilitar las otras actividades.

En el caso de que se pode la copa, ésta no debe ser excesiva, ya que se puede promover el crecimiento vegetativo y no la actividad sexual. En esta actividad debe utilizarse una segueta o sierra de podar.

- **Registros:** son la base de las recomendaciones presentes y futuras. Cada árbol debe marcarse, para facilitar operaciones tales como: recolección de frutos, control de la polinización, aplicación de hormonas u otros tratamientos especiales.

Es necesario registrar todas las actividades que se realicen, así es más fácil controlar la eficiencia en la producción de semilla y anotar los factores que posiblemente hayan afectado negativa o positivamente dicha producción.

En los huertos semilleros además de las prácticas descritas, es necesario considerar otras actividades, como son:

- **Riego:** sólo se utiliza en las primeras etapas, para mantener el crecimiento y vigor óptimos y favorecer la formación de copas grandes con más sitios potenciales para la floración.

Cuando los árboles son sexualmente maduros, el riego promueve el crecimiento vegetativo a expensas de la actividad reproductiva.

- **Subsolado:** Se recomienda tanto antes como después del establecimiento del huerto. Es esencial en suelos que originalmente fueron cultivados o pastoreados, ya que suelen tener problemas de compactación.

Una vez establecido el huerto se practica el subsolado en dos costados del árbol. Aproximadamente dos años después, el proceso se repite en ángulo recto a la dirección original. Un disco vertical debe anteceder al subsolador, de modo que las raíces superficiales sean cortadas y no se desgarren a nivel del cuello. Se hace poco antes del inicio de la floración.

- **Vegetación de cobertura:** las calles del huerto se deben cubrir con césped, para prevenir la erosión y reducir la compactación.
- **Polinización suplementaria:** puede hacerse en forma manual, así como cruces controlados utilizados en muchos huertos para ensayos de progenie.

- **Inducción de Floración:** se conocen varios tratamientos para acelerar el tiempo de floración y acortar el ciclo de cruzamiento, como son las aplicaciones de ácidos giberélicos, estrés hídrico moderado, subsolación, anillamiento parcial del fuste principal o de las ramas.

5.0 RENDIMIENTOS

Como se ha venido diciendo, el manejo de los huertos y rodales semilleros debe ser muy intensivo, de ahí que sea costoso, ya que exige entre otras la utilización de mano de obra calificada para desarrollar las diferentes actividades.

5.1 Establecimiento

5.1.1 Entresaca

Un sierrero calificado alcanza a derribar entre 15 y 20 árboles/día, previamente desramados. Esto para reducir al mínimo los daños a los árboles remanentes.

5.1.2 Preparación del Terreno

- Arado 1.0 ha/h-m/d
- Rastrillado 4.0 ha/h-m/d
- Subsulado 2.5 ha/h-m/d
- Aplicación de herbicida 8.0 ha/h-m/d
- Construcción de cortafuegos 40 m/h/d (de 3 m de ancho)
- Quema controlada 0.5 ha/h/d

- Trazado 122 sitios/h/d (distancia de siembra de 10 x 5 m)
150 sitios/h/d (distancia de siembra de 6 x 6 m)
110 sitios/h/d (distancia de siembra de 10 x 10 m)
- Hoyado 80 hoyos/h/d (40 x 40 cm vaciados)

5.1.3 Siembra

60 árboles/h/d (incluidas las labores de distribución de los árboles y poda radicular).

5.1.4 Fertilización

Doscientos (200) árboles/h/d (localizado en corona, alrededor del árbol).

5.2 Manejo

5.2.1 Construcción de Cercos

40 m/h/d (postes cada 2.50 m y tres cuerdas de alambre).

5.2.2 Construcción de Drenajes: 40 m/h/d.

5.2.3 Control de Malezas

Química : 0.25 ha/h/d (aquí se debe incluir el rendimiento del producto, el cual se estima en 0.7 gl/ha.

Manual : 0.2 ha/h/d

Mecanizada : 1.5 ha/h-m/d

5.2.4 Fertilización

150 árboles/h/d (localizado en corona, alrededor del árbol.

5.2.5 Subsulado: 1.6 ha/h-m/d.

5.2.6 Podas: 75 árboles/h/d (de la copa).

5.2.7 Polinización Manual

Entre 18 - 20 clones/h/d. Cada clon con un promedio de diez flores receptivas.

5.2.8 Aplicación Giberelina (Ga 4/7)

Inyección : 60 árb/ha/d

Tópica : 44 árb/ha/d

5.2.9 Recolección de Semilla

56 g de conos/h/d para pinos.

44 Kg de cápsulas/h/d, para los eucaliptos

6.0 BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, E.** (1963). Seed Stands and Seed Orchards in the breeding of conifers. Estocolmo, Swcie, 1st World Consul. On for. Gen and free Impr. p. 180 - 183
- BOSHIER, D. y SALAZAR, R.** (1991). Establecimiento y Manejo de Rodales Semilleros de Especies Forestales. In Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal con Referencia Especial a América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- DYER, W.G.** (1964). Seed Orchards and Seed Productions Areas in Ontario. In 9th Meeting of Comm. For tree breeding in Canadá. Montreal, Canadá. p. 23 - 28.
- KELLISON, R.C.** (1971). Seed Orchards Management. In 11th Congres on South. For tree Impr. Atlanta, USA. p. 166 - 172.
- LAMBETH, C.** (1991). Huertos Semilleros In Manual sobre Mejoramiento sobre Genético Forestal con Referencia Especial a América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- NIENSTAEDT, Hans.** Injertado de árboles superiores. En: Memoria Mejoramiento Genético y plantaciones forestales. Chapingo (Méx.): Centro de Genética Forestal, 1990.
- TALBERT, J y ZOBEL, B.** (1988). Técnicas de Mejoramiento Genético de Arboles Forestales. 1a ed. México, Limusa. 545 p.

XIII. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE HUERTOS Y RODALES DE CEIBA ROJA *Bombacopsis quinata* Y MELINA *Gmelina arborea* EN COLOMBIA

Por: Hernán Urueña L.*

1.0 INTRODUCCION

El establecimiento de plantaciones comerciales con especies nativas es poco atractivo, si se tiene en cuenta el desconocimiento acerca de la producción de semilla y su manejo silvicultural, especialmente cuando se trata de plantaciones de interés comercial, en donde la necesidad de utilizar semilla mejorada lo más rápido posible se torna prioritario.

Hablando particularmente de Monterrey Forestal Ltda., donde anualmente se establecen 550 ha de *Bombacopsis quinata*, las plantaciones se iniciaron en 1983 con semilla obtenida en el mercado nacional sin ninguna calidad genética. Por lo tanto, era necesario diseñar un programa que asegure un mejoramiento de la semilla utilizada. En 1986 se realizó el primer acercamiento al mejoramiento de la semilla utilizada comercialmente, con establecimiento de un rodal semillero de 6 ha que durante cinco años produjo semilla para las plantaciones comerciales, hasta que entraron en producción los huertos de primera y segunda generación en 1991 y 1992, respectivamente.

Si comparamos plantaciones establecidas con semilla del mercado nacional, con las establecidas con semilla del rodal, huerto de primera y segunda generación, observamos que el desarrollo de estas plantaciones es mayor en la medida que utilizamos semilla con un grado superior de mejoramiento. Es así como programas forestales extensivos requieren de semilla mejorada en grandes cantidades y en forma inmediata para ir renovando sus plantaciones paulatinamente.

* Director de Investigación Forestal. Monterrey Forestal Ltda., Cartagena, Colombia.

2.0 RODALES SEMILLEROS

Son plantaciones que por presentar el mejor desarrollo en crecimiento, son seleccionadas para ser manejadas como áreas productoras de semilla. En estos rodales se hace una selección fenotípica de los mejores individuos, eliminando los peores, para permitir su cruzamiento.

Los rodales semilleros, en compañías con programas de mejoramiento genético, son temporales y cumplen su función hasta que el huerto de primera generación supla de semilla al programa comercial. La importancia de estas áreas productoras es:

- La semilla recolectada posee mejores cualidades genéticas que las obtenidas comercialmente, especialmente en adaptabilidad.
- Se conoce el origen geográfico de los árboles progenitores.
- Son fuente de semilla bien adaptada a costos moderados.

2.1 Especificaciones de un Rodal Semillero

Se utilizan los mejores rodales del área que tengan suficiente edad para producir semilla. Monterrey Forestal estableció su primer rodal semillero de *Bombacopsis quinata* en 1986, seleccionando un área de 6 ha, en una plantación de 3 años de edad. En 1987 produjo su primera cosecha 3.5 kg, hasta llegar a producir 85 kg en 1991, convirtiéndose en la última cosecha debido a la entrada en producción del huerto de primera generación. El de *Gmelina arborea* con 7 ha, se estableció en 1985 en una plantación de 2 años de edad, suministrando la semilla necesaria para la plantación, en combinación con el huerto semillero clonal de primera generación (Cuadro XIII-1).

