

INTRODUCCION AL MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL

(Introduction to tree improvement)

NOTA DE CLASE No. D.1

H.Barner, B.Ditlevsen y K.Olesen

Humblebaek, Dinamarca. Octubre 1992

CONTENIDO

	PAGINA
1. INTRODUCCION	21
2. FUENTES DE VARIACION	22
3. SELECCION, PRUEBA, EVALUACION Y NUEVA SELECCION	23
3.1 Selección	
3.2 Prueba y evaluación	
3.3 Nueva selección	
4. GANANCIAS Y RIESGOS POSIBLES	25
4.1 Ganancias	
4.2 Riesgos	
5. ESQUEMA DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO FORESTAL	27
6. OPCIONES	30
6.1 Consideraciones generales	
6.2 Mejoramiento genético a nivel de especies y procedencias, sin evaluación de la descendencia	
6.3 Mejoramiento genético a nivel de especie, combinado con la prueba, selección y establecimiento de fuentes semilleras mejoradas	
6.4 Mejoramiento genético a nivel de procedencia, combinado con la prueba, selección y establecimiento de fuentes semilleras mejoradas	
6.5 Mejoramiento forestal a nivel de árbol individual, combinado con prueba y cruzamiento	
7. ESTRATEGIAS	39
8. LITERATURA SELECCIONADA	40
ANEXO 1: Un programa integrado de semillas forestales	42

1. INTRODUCCION

Un programa de mejoramiento forestal está formado por todas las acciones diseñadas para producir árboles genéticamente deseables.

La meta del mejoramiento forestal es: (1) maximizar la adaptabilidad de las especies a los sitios potenciales de plantación (y por tanto la sobrevivencia), (2) la tasa de crecimiento, (3) la resistencia a enfermedades y (4) la calidad del producto final de los árboles (madera, leña, forraje, estabilización del suelo, etc.).

Los objetivos del cualquier programa de mejoramiento deben definirse de acuerdo con las necesidades inmediatas, a corto plazo y a largo plazo de los programas nacionales y regionales de reforestación.

Los objetivos se deben definir cuidadosamente para tener la seguridad de que aspectos biológicos, técnicos o financieros no vayan a impedir el desarrollo del programa de mejoramiento.

Se debe hacer énfasis en especies con importancia económica o ecológica actual o potencial, que se espera sean plantadas en áreas de tamaño significativo. De otra manera, es probable que las ganancias esperadas no justifiquen los costos.

Los programas de mejoramiento genético deben estar en estrecha relación con otros campos de la investigación forestal y de los servicios forestales, debido a que los resultados del mejoramiento interactúan con otros resultados de investigación y con aspectos silviculturales.

Todas las especies tienen el potencial de ser mejoradas, pero la justificación de cualquier programa de mejora y la cantidad de recursos asignados a él, están en gran medida determinados por la política forestal y se deben revisar periódicamente para seguir los cambios que ocurran en dicha política.

Se deben considerar las posibilidades de producción masiva de material mejorado para que los resultados del programa se pueden transmitir de forma significativa a la silvicultura práctica.

Se debe tener en cuenta además, la conservación de la población original para su uso en el programa de mejora.

Este documento presenta una introducción a varios aspectos del mejoramiento forestal, los cuales son tratados en mayor detalle en otros documentos de esta misma serie.

2. FUENTES DE VARIACION

Existen tres fuentes principales de variación (figura 1):

1. Desarrollo (con la edad).
2. Ambiente.
3. Genotipo.

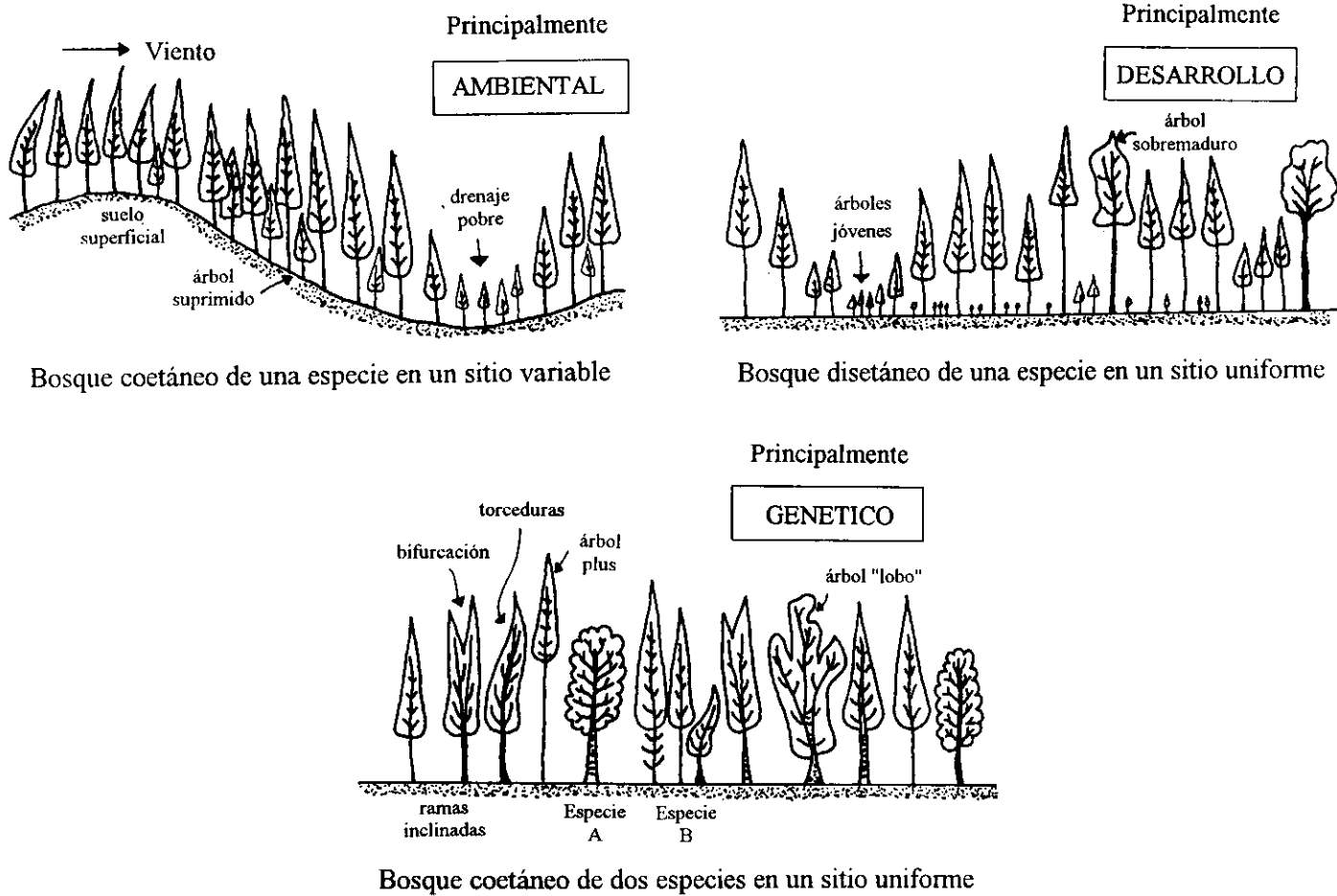


Figura 1. Fuentes de Variación

Una descripción más detallada se encuentra en el documento "La variación natural como base para el mejoramiento genético forestal" (Willan, Olesen y Barner, 1989).