CUADRO XIII- 1. Producción de semilla de los rodales semilleros de *Bombacopsis quinata* y *Gmelina arborea* establecidos por Monterrey Forestal Ltda. Zambrano-Bolívar .

Año	<i>B.quinata</i> Producción (kg)	<i>G.arborea</i> Producción (kg)
1986		100
1987	3.5	150
1988	11.5	160
1989	74.0	263
1990	68.0	1.022
1991	85.0	558
1992		1.079
1993		1.682

2.2 Selección de Árboles para un Rodal Semillero

Los árboles seleccionados deben de ser dominantes o codominantes, de fustes rectos, ramas delgadas y en ángulo recto, buena poda natural y libre de ataque de insectos y enfermedades. Se prefieren árboles con buena producción de frutos, pero esto no es posible medirlo si están creciendo densamente.

Hay ocasiones que existen varios buenos fenotipos creciendo en grupo, en estos casos es necesario eliminar los menos buenos para que el seleccionado responda en mejor forma al aclareo. En otras situaciones hay muchos malos fenotipos creciendo juntos y en estos casos es necesario remover todos estos fenotipos aunque se originen grandes claros en el rodal.

2.3 Aclareo de Rodales Semilleros

Lo que se busca es dejar el árbol seleccionado con buen espacio para la entrada de la luz y que su copa se desarrolle, esto se obtiene al dejar un mínimo de tres lados expuestos a la luz. La reducción del número de árboles por hectárea generalmente se hace en dos etapas. En *Bombacopsis quinata*, a los tres años se realizó la primera entresaca del 50% del número total de árboles y la segunda, para dejar 250 árboles/ha, el año siguiente. El número inicial de árboles por hectárea era de 1.111.

En *Gmelina arborea* la primera entresaca del 50% del número de árboles se realiza a los dos años de edad y la segunda al año siguiente, para dejar 200 árboles/ha. Su densidad inicial de la plantación fue de 1.111 árboles por hectárea.

2.4 Manejo de Rodales Semilleros

Estas zonas deben de permanecer libres de residuos de las entresacas, malezas y chupones para facilitar las labores silviculturales.

En los rodales semilleros de *Bombacopsis quinata* es necesario barrer el piso del rodal, para evitar que los insectos que atacan la flor y el fruto se escondan debajo de la hojarasca e imposibiliten su control. El control de malezas es necesario hacerlo durante todo el año, especialmente semanas antes a la aplicación de fertilizantes. Además, de todos los cuidados dichos anteriormente es fundamental la aplicación de la polinización manual para incrementar la productividad del rodal. En *Gmelina arborea* se hace el control de malezas, fertilización y se colocan colmenas de abejas africanizadas para ayudar a su polinización.

Es necesario marcar una zona de aislamiento o dilución de unos 50 m alrededor del rodal y construir carreteras cortafuegos para evitar que incendios destruyan estas áreas.

3.0 HUERTOS SEMILLEROS

Es una plantación de clones o progenies seleccionados que se aíslan para evitar o reducir la polinización a partir de polen extraño y manejada para producir cosechas de semilla frecuentes, abundantes y de fácil recolección. Dependiendo del origen de los clones seleccionados para el establecimiento del huerto, este puede ser de 1a, 2a o 3a generación.

Programas forestales a gran escala necesitan lo más pronto posible la obtención de semilla mejorada para ir mejorando año tras año las plantaciones comerciales, incrementando su rendimiento anual. La única forma de alcanzar este objetivo es a través de un correcto manejo de los huertos semilleros que garanticen cosechas abundantes y del correcto manejo del fruto y semillas que aseguren germinaciones altas, aún después del almacenamiento.

Dentro del esquema del programa de mejoramiento genético forestal, los huertos son la aplicación práctica del avance del programa, al poder mejorar el desarrollo de las plantaciones al utilizar semilla con un grado de mejoramiento superior.

3.1 Clasificación de Huertos Semilleros

- **Huerto semillero de primera generación**

Se les denomina a los huertos establecidos a partir de selecciones fenotípicas en sitios naturales o rodales que su valor genético no ha sido probado.

- **Huerto semillero de 1.5 generación**

Aunque no tiene una base científica para su clasificación, algunos autores denominan con este nombre a los huertos de primera generación que han sido depurados teniendo como base la evaluación realizada en los ensayos de polinización abierta de individuos establecidos en el huerto de primera generación.

- **Huertos semilleros de segunda generación**

La base de establecimiento de estos huertos son los ensayos de progénie-procedencia de selecciones realizadas en el bosque natural, por lo tanto en estos ensayos se conoce el valor genético de la familia. El huerto se establece con los mejores árboles de las mejores familias.

- **Huerto semilleros de tercera generación**

Son huertos compuestos por árboles seleccionados del ensayo de progenie de polinización controlada. En este ensayo se prueba el valor genético del individuo o cruce realizado.

3.2 Tipos de Huertos

- **Huerto semillero de plántulas (HSP)**

Se crea mediante el raleo intensivo de los ensayos de progénie-procedencia. Aquí se seleccionan los mejores individuos de las mejores familias para conformar el huerto, generalmente esta selección se puede realizar hacia la mitad del turno que tenga estipulado para la especie. Este tipo de huerto es muy útil en especies donde no se tiene conocimiento acerca de su reproducción vegetativa, como es el caso de la mayoría de las especies nativas.

- **Huerto semillero de clones (HSC)**

Se establece con la ubicación de varios ramets de un determinado número de clones en un área para producción de semilla mejorada. La ventaja de este huerto es que puede aprovechar mejor el área y que los individuos seleccionados provienen de varias procedencias y no de algunas pocas como el HSP.

Monterrey Forestal Ltda. estableció el huerto semillero clonal de *B. quinata* con 5 ramets de 75 clones a un espaciamiento de 10 x 5 m, haciéndose una depuración en el año ocho por entrecruzamiento de las copas. Para el huerto semillero clonal de segunda generación se utilizaron 5 ramets de 55 clones con un espaciamiento de 8 x 7 m. En *G. arborea* se estableció un huerto semillero usando 20 ramets de 73 clones a un espaciamiento de 8 x 5m, haciéndose necesario una entresaca a los 5 años.

3.3 Localización

Debe tenerse en cuenta aspectos relacionados con accesibilidad, disponibilidad de mano de obra, textura y fertilidad del suelo, suministro de agua, topografía y condiciones climáticas, pero fundamentalmente que se encuentre dentro de una zona que nos asegure producciones de semillas año tras año. Tener en cuenta programas de construcción de obras civiles que atenten contra el sitio y que estén cerca

a los centros de operación. Todos los huertos semilleros en Monterrey están en un radio de acción de 10 km del centro de operaciones, que nos ha permitido realizar actividades de polinización manual y manejo de fruto y semilla sin mucha dificultad.

- **Suelo Topografía y Geografía**

Como regla general el huerto se debe establecer dentro de la distribución geográfica de la especie. Aunque se puede establecer fuera de esta área, la única condición es que favorezca la producción de flores y frutos de la especie. En general son áreas con condiciones promedio de temperatura, humedad, fertilidad y mínimos riesgos de pérdida por actividad del hombre.

Se debe preferir zonas planas, pero no encharcables que permitan realizar actividades de mantenimiento con maquinarias. El tipo de suelo depende de la especie; *Bombacopsis quinata* prefiere suelos arcillosos, *Gmelina arborea* suelos franco arcillosos, y *Sterculia apetala* suelos franco arenosos.

- **Zona de Dilución**

Un principio es que los huertos se localicen dentro de plantaciones de otra especie o protegido por zonas de bosque natural para reducir al máximo la contaminación con polen extraño. Algunos autores dicen que zonas de dilución de 200 m de ancho son suficientes para controlar esta contaminación, pero en el caso de *Bombacopsis quinata* que es polinizada por un murciélago *Glossophaga sp* y la *Gmelina arborea* por *Xylocopa sp* y *Apis mellifera* variedad africanizada, esta zona de dilución es realmente muy poca, si consideramos que el rango de acción de estos polinizadores puede ser de 2 km.

En *Bombacopsis quinata* en donde se aplica la polinización manual, el riesgo de contaminación es fuertemente reducido, si tenemos en cuenta que se polinizan la mayoría de las flores con polen recogido dentro del mismo huerto. Esto no es aplicable a *G. arborea*.