La variación genética es la base del mejoramiento forestal y debe ser separada de la variación causada por diferencias en edad y por las condiciones ambientales. Cuando se estudian los árboles, lo que se observa es el producto de la interacción entre los genes del árbol con el ambiente. El fenotipo de un árbol es lo que se ve y se mide y con lo que se trabaja. El genotipo es el potencial genético del árbol y no siempre se puede observar directamente. El genotipo se debe estudiar a través de pruebas bien diseñadas.

El método clásico para identificar la variación genética y separarla de la variación ambiental y de edad contiene los siguientes pasos:

SELECCION - PRUEBA - EVALUACION - NUEVA SELECCION

3. SELECCION, PRUEBA, EVALUACION Y NUEVA SELECCION

3.1 Selección

Las especies presentan una gran variación en muchas características. Para tomar un caso extremo, ningún árbol de teca (*Tectona grandis*) puede sobrevivir en campo en el norte de Europa y ningún abeto de Noruega (*Picea abies*) puede vivir cerca del Ecuador. Aún cuando las condiciones de clima y suelo sean ideales, el potencial genético para crecer puede presentar una gran variación, aún en especies de un mismo género. Por ejemplo, *Eucalyptus regnans* tiene un fuste cilíndrico y recto que puede exceder los 90 m de altura, mientras que *Eucalyptus pyriformis* presenta tallos múltiples y casi nunca supera los 6 m de altura. Es evidente que la selección de la especie es de vital importancia para el éxito de los programas de reforestación.

También se encuentra bien establecido el hecho de que la selección de la fuente de semilla dentro de una especie es de gran importancia. La falta de éxito se puede deber al hecho de que la semilla proviene de una área con clima y condiciones de crecimiento diferentes a las del sitio de plantación y que la adaptación a su ambiente original la haga inadecuada para el nuevo sitio. El sitio geográfico de la fuente de semilla se denomina procedencia.

Resulta evidente también que algunos individuos sobresalen del resto de los árboles de su vecindad de forma positiva o negativa debido a sus buenas o malas propiedades.

En los programas de mejoramiento genético forestal se usa la variación entre especies, procedencias e individuos.

La selección natural favorece a aquellos que están mejor adaptados al ambiente local.

Para el mejoramiento forestal, la selección artificial favorece a aquellos que poseen características deseables, adecuadas para los propósitos específicos de plantación.

Antes de efectuar la selección artificial, es necesario definir el objetivo de plantación (madera, combustible, forraje, control de erosión, etc.).

Los siguientes criterios de selección son generalmente válidos, ya sea que se apliquen para objetivos de silvicultura clásica o para especies de uso ó propósito múltiple:

1. Adaptación a las condiciones climáticas, edáficas y de manejo.
2. Resistencia a plagas y enfermedades.
3. Productividad.
4. Calidad.

Los criterios de selección más específicos se deben limitar a unas pocas características de alto valor para los objetivos de los programas de plantación.

Debido al efecto de la adaptación, la selección se debe realizar en la misma zona de plantación o en ambientes similares. En el documento "Correspondencia entre la fuente de semilla y el sitio de plantación" de Willan y Barner (1989), se brindan mayores detalles sobre este tema.

Producción de madera	Uso múltiple
Uniformidad del producto Producción de volumen Rectitud del fuste Densidad de la madera	Producción de biomasa en la forma de leña o forraje Rendimiento de cultivos asociados Protección ambiental

Cuadro 2. Ejemplos de criterios de selección (solo como ilustración, no cubre todos los casos).

La capacidad para florecer y producir semillas también se debe tomar en cuenta como criterios (variables) de selección, debido a que la utilización del material mejorado es difícil sin una producción adecuada de semillas, a menos que la propagación vegetativa a gran escala sea una alternativa real.

3.2 Prueba y evaluación

Para determinar en que grado las diferencias entre árboles se deben a variación genética, el material experimental (las especies seleccionadas, las procedencias o los individuos bajo evaluación) deben crecer juntos en ensayos con repeticiones, bien diseñados, establecidos en varios ambientes, preferiblemente correspondientes a los sitios potenciales de plantación. Cada sitio debe ser lo más uniforme posible para minimizar la variación ambiental.

Las técnicas y procedimientos para la prueba y evaluación genética son descritos por Keiding (1992) y Graudal (1993).

3.3 Nueva selección

Los resultados de la prueba y evaluación del material experimental (genotipos) son la base para las nuevas selecciones. Debido a que los experimentos de campo hacen posible distinguir la variación genética de otras fuentes de variación, entonces es posible seleccionar el mejor material genético para su futuro uso.

Los ensayos y evaluaciones sucesivas forman la base para las selecciones posteriores.

4. GANANCIAS Y RIESGOS POSIBLES

4.1 Ganancias

La variación genética es la base para los programas de mejoramiento. Algunas especies contienen una gran variación mientras que otras son más uniformes. Entre mayor sea la variación genética mayor es la ganancia genética que se puede obtener. Por otra parte, no tiene mucho valor incluir especies muy uniformes en programas de mejora.

Algunas características, como la forma de las hojas, la rectitud del fuste o la densidad de la madera, tienen más probabilidad de transmitirse de una generación a

la siguiente. Otras características, como la ramificación y la tasa de crecimiento, son en mayor medida influenciadas por el ambiente.

Varios documentos se han publicado en el pasado sobre el retorno económico esperado del mejoramiento forestal. La mayoría se refiere a experiencias en zonas templadas, pero las ganancias en las zonas tropicales no deben ser en promedio inferiores a las obtenidas en las zonas templadas.

La mayor parte de la información se refiere a mejoramiento a través de la selección entre diferentes fuentes de semilla (procedencias) dentro de una especie y a la selección de individuos dentro de poblaciones superiores. En las primeras etapas de mejoramiento las ganancias se deben estimar conservadoramente. En el Cuadro 2 se presentan las estimaciones hechas por Willan (1988):

Cuadro 2. Ganancias genéticas esperadas en las primeras etapas de mejoramiento forestal.

Grado de variación entre procedencias	Ganancia esperada de la selección de procedencias (%)	Grado de variación dentro de procedencias	Ganancia esperada de la selección individual *	Ganancia total esperada (%)
Alto	10-20	Alto	15-30	25-50
	10-20	moderado	5-15	15-35
	10-20	bajo	1-5	11-25
Moderado	5-10	Alto	15-30	20-40
	5-10	moderado	5-15	10-25
	5-10	bajo	1-5	6-15
Bajo	1-5	Alto	15-30	16-35
	1-5	moderado	5-15	6-20
	1-5	bajo	1-5	2-10

* Huerto semillero no raleado

Las etapas posteriores de los programas de mejoramiento pueden producir ganancias de un orden similar. Por otra parte las ganancias obtenidas en diferentes etapas o en generaciones sucesivas son acumulativas.

4.2 Riesgos

La selección equivocada de la fuente de semilla puede resultar en pérdidas serias o en el completo fracaso.

Cuando se consideren los criterios generales (punto 3.1), se debe recordar que una mala selección para productividad dará resultados desfavorables, mientras que una mala selección para adaptabilidad y resistencia puede resultar en grandes pérdidas o en un completo desastre.

Esto también significa que es más importante la selección de especies que la selección de procedencias y esta a su vez que la selección de individuos.

Cuando se usan genotipos seleccionados en grandes áreas, se debe considerar también, que la limitación en el número de genotipos dentro de especies, procedencias e individuos implica un riesgo. Una enfermedad o un evento climático extremo, puede afectar un genotipo ampliamente usado en toda el área en que se encuentra plantado, mientras que si se tiene una mezcla de genotipos, estos reaccionan de manera diferente, por lo que el impacto puede ser menos generalizado.

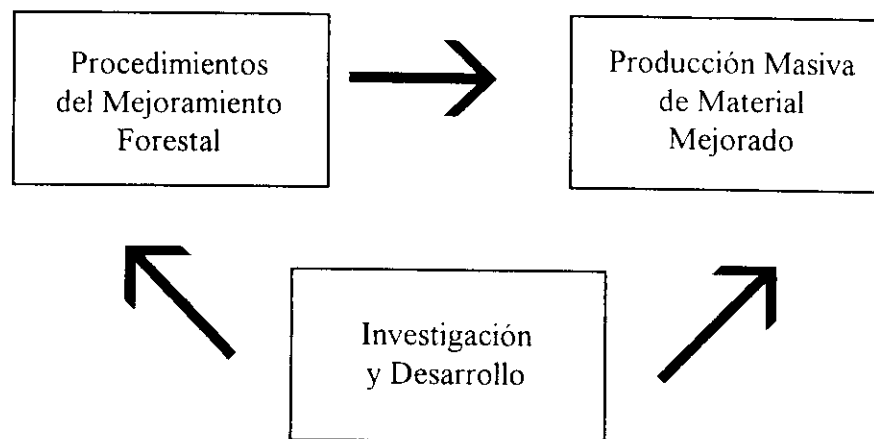
5. ESQUEMA DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO FORESTAL

Como el objetivo de un programa de mejoramiento es asegurar el abastecimiento sostenido de semillas o de otro material reproductivo de alta calidad genética, es importante considerar no sólo la necesidad y posibilidad de mejoramiento sino también la posibilidad de producción masiva del material mejorado en suficiente cantidad y dentro de un período de tiempo razonable.

Si el material mejorado no se puede producir en las cantidades requeridas, los programas de mejoramiento forestal tienen entonces una importancia práctica limitada. Todo material que sea superior al que se usa corrientemente se debe utilizar tan pronto como sea posible y la producción masiva del mismo no se debe posponer hasta obtener la "máxima calidad" posible.

La investigación de apoyo y el desarrollo son herramientas esenciales tanto para el mejoramiento forestal como para la producción racional masiva. Es importante recordar que el desarrollo sin investigación se vuelve desactualizado u obsoleto y que la investigación sin desarrollo es académica.

Se puede concluir entonces que deben haber conexiones bien balanceadas como lo muestra la siguiente figura:



En principio, el mejoramiento forestal empieza con la selección. Sin embargo, puede ser necesario comenzar con exploración incluyendo estudios botánicos y de otro tipo, para determinar donde se puede encontrar material adecuado para la selección.

Cuando se tienen los resultados de los primeros ensayos, el trabajo se puede concentrar en la(s) mejor(es) fuentes de semillas evaluadas, tanto para la producción directa de semilla como para el mejoramiento posterior. Los siguientes pasos en el trabajo de mejoramiento se pueden realizar así sobre una base más segura que la de la fase inicial.

Es de vital importancia incluir un componente de conservación en los programas de mejoramiento. De esta forma, las fuentes de semilla incluidas en la evaluación inicial y que tuvieron un buen comportamiento, se encontrarán disponibles con una composición genética sin cambios importantes para usarlas en el futuro.

El Cuadro 3 muestra un esquema lógico y simple de un programa de mejoramiento genético forestal donde la selección se efectúa en bosques naturales o en plantaciones.

En la Sección 6 (OPCIONES) se encuentran descripciones más detalladas.

Investigación de apoyo y desarrollo	Métodos de mejoramiento forestal	Producción masiva de material mejorado
Información botánica Estructura genética	1. Exploración Estudios de campo	
Criterios de selección definidos según objetivos	2. Identificación De material básico que cumpla con los criterios mínimos establecidos para fuentes de semilla	Recolección de semilla de fuentes identificadas para uso directo
Criterios de selección. Caracteres a combinar Número de árboles a seleccionar. Biología de la semilla. Técnicas de propagación.	3. Selección y conservación Selección de material que parece estar bien adaptado y ser superior. Conservación de fuentes semilleras promisorias o en peligro	Recolección de semilla de fuentes seleccionadas, aún no evaluadas, para uso directo
Parámetros genéticos Caracteres a evaluar Diseño experimental Análisis y evaluación	4. Prueba y evaluación Material seleccionado para ser evaluado en ensayos comparativos en sitios potenciales de plantación. Recomendaciones para la selección de fuentes semilleras	Recolección de semilla de fuentes evaluadas superiores, para uso directo
Criterios de selección Biología de la semilla Técnicas de propagación Parámetros genéticos Diseño experimental, etc.	5. Selección y evaluación continua De material superior en los sitios experimentales. Selección recurrente en las siguientes generaciones. Recomendaciones para la selección de fuentes semilleras	Recolección de semilla de fuentes evaluadas superiores, para uso directo
Biología de la semilla Técnicas de propagación Diseño, Establecimiento y manejo	6. Establecimiento de fuentes mejoradas Para mejoramiento posterior y conservación	Establecimiento de rodales semilleros, huertos semilleros, bancos clonales, etc.