3.4 Tamaño del Huerto

Depende mucho del área a plantar, de la capacidad de producción de la especie, del poder germinativo de la especie, de la aplicación de la polinización manual y de la efectividad del vivero para producir un número elevado de plántulas con las dimensiones aceptables para ser llevadas al campo.

El huerto semillero clonal de *B. quinata* de segunda generación con 2 ha de extensión y 275 individuos produce un total de 150 kg de semilla, cada kilogramo contiene 37.500 semillas con una germinación del 95% y se obtiene un aprovechamiento en vivero del 70% de plántulas por metro cuadrado.

3.5 Dispersión Clonal del Huerto

Sin importar mucho el diseño que se escoja, se debe reducir al máximo la autofecundación y estimular la polinización natural. Se dice que un número inicial bueno de clones es entre 25 y 40 clones, representado por un mismo número de ramets por clon, con el fin de que después de la depuración se obtenga un número suficiente de clones entre 15 y 20 a una distancia adecuada entre ramets. Existen muchos diseños, pero el mejor es aquel que nos proporcione mejorar la calidad genética mediante la depuración, reducción de la autofecundación y asegure una cantidad suficiente de semilla.

Para *B. quinata* y *G. arborea* especies con muy poca autofecundación se ha utilizado un diseño de bloques al azar, con los ramets distribuidos al azar dentro de cada bloque, evitando que ramets del mismo clon queden adyacentes uno de otro.

3.6 Manejo del Huerto

Gran parte del beneficio del programa de mejoramiento genético se pierde por la baja producción de semilla mejorada o bajo poder germinativo de la semilla por su mal manejo. El manejo de huertos es complejo y dependiendo de la especie necesitará un manejo diferente.

En *B. quinata* es necesario remover inicialmente toda la hojarasca del piso y mantener una vigilancia diaria sobre el *Archips sp*, *Schistocera sp* y *Tinema sp*, insectos que atacan las flores maduras y que se mimetizan debajo de la hojarasca. El *Dysdercus bimaculatus* ataca la semilla de los frutos en desarrollo, reduciendo finalmente el poder germinativo de la semilla en un 62%.

La aplicación de la polinización manual ha incrementado el éxito en la fecundación del 10%, obtenida naturalmente, al 56% y esto ha aumentado las producciones en los huertos anualmente (Cuadro XIII-2).

CUADRO XIII - 2. Producción en kilogramos en los huertos de primera y segunda generación de *Bombacopsis quinata* de 2 hectáreas de extensión de Monterrey Forestal en Zambrano-Bolívar-Colombia.

Año	Primera generación kg	Segunda generación kg
1986	0.8	
1987	11.0	
1988	14.0	
1989	19.0	
1990	22.0	0.4
1991	55.0	14.0
1992	110.0	84.0
1993	110.0	150.0
1994		210.0

El fruto cerrado de color café claro es recogido diariamente de los árboles y colocado a abrir en cajas con paredes de anejo, posteriormente la semilla es separada de la lana y colocada a secar por dos días a la sombra. Cuando alcanza el 7% de contenido de interno de humedad, se separa la semilla vana de la buena con un ventilador, se aplica un fungicida y un insecticida y se colocan en empaques plásticos gruesos herméticamente cerrados, guardados dentro de un cuarto frío a 5 °C y una humedad relativa del 40%. Después de tres años de almacenamiento en las anteriores condiciones la germinación es del 95%.

Los frutos de *G. arborea* se recogen del suelo cuando presentan un color verde o amarillo, para ser transportados en sacos de fique y despulpados el mismo día utilizando, una despulpadora cafetera. El exceso de pulpa adherida a la semilla debe ser removida y la semilla limpia debe ser secada al sol o utilizando secadores de café hasta alcanzar el 7% de contenido interno de humedad. Después de 9 meses de almacenamiento con el 7% de contenido de humedad se obtuvo con promedio 80 plántulas de 50 semillas.

• **Labores al Suelo**

Las labores silviculturales mecanizadas originan compactaciones del suelo causando daños a las raíces y mal drenaje interno y externo. Una práctica muy común es subsolar el huerto por la gotera de la copa, para reducir la compactación, mejorar la retención de humedad y estimular el crecimiento de nuevas raíces. Para realizar el subsolado es necesario colocar, delante del subsolador, un disco que profundice unos 25 cm para que corte las raíces superficiales. Esta labor se debe realizar cuando el suelo está moderadamente húmedo.

- **Superficie del Huerto**

En *B. quinata* es necesario mantener limpia la superficie del suelo en época de verano para facilitar el control de plagas y realizar la polinización manual, en invierno es necesario realizar control de malezas que se encuentran en la calle, dejando un colchón que evita la erosión por el agua y facilitándola las labores mecanizadas y de fertilización. En *G. arborea* no se retira la hojarasca de la superficie, pero es necesario realizar el control de malezas.

- **Fertilización**

Las fertilizaciones se realizan con base en análisis de suelo de las diferentes áreas productoras de semilla. Se conoce que el nitrógeno y fósforo son elementos que aumentan la floración en todas las especies. Tradicionalmente Monterrey Forestal ha utilizado 400 kg/ha de sulfato de amonio, aplicado al voleo a principios del mes de agosto. Es necesario hacer un control de malezas antes de realizar las fertilizaciones, para permitir un mayor beneficio de los árboles.

- **Riego**

La utilización de riego y fertilización han aumentado la producción de semilla de algunas especies. Para *B. quinata* la aplicación de riego antes o durante su período de floración no es necesario si tenemos en cuenta que es una especie que necesita "stress" hídrico para la producción de flores y fruto. La *G. arborea* necesita agua durante su período de floración. Si no existe lluvia durante este estadio, la especie no desarrolla frutos. Se ha observado que la *G. arborea* tiene dos períodos de fructificación en el año: uno en el primer semestre y otro en el segundo, en algunos años que han sido secos en el primer semestre la especie ha tenido floración pero no ha habido producción de frutos, como sucedió en el año de 1991 cuando se recogieron 553 kg de una producción de aproximadamente 1.100 kg de semilla. Esto nos da una idea que manejando estos huertos con riego se puede obtener buenas cosechas y optimizar la producción en estas zonas.

- **Plagas**

Uno de los principales enemigos de las cosechas abundantes o de altas germinaciones han sido los insectos que atacan las flores y los frutos. En *B. quinata* se ha detectado el *Archips sp*, *Schistocera sp* y *Tinema sp* que atacan la flor destruyendo sus órganos reproductivos, reduciendo el número de flores a polinizar. El *Dysdercus bimaculatus* es un insecto que perfora el fruto y la

semilla en su estado de desarrollo, ocasionando una reducción en la germinación en un 62%. Otro problema adicional es que las semillas atacadas, que logran germinar, producen plántulas débiles y cotiledones deformados con severos retrasos de crecimiento en el vivero. En *G. arborea* se ha presentado un chupador que ataca al fruto en el árbol y que puede causar problemas de germinación si no se procesa el fruto atacado a tiempo.

- **Registros**

Son muy importantes para conocer las diferentes actividades realizadas en el huerto y así tener una historia del mismo. La información necesaria puede contener datos sobre:

- a. *Fertilización*
 1. Tipo
 2. Dosis
 3. Fecha
 4. Método de aplicación
- b. *Riego*
 1. Fechas requeridas
 2. Cantidad y periodicidad
- c. *Subsolado*
 1. Fecha
 2. Profundidad
 3. Dirección
- d. *Control de Insectos*
 1. Insecticida
 2. Dosis
 3. Método de aplicación
 4. Fecha de aplicación
 5. Efectividad
- e. *Podas*
 1. Fecha
 2. Tipo
- f. *Aclareos*
 1. Fecha
 2. Clones removidos
 3. Tipo de aclareo (dasonómico, genético, etc).
- g. *Condiciones Climáticas*
 1. Tormentas
 2. Sequías
 3. Heladas
 4. Inundaciones
 5. Vientos

A medida que avanza el programa de mejoramiento genético es indispensable llevar un registro clonal del huerto, que combinado con las pruebas de progenie nos ayudarán a su depuración exitosa. Los registros mínimos por clon pueden contener los siguientes datos:

- a. *Método y fecha de propagación*
- b. *Grado de incompatibilidad*
- c. *Floración*
 1. Edad
 2. Densidad
 3. Fecha de liberación de polen
- d. *Producción de frutos y semillas*
 1. Producción de semillas por fruto
 2. Fecha de maduración del fruto
 3. Número de semillas por fruto
 4. Viabilidad de la semilla
 5. Capacidad germinativa
- e. *Susceptibilidad del fruto y la semilla al ataque del insecto.*
- f. *Manejo especializado de los ramet de un clon.*

Todos los ramet del huerto deben ser marcados en forma legible y ubicados en un mapa para una fácil y rápida ubicación en el campo.