Cuadro 3. Esquema de un programa de mejoramiento genético forestal

6. OPCIONES

6.1 Consideraciones generales

En esta sección se presenta un conjunto de opciones junto con esquemas lógicos para desarrollar programas de mejoramiento forestal, abarcando desde métodos simples y baratos hasta sistemas más intensivos y costosos.

La prueba y selección de especies, procedencias o individuos toma tiempo y requiere capacidad técnica y recursos. Por este motivo, mientras los programas estén en desarrollo, se debe considerar qué tanto se puede mejorar la fuente de semilla corrientemente en uso, hasta que se cuente con los resultados de los ensayos genéticos.

Las opciones ha considerar dependen de las posibilidades de mejoramiento genético y producción masiva del material mejorado en las condiciones existentes. Un programa de mejoramiento no necesita ser caro o demandar equipo sofisticado.

El método de mejoramiento depende parcialmente de la especie. En la mayoría de los casos se inicia a nivel de selección de procedencias. Raramente se pueden lograr ganancias genéticas mediante la selección individual de árboles sin antes iniciar la selección de procedencias. Antes de iniciar el mejoramiento genético de una determinada especie, es importante investigar las características genéticas de la misma. Si algunas características determinadas pueden impedir el mejoramiento de la especie, se debe considerar entonces si otra especie satisface mejor los requisitos deseados. La selección de la especie correcta es la decisión vital de todo programa de mejoramiento.

En esta sección se distingue entre el mejoramiento genético basado en la selección de especies, procedencias y árboles individuales. Se debe mencionar que los tres niveles se pueden combinar, lo cual ocurre frecuentemente en la práctica. Además, se debe recordar que la meta del programa es proporcionar al consumidor semillas o plántulas bien adaptadas a los sitios específicos y que van a satisfacer los objetivos de plantación. El objetivo de cualquier programa de plantación se debe definir con anticipación.

Los programas específicos de mejoramiento genético forestal generalmente sólo incluyen algunos componentes del total de opciones disponibles.

6.2 Mejoramiento genético a nivel de especies y procedencias sin evaluación de la descendencia.

A.1 Nivel de especies

Es importante distinguir entre poblaciones naturales e introducidas. Las poblaciones naturales generalmente están bien adaptadas al sitio, después de muchas generaciones de selección natural. Una población introducida normalmente está menos adaptada. Sin embargo, después de varias generaciones, las poblaciones introducidas se pueden adaptar completamente al sitio y pueden convertirse en una fuente muy valiosa de semilla (razas locales).

El procedimiento se puede resumir como sigue (para mayor claridad se presenta sólo un caso de un bosque natural nativo):

Recopile información sobre las especies de interés para el ambiente dado. Basado en la experiencia local y general, seleccione un número limitado de especies que cumple con los requisitos para las características del sitio y los objetivos de plantación. Inicialmente recolecte y use semilla local. Recuerde que si no existe información experimental la fuente local es la más segura, aunque no necesariamente la mejor para los objetivos de plantación.

Defina zonas ecológicas y una guía general sobre cuáles fuentes usar, tanto dentro como fuera de cada zona. Los documentos "Clasificación y selección de fuentes semilleras" (Barner, Olesen y Wellendorf, 1988) y "Relación entre la fuente de semilla y el sitio de plantación" (Willan, Olesen y Barner, 1989) brindan mayor información sobre estos temas.

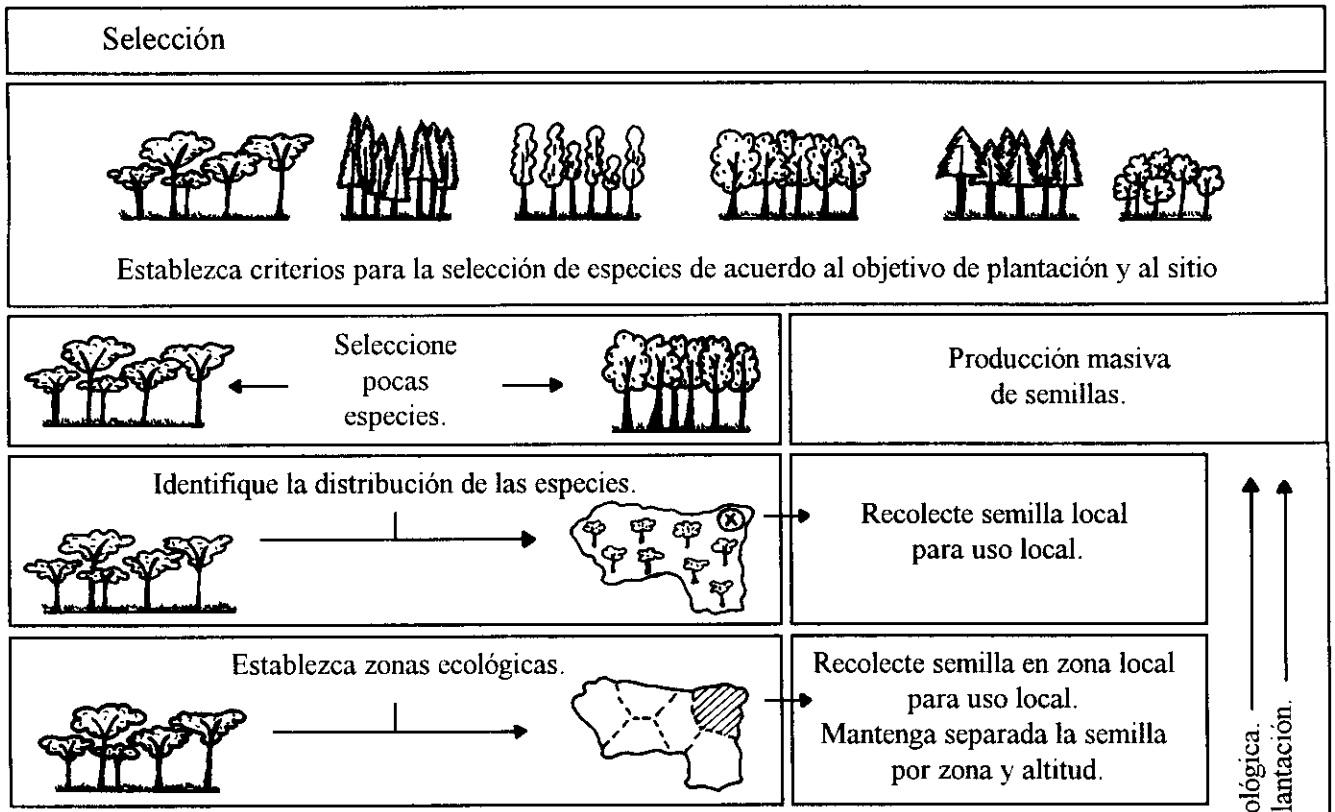
A.2 Nivel de procedencias en bosque naturales y plantaciones