Como se dijo inicialmente el éxito de una buena producción se puede ver opacado por un mal manejo de semilla, originando pérdidas en su poder germinativo. El contenido interno de humedad, el tipo de empaque y las condiciones de almacenamiento son factores determinantes para el correcto manejo de las semillas de estas dos especies forestales.

XIV. PRODUCCION Y RENDIMIENTOS DE SEMILLAS DE ESPECIES FORESTALES TROPICALES

*Por: Luis Fernando Jara N. **

1.0 INTRODUCCION

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

Para ello, **PROSEFOR** ha llevado a cabo una serie de seminarios informativos y de preparación para la conformación de estos grupos y en los cuales han surgido dudas y cuestionamientos sobre la bondad técnica y económica para tomar la iniciativa de incorporarse al proceso de comercialización de las semillas. Algunas de estas incógnitas son relacionadas al desconocimiento tanto de los productores como de **PROSEFOR** sobre la producción de semillas por individuo o por unidad de área, sobre los rendimientos y costos de recolección y procesamiento y sobre los precios de venta del producto, entre los más destacados.

Atendiendo a estas demandas de carácter técnico y económico, el **PROSEFOR** consideró relevante llevar a cabo un estudio indicativo para determinar la producción de frutos y semillas y los rendimientos de recolección y procesamiento de las especies prioritarias en Centro América. Así, satisfecerá en gran medida las solicitudes de los productores y contribuirá al conocimiento

* *Asistente Técnico, PROSEFOR/CATIE, Costa Rica*

sobre estos aspectos, que son muy escasos para el caso de las especies forestales tropicales.

Este estudio indicativo debe considerarse de carácter exploratorio y los resultados presentados en este documento son preliminares y de avance, ya que sólo se cuenta con información de un sólo año. El proyecto pretende por lo menos continuar el muestreo de los árboles por tres años más y de esta forma obtener información más confiable y determinar las fluctuaciones anuales.

2.0 OBJETIVO GENERAL

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

3.0 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la producción de semillas de diez especies forestales de fuentes semilleras seleccionadas en El Salvador, Guatemala y Costa Rica.
- Estimar los rendimientos de recolección y procesamiento de semillas de diez especies forestales tropicales de fuentes semilleras seleccionadas en El Salvador, Guatemala y Costa Rica.
- Establecer las relaciones entre fruto húmedo y semilla seca y limpia después del procesamiento para diez especies forestales en El Salvador, Guatemala y Costa Rica.

4.0 METODOLOGIA DE TRABAJO

4.1 Selección de especies

Las diez especies escogidas están dentro de una lista de 30 prioritarias, seleccionadas bajo el criterio de mayor demanda de semillas en América Central. Los nombres de las especies y los sitios de procedencia se describen en el Cuadro XIV - 1.

CUADRO XIV-1. Lista de especies forestales y localización geográfica.

Nombre Científico	Nombre Común	Sitio	Municipio Cantón	Departamento Provincia	País
<i>Eucalyptus citriadora</i>	Eucalipto	Hacienda Sta. Bárbara	Olocuilta	La Paz	El Salvador
<i>Eucalyptus citriadora</i>	Eucalipto	Hacienda El Sunza	Izalco	Sonsonate	El Salvador
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto	Hacienda Tihuilocoyo	Santiago	La Paz	El Salvador
<i>Tectona grandis</i>	Teca	Talcualhuya	San Juan Opico	La Libertad	El Salvador
<i>Tectona grandis</i>	Teca	Santa Teresa	Armenia	Sonsonate	El Salvador
<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto	Charrara	Paraiso	Cartago	Costa Rica
<i>Ainus acuminata</i>	Jaúl	Prusia	Oreamonos	Cartago	Costa Rica
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	Sardinal	Puntarenas	Puntarena	Costa Rica
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Nicoya	Nicoya	Guanacaste	Costa Rica
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Bribri	Talamanca	Limón	Costa Rica
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Santa Cruz	Tamarindo	Guanacaste	Costa Rica
<i>Swietenia</i>	Caoba	Las Camelias	Río Bravo	Suchitepéquez	Guatemala

4.2 Sitios de recolección

Se tomaron muestras en doce sitios en El Salvador(5), Guatemala (1) y Costa Rica (6). Para *E. citriodora* y *T. grandis* se muestrearon dos rodales de cada uno, en diferentes condiciones ambientales en El Salvador. Las características climáticas y geográficas de los sitios de muestreo se presentan en el Cuadro XIV - 2. Ocho sitios se encuentran ubicados en la franja baja tropical, tres en la media y uno en la alta. Siete sitios están localizados en terrenos planos mientras cinco están en pendientes moderados.

4.3 Tipos de Rodales

En el Cuadro XIV-3 se describen los tipos de rodales en donde se realizó el muestreo y las principales características de los mismos. Ocho de los rodales corresponden a plantaciones artificiales y tres a otras formas (cerco vivo, sombra de cacao y árboles dispersos). Los rodales escogidos son de avanzada edad o maduros, capaces de fructificar y producir semilla. Algunos de ellos, han sido sometidos a aclareos para su mejoramiento fenotípico. La densidad varía de acuerdo a la frecuencia de aclareos. Se incluye además, el tipo de fuente semillera, de acuerdo a la clasificación propuesta por PROSEFOR (Mesén, 1994).

4.4 Metodología

4.4.1 Producción de frutos y semillas

Dentro de cada uno de los rodales escogidos, se procedió en primera instancia, a tomar toda la información general sobre el sitio y sobre el rodal en los formularios elaborados para este propósito (ver Anexo 1).

Posteriormente, se levantó una o dos parcelas de 1.000 m², dependiendo de la variabilidad del terreno, con el fin de determinar los siguientes parámetros:

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

CUADRO XIV-2. Características climáticas y geográficas de los sitios.

Características	Santa	El Sunza Bárbara	Tihuilocoyo	Charrara	Prusia	Sardinal	Talcualhuya	Santa	Nicoya Teresa	Bribri	Santa Cruz	Las Camelias
Zona de Vida	bh-T	bh-PM	bh-T	bh-PM	bh-MB	bh-T	bh-ST (F)	bh-ST (F)	bmh-T	bmh-T	bh-T	bmh-ST (C)
Altitud (msnm)	380	600	20	970	2650	70	400	470	160	60	10	100
Longitud (E)	89° 07'	89° 34'	88° 58'	83° 48'	83° 53'	84° 50'	89°20'	89°28'	85°27'	82°54'	85°51'	91°20'
Latitud (N)	13° 33'	13° 45'	13° 27'	9° 49'	9° 58'	10° 07'	13°56'	13°46'	10°09'	09°33'	10°18'	14°23'
Precip. (mm/a)	1969	2274	1727	1926	1516	2274	1753	1672	2232	2771	1882	2016
Temp. M.A. (°C)	26.5	24.2	26.8	21.0	15.1	24.0	23.8	23.8	26.0	26	27.5	27.5
Pendiente (%)	5.5	30.0	2.0	1.0	45.0	5.0	5%	30-40	0-1	30	0-15	5
Aspecto	Colina Baja	Colina Media	Llano	Llano	Colina Alta	Llano	Llano	Colina Media		Llano	Colina Alta	Llano

CUADRO XIV-3. Descripción general de los rodales.

Características	Santa	El Sunza	Tihuilocoyo Bárbara	Charrara	Prusia	Sardinal	Talcualhuya	Santa Teresa	Nicoya	Bribri	Santa Cruz	Las Camelias
Tipo de rodal	Plantación	Plantación	Plantación	Plantación	Plantación	Arboles dispersos	Plantación	Plantación	Cerco vivo	Agrosil-	Natural vopastoril	Plantado
Edad (años)	17	14	10	—	—	—	15	19	13	—	15	45
Area Tot. (ha)	0.5	2.5	2.0	1.0	0.5	—	4.6	2.5	200 m	200 (?)	5.0	0.5
Densidad (a/ha)	270	240	390	480	1111	8-10	240	590	3 ml	90	210	Dispersos
Altura Prom.(m)	25.0	19.9	24.0	34.0	33.4	20.4	20.0	21.0	10.8	29.4	10.0	—
DAP Prom. (cm)	23.5	23.2	26.8	21.0	34.8	77.5	25.2	32.5	29.4	42.5	7.0	—
Número Raleos	3	2	2	1	0	0	2	1	0	0	0	0
Clasific. Fuente	R. S	F. S.	F. S.	F. I.	F. I.	F. I.	F. S	F. S.	F. I.	F. I.	F. I.	F. I.

En una de las parcelas se seleccionaron cinco árboles maduros, dominantes, vigorosos, con abundante cantidad de frutos y semillas maduras y procurando que fueran de la misma altura y diámetro. A cada árbol se le tomó la información consignada en el formulario del Anexo 2 y que se refiere a:

- Altura total (0.1 m) tomado con Haga
- Diámetro a la altura del pecho DAP (0.1 cm) tomado con cinta diamétrica
- Diámetro de copa (m) proyección sobre el suelo en sentido N-S y E-O

El escalador utilizó manilas y espuelas para el ascenso al árbol y una tijera podadora de extensión para cortar las ramas y/o frutos de la copa. Sobre la base del árbol se extendió un plástico negro para lograr obtener las ramas con los frutos cortados por el escalador.

Se recolectaron todos los frutos y/o semillas accesibles al escalador de cada árbol en forma individual y en el campo se pesó en balanza con aproximación al 0.1 kg. Los frutos y/o semillas fueron transportados en sacos de lona al Banco de Semillas del Servicio Forestal de El Salvador, Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) de Guatemala y al Banco Latinoamericano de Semillas Forestales (BLSF) del CATIE en Costa Rica, para el de secado. En la mayoría de los casos, se dejó entre un 10 a un 20% de frutos en el árbol con el fin de garantizar su recuperación.

Las semillas fueron secadas al ambiente y a pleno sol y otras bajo sombra (Caoba). Después de separar los frutos y la basura de la semilla, se pesó la semilla limpia en balanza de precisión con aproximación al 0.01 kg. Se tomó una muestra al azar de 50 g para los *Eucalyptus* y *Jaúl* y de 400 g de Caoba y se llevó al laboratorio del BLSF del CATIE para someterla a las pruebas rutinarias de calidad física de acuerdo con las normas del ISTA (1993).

- Contenido de humedad (%)
- Pureza
- Número de semillas puras por kg
- Germinación (%)

El trabajo de gabinete para esta sección del estudio, se dedicó a calcular lo siguiente:

- Producción de frutos y semillas por árbol
- Producción de frutos y semillas por ha (en proceso)
- Proporción de árboles susceptibles de escalar y obtener semilla por cosecha.
- (en proceso)
- Relación de peso fruto/semilla seca y limpia

4.4.2 Rendimiento de recolección y procesamiento.

Dentro de la misma parcela descrita en la sección anterior, para el caso de El Salvador se contrató un equipo de dos operarios de la región, con algún grado de destreza en escalamiento de árboles, para que realizara la recolección de frutos/semillas. Al final de la jornada normal de trabajo, se pesó con balanza con aproximación a 0.1 kg, todos los frutos/semillas recolectados de todos los árboles en conjunto, libres de ramas y hojas y se tomaron los registros para cada árbol en los formularios del Anexo 2. Esta tarea se repitió durante tres días seguidos, con los mismos operarios y siempre dentro de la parcela delimitada. En Guatemala y Costa Rica se emplearon dos operarios del BANSEFOR y BLSF respectivamente para el proceso descrito anteriormente.

Una vez pesados los frutos en el campo, se llevaron al casco de la finca o hacienda en El Salvador y al BANSEFOR y BLSF en Guatemala y Costa Rica respectivamente, para el secado. Los frutos obtenidos de cada día se mantuvieron separados para este proceso. En los dos casos se secaron los frutos al ambiente a pleno sol para los eucaliptos y a la sombra para el jaúl y la caoba. Se registró el tiempo que tomó un operario para el secado y limpieza y se registró diariamente. Al final del procesamiento (de 3 a 5 días), se pesó la semilla seca y limpia, se totalizó el tiempo del operario y se llevó la semilla al respectivo Banco para su almacenamiento.

5.0 RESULTADOS PRELIMINARES

5.1 Producción de semillas

El Cuadro XIV-4 muestra un ejemplo sobre la forma como se obtuvo la información y su procesamiento para cada sitio de muestreo; en este caso se presenta el resultado de producción de frutos y semilla seca y limpia de *E. citriodora* de la fuente semillera Hacienda. El Sunza en El Salvador.

Se incluye además, información sobre la dispersión con relación a la media en los resultados, mediante el coeficiente de variación (C.V. %) para todas las variables evaluadas. La relación de peso de fruto verde a semilla limpia y seca, se aproximó al número entero por exceso o defecto.

Se puede estimar que para obtener un kg de semilla seca y limpia de *E. citriodora*, se requiere recolectar 30 kg de frutos verdes, bajo las condiciones ambientales de El Salvador.

Un resumen de los resultados de producción de frutos y semillas se presentan en el Cuadro XIV- 4 para todas las semillas incluidas en el estudio. Se muestra también información sobre las características de los árboles de donde se obtuvo el material y el coeficiente de variación (CV %) para cada una de las variables. Además, se muestra la relación de peso de fruto verde y semilla seca y limpia.

CUADRO XIV-4. Producción de semilla de *E. citriodora* de la Hacienda. El Sunza, Sonsonate, El Salvador.

Arbol No.	DAP (cm)	Altura Total (m)	Diámetro copa (m)		Peso frutos (kg)	Peso semillas (kg)	Relación fruto/semilla (kg)
			N-S (m)	E-W (m)			
1	28.1	21.0	7.0	6.0	21.7	0.59	37:1
2	20.4	19.5	3.5	4.0	23.8	0.74	32:1
3	19.6	15.5	4.5	4.0	18.5	0.65	29:1
4	24.5	20.0	5.5	8.0	18.0	0.62	29:1
5	20.8	18.0	5.6	5.0	22.3	0.80	28:1
Promedio	22.7	18.8	5.2	5.40	20.9	0.68	31:1

Como se puede observar en el Cuadro XIV-5, a pesar de haber logrado seleccionar árboles relativamente semejantes en tamaño, con coeficientes de variación bajos, el área de copa y la producción de frutos y semillas tienen en la mayoría de los casos un alto grado de variación entre árboles de la misma especie. Esto se manifiesta de igual forma tanto en plantaciones coetáneas como en bosque natural.

Dentro del grupo de los eucaliptos, el que presentó menor variación fue el *E. citriodora* tanto en su tamaño como en la producción en los dos sitios muestreados; mientras las otras dos especies *E. camaldulensis* y *E. deglupta* presentaron altos índices de variación entre árboles de plantación coetánea. Para obtener un kilogramo de semilla seca y limpia de *E. citriodora* se debe recolectar aproximadamente 30 kg de frutos verdes. De igual forma se calcula para las otras especies: para un kg de semilla de *E. deglupta*, se requiere 41 kg de semilla de frutos verdes y húmedos.

La semilla de teca (*Tectona grandis*), que se recolectó del suelo y otra parte del árbol, casi no contiene humedad: esto hace que la relación fruto/semilla sea muy cercana a 1. Esta especie tuvo moderada variación entre árboles de la misma edad en relación con la producción de frutos y semillas.

El jaúl o aliso (*Alnus acuminata*) fue la especie con mayor coeficiente de variación entre árboles en la producción de frutos y semillas. Se requiere 20 kg de frutos para obtener un kg de semilla limpia y seca.

CUADRO XIV-5. Resultados de producción de semillas y frutos por árbol de diez especies forestales tropicales en Centroamérica.

Especie	Sitio (cm)	DAP (m)	Altura total (m ²)	Area de copa (Kg)	Peso Frutos/árbol (kg)	Peso semillas/árbol (kg)	Relación fruto/semilla
<i>E. citriodora</i> C.V (%)	El Sunza (ES)	22.7	18.8	23.3	20.9	0.7	31.1
		14.1	10.2	42.4	10.8	11.5	10.7
<i>E. citriodora</i> C.V (%)	Santa Bárbara (ES)	24.5	18.8	35.2	17.6	0.7	26.1
		11.3	6.3	19.0	27.0	20.9	12.4
<i>E. camaldulensis</i> C.V (%)	Tihuilocoyo (ES)	34.3	28.0	48.3	18.5	1.7	10.1
		6.7	14.4	26.3	64.6	47.9	27.0
<i>T. grandis</i> C.V (%)	Talcualhuya (ES)	25.1	20.0	28.7	2.2	1.8	12.1
		10.2	8.4	16.6	26.4	32.0	9.9
<i>T. grandis</i> C.V (%)	Santa Teresa (ES)	35.5	21.0	34.2	5.1	4.2	12.1
		5.3	7.2	10.4	24.7	25.1	2.2
<i>E. deglupta</i> C.V (%)	Charrara (CR)	48.4	34.0	113.1	25.5	0.7	41.1
		11.7	10.2	39.5	48.5	52.9	37.0
<i>A. acuminata</i> C.V (%)	Prusia (CR)	47.7	33.4	64.5	10.0	0.5	20.1
		11.4	12.1	40.3	92.3	98.7	32.6
<i>S. macrophylla</i> C.V (%)	Sardinal (CR)	62.8	19.4	—	138.3	4.2	37.1
		6.8	15.2	—	24.5	53.1	25.0
<i>L. leucocephala</i> C.V (%)	Nicoya (CR)	29.4	10.8	105.1	7.9	3.4	23.1
		8.6	11.6	26.1	32.0	32.5	10.2
<i>C. alliodora</i> C.V (%)	Bribri (CR)	45.3	31.8	156.4	9.8	1.3	8.1
		15.2	11.1	40.9	46.7	53.4	36.0
<i>G. sepium</i> C.V (%)	Santa Cruz (CR)	10.0	7.0	33.9	5.0	0.2	35.1
		22.0	13.3	29.5	43.9	62.0	44.8
<i>S. humilis</i> C.V (%)	Las Camelias (G)	—	—	—	51.0	2.2	23.1
		—	—	—	34.0	59.3	—

Las caobas (*S. macrophylla* y *S. humilis*), el laurel (*Cordia alliodora*), leucaena (*Leucaena leucocephala*) y el madero negro o mataratón (*Gliricidia sepium*) presentaron variación moderada en la producción de semillas.