Las zonas ecológicas son unidades grandes y las recolecciones dentro de una zona, se realizan anualmente en diferentes sitios ó distribuidos mas o menos de una manera aleatoria. Para asegurar que las recolecciones individuales están localizadas exactamente, se recomienda definir y usar pequeñas unidades de recolección identificadas, aunque estas pueden ser sólo de una calidad promedio. Para obtener una mejor calidad, seleccione fuentes con una apariencia superior al promedio (fuentes seleccionadas) y concentre las recolecciones en ellas. Para lograr una mayor producción de semilla, se deben convertir en áreas de producción de semillas (llamadas también rodales semilleros en América Central) las fuentes jóvenes y promisorias, mediante una reducción en el número de árboles, eliminando los que presentan las peores características.

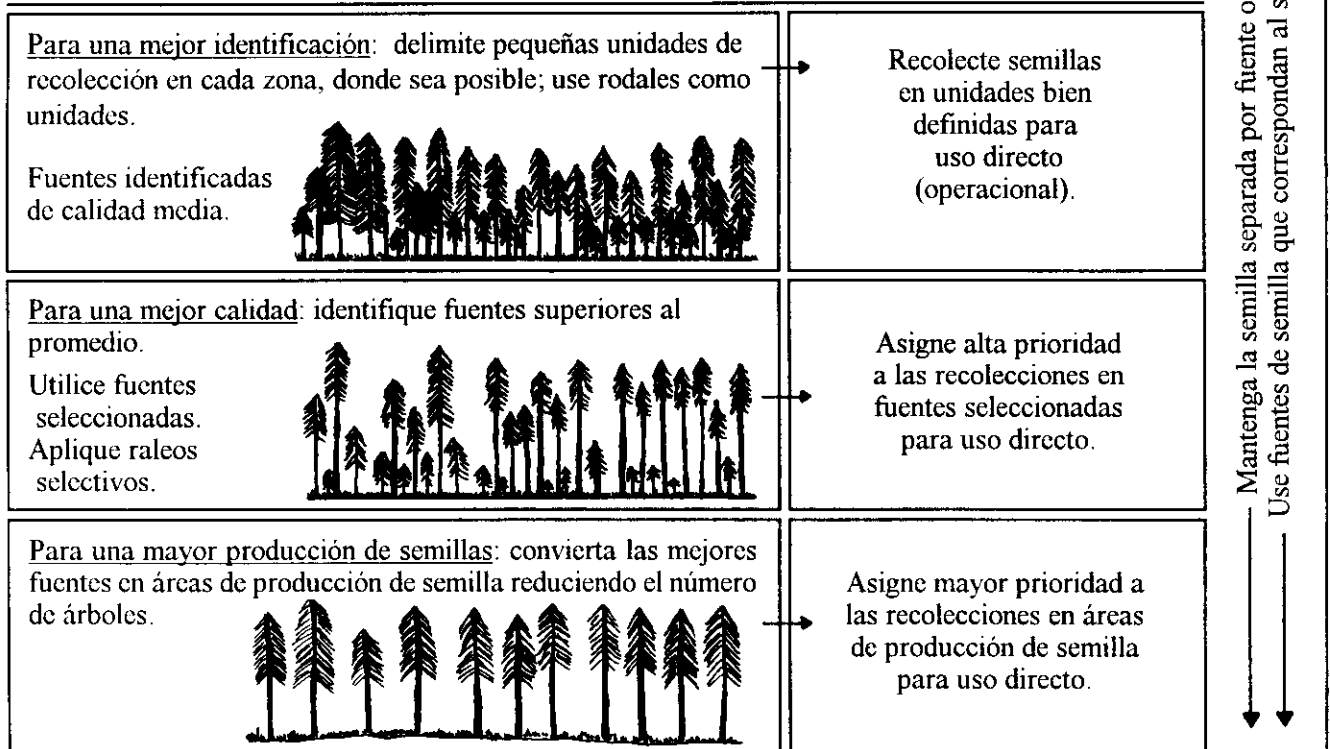
Figura 2. Mejoramiento genético A.

Usando lo que esté disponible, sin pruebas de descendencia

A1. Nivel de especies, poblaciones naturales



A2. Nivel de procedencias, bosque natural y plantaciones.



Mantenga la semilla separada por fuente o zona ecológica.
 Use fuentes de semilla que correspondan al sitio de plantación.

6.3 Mejoramiento genético a nivel de especie, combinado con la prueba, selección y establecimiento de fuentes semilleras mejoradas

La selección de las especies se puede basar en la experiencia o en resultados de ensayos de eliminación de especies, en los que se prueban algunas pocas fuentes de varias especies al mismo tiempo.

En los ensayos de especies es importante elegir un número limitado pero suficiente de fuentes de semilla de cada especie que sea en lo posible representativo de la variación genética de las especies en adaptabilidad y otras características.

El documento "Prácticas de ensayos de campo de un programa de mejoramiento forestal" (Keiding, 1992) brinda mayor información sobre la realización de ensayos de especies. Por otra parte, el documento "Introducción a los principios del diseño y evaluación de experimentos en mejoramiento genético forestal" de Graudal (1993) complementa la información sobre la realización de ensayos y su evaluación.

Después de la realización de los ensayos, algunas especies se pueden considerar indeseables y se eliminan. Otras especies se consideran deseables y se pueden usar directamente en nuevas plantaciones, para el abastecimiento futuro de semillas y para mejoramiento genético.

Los mejores rodales de las especies probadas se pueden usar para el abastecimiento de semilla. En este caso se recomienda la eliminación de los árboles indeseables.

Cuando se han realizado ensayos de procedencias de las especies seleccionadas, se siguen otras recomendaciones (ver sección 6.5).