Las variaciones presentadas se deben a muchos factores; entre los más destacados están posición del árbol en el bosque, cantidad de luz recibida en la copa, área de copa, aislamiento, madurez de los frutos, cosechas anteriores, calidad de los frutos, época de cosecha y estado fisiológico de cada árbol.

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

5.2 Rendimientos de recolección

En los Anexos 3, 4, 5, 6 y 7 se presentan los resultados de los rendimientos de mano de obra empleada para la recolección de frutos de *E. citriodora*, *E. camaldulensis* y *Tectona grandis*, en cinco fuentes semilleras en El Salvador. Incluye además, las características de los árboles de donde se obtuvo los frutos, el número de operarios (equipos de dos escaladores) que laboraron y las horas por día que emplearon en la faena.

Los operarios que realizaron esta labor fueron del mismo sitio y son conocedores de los árboles de eucaliptos y teca. Durante los tres días de muestreo, se les asesoró en la utilización del equipo mínimo de ascenso y en las medidas de seguridad. Los rendimientos varían relativamente, en la medida de la jornada de trabajo y del tamaño de los árboles escogidos para recolección. En la Hacienda El Sunza laboraron dos equipos de dos operarios mientras que en los otros sólo uno. Se notaron diferencias marcadas de las jornadas de trabajo en cada región.

En el Cuadro XIV-6 se muestran los resultados resumidos de los rendimientos de mano de obra en la recolección para los tres sitios de El Salvador. Es importante resaltar, que los rendimientos de recolección de frutos y la jornada de trabajo para el *E. citriodora* fueron similares entre los dos sitios (22 kg/h/d y 6.3 hr/d respectivamente), mientras que los rendimientos en la semilla fue relativamente diferente. Lo anterior quiere decir, en términos prácticos, que para recolectar un kg de semilla seca y limpia se necesitan de 2.5 jornales.

Para el *E. camaldulensis* el rendimiento es mucho mayor por el tamaño del fruto (más grande y pesada que el de *E. citriodora*), lográndose que un hombre recolecte un poco más de un kg de semilla seca y limpia por día (1.23). En otras palabras, para recolectar un kg de semilla seca y limpia se requiere de sólo de un poco menos de un jornal.

Se pueden observar diferencias en los rendimientos en las dos plantaciones debido principalmente a la mayor jornada de trabajo y edad de la plantación en Santa Teresa. Un hombre puede recolectar 3.1 kg de frutos ó 2.8 kg de semilla en un día.

CUADRO XIV-6. Resumen de los rendimientos de mano de obra en recolección de frutos en El Salvador

Sitio	Especie	Producción Total		Rendimiento en Recolección		
		Fru.	Sem.	Frutos (k/h/d)	Semilla (k/h/d)	Jornada (hr/d)
Nombre	Nombre	kg				
Hacienda. Santa Bárbara	<i>Eucalyptus citricora</i>	135.0	2.61	22.5	0.435	6.5
Hacienda. El Sunza	<i>Eucalyptus citricora</i>	257.4	5.28	21.5	0.374	6.1
Hacienda Tihuilocoyo	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	55.2	6.3	6.5	1.23	4.0
Hacienda Talcualhuya	<i>Tectona grandis</i>	18.8	17.0	3.1	2.8	6.0
Hacienda Santa Teresa	<i>Tectona grandis</i>	27.7	23.9	4.6	4.0	6.7

Los resultados de rendimientos para las tres especies en Costa Rica, se muestran en forma detallada en los Anexos 8, 9 y 10. Igualmente se describen las características de los árboles de donde se obtuvo la semilla y demás información como para El Salvador. No se incluyeron cuatro especies por estar los datos de campo en procesamiento.

Es importante señalar, que la mano de obra utilizada para estas especies fue de carácter especializado, ya que fueron los operarios del BLSF del CATIE. Esto implica supuestamente un mayor rendimiento, mejor utilización de los equipos de ascenso y de aplicación de las medidas de seguridad. Para las seis especies, el equipo de recolección no logró obtener semilla de más de dos árboles por día, ya que debido a su desplazamiento diario desde el CATIE hasta el rodal, redujo sustancialmente la jornada de trabajo.

A pesar que los árboles escogidos para este propósito fueron relativamente del mismo tamaño, se encontró también una alta variabilidad en la recolección diaria de frutos y semillas.

En el Cuadro XIV-7 se resume los resultados de los rendimientos de mano de obra en recolección en frutos y semillas de las especies *E. deglupta*, *Alnus acuminata*, *Swietenia macrophylla*. Es lógico que se encuentren diferencias muy marcadas entre las especies debido principalmente al tamaño de los frutos y de los árboles.

En *E. deglupta* se presentó la jornada de trabajo más prolongada (3.3 hr/d), obteniéndose un rendimiento de 12.7 kg/h/d de frutos y 0.32 de semilla seca y limpia. Esto quiere decir, que para recolectar un kg de semilla seca y limpia de esta especie se requieren un poco más de tres jornales de operario calificado, desplazándose desde el CATIE por un tiempo de 2 horas (ida y regreso).

Para el jaúl y la caoba las jornadas de trabajo fueron similares y aún menores que para *E. deglupta*. Aparte de la distancia de los rodales, se presentó lluvias en el sitio de jaúl. Para esta especie se obtuvo solamente 5.0 kg/h/d de frutos que produjeron 0.24 kg de semilla seca y limpia. En otras palabras, se requiere de un poco más de cuatro jornales para obtener un kg de semilla de jaúl.

El caso de la caoba, por su tamaño y facilidad de recolección rinde aparentemente más; se obtuvo casi 70 kg/h/d de frutos recolectados que correspondieron a 2.12 kg/h/d de semilla seca y pura. Esto equivale a decir, que un jornal puede recolectar un kg de semilla pura por día.

CUADRO XIV-7. Resumen de los rendimientos de mano de obra en recolección de semillas de tres especies en Costa Rica.

Sitio	Especie	Producción		Rendimiento en		
		Total		Recolección		
Nombre	Nombre	Frutos (k)	Semilla (k)	Frutos (k/h/d)	Semilla (k/h/d)	Jornada (hr/d)
Charrara	<i>Eucalyptus deglupta</i>	70.3	1.82	12.7	0.32	3.3
Prusia	<i>Alnus acuminata</i>	38.7	1.91	5.0	0.24	1.7
Sardinal	<i>Swietenia macrophylla</i>	256.8	7.5	69.1	2.12	1.9

5.3 Rendimientos de procesamiento

Este proceso fue sencillo y simple y realmente no demanda mucha mano de obra pero sí cuidado y presencia en los cambios bruscos de clima. Para el caso de las especies de El Salvador, el procesamiento se evaluó de los frutos recolectados por los operarios de cada una de las haciendas y realizado allí mismo. Para los frutos recolectados de los rodales de Costa Rica, se tomó lo realizado por los funcionarios del BLSF y procesado allí mismo.

En el Cuadro XIV-8 se muestra un resumen de la mano de obra utilizada para el secado y limpieza de la semilla de las cinco especies forestales. Como se puede observar, los rendimientos no varían demasiado, pero se nota un mayor consumo de mano de obra en aquella especie con semillas más pequeñas, como es el caso del *E. deglupta* y *Alnus acuminata*. Otro factor que interviene en el rendimiento es el tiempo de secado, y esto se demuestra con la caoba, que a pesar de tener el fruto más grande y más fácil de manipular, toma mucho tiempo para secarse, al menos bajo las condiciones climáticas de Turrialba (alta humedad relativa).