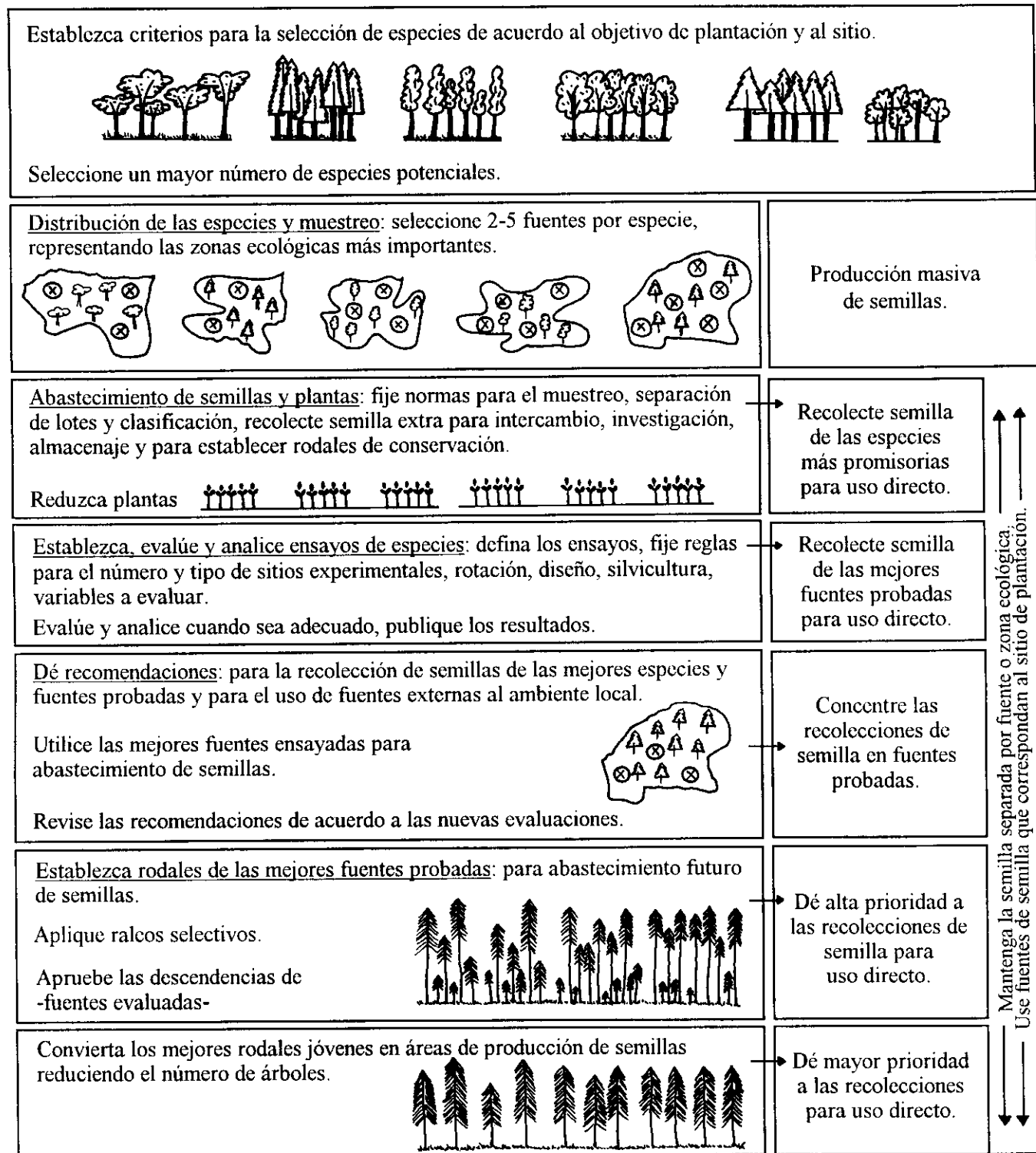
Pedersen, Olesen y Graudal (1992) brindan mayores detalles sobre mejoramiento forestal a nivel de especies y procedencias.

La Figura 3 (MEJORAMIENTO GENETICO B1) muestra un esquema general para esta opción.

Figura 3. Mejoramiento genético B1.

Use el mejoramiento genético A (Figura 2) combinado con prueba, selección recurrente y establezca fuentes semilleras mejoradas

Nivel de especies.



6.4 Mejoramiento genético a nivel de procedencias, combinado con la prueba, selección y establecimiento de fuentes semilleras mejoradas.

En los ensayos de procedencias se prueban muchas fuentes de semilla de las especies más promisorias.

Los ensayos de procedencias son una herramienta esencial para evaluar la magnitud de la variación dentro de una especie. Al mismo tiempo se pueden identificar fuentes promisorias para el abastecimiento inmediato de programas operativos y suministra información sobre fuentes (poblaciones) superiores en las cuales efectuar posteriores selecciones. Los ensayos de procedencias son de gran importancia para el progreso en las primeras etapas del mejoramiento forestal.

Keiding (1992) suministra amplia información sobre la metodología de campo de los ensayos de procedencias y Graudal (1993) brinda información sobre el diseño y la evaluación de los mismos.

Después de identificar fuentes superiores a través de ensayos de procedencias, se procede al establecimiento de rodales de dichas fuentes para el abastecimiento de semilla y como base para futuras selecciones. Estos rodales pueden tener uno o varios de los siguientes objetivos:

1. Proveer suficiente semilla de una buena fuente.
2. Asegurar un aislamiento suficiente para evitar la contaminación con polen de fuentes inferiores.
3. Asegurar la protección y conservación de fuentes originales que se encuentran en peligro de deterioro o de extinción.

Barner y Keiding (1990) tratan ampliamente el tema de la identificación, establecimiento y manejo de fuentes semilleras. Como complemento, Pedersen, Olesen y Graudal (1992) brindan mayores detalles sobre mejoramiento forestal a nivel de especies y procedencias.

La Figura 4 (MEJORAMIENTO GENETICO B2) muestra un esquema general para esta opción.

Figura 4. Mejoramiento genético B2.

Use el mejoramiento genético A y B1 (Figuras 2 y 3) combinado con selección, evaluación y utilización de las mejores procedencias de las especies más promisorias.

Nivel de procedencias



6.5 Mejoramiento forestal a nivel de árbol individual, combinado con prueba y cruzamiento.

Frecuentemente, la variación entre árboles dentro de una población es exagerada y puede ser de mucha utilidad concentrar la recolección en sólo los árboles más sobresalientes (árboles plus). Este procedimiento generalmente es más caro y requiere una mayor área de recolección que las colectas tradicionales para lograr una determinada cantidad de semilla.