CUADRO XIV-8. Rendimiento de mano de obra para procesamiento de semillas de cinco especies forestales en El Salvador y Costa Rica

Sitio	Especie	Cantidad Procesada de Frutos	Rendimiento en Procesamiento		
Nombre	Nombre	kg	Días secado	Tiempo (hr/d)	Total (h/d)
Hda. Santa Bárbara	<i>Eucalyptus citriodora</i>	300.0	5	0.25	1.25
Hda. El Sunza	<i>Eucalyptus citriodora</i>	240.0	5	0.25	1.25
Hda. Tihuilocoyo	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	180.0	4	0.25	1.00
Hda. Talcualhuya	<i>Tectona grandis</i>	18.8	5	0.10	0.50
Hda. Santa Teresa	<i>Tectona grandis</i>	27.7	4	0.10	0.40
Charrara	<i>Eucalyptus deglupta</i>	70.3	7	0.25	1.75
Prusia	<i>Alnus acuminata</i>	38.7	9	0.25	2.25
Sardinal	<i>Swietenia macrophylla</i>	256.8	8	0.25	3.00

El rendimiento está más en función del tiempo de secado que del tiempo de mano de obra utilizado para remover los frutos. A su vez el tiempo de secado depende de las condiciones ambientales en donde seque la semilla.

5.4 Calidad física de las semillas

La calidad física de las semillas recolectadas fue determinada por el Laboratorio de Semillas Forestales del BLSF del CATIE en Costa Rica. Las pruebas se realizaron teniendo en cuenta las normas y estándares de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA, 1973). Los resultados de estas pruebas rutinarias están resumidos en el Cuadro XIV - 9 para las especies de El Salvador. La teca de éste país no se le practicaron pruebas inmediatas, ya que requiere de un período de maduración del embrión. Esto se le realizará en el segundo semestre de 1995.

Este cuadro se presta para comparar las calidades de las dos fuentes de procesamiento e indica qué tan aceptable es la semilla que estaría el productor comercializando en un momento dado.

En general, se observa que la calidad de la semilla procesada por el productor es a la del CEDEFOR, diferenciándose únicamente en que el productor no limpió lo suficiente la semilla y esto se reflejó en la pureza y en el número de semillas viables por kg. Los contenidos de humedad a la llegada al laboratorio fueron relativamente altos, por lo cual fue necesario bajarlos para proceder a su almacenamiento y a los análisis. Este aspecto es fundamental para la comercialización de este insumo.

CUADRO XIV-9. Análisis de calidad física de semillas forestales de El Salvador.

Especie	Sitio	Procesador	C.H.	Pureza	Peso 1000 sem. (g)	C.H.	Número semilla viable (kg)	E.G. (d)	
			llegada (%)			Lab. (%)			Ger. (%)
<i>E. citriodora</i>	Hda. El Sunza	Productor	14.7	93.6	4.83	4.7	87.0	167.308	6
		CEDEFOR	9.6	95.2	4.69	6.3	89.3	180.528	5
<i>E. citriodora</i>	Hda. Santa Bárbara	Productor	11.0	80.1	5.04	5.3	79.3	125.794	5
		CEDEFOR	11.5	93.6	4.89	6.4	75.0	139.665	5
<i>E. camaldulensis</i>	Hda. Tihuilco- coyo	Productor	10.1	9.6	0.53	3.5	84.0	152.174	5
		CEDEFOR	10.3			5.5		1.239/g	5

Para las especies de Costa Rica, los resultados de calidad física se muestran en el Cuadro XIV - 10. Alguna información para *E. deglupta* no fue factible determinarla por el tamaño de la semilla. En general se observó un alto contenido de humedad a la llegada al laboratorio, por lo que se procedió a reducirla para el almacenamiento y análisis. La germinación es aceptable como también el grado de pureza y el número de semillas por kg.

CUADRO XIV- 10. Análisis de calidad física de las semillas de Costa Rica.

Especie	C.H. llegada (%)	Pureza (%)	Peso 1000 Sem. (g)	C.H. Lab. (%)	Germ. (%)	Numero Semilla puras /kg	E.G. (d)
<i>Eucalyptus deglupta</i>	11.7	****	****	8.2	7107/g	7.10 millón	6
<i>Alnus acuminata</i>	9.9	96.8	0.7	6.2	62.0	1.43 millón	6
<i>Swietenia macrophylla</i>	9.2	98.9	516.7	4.8	77.0	1935	7
<i>Leucaena leucocephala</i>	—	99.9	52.0	7.7	93.5	19.230	4
<i>Cordia alliodora</i>	—	99.0	9.7	6.5	38.0	103.399	18
<i>Glinicida sepium</i>	—	100.0	95.0	7.0	91.0	10.526	5

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se observó alta variabilidad en la producción de frutos entre árboles de las especies estudiadas, a pesar de haber muestreado individuos de igual tamaño y edad.
2. La información sobre producción debe considerarse como preliminar y como una tendencia general. Debe tomarse en cuenta las condiciones ambientales y las características de los rodales.
3. La especie *E. citriodora* fue estudiada en dos sitios y mostró producción de frutos similar entre ellos a pesar de estar bajo condiciones ambientales y edades diferentes.

4. En términos reales, los rendimientos en la recolección de las especies en Costa Rica se vieron afectados por el desplazamiento de los funcionarios del BLSF. Se sugiere realizar el mismo ejercicio con personal de la región.
5. La actividad de recolección de especies de semilla pequeña no demanda tanta mano de obra como las especies de frutos y semillas grandes.
6. El procesamiento de los frutos y semilla (secados, selección y limpieza) no representa mayor consumo de mano de obra. Sin embargo, es una actividad que requiere de personal que esté pendiente de los cambios climáticos imprevistos.
7. En general, la calidad física de la semilla obtenida de seis fuentes semilleras en ambos países es aceptable y no existe diferencia significativa entre la procesada por el Banco de Semillas de El Salvador y el productor.
8. Es recomendable indicarle al productor mantener la semilla más al sol para lograr bajar más el contenido de humedad.
9. Se sugiere continuar con el estudio indicativo e incluir los costos de producción de semilla seca y limpia.

7.0 BIBLIOGRAFIA

HOLDRIDGE, L. (1989). Ecología basada en zonas de vida. IICA, San José, Costa Rica. 216 p.

MESEN, F. (1994). Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales. En: Curso Nacional de Identificación, Selección y Manejo de Fuentes Semilleras. DIGEBOS -PROSEFOR - CATIE. Memorias. Baja Verapaz, Guatemala. Agosto 1 al 5 de 1994. 6 p.

ISTA. (1993). International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association. Seed Sci. & Techn. 21. Supplement. Zurich, Switzerland. 288 p.

ANEXO 1.

Registro de rendimiento y producción de semillas

1. Especie

Nombre científico _____

Nombre vulgar o común _____

2. Localización:

Sitio (procedencia) _____

Vereda _____

Municipio _____

Departamento _____

Pendiente _____ %

Fisiografía _____

Zona de vida _____

Altitud _____ msnm

Precipitación promedio anual: _____ m.m

Temperatura promedio anual _____ °C

3. Sobre el rodal:

Tipo: _____

Edad _____ años

Area total _____ ha.

Densidad _____ arb/ha

Altura promedio _____ m

DAP promedio _____ cm

Número raleos efectuados _____

ANEXO 2

**Información sobre producción de frutos
y semillas forestales**

Arbol	DAP	Altura Total	Diámetro copa (m)		Peso frutos	Peso semillas	Relación fruto/ semilla
			No.	(cm)			
1							
2							
3							
4							
5							
Promedio							

ANEXO 3

Recolección diaria de frutos de *E. citridora* en la Hacienda El Sunza, Sonsonate, El Salvador

Día	No. árboles	DAP (cm)	Altura total (m)	Diámetro de copa N-S (m)	E-O (m)	Peso de frutos (kg)	Peso semilla (kg)	No. hombres	Jornada de trabajo (hr/d)
1	3	23.3	21.8	7.2	7.5	57.6	1.60	4	5.0
2	6	26.0	21.2	8.4	8.1	95.5	1.60	4	7.0
3	5	21.8	19.5	6.4	7.5	104.3	2.08	4	6.2
Pro-medio	4.7	23.7	20.9	7.4	7.7	85.8	1.76	4	6.08

ANEXO 4

Recolección diaria de frutos de *E. citridora* en la Hacienda Santa Bárbara, La Paz, El Salvador.

Día	No. árboles	DAP (cm)	Altura total (m)	Diámetro de copa N-S (m)	E-O (m)	Peso de frutos (kg)	Peso semilla (kg)	No. hombres	Jornada de trabajo (hr/d)
1	3	27.1	20.0	8.9	7.5	58.2	1.20	2	7.0
2	1	25.4	28.0	5.3	8.8	40.1	0.70	2	4.5
3	2	31.1	26.9	10.0	5.9	36.6	0.70	2	7.0
Pro-medio	2	28.1	23.7	8.7	7.2	45.0	0.87	2	6.5

ANEXO 5

Recolección diaria de frutos de *E. camandulensis* en la Hacienda
Tihuilocoyo, La Paz, El Salvador.