Los árboles plus se pueden seleccionar dentro de zonas ecológicas importantes o en fuentes que han probado ser superiores al promedio. La selección de árboles plus en fuentes semilleras probadas ha demostrado ser de gran importancia en el mejoramiento genético forestal.

En el caso de especies exóticas, la selección de árboles se debe hacer en plantaciones locales y no en el lugar de origen, donde el ambiente es diferente.

En especies en las que la diversidad genética entre árboles dentro de una fuente es más significativa que entre fuentes, el mejoramiento basado en la selección de árboles individuales puede iniciarse desde las primeras etapas.

Keiding (1992) y Graudal (1993) brindan amplia información sobre el manejo, establecimiento, diseño y evaluación de pruebas de progenie.

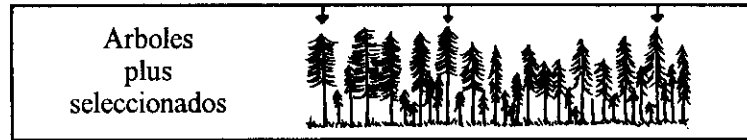
La meta de la selección de especies, procedencias y árboles es usar los mejores genotipos disponibles en la naturaleza. Las técnicas de cruzamiento específico buscan crear genotipos nuevos a través de la cruce controlada entre padres, combinando así propiedades deseables de especies, procedencias o individuos. Ambas fases son parte del mejoramiento genético forestal.

El documento "Mejoramiento genético a nivel individual y de familia" de Roulund y Olesen (1992) brinda mayor información sobre este tema.

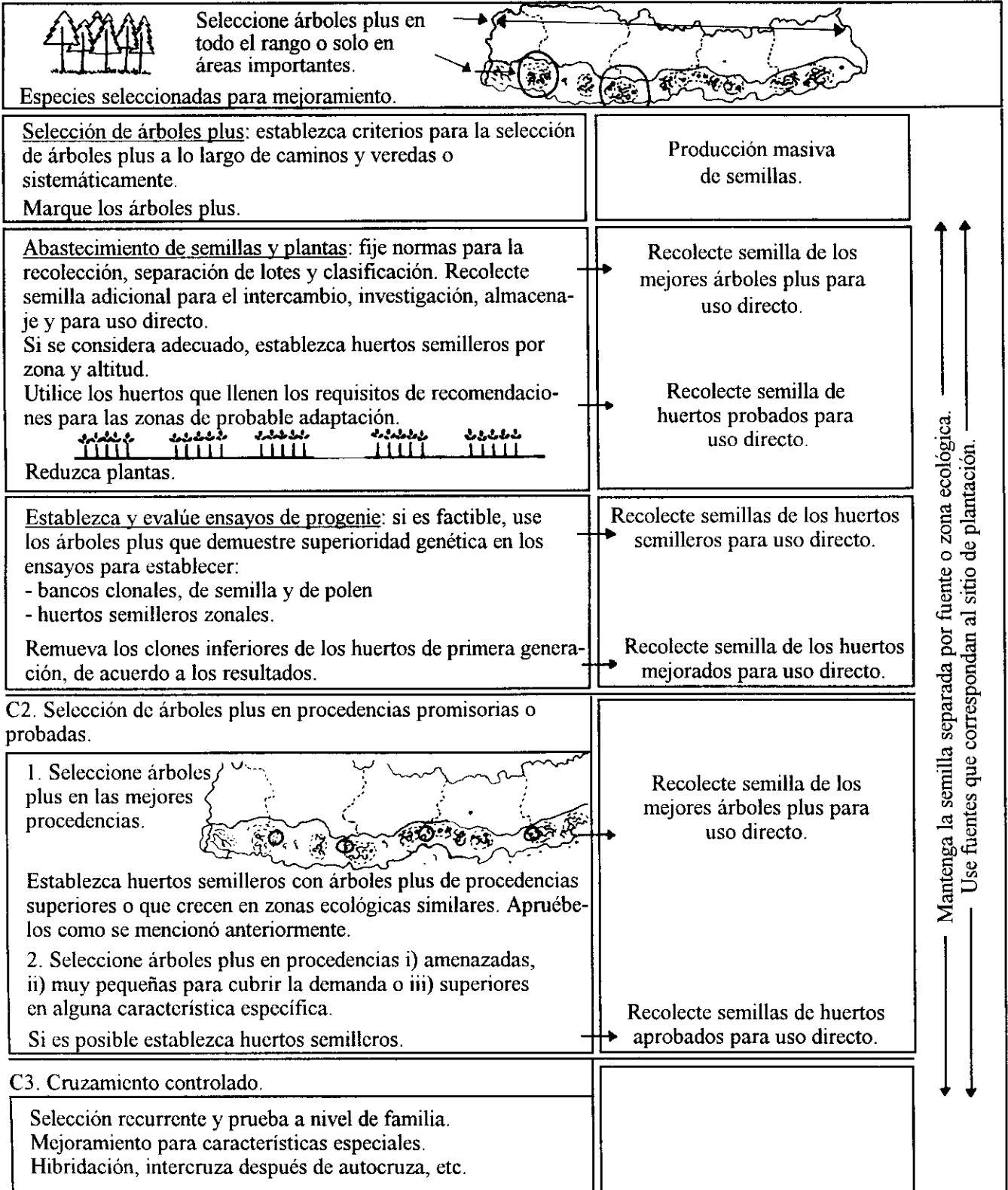
La Figura 5 (MEJORAMIENTO GENETICO C) muestra un esquema general para esta opción.

Figura 5. Mejoramiento genético C.

Use el mejoramiento genético A y B (Figuras 2, 3, 4) combinado con la selección de árboles plus para uso directo o combinado con prueba y cruce.



C1. Selección de árboles plus en las especies seleccionadas.



Mantenga la semilla separada por fuente o zona ecológica.
 Use fuentes que correspondan al sitio de plantación.

7. ESTRATEGIAS

Las estrategias de mejoramiento genético forestal conllevan el reto de combinar los métodos presentados en este documento con los recursos humanos y financieros disponibles. Con base en las técnicas de mejoramiento se deben formular planes a corto y largo plazo bien balanceados, para las especies y zonas involucradas.

Los elementos importantes a considerar son:

1. Zonificación del país.
2. Definición de las principales especies de plantación para cada zona
3. Evaluación de las posibilidades de mejoramiento genético y definición de los objetivos del mismo.
4. Establecimiento de prioridades para zonas/especies.
5. Definición por especie de las poblaciones para cada función: conservación genética, mejoramiento y producción masiva.
6. Definición de los planes de trabajo para las actividades de mejoramiento a corto y largo plazo.
7. Si fuera necesario, desarrollo o modificación del esquema organizativo.
8. Identificación de las principales limitaciones y recomendaciones para superarlas, incluyendo investigación y desarrollo.