Día	No. árboles	DAP (cm)	Altura total (m)	Diámetro de copa N-S (m) E-O (m)	Peso de frutos (kg)	Peso semilla (kg)	No. hombres	Jornada de trabajo (hr/d)
1	2	30.6	26.8	8.3 8.3	14.4	1.5	2	4.0
2	1	36.2	27.5	8.6 7.8	22.0	3.0	2	4.0
3	2	31.6	28.5	9.0 7.7	18.8	1.8	2	4.0
Pro-medio	1.7	32.8	27.6	8.6 7.9	18.4	2.1	2	4.0

ANEXO 6

Recolección diaria de frutos de *Tectona grandis* en la Hacienda
Talcualhuya, La Libertad, El Salvador

Día	No. árboles	DAP (cm)	Altura total (m)	Diámetro de copa N-S (m) E-O (m)	Peso de frutos (kg)	Peso semilla (kg)	No. hombres	Jornada de trabajo (hr/d)
1	3	23.7	17.6	6.7 5.8	4.5	4.0	2	6.0
2	5	23.9	18.6	5.3 5.4	5.3	5.0	2	6.0
3	6	25.9	20.0	6.2 7.3	9.0	8.0	2	6.0
Pro-medio	4.7	24.7	19.0	6.1 6.2	6.3	5.7	2	6.0

ANEXO 7

Recolección diaria de frutos de *Tectona grandis* en la Hacienda Santa Teresa, Sonsonate, El Salvador

Día	No. árboles	DAP (cm)	Altura total (m)	Diámetro de copa N-S (m) E-O (m)	Peso de frutos (kg)	Peso semilla (kg)	No. hombres	Jornada de trabajo (hr/d)
1	3	27.9	19.7	7.2 6.8	8.9	7.8	2	7.0
2	3	25.5	21.6	6.4 5.5	6.9	5.9	2	7.0
3	3	31.1	22.8	5.8 7.2	11.9	10.2	2	6.0
Pro-medio	3	28.1	21.4	6.5 6.5	27.7	23.9	2	6.7

ANEXO 8

Recolección diaria de frutos de *E. de glupta* en Charrara, Cartago, Costa Rica

Día	No. árboles	DAP (cm)	Altura total (m)	Diámetro de copa N-S (m) E-O (m)	Peso de frutos (kg)	Peso semilla (kg)	No. hombres	Jornada de trabajo (hr/d)
1	2	50.4	37.1	12.6 15.7	34.5	0.80	2	4.0
2	1	42.0	36.0	7.6 8.2	13.4	0.42	2	2.0
3	2	49.7	29.8	10.8 11.6	22.5	0.66	2	4.0
Pro-medio	1.7	48.2	34.0	10.9 12.6	25.5	0.65	2	3.3

ANEXO 9

Recolección diaria de frutos de *A. acuminata* en Prusia, Cartago, Costa Rica

Día	No. árboles	DAP (cm)	Altura total (m)	Diámetro de copa N-S (m) E-O (m)	Peso de frutos (kg)	Peso semilla (kg)	No. hombres	Jornada de trabajo (hr/d)
1	1	55.0	37.5	11.4 9.7	27.3	1.41	2	2.0
2	2	49.4	30.6	10.4 8.1	9.3	0.36	2	2.0
3	2	4.2	34.3	8.7 6.8	21.0	0.14	2	7.0
Pro-medio	1.7	47.7	32.0	9.9 7.8	10.0	0.48	2	1.7

ANEXO 10

Recolección diaria de frutos de *Swietenia macrophylla* en Sardinal, Puntarenas, Costa Rica

Día	No. árboles	DAP (cm)	Altura total (m)	Diámetro de copa N-S (m) E-O (m)	Peso de frutos (kg)	Peso semilla (kg)	No. hombres	Jornada de trabajo (hr/d)
1	2	63.4	17.5	N. D.	158.1	5.2	2	1.8
2	1	58.5	23.3	N. D.	98.7	2.4	2	2.0
Pro-medio	1.5	61.7	19.4	N. D.	138.3	4.2	2	3.0

XV. CALCULO DE AREAS PARA PRODUCCION DE SEMILLAS FORESTALES

*Por: Luis Fernando Jara N.**

1.0 INTRODUCCION

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

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

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

* *Asistente Técnico, PROSEFOR/CATIE, Costa Rica*

2.0 DEFINICION DE LA MAGNITUD DE LA DEMANDA

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

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

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

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

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

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

A continuación se presenta un ejemplo para estimar la cantidad de semilla requerida por una empresa forestal que ha determinado sus necesidades de materia prima de Pochote (*Bombacopsis quinata*); después de realizar los cálculos de rendimientos y calidades de sitio, se estima que la empresa requiere la plantación de 10.000 ha a una tasa anual de 500 ha para completar el ciclo en 20 años.

Factores		Cálculo
1.	Distanciamiento inicial	3 x 3 m
2.	Plantas por hectárea	
a.	Número de árboles	1.111 10.000m ² /3x3m ²
b.	Más replante	
	- Porcentaje	20 1.111x20
	- Número de árboles	222 100
c.	Necesidad total de árboles plantables	1.333
d.	Más pérdidas de vivero y selección en vivero	
	- Porcentaje	200 1.333x200
	- Número de semillas	2.666 100
e.	Total plántulas seleccionadas	4.000 1.333+2.666
f.	Más porcentaje de germinación	
	- Porcentaje	80 4.000x (100-80)
	- Número de semillas	1.000 80
g.	Total semillas a sembrar	5.000 4.000+1.000
3.	Número de semillas/kg de lote de semilla (rodal semilero)	25.000
4.	Número de kg de semillas necesarios por ha	5.000 0.2(ha/kg) 25.000
5.	Tasa anual de plantación	500 ha
6.	Requerimiento anual de semilla (kg)	100 0.2x500

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

3.0 DETERMINACION DEL AREA DE PRODUCCION

El establecimiento de rodales semilleros, se debe considerar como una alternativa a corto plazo para el suministro de semillas mientras se obtiene información de los ensayos de progenie para el establecimiento de los huertos semilleros como una medida a largo plazo para la obtención de material mejorado.

El siguiente método es aplicado universalmente, ya que es práctico y sencillo de calcular, pero su información debe tomarse con alguna precaución.

Para este efecto, se deben tomar las siguientes consideraciones:

1. Adicionar un 30% de la necesidad de semilla/año, como factor de seguridad (Zobel y Talbert, 1988).
2. La producción de un árbol en condiciones de rodal semillero manejado de pochote, se calcula en 0.1 kg/año.
3. La densidad final del rodal semillero (de plantación) de pochote será de 200 árboles/ha.
4. Debido a que no todos los árboles florecen y fructifican al mismo tiempo en el rodal, se asume que sólo al 60% de ellos se cosecha frutos anualmente.

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

Especie	:	Pochote (<i>Bombacopsis quinata</i>)
Meta a reforestar	:	500/año
Necesidad anual de semillas	:	100 kg
Densidad final del rodal semillero	:	200 árb/ha
Kg de semillas/árbol	:	0.1
No. árboles a cosechar/año	:	120

Se aplica la siguiente fórmula para la estimación del área:

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

Reemplazando se tiene:

$$\text{Area (ha)} = 100 \times 1 / (120 \times 0.1) = 8.3 \text{ ha}$$

Se requiere establecer rodales semilleros de plantaciones sobre un área de 8.3 ha para producir los 100 kg de semillas por año. Esta área entraría a suplir la demanda de semilla para el proyecto después del quinto o sexto año dependiendo de factores ambientales y del manejo.

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

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

4.0 BIBLIOGRAFIA

- BARNER, H; DITLEVSEN, B.** (1988). The Strategies and Procedures for an Integrated National Tree Seed Programme for Seed Procurement, Tree Improvement and Genetic Resources. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note A-1. 11p+3 appendices.
- MOESTRUP, S.** (1988). Planning national seed procurement programmes. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Norte C.1 15p + 4 appendices.
- SALAZAR, R.; BOSCHIER, D.** (1992). Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies prioritarias en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica N° 20. 80p.

URUEÑA, H. (1994). Producción, rendimiento 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. Marzo 7-18 de 1994, Turrialba, Costa Rica. PROSEFOR- CATIE. 6p.

WILLAM, R.L. (1985). A guide to forest seed handling. FAO Forestry Paper 20/2. FAO, Rome. 502p.

ZOBEL, B; TALBERT, J. (1984). Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, New York. 505p.