Las estrategias de mejoramiento contienen planes a largo plazo que incluyen muchas generaciones, los cuales sin embargo, son lo suficientemente flexibles y/o rigurosos para adaptarse a cambios en los métodos silviculturales así como a las innovaciones en genética y en los métodos de propagación.

Un aspecto crucial es la buena coordinación entre las secciones para el abastecimiento de semillas, el mejoramiento y la conservación de los recursos genéticos forestales, independientemente de la afiliación institucional de las unidades u organizaciones encargadas de cada una de estas secciones (Anexo 1, Punto 5).

Se debe recalcar que un programa de mejoramiento no necesariamente debe ser caro o necesitar equipo sofisticado. La primera fase se puede concentrar en unas pocas especies y hacer uso de lo que está disponible en la naturaleza.

Para mayores detalles refiérase a los documentos "Estrategias de mejoramiento genético forestal" de Wellendorf (1991) y "Planificación y estrategias de un programa de mejoramiento genético forestal" de Palmberg *et al.* (1985).

LITERATURA SELECCIONADA

- Barner, H.; Wellendor, H.; Olesen, K.** 1988. Classification and selection of seed sources. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note No. B-1, 33p.
- Barner, H.; Keiding, H.** 1990. Identification, establishment and management of seed sources. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note No. B-2, 36p.
- Ditlevsen, B., Shrestha, N.B.; Robbins A.M.J.** 1988. Tree improvement. An Outline and Plan of action for Nepal. - HMG/EEC/ODA National Tree Seed Programme, Kathmandu, Nepal.
- Glover, N.** 1990. Improvement objectives for MPT's. *In* Tree Improvement of Multipurpose Species. Multipurpose Tree Species Network. Techn. Series, Vol.2. Winrock Intern. Inst. for Agric. Development.
- Graudal, L.** 1993. Introduction to principles in design and evaluation of tree improvement experiments. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note No. D-6, 51p.
- Keiding, H.** 1992. Field testing practices of a tree improvement programme. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note No. D-5, 17p.
- Palmerg, C.; D.K. Paul; Willan, R.L.** 1985. Planning and strategies of a tree improvement programme. *In* Forest Tree Improvement. FAO Forestry Paper 20. FAO Rome.
- Pedersen, A.P.; Olesen, K.; Graudal, L.** 1992. Tree improvement species and provenance level. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note No. D-3, 12p.
- Roulund, H.; Olesen, K.** 1992. Tree improvement at family and individual level. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note No. D-4, 14p.
- Wellendorf, H.** 1991. Tree improvement strategies. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note No. D-10, 10p.
- Willan, R.L.** 1988. Economic returns from tree improvement in tropical and sub-tropical conditions. Danida Forest Seed Centre, Technical Note No. 36. 38p.

- Willan, R.L. 1985. Tree improvement in relation to national forest policy and forest management. *In* Forest Tree Improvement. FAO Forestry Paper 20. FAO Rome.
- Willan, R.L.; Barner, H. 1989. Matching seed source to planting site. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note No. B-3, 26p.
- Willan, R.L.; Olesen, K.; Barner, H. 1989. Natural variation as a basis for tree improvement. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture Note No. A-3, 13 p.
- Wright, J.W. 1976. Introduction to forest genetics. - Academic Press, New York. 463 p.
- Zobel, B.; Talbert, J.T. 1984. Applied forest tree improvement. - John Wiley & Sons, New York. 505 p.

ANEXO 1

UN PROGRAMA INTEGRADO DE SEMILLAS FORESTALES

Actividades	DFO	USE	UMG	UCG
1. Estimación de especies prioritarias para los futuros programas de plantación				
Para madera industrial y de aserrío	x			
Para combustible y madera de pequeñas dimensiones	x			
Para agroforestería, protección y silvicultura social	x			
2. Estimación de la demanda de semilla de las especies principales				
Demanda presente y futura de plantas	x	o		
Demanda presente y futura convertida en demanda de semillas	o	x		
3. Estimación de las áreas de producción de semilla requeridas para las especies principales				
Producción de semilla por ha por año por especie			x	
Area necesaria (demanda anual/producción/ha/año)			x	
4. Abastecimiento potencial nacional de semillas				
Estudio de la distribución natural de las especies principales	o	x	o	o
Establecimiento de zonas semilleras	o	x	o	o
Estudio sobre las fuentes de semilla y material mejorado registrados		o	x	o
Exploración del potencial de fuentes de semillas y material mejorado	o	o	x	o
5. Estrategias a corto y largo plazo para el abastecimiento de semillas y mejoramiento genético				
Necesidades, posibilidades y justificación por especie	o	x	o	o
Definición de un programa de abastecimiento de semillas por especie	o	x	o	
Definición de un programa de mejoramiento genético por especie	o	o	x	o
Selección de especies de primera prioridad para producción de semillas	x	o		
Plan de trabajo para producción de semillas de especies primera prioridad		x		
Selección de especies de primera prioridad para mejoramiento genético	x		o	o
Plan de trabajo para mejoramiento genético de especies primera prioridad				x
6. Selección, establecimiento, manejo y conservación de fuentes semilleras				
Registro de fuentes semilleras y material mejorado existentes		o	x	
Identificación de fuentes semilleras potenciales y material mejorado		o	x	o
Selección y establecimiento de nuevas fuentes de material superior		o	x	
Selección y establecimiento de poblaciones base para mejoramiento			x	
Conservación de especies y fuentes de semilla amenazadas	o		o	x
Evaluación y selección de especies, poblaciones y material mejorado		o	x	o
Establecimiento de áreas usando fuentes superiores y material mejorado		o	x	
Manejo y documentación: fuentes de semilla no mejoradas		x		
Manejo y documentación: fuentes de semilla superiores y material mejorado			x	
Manejo y documentación: unidades de conservación genética				x
7. Obtención y suministro de semillas				
Evaluación de las cosechas (producción) de semillas		x		
Recolección y almacenaje temporal		x	o	o
Tratamiento y procesamiento de semillas		x	o	o
Importación	o	x	o	o
Evaluación y almacenaje		x	o	o
Pedidos de semilla y abastecimiento, incluyendo exportación	o	x	o	o
Documentación de las semillas		x	o	o
x: Unidad responsable		DFO: Departamento Forestal, etc		
o: Unidad colaboradora		USE: Unidad de semillas		
		UMG: Unidad de mejoramiento genético		
		UCG: Unidad de conservación genética